

UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA  
SEDE CONCEPCION REY BALDUINO DE BELGICA  
CONCEPCION

**SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS ENERGETICAMENTE  
EFICIENTES DE LA ENVOLVENTE TERMICA DE VIVIENDA  
UNIFAMILIAR EN VILLA SAN JOSE YUNGAY, REGION DE ÑUBLE**

**DIEGO ADOLFO ECHEVERRIA ECHEVERRIA**

**2021**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA  
SEDE CONCEPCIÓN**

**“REY BALDUINO DE BÉLGICA”**

**SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES  
DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA DE VIVIENDA UNIFAMILIAR EN VILLA  
SAN JOSE YUNGAY, REGIÓN DE ÑUBLE.**

**Trabajo de Titulación para optar al Título  
de Ingeniero Constructor Con Licenciatura En Ingeniería**

**Alumno: Diego Alfonso Echeverría Echeverría**

**Profesor guía: Sr. Cristopher Pérez**

**2022**

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres, hermanos/as, pareja e hija por su apoyo constante e incondicional que nos brindan cada día, son nuestra fuente de motivación y uno de los pilares fundamentales de nuestras vidas.

Agradecer a los docentes del departamento de Construcción y Prevención de Riegos de nuestra querida Universidad Técnica Federico Santa María, en especial a nuestro profesor guía Cristopher Pérez, quien fue de gran ayuda en este último proceso.

## **RESUMEN DEL PROYECTO**

En este proyecto se darán a conocer distintas soluciones constructivas para viviendas ubicadas en villa san José comuna Yungay provincia de ñuble, en las cuales se caracterizarán las condiciones ambientales y climáticas de la villa san José y las viviendas.

Tras las visitas a estas viviendas periódicamente se harán diagnósticos constructivos donde se propondrán soluciones constructivas para estas viviendas, cada vivienda tendrá soluciones distintas ya sea por sus distintos tipos de materialidades y cada cual tendrá una solución de acuerdo a los estándares sustentables del Minvu.

Al tener las soluciones constructivas de cada vivienda se evaluarán los distintos tipos de envolventes y se entregarán las soluciones y presupuestos a las personas dueñas de las viviendas.

## INDICE

<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>3</b>
<b>RESUMEN DEL PROYECTO.....</b>	<b>4</b>
<b>INTRODUCCION .....</b>	<b>1</b>
<b>FORMULACION GENERAL DEL PROBLEMA.....</b>	<b>2</b>
<b>JUSTIFICACION DEL PROYECTO.....</b>	<b>3</b>
<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>3</b>
OBJETIVO GENERAL:.....	3
OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	3
<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>4</b>
<b>MARCO TEORICO .....</b>	<b>4</b>
<b>MARCO NORMATIVO.....</b>	<b>6</b>
<b>Capitulo 1: Estudio y análisis de aspectos bioclimáticos DE LA VIVIENDA UBICADA EN VILLA SAN JOSE YUNGAY REGION DE ÑUBLE. ....</b>	<b>6</b>
1.1 UBICACIÓN .....	6
Figura 4.....	6
1.2 ENVOLVENTE TÉRMICA DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	7
Figura 5.....	7
1.3 MÉTODOS y requerimientos fundamentales de diseño .....	7
Asoleamiento.....	7
Figura 6.....	7
Figura 7.....	8
1.4 Envolverte eficiente.....	8
Materiales de Aislación.....	8
Barrera de vapor y Humedad.....	9
Figura 8.....	9
Eliminación de Puentes térmicos.....	9
Figura 9.....	10
Ventanas.....	10
tabla 1.....	10
tabla 2.....	11

Puertas.....	11
Infiltraciones.....	11
1.5 MEDICIONES DE TEMPERATURA Y HUMEDAD .....	12
tabla 3.....	12
1.6 cONDENSACIÓN Y HUMEDAD.....	13
HUMEDAD.....	14
1.7 NORMA CHILENA NCH. 853 .....	15
APLICACIÓN DE LA NORMA .....	15
REGIMEN ESTACIONARIO .....	15
CONTENIDO.....	16
RESISTENCIA TERMICA DE SUPERFICIE.....	16
ELEMENTOS DE CAPAS HOMOGENEAS .....	17
ELEMENTOS DE CAPAS HETEROGENEAS.....	18
PISOS EN CONTACTO CON EL TERRENO .....	19
ELEMENTOS CON CAMARAS DE AIRE .....	19
PROTECCION DE LA HUMEDAD .....	19
1.8 PLAN DE PREVENSIÓN Y DESCONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA .....	20
<b>CAPITULO N°2: CÁLCULO TÉRMICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....</b>	<b>22</b>
2.1 Calcular la transmitancia térmica de un muro exterior tabique de madera. ....	22
Cálculo de Transmitancia térmica madera .....	24
Cálculo de Transmitancia térmica aislante.....	24
Cálculo final con ponderación global .....	24
2.2 Calcular la transmitancia térmica de cercha.....	25
Materiales:.....	25
Cálculo de Transmitancia térmica madera .....	26
Cálculo de Transmitancia térmica aislante.....	26
Cálculo final con ponderación global .....	26
<b>capitulo n°3: Propuesta de solución constructiva para el reacondicionamiento térmico de la envolvente térmica de la vivienda.....</b>	<b>27</b>
3.1 PROPUESTA DE SOLUCIÓN CONSTRUCTIVA PARA EL REACONDICIONAMIENTO TÉRMICO de muros. ....	28
Solución N°1 .....	28

Cálculo de Transmitancia térmica madera .....	28
Cálculo de Transmitancia térmica aislante.....	28
Cálculo final con ponderación global .....	28
Solución N°2 .....	29
Cálculo de Transmitancia térmica madera .....	29
Cálculo de Transmitancia térmica aislante.....	29
Cálculo final con ponderación global .....	29
Solución N°3 .....	30
Cálculo de Transmitancia térmica madera .....	30
Cálculo de Transmitancia térmica aislante.....	30
Cálculo final con ponderación global .....	30
3.2 PROPUESTA DE SOLUCIÓN CONSTRUCTIVA PARA EL REACONDICIONAMIENTO TÉRMICO de techumbre. ....	31
Solución N°1 .....	31
Cálculo de Transmitancia térmica madera .....	31
Cálculo de Transmitancia térmica aislante.....	31
Cálculo final con ponderación global. ....	31
Solución N°2 .....	32
Cálculo de Transmitancia térmica madera .....	32
Cálculo de Transmitancia térmica aislante.....	32
Cálculo final con ponderación global .....	32
<b>capítulo n°4: ANÁLISIS PRESUPUESTARIO DE LAS SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS PARA EL REACONDICIONAMIENTO TÉRMICO DE LA VIVIENDA.....</b>	<b>33</b>
1.1 Presupuesto de soluciones de transmitancia térmicas de muros. ....	33
Solución 1.....	33
Solución 2.....	34
Solución 3.....	34
1.2 Presupuesto de soluciones de transmitancia térmicas de techumbre. ....	35
Solución 1.....	35
Solución 2.....	35
<b>conclusiones .....</b>	<b>36</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>37</b>





## INTRODUCCION

Actualmente uno de los objetivos principales para la construcción se enfoca en el desarrollo sustentable, el cual permita y oriente hacia la construcción de viviendas que presenten un alto nivel de eficiencia energética. En Chile, el 25% de la energía generada se utiliza en el sector residencial y de esta, aproximadamente un 56% es utilizado en la calefacción de viviendas [1]. Asimismo, en las zonas centro y sur de Chile el 62% del combustible utilizado en el sector residencial es leña y sus derivados. Esto, debido a su disponibilidad, poder calorífico y menor costo, respecto a los demás combustibles [2].

El uso de leña acarrea problemas ambientales, tales como contaminación atmosférica y erosión por explotación de bosques. Todo esto hace resumir que debemos mejorar la calidad de nuestras viviendas, e ir implementando desde hoy nuevas soluciones constructivas, partiendo por envolventes térmicas en viviendas que presenten soluciones altamente eficientes que disminuyan los valores de Transmitancia Térmica y de esta forma bajar los consumos de energía calorífica, lograr el confort térmico de los ocupantes, y además colaborar con el medio ambiente al reducir las emisiones de CO2 contaminantes.

En la actualidad, existe conciencia respecto del uso de envolvente térmica e incluso existen programas de subsidio para viviendas construidas antes del año 2000.

Es en este marco que Minvu, ha desarrollado su Manual de “Estándares de construcción sustentable para viviendas en Chile” y de esta manera ser un apoyo a las proyecciones que se tienen como país a futuro de reducir la demanda energética de viviendas a través de la mejora en los sistemas constructivos para evitar la pérdida de calor en las envolventes además de la implementación de sistemas de energías renovables, que permitan la autosuficiencia de una vivienda.

Yungay posee climas templados secos de la zona central de Chile y climas templados lluviosos. (Biblioteca del Congreso Nacional).

Yungay posee gran consumo de leña húmedas con lo cual provoca gran contaminación y problemas respiratorios para la comunidad, por lo cual se han realizado campañas a través de la municipalidad para el cuidado ambiental y bienestar del hogar.

El consumo de leña para la villa san José es molesto, tras encontrarse viviendas cercanas entre si Por lo cual es muy importante que las personas dueñas de las viviendas ubicadas en la villa san José tengan acceso a la información de que tipos de materiales pueden usar para mantener el confort térmico de su vivienda lo mejor posible y los costos que conlleva el mejoramiento de sus viviendas a través de envolventes térmicos, y así mejorar la calidad de vida de las personas y del medio ambiente consumiendo menos cantidad de combustibles dañinos para la salud como es la leña.  
<https://www.yungay.cl>

## FORMULACION GENERAL DEL PROBLEMA

Las casas ubicadas en la villa san José, comuna de Yungay son casas de auto construcción, no están regularizadas por lo tanto no cuentan con la posibilidad de subsidios de mejoramiento de viviendas.

Yungay posee climas templados secos de la zona central de Chile y los climas templados lluviosos por lo que las personas que viven en las viviendas ocupan como principal fuente de energía para la calefacción leña la cual acarrea **contaminación al medio ambiente.**



**Figura 1**



**Figura 2**



**Figura 3**

## **JUSTIFICACION DEL PROYECTO**

En el presente trabajo busca Aportar con el estudio técnico y económico de las viviendas.

Identificar las diversas falencias y factores que las afectan directamente con a la calidad de vida y bienestar habitacional de las personas, como así también la preocupación por el medio ambiente que es un tema muy presente en la energía sustentables en nuestro país evitando usar materiales para la calefacción que dañen al medio ambiente como es la leña.

otorgar a los habitantes de las viviendas las especificaciones técnicas y costos para acondicionar térmicamente sus viviendas.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL:**

- Proponer solución constructiva para mejorar las condiciones térmicas de muros y techumbre de la vivienda ubicadas en villa san José, Yungay Región de ñuble.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Caracterizar las condiciones ambientales y climáticas del lugar y de la vivienda.
- Diagnóstico de la vivienda constructivamente
- Propones soluciones constructivas para vivienda ubicada en villa san José comuna de Yungay.
- Evaluar económicamente soluciones más adecuadas para viviendas.

## METODOLOGIA

- Recopilación de información a través de Manuales de diseño, Páginas Web.
- Realizar una visita a las viviendas para caracterizar las condiciones ambientales y climáticas en las que se encuentran y evaluarlas técnica y económicamente.
- Realizar un análisis bioclimático de la vivienda ubicada en villa san José, Yungay provincia de ñuble
- Medición de temperatura y humedad al interior de la vivienda.
- Evaluar la envolvente térmica a través de cálculos térmicos según NCH 853 y artículo N° 4.1.10 del MINVU

## MARCO TEORICO

**Envolvente Térmica:** Serie de elementos constructivos a través de los cuales se produce el flujo térmico entre el ambiente interior y el ambiente exterior de una edificación.

(Minvu)

**Transmitancia Térmica (U):** Es la cantidad de calor que atraviesa, en la unidad de tiempo, una unidad de superficie de un elemento constructivo cuando entre dichas caras hay una diferencia de temperatura de 1 grado entre el interior y el exterior. Se expresa en  $[W/(m^2K)]$ .

(NCh 853.)

**Conductividad térmica ( $\lambda$ ):** Cantidad de calor que, en condiciones estacionarias, pasa en la unidad de tiempo a través de la unidad de área de una muestra de material homogéneo de extensión infinita, de caras planas y paralelas y de espesor unitario, cuando se establece una diferencia de temperatura unitaria entre sus caras. Se expresa en  $W/mK$ . NCh 851.

**Reacondicionamiento Térmico:** Consiste en la aislación de las viviendas, específicamente de los muros y/o techos. Estas obras de mejoramiento contribuyen a disminuir el gasto de energía para calentar los hogares, bajando los niveles de contaminación y el gasto de calefacción.

(PDA.2019)

**Aislación térmica:** es la capacidad de oposición al paso de calor de un material o conjunto de materiales, y que en construcción se refiere esencialmente al intercambio de energía calórica entre el ambiente interior y el exterior [3].

**Complejo de muro:** conjunto de elementos constructivos que conforman el muro y cuyo plano de terminación interior tiene una inclinación de más de 60° sexagesimales, medidos desde la horizontal [3].

**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 de base, igualando a la "base" aquellas superiores a ésta. Dependiendo del período de tiempo utilizado, se puede hablar de grados/día, grados/hora, grados/año, etc. [3].

**Humedad relativa:** Relación entre la humedad (vapor de agua) existente en el aire y la máxima humedad (vapor de agua) que puede contener en función de la presión y la temperatura [1].

**Puente térmico:** Parte de un cerramiento con resistencia térmica inferior al resto del mismo, lo que aumenta la posibilidad de producción de condensaciones y pérdidas de calor en esa zona en invierno [1]

**Resistencia térmica (R):** Oposición al paso de calor que presentan los elementos o materiales de construcción [1].

**Huella de Carbono:** Conjunto de emisiones de gases de efecto invernadero producidas, directa o indirectamente, por personas, organizaciones, productos, eventos o regiones geográficas, en términos de CO<sub>2</sub> equivalentes, sirve como una útil herramienta de gestión para conocer las conductas o acciones que están contribuyendo a aumentar nuestras emisiones, cómo podemos mejorarlas y realizar un uso más eficiente de los recursos. [4].

**Resistencia térmica (R):** Oposición al paso de calor que presentan los elementos o materiales de construcción [1].

**Huella de Carbono:** Conjunto de emisiones de gases de efecto invernadero producidas, directa o indirectamente, por personas, organizaciones, productos, eventos o regiones geográficas, en términos de CO<sub>2</sub> equivalentes, sirve como una útil herramienta de gestión para conocer las conductas o acciones que están contribuyendo a aumentar nuestras emisiones, cómo podemos mejorarlas y realizar un uso más eficiente de los recursos. [4]

## MARCO NORMATIVO

- Norma chilena, NCh 853 del año 2007  
Está dedicada al “Acondicionamiento térmico – Envolvente térmica de edificios – Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas”.
- OGUC, Artículo 4.1.10 del Ministerio de vivienda y urbanismo
- Requisitos de acondicionamiento térmico a las viviendas, determinando exigencias para los complejos de techumbre, muros, pisos ventilados y superficie máxima de superficie vidriada.
- Plan de Descontaminación y prevención Atmosférico (PDA) Región de Ñuble.
- Capítulo N°3 sobre regulación referida al mejoramiento térmico de las viviendas.
- Artículo 24, destinado a viviendas que opten al subsidio de mejoramiento de acondicionamiento térmico.

## CAPITULO 1: ESTUDIO Y ANÁLISIS DE ASPECTOS BIOCLIMÁTICOS DE LA VIVIENDA UBICADA EN VILLA SAN JOSE YUNGAY REGION DE ÑUBLE.

### 1.1 UBICACIÓN

Las viviendas que han sido escogidas para este trabajo de investigación se encuentran ubicadas en villa san José Yungay provincia de ñuble, En el km 3 entre cholguán y Yungay.

FIGURA 4



## 1.2 ENVOLVENTE TÉRMICA DE LA SITUACIÓN ACTUAL

FIGURA 5



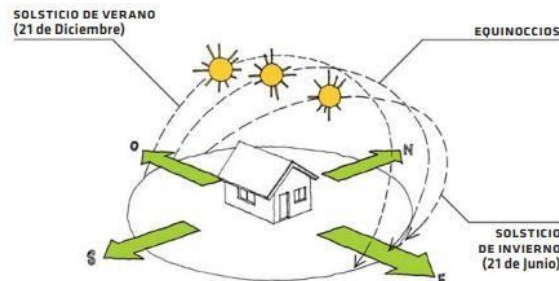
La composición de la envolvente térmica de la vivienda caso N° 1 cuenta con muros, ventana y piso. El radie es un radie común echo artesanalmente con ventanera muros de terciado estructural como en los bordes exteriores de la tabiquería. El revestimiento exterior de muros es de sinding por todo el contorno de la vivienda. No posee aislante en los muros ni en la techumbre.

## 1.3 MÉTODOS Y REQUERIMIENTOS FUNDAMENTALES DE DISEÑO.

### Asoleamiento.

La trayectoria solar varía de acuerdo con la época del año y el menor ángulo respecto de la horizontal se da en el solsticio de invierno y el mayor en el solsticio de verano [5], la figura 4 indica la trayectoria del sur en el hemisferio Sur.

FIGURA 6

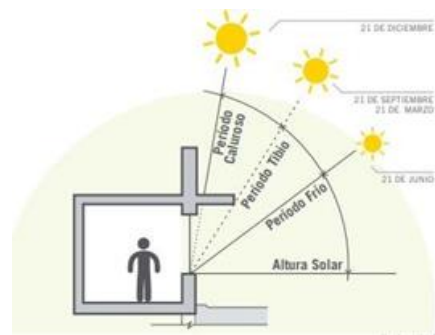


Trayectoria del sol respecto a la superficie horizontal terrestre Fuente: [5]

Considerando esta trayectoria, y con el objetivo de permitir el ingreso de radiación solar al interior de la vivienda durante periodos fríos del año y obstruirla durante periodos calurosos a través del diseño estratégico de superficies vidriadas y protecciones solares para mantener una temperatura confortable [6], la mejor decisión es dirigir la orientación de la vivienda hacia el norte, en cuyas fachadas se diseñan ventanas con mayor superficie que hacia el sur [5].

La figura 5 describe gráficamente la situación en términos generales mostrando la efectividad de los aleros como protección solar en verano.

**FIGURA 7**



Efectividad de los aleros para controlar el ingreso de radiación solar a través de ventanas

**Fuente:** [6]

## 1.4 ENVOLVENTE EFICIENTE.

### **Materiales de Aislación.**

Las características más importantes del material aislante corresponden a su conductividad térmica  $\lambda$ , la resistencia a la humedad, al paso del vapor, su comportamiento ante el fuego, su resistencia, durabilidad, la facilidad de su correcta instalación y su relación con el medio ambiente [1]. En Chile los materiales aislantes más comúnmente utilizados son el Poliestireno expandido, lana mineral, lana de vidrio, poliuretano Expandido, todos estos cumpliendo con excelentes prestaciones, sin embargo, es interesante buscar nuevas soluciones y materiales más ecológicos, que cumplan con una menor huella de carbono, es esto por lo que más adelante se hará un análisis más profundo a distintos tipos de materiales que componen un sistema de solución de muro.

## Barrera de vapor y Humedad

Las actividades que se desarrollan dentro de la vivienda generan vapor el cual desea salir, por ello es necesaria la barrera de vapor, la cual impide el paso de este al aislante humedeciéndolo y favoreciendo la aparición de condensaciones indeseadas, esta se debe instalar por el lado interior de la vivienda entre el revestimiento interior y el aislante térmico [1]. Por otro lado, lo que impide el paso de humedades exteriores, pero debe permitir el paso del vapor del interior, es la barrera de humedad, instalada por el lado exterior del elemento constructivo alrededor de toda la envolvente, de forma continua y sin perforaciones [1].

La Tabla 1, muestra la recopilación algunos materiales comúnmente utilizados como barrera de vapor y humedad según el Manual de Acondicionamiento Térmico de la Cámara Chilena de la Construcción [1].

**FIGURA 8**

Barrera de Vapor	Barrera de Humedad
Poliétileno	Fieltro Asfáltico
Aluminio	Pinturas Impermeabilizantes
Láminas de Metal	Morteros Impermeabilizantes
Láminas de Poliéster	Laminas Impermeabilizantes
Algunas Pinturas	Membranas Hidrofugas

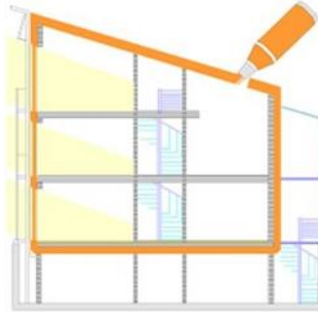
Sin embargo, es necesario analizar con que materiales se va a combinar estas barreras ya que se puede presentar ocasiones en que su uso no sea necesario.

## Eliminación de Puentes térmicos

Se consideran puentes térmicos, las zonas de la envolvente donde se evidencia una variación de la uniformidad de la construcción ya sea por cambio del espesor del cerramiento, de los materiales empleados, o por penetración de elementos constructivos con diferente conductividad [7]. Por esta razón es esencial mantener a continuidad entre todos los elementos aislantes de la envolvente, ya que independiente del espesor del aislamiento la presencia de un puente térmico provoca un efecto embudo, por donde se pierde calor,

además de producir problemas de condensación intersticial por diferencia de temperatura. Para evitar la presencia de Puentes térmicos, el sistema Passivhaus propone como más eficiente un aislamiento exterior que selle la fachada como se ejemplifica en la figura 9.

**FIGURA 9**



**Figura 6: Envoltorio exterior sin Puentes térmicos**

**Fuente: [8]**

## Ventanas

En la siguiente tabla 1 expone la propuesta de actualización de la reglamentación térmica según el manual de estándares de construcción sustentable para viviendas en Chile, para valores de porcentaje máximo de superficie vidriada por orientación según transmitancia y zona térmica.

**TABLA 1**

ZONA TÉRMICA	N	S	E-O	TRANSMITANCIA (U W/m <sup>2</sup> K)
A	50%	40%	30%	5,8
B	60%	60%	40%	3,6
C	50%	50%	40%	3,6
D	50%	40%	30%	3,6
E	50%	40%	30%	3,0
F	50%	35%	25%	3,0
G	40%	30%	15%	2,4
H	30%	10%	10%	2,4
I	30%	10%	10%	2,4

Propuesta de actualización de la reglamentación térmica, Art. 4.1.10 de la O.G.U.C

Fuente:[6]

La pérdida de calor a través de las ventanas es proporcional a su coeficiente de transmitancia térmica, por lo que en general es conveniente reducir el valor de U en todas las orientaciones [7]. Aunque cabe destacar que en consecuencia la ganancia térmica solar será menor.

La siguiente figura, es un alcance de algunos tipos de ventanas disponibles en el mercado.

**TABLA 2**

DESCRIPCIÓN	COEFICIENTE U (W/m <sup>2</sup> K)
Panel simple	5,7
Panel doble	2,8
Panel triple	1,9
Panel triple sellado con revestimiento de baja emisividad	1,4
Además relleno de argón	1,2
Además con dos revestimientos de baja emisividad	0,8
Ventana de vacío (alto vacío)	0,5
20 mm de Aerogel (vacío reducido)	0,3

Valores de coeficiente U para diferentes ventanas Fuentes [7]

En consecuencia, a menor coeficiente U menor las ganancias solares, por lo que se debe estudiar la opción que más acomode.

## **Puertas**

No hay exigencias ni reglamentación para puertas, sin embargo, es importante considerar sus propiedades de materialidad y transmitancia térmica si queremos que nuestra envolvente sea lo más eficiente posible. Estas, son imprescindibles en la envolvente de una vivienda y no se desea que actúen como Puente térmico, o sea un acceso a infiltraciones de aire.

## **Infiltraciones**

La hermeticidad del aire es un requisito importante para la construcción eficientemente energética, por ello la piel exterior de un edificio debe evitar el paso incontrolado de este. Se debe tener especial cuidado en el sellado de juntas, pasos de conexiones, salidas de instalaciones en las cubiertas, marcos de ventanas y puertas ya que una mala disposición de ellas no solo puede permitir infiltración de aire sino también el paso de lluvia en caso de condiciones climáticas extremas. No se debe confundir estanqueidad del aire con aislamiento térmico, ambas son para la envolvente de una vivienda, pero deben ser alcanzadas de forma independiente [7]

## 1.5 MEDICIONES DE TEMPERATURA Y HUMEDAD

Con un instrumento llamado Termo higrómetro se lograron obtener las temperaturas y Humedad Relativa del área de la vivienda, tomando como referencia un día completo de 24 horas. Los horarios evaluados fueron desde las 8:00 am hasta las 22:00 pm en intervalos de 2 horas. Los resultados obtenidos se ven reflejados en la Tabla 3.

**TABLA 3**

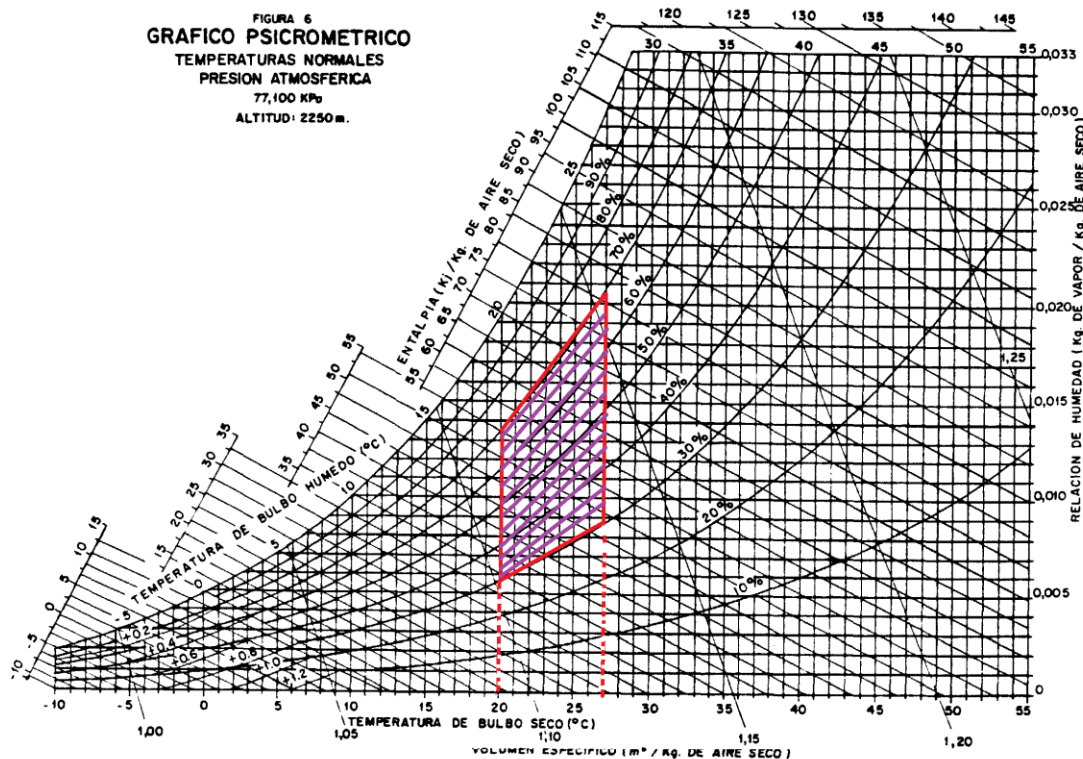
<b>Registro de temperatura</b>									
<b>DE 20 AL 22 DE ENERO</b>									
hora	TEMPERATURAS INTERIORES, EXTERIORES, HUMEDAD								
	T°C INT	T°C EXT	HUM %	T°C INT	T°C EXT	HUM %	T°C INT	T°C EXT	HUM %
8:00	24	16	40%	21,7	13	40%	22,8	15	48%
10:00	26,7	18	42%	24,1	15	40%	28,5	19	46%
12:00	27,4	25	42%	28	19	37%	28,9	20	41%
14:00	27,8	25	42%	29	19	36%	29,1	21	41%
16:00	28,2	26	39%	30	22	36%	29,9	23	40%
18:00	30,2	27	39%	28	21	37%	32,2	26	39%
20:00	31,1	26	39%	26,5	20	37%	31	26	39%
22:00	29	25	40%	24,5	18	38%	30,2	25	39%
0:00	26	23	38%	23,1	17	39%	28,6	25	40%
<b>Temperatura maxima °c</b>	31,1	27	42%	30	21	40%	32,2	26	48%
<b>temperatura minima °c</b>	24	16	38%	21,7	13	36%	22,8	15	39%
<b>temperatura promedio °c</b>	27,82	23,44	0,40%	26,1	18,22	0,38%	29,02	22,22	0,414
<b>temperatura confort maxima °c</b>	27	27	27	27	27	27	27	27	27
<b>temperatura confort minima °c</b>	20	20	20	20	20	20	20	20	20

## 1.6 CONDENSACIÓN Y HUMEDAD

La humedad en la construcción causa diversas patologías, provocando una disminución del confort higrotérmico a la vez que puede comprometer el estado material de la edificación, y hasta afectar la salud de las personas que la habitan. Esta humedad se convierte en un problema al momento que aparece de forma indeseada y en proporciones superiores a las aceptables. Dentro de la problemática de la humedad existe un concepto importante denominado aire húmedo.

El aire atmosférico normalmente contiene cierto porcentaje de humedad (agua en estado gaseoso) dependiente de la temperatura. Cuando la humedad es máxima (estado saturado) se dice que la humedad relativa es 100%. El gráfico siguiente muestra las curvas de humedad relativa y contenido de humedad absoluta en función de la temperatura, llamado gráfico psicrométrico del aire. Observar grafico N° 1

Gráfico N° 1



Fuente: PRENGER, J. y LING, P. 2001.

La sección de color rojo contempla los parámetros de confort los cuales están entre 20° y 27°C de temperatura y entre 30% y 60% de humedad. De los 90 datos que fueron ingresados en el gráfico, en 9 oportunidades están dentro de los parámetros de confort térmico, lo cual habla que 18 de los datos restantes no cumplen con el confort térmico adecuado para que las personas puedan vivir de una manera adecuada de acuerdo a los estándares de la NCH 853.

- En las horas de la tarde es cuando existe una mayor diferencia de la temperatura interior y la exterior.
- La temperatura dentro de la vivienda siempre es mayor que la ambiental, esto se puede apreciar por ejemplo en que la mayor temperatura que se alcanzó dentro de la vivienda fueron 32,2°C y en el ambiente fueron 27°C.
- La diferencia que existe entre la temperatura en el interior de la vivienda en la mañana de 8:00 y a temperatura de la noche de 0:00 no varía mucho, teniendo en la mañana una temperatura promedio de 22,83% y promedio en la noche de 25,9%.
- La temperatura en el interior de la vivienda aumenta o disminuye a el mismo ritmo que la temperatura ambiental, esto debido a que en la hora del día que la temperatura ambiental llegaba a su peak, en el interior de la vivienda pasaba exactamente lo mismo, por lo que no existe una diferencia significativa en tiempo entre estas variaciones.

## **HUMEDAD**

La sección de color rojo contempla los parámetros de confort los cuales están entre 20° y 27°C de temperatura y entre 30% y 60% de humedad.

De los 27 datos que fueron ingresados en el gráfico, en las 27 oportunidades están dentro de los parámetros de confort térmico, lo cual habla que de los datos Obtenidos Todos cumplen con el confort térmico adecuado para que las personas puedan vivir de una manera adecuada de acuerdo a los estándares de la NCH 853.

Dentro de los datos obtenido por la medición de humedad dentro de la vivienda se puede inferir que:

El día de mayor humedad dentro de la vivienda fue el 22/01/2022 siendo un 48% de humedad con una temperatura de 22,8 °C.

El día de menor humedad dentro de la humedad fue el 21/01/2022 siendo un 40% de humedad con una temperatura de 21,7°C y 24,1°C.

El promedio de humedad de los tres días fue de un 43,33% de humedad.

## **1.7 NORMA CHILENA NCH. 853**

### **APLICACIÓN DE LA NORMA**

Esta norma establece procedimientos de cálculo para determinar las resistencias y transmitancia térmicas de los elementos constructivos de la envolvente térmica tales como muros, techumbres y pisos. Elementos que separan ambientes de temperaturas distintas.

Los valores determinados según esta norma son útiles para el cálculo de transmisión de calor, potencia de calefacción, refrigeración, energía térmica y aislaciones térmicas de envolventes en la edificación.

El cálculo según esta norma es una de las alternativas que ofrece la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones OGUC para demostrar el cumplimiento de la Reglamentación Térmica (véase OGUC Art. 4.1.10 letra 1. B. 3.).

En el sistema chileno de Calificación Energética de Viviendas, el cálculo de los valores U de la envolvente de acuerdo a esta norma es un ejercicio imprescindible.

### **REGIMEN ESTACIONARIO**

Los procedimientos de cálculo están basados en el supuesto que el flujo térmico se desarrolla en régimen estacionario.

Se habla de un régimen estacionario cuando el motor de la transmisión de calor – el gradiente de temperatura – permanece inalterado en el tiempo y en el lugar. Significa que el cálculo no toma en cuenta las fluctuaciones de temperatura entre día y noche, tampoco los efectos de la radiación solar sobre la envolvente ni los procesos de transmisión de calor resultantes al enfriamiento o calentamiento de materiales. Por lo tanto, los resultados son teóricos y no representan condiciones reales. No obstante, son la mejor aproximación que tenemos a nuestra disposición.

## CONTENIDO

La norma contiene las definiciones, símbolos y unidades físicas de los conceptos relacionados con la transmitancia térmica, además los valores de las resistencias térmicas de superficie, y una gran cantidad de ecuaciones para calcular la transmitancia térmica de los elementos constructivos de diferentes características.

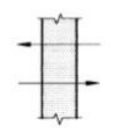

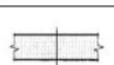
El Anexo A de la norma consiste en un muy útil listado de materiales genéricos con su respectiva densidad y conductividad térmica.

Los Anexos B y C de la norma son dedicados a las cámaras de aire no ventiladas, mientras el Anexo D contiene algunos ejemplos de aplicación de la norma.

## RESISTENCIA TERMICA DE SUPERFICIE

En casi todos los cálculos se utilizan los valores de resistencia térmica superficial. Esta depende, por la cara interior, de la dirección del flujo de calor. Por el exterior el valor a utilizar depende solamente de la velocidad del viento.

**Tabla 2**

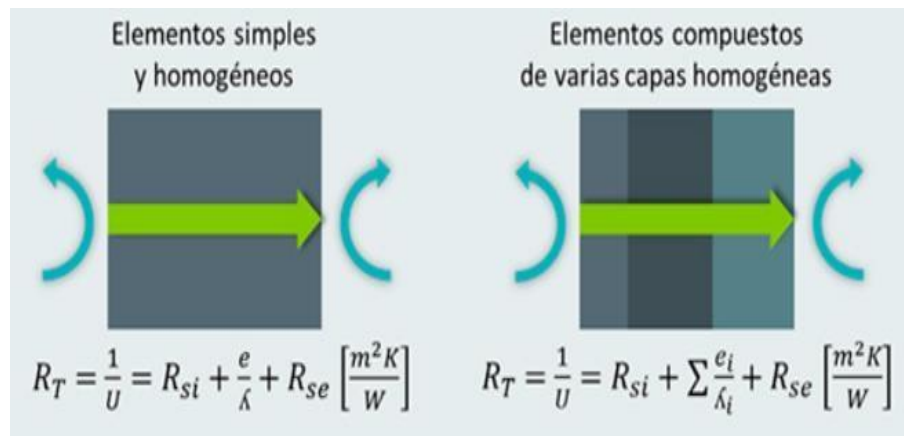
Posición del elemento y sentido del flujo de calor		Resistencias térmicas de superficie en $m^2 \times KW$					
		Situación del elemento					
		De separación con espacio exterior o local abierto			De separación con otro local, desván o cámara de aire		
		$R_{si}$	$R_{se}$	$R_{si} + R_{se}$	$R_{si}$	$R_{se}$	$R_{si} + R_{se}$
Flujo horizontal en elementos verticales o con pendiente mayor que $60^\circ$ respecto a la horizontal		0,12	0,05	0,17	0,12	0,12	0,24
Flujo ascendente en elementos horizontales o con pendiente menor o igual que $60^\circ$ respecto a la horizontal		0,09	0,05	0,14	0,10	0,10	0,20
Flujo descendente en elementos horizontales o con pendiente menor o igual que $60^\circ$ respecto a la horizontal		0,17	0,05	0,22	0,17	0,17	0,34
NOTAS							
1) Estos valores se han obtenido experimentalmente por el método de NCh851.							
2) Los valores de esta tabla corresponden a velocidades del viento en el exterior menores que 10 km/h. Para velocidades superiores se debe considerar $R_{se} = 0$ .							
3) Bajo condiciones de pérdidas térmicas por parte del local (invierno), en general, el flujo de calor es ascendente a través de techumbres y descendente a través de los pisos.							
4) Bajo condiciones de ganancias térmicas por parte del local (verano), en general, el flujo de calor es ascendente a través de los pisos y descendente a través de las techumbres.							

## ELEMENTOS DE CAPAS HOMOGENEAS

Las principales ecuaciones de la norma son para los elementos simples homogéneos y los elementos compuestos por varias capas homogéneas.

El elemento homogéneo tiene la misma composición a cualquier altura de una línea paralela al flujo de calor. Ver figura N°10.

**Figura N° 10**



Fuente: [www.arquitecturayenergia.cl](http://www.arquitecturayenergia.cl)

R<sub>T</sub>: Resistencia térmica total (m<sup>2</sup>\*K/W) U: Transmitancia térmica (W/m<sup>2</sup>\*K)  
R<sub>si</sub>: Resistencia térmica de superficie al interior, (m<sup>2</sup>\*K/W) R<sub>se</sub>: Resistencia térmica de superficie al exterior, (m<sup>2</sup>\*K/W)  
e: Espesor del material, (m). (es muy importante trabajar en metros) λ: Conductividad térmica del material, (W/(m\*K))  
e/λ: Resistencia térmica de sólidos (m<sup>2</sup>\*K/W)

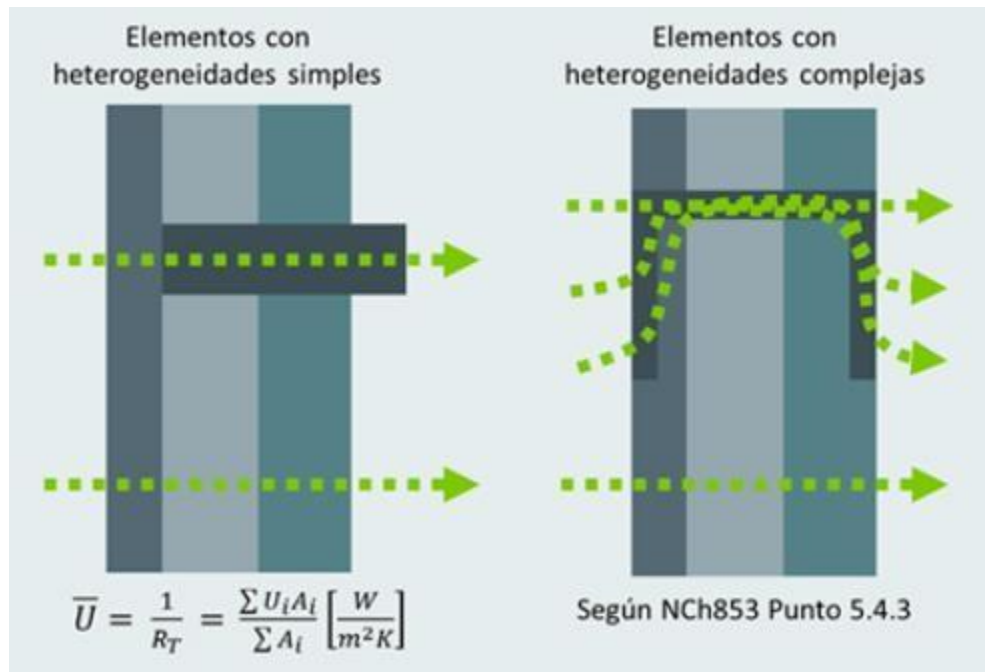
Respecto a las soluciones constructivas más comunes, es posible identificar elementos homogéneos y elementos heterogéneos simples.

## ELEMENTOS DE CAPAS HETEROGENEAS

Se habla de elementos con heterogeneidades simples en el caso de muros con pilares o de techos con vigas macizas, donde los flujos de calor son siempre perpendiculares a las caras del elemento. En este caso se pondera las transmitancias térmicas de los diferentes sectores de la superficie.

Los elementos heterogéneos complejos son aquellos donde se generan flujos de calor en direcciones no perpendiculares a las caras del elemento. Son por ejemplo perfiles metálicos con nervio y alas. En este caso la norma considera que por sobre los valores calculados son válidos los resultados de ensayos. Ver figura N°11.

Figura N° 11



Fuente: [www.arquitecturayenergia.cl](http://www.arquitecturayenergia.cl)

## **PISOS EN CONTACTO CON EL TERRENO**

La norma introduce la transmitancia térmica lineal, permitiendo un cálculo simplificado donde entra principalmente el largo del perímetro exterior del piso. Esto corresponde al hecho que es por el exterior del zócalo donde el edificio pierde más calor, por sobre la cara inferior del piso.

## **ELEMENTOS CON CAMARAS DE AIRE**

Las fórmulas y figuras para elementos con cámaras de aire no son fáciles de usar. Se dan para cámaras de aire no ventiladas, medianamente ventiladas y muy ventiladas. Si una cámara de aire está conectada solo con el exterior, pero no está bien ventilada, puede provocar la acumulación de humedad provocando daños a la construcción. Si una cámara de aire está conectada tanto con el ambiente interior como con el exterior, estamos ante infiltraciones de aire que aumentan considerablemente las pérdidas de calor de un edificio.

## **PROTECCION DE LA HUMEDAD**

Más efectivos que cámaras de aire son cámaras rellenas con materiales aislantes. La ventilación mal controlada de cámaras de aire puede generar patologías graves por efectos de humedad.

Los valores de conductividad térmica y las ecuaciones entregadas por la NCh.853 son válidos solo para materiales secos. Sin embargo, la humedad en los materiales de construcción aumenta considerablemente la conductividad térmica.

## 1.8 PLAN DE PREVENSIÓN Y DESCONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

El PPDA establece que, para los proyectos de acondicionamiento térmico de un recinto existente, se deberá verificar las exigencias establecidas en la tabla N°3, que entrega los valores de transmitancia térmica máxima que deberá cumplir la envolvente térmica del recinto.

**Tabla N°3**

**TABLA 2.7: VALORES DE TRANSMITANCIA TÉRMICA U [W/(m²K)] Y RESISTENCIA TÉRMICA (R100)**

ZONA TÉRMICA²	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Techos	0,84	0,47	0,47	0,38	0,33	0,28	0,28	0,25	0,25
Muros	2,10	0,80	0,80	0,80	0,60	0,45	0,40	0,30	0,35
Pisos ventilados	3,60	0,70	0,87	0,70	0,60	0,50	0,39	0,32	0,32
Pisos sobre terreno -R100 [(m²K)/W]*100	---	45	45	45	45	91	91	91	91
Puertas	---	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7

Fuente: Plan de Prevención y descontaminación Atmosférica – 2017” Minvu”

Actualmente el Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica (PPDA) es el documento que rige los valores máximos de transmitancia térmica que deben cumplir las partes de la envolvente térmica de un recinto tanto para viviendas como también para edificios de uso público.

Para poder realizar los cálculos de transmitancia térmica se deben tener conocimiento de ciertos términos y exigencias determinados por la normativa vigente del país.

Debemos tener claro que es la Resistencia Térmica, Conductividad Térmica y la Transmitancia Térmica.

Resistencia Térmica es la oposición al paso del calor que presentan los elementos de construcción.

Para una capa de material de caras planas y paralelas, de espesor  $e$ , conformadas por un material homogéneo de conductividad térmica  $\lambda$ , la resistencia térmica queda dada por:

$R = e/\lambda$  e: Espesor del material, (m).

$\lambda$ : Conductividad térmica del material, (W/(m\*K))

La Conductividad Térmica se define como la cantidad de calor que en condiciones estacionarias pasa en la unidad de tiempo a través de la unidad de área de una muestra de material homogéneo de extensión infinita, de caras planas y paralelas y de espesor unitario, cuando se establece una diferencia de temperatura unitaria entre sus caras. Se expresa en W/(m x K).

Por otra parte, la Transmitancia Térmica se define como el Flujo de calor que pasa por unidad de superficie del elemento y por grado de diferencia de temperaturas ente los dos ambientes separados por dicho elemento. A esto se le denomina valor U de transmitancia térmica y se expresa en W/(m<sup>2</sup>xK).

Para determinar el U de transmitancia térmica de la envolvente del inmueble se debe considerar la siguiente formula:

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum \frac{e}{\lambda} + R_{se}}$$

R<sub>si</sub>: Resistencia térmica de superficie al interior, (m<sup>2</sup> K/W)

según Tabla 2 R<sub>se</sub>: Resistencia térmica de superficie al exterior,

(m<sup>2</sup> K/W) según Tabla 2e: Espesor del material, (m). (es muy

importante trabajar en metros)

$\lambda$ : Conductividad térmica del material, (W/ (m K))

Para determinar el valor U de transmitancia térmica de la envolvente actual que presenta en inmueble, se creó un esquema que representa las capas de los elementos de la envolvente.

Con los datos indicados en los esquemas mencionados se pueden obtener los valores de conductividad y la densidad de los materiales existentes y así poder aplicarlos a la fórmula de transmitancia térmica.

## CAPITULO N°2: CÁLCULO TÉRMICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.

### 2.1 CALCULAR LA TRANSMITANCIA TÉRMICA DE UN MURO EXTERIOR TABIQUE DE MADERA.

La transmitancia térmica total del muro se calcula con la siguiente fórmula:

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum \frac{e}{\lambda} + R_{se}}$$

$R_{si}$ : Resistencia térmica de superficie al interior, ( $m^2 K/W$ ).

$R_{se}$ : Resistencia térmica de superficie al exterior, ( $m^2 K/W$ ).

$e$ : Espesor del material, (**m**). (es muy importante trabajar en metros).

$\lambda$ : Conductividad térmica del material, ( $W/(m K)$ ).

Calculo final de ponderación global:

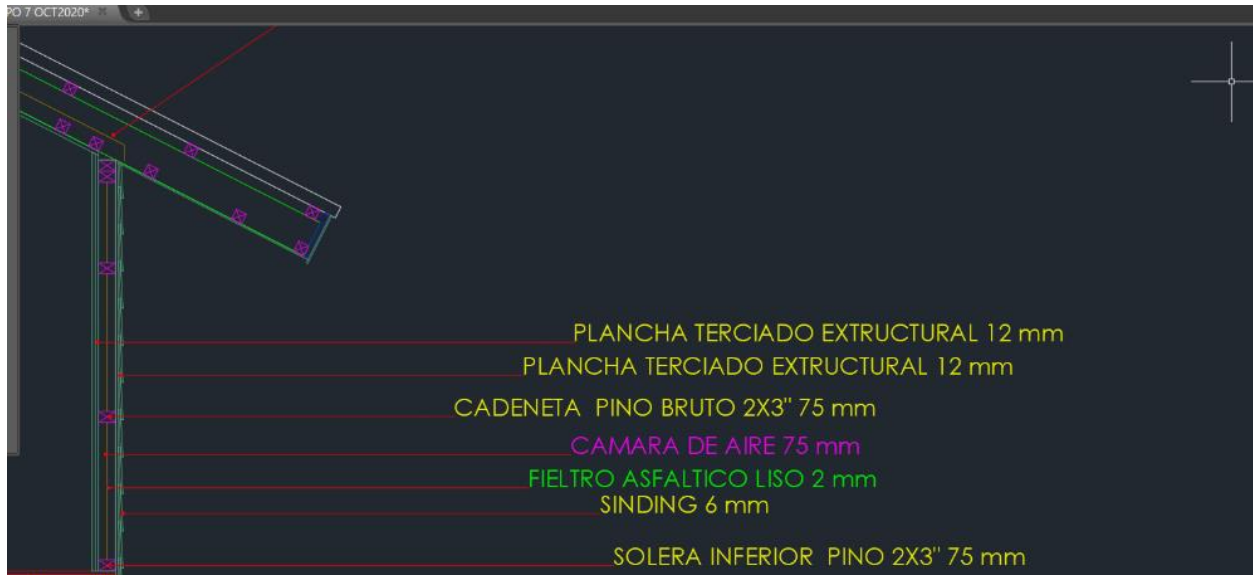
Cálculo final con ponderación global:

$$\bar{U} = \frac{1}{R_T} = \frac{U_{madera} \times 15 \% + U_{aislante} \times 85 \%}{100 \%}$$

Se ponderan 2 flujos de transferencia de calor:

- por la madera
- por el aislante

## Detalle tabique



### Materiales:

- Planchas terciado estructural 12 mm
- Cadeneta pino bruto 2x3" 75 mm
- Cámara de aire 75 mm
- Fieltro asfáltico liso 2 mm
  
- Sinding 6 mm
- Madera pino 2x3" 75 mm

## Cálculo de Transmitancia térmica madera

calculo de traasmitancia termica de madera ( MURO) SITUACION ACTUAL

<i>Elemento</i>	<i>Espesor mm</i>	<i>Espesor m</i>	<i>conductividad λ</i> [W/mK]	<i>RESISTENCIA</i> [m <sup>2</sup> K/W]
<b>RSI</b>			0,12	0,12
TERCIADO EXTRACTURAL	12mm	0,012	0,138	0,09
TERCIADO EXTRACTURAL	12mm	0,012	0,138	0,09
MADERA 2X3"	75 mm	0,075	0,104	0,72
SINDING	6mm	0,006	0,23	0,03
<b>RSE</b>			0,05	0,05
			<b>RT</b>	<b>1,09</b> [m <sup>2</sup> K/W]
			<b>U1</b>	<b>0,92</b> [W/m <sup>2</sup> K]

## Cálculo de Transmitancia térmica aislante

calculo de traasmitancia termica de aislante ( Muro) SITUACION ACTUAL

<i>Elemento</i>	<i>Espesor mm</i>	<i>Espesor m</i>	<i>conductividad λ</i> [W/mK]	<i>RESISTENCIA</i> [m <sup>2</sup> K/W]
<b>RSI</b>			0,12	0,12
TERCIADO EXTRACTURAL	12mm	0,012	0,138	0,09
TERCIADO EXTRACTURAL	12mm	0,012	0,138	0,09
CAMARA DE AIRE	75mm	0,075	0,165	0,17
SINDING	6mm	0,006	0,23	0,03
<b>RSE</b>			0,05	0,05
			<b>RT</b>	<b>0,54</b> [m <sup>2</sup> K/W]
			<b>U2</b>	<b>1,87</b> [W/m <sup>2</sup> K]

## Cálculo final con ponderación global

	Valor	%
U1	0,92	15%
U2	1,9	85%

U ponderado	1,73	(w/m2k)
-------------	------	---------

## 2.2 CALCULAR LA TRANSMITANCIA TÉRMICA DE CERCHA.

### Detalle tabique



$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum \frac{e}{\lambda} + R_{se}}$$

$R_{si}$ : Resistencia térmica de superficie al interior, ( $m^2 K/W$ ).

$R_{se}$ : Resistencia térmica de superficie al exterior, ( $m^2 K/W$ ).

$e$ : Espesor del material, (**m**). (es muy importante trabajar en metros).

$\lambda$ : Conductividad térmica del material, ( $W/(m K)$ ).

### Materiales:

Yeso cartón 10 mm

Pino 2x2" 50 mm

Pino 2x6" 15 mm

Fieltro asfaltico liso 2 mm

## Cálculo de Transmitancia térmica madera

calculo de traasmitancia termica de madera ( Techumbre) situacion actual

Elemento	Espesor mm	Espesor m	conductividad $\lambda$ [W/mK]	RESISTENCIA [m <sup>2</sup> K/W]	
<i>RSI</i>	6mm		0,10	0,10	
yeso carton		0,006	0,26	0,02	
pino 2x6"		0,15	0,104	1,44	
<i>RSE</i>			0,10	0,10	
			<i>RT</i>	1,67	[m <sup>2</sup> K/W]
			<i>U1</i>	0,60	[W/m <sup>2</sup> K]

## Cálculo de Transmitancia térmica aislante

calculo de traasmitancia termica de aislante ( Techumbre) situacion actual

Elemento	Espesor mm	Espesor m	conductividad $\lambda$ [W/mK]	RESISTENCIA [m <sup>2</sup> K/W]	
<i>RSI</i>	6mm		0,10	0,10	
yeso carton		0,006	0,26	0,02	
<i>RSE</i>			0,10	0,10	
			<i>RT</i>	0,2	[m <sup>2</sup> K/W]
			<i>U2</i>	4,5	[W/m <sup>2</sup> K]

## Cálculo final con ponderación global

	VALOR	%
<i>U1</i>	0,60	3
<i>U2</i>	4,5	97

*U PONDERADO* 4,4 [W/m<sup>2</sup>K]

### CAPITULO N°3: PROPUESTA DE SOLUCIÓN CONSTRUCTIVA PARA EL REACONDICIONAMIENTO TÉRMICO DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA DE LA VIVIENDA.

El presente capítulo muestra el diseño de soluciones constructivas para muros y techumbre, en los cuales se combinaron distintos materiales de construcción para alcanzar diferentes valores de transmitancia térmica y alcanzar los estándares propuestos por el Minvu.

Varias de las soluciones, contienen materiales típicos utilizados en nuestro País, como materiales aislantes también encontraremos las clásicas soluciones con lanas minerales o poliestireno expandido. Sin embargo, algunos de los materiales utilizados en el diseño se basan en nuevas propuestas, orientadas a materiales que puedan disminuir la huella de carbono en la construcción, estos, a su vez son materiales que ya han sido implementados en otros lugares de mundo incluso algunos de estos también en Chile, pero aun así no son del todo conocidos en nuestro país.

De acuerdo a la tabla de estándares de construcción sustentables para viviendas de Chile tomo 2 de acuerdo al Minvu, la vivienda pertenece a la zona térmica (sur litoral) que se simboliza con la letra F, y debe cumplir con los estándares que se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla N°3**

**TABLA 2.7: VALORES DE TRANSMITANCIA TÉRMICA U [W/(m²K)] Y RESISTENCIA TÉRMICA (R100)**

ZONA TÉRMICA <sup>2</sup>	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Techos	0,84	0,47	0,47	0,38	0,33	0,28	0,28	0,25	0,25
Muros	2,10	0,80	0,80	0,80	0,60	0,45	0,40	0,30	0,35
Pisos ventilados	3,60	0,70	0,87	0,70	0,60	0,50	0,39	0,32	0,32
Pisos sobre terreno -R100 [(m²K)/W]*100	---	45	45	45	45	91	91	91	91
Puertas	---	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7

Fuente: Plan de Prevención y descontaminación Atmosférica – 2017 “Minvu”

### 3.1 PROPUESTA DE SOLUCIÓN CONSTRUCTIVA PARA EL REACONDICIONAMIENTO TÉRMICO DE MUROS.

#### Solución N°1

La estructura del muro se compone de madera contra laminada de 90 mm, pero esta vez aprovechando las ventajas del CLT, se deja una cara visible por el lado interior, en tanto, por el lado exterior se aislará con colchonetas de fibra de madera, para luego revestir con membrana hidrófuga y terminación de Siding fibrocemento de 6mm.

#### Cálculo de Transmitancia térmica madera

calculo de traasmitancia termica de madera ( MURO) SOLUCION 1					
Elemento	Espesor mm	Espesor m	conductividad $\lambda$ [W/mK]	RESISTENCIA [m <sup>2</sup> K/W]	
RSI			0,12	0,12	
Fibro cemento siding	6 mm	0,006	0,23	0,03	
Membrana hidrofuga	2 mm	0,002	no aplica	0,00	
Madera 2x3"	75 mm	0,075	0,104	0,72	
CLT	90 mm	0,09	0,13	0,69	
RSE			0,05	0,05	
RT				1,61	[m <sup>2</sup> K/W]
U1				0,62	[W/m <sup>2</sup> K]

#### Cálculo de Transmitancia térmica aislante

calculo de traasmitancia termica de aislante ( Muro) SOLUCION 1					
Elemento	Espesor mm	Espesor m	conductividad $\lambda$ [W/mK]	RESISTENCIA [m <sup>2</sup> K/W]	
RSI			0,12	0,12	
Fibro cemento siding	6 mm	0,006	0,23	0,03	
Membrana hidrofuga	2 mm	0,002	no aplica	0,00	
Aislante fibra de madera	60 mm	0,06	0,038	1,58	
CLT	90 mm	0,09	0,13	0,69	
RSE			0,05	0,05	
RT				2,5	[m <sup>2</sup> K/W]
U2				0,4	[W/m <sup>2</sup> K]

#### Cálculo final con ponderación global

	VALOR	%
U1	0,62	15
U2	0,4	85

28

U PONDERADO	0,44	[W/m <sup>2</sup> K]
-------------	------	----------------------

## Solución N°2

La estructura del muro se compone de Smart side panel, para luego revestir con membrana hidrófuga y luego la plancha de OSB, para luego usar como aislante chips chusquea coleu de 50mm terminación de yeso cartón de 15 mm y poliestireno de 80mm en revestimiento interior.

### Cálculo de Transmitancia térmica madera

calculo de traasmitancia termica de aislante ( Muro) SOLUCION 2					
Elemento	Espesor mm	Espesor m	conductividad $\lambda$ [W/mK]	RESISTENCIA [m <sup>2</sup> K/W]	
RSI			0,12	0,12	
smart side panel	11mm	0,011	0,23	0,05	
membrana hidrofuga	2 mm	0,002	no aplica	0,00	
OSB	11mm	0,011	0,23	0,05	
aislante chips chusquea coleu	50mm	0,05	0,066	0,76	
poliestireno	80mm	0,08	0,041	1,95	
Yeso carton	15mm	0,015	0,26	0,06	
RSE			0,05	0,05	
RT				3,0	[m <sup>2</sup> K/W]
U2				0,33	[W/m <sup>2</sup> K]

### Cálculo de Transmitancia térmica aislante

calculo de traasmitancia termica de aislante ( Muro) SOLUCION 2					
Elemento	Espesor mm	Espesor m	conductividad $\lambda$ [W/mK]	RESISTENCIA [m <sup>2</sup> K/W]	
RSI			0,12	0,12	
smart side panel	11mm	0,011	0,23	0,05	
membrana hidrofuga	2 mm	0,002	no aplica	0,00	
OSB	11mm	0,011	0,23	0,05	
aislante chips chusquea coleu	50mm	0,05	0,066	0,76	
poliestireno	80mm	0,08	0,041	1,95	
Yeso carton	15mm	0,015	0,26	0,06	
RSE			0,05	0,05	
RT				3,0	[m <sup>2</sup> K/W]
U2				0,33	[W/m <sup>2</sup> K]

### Cálculo final con ponderación global

	VALOR	%
U1	0,96	15
U2	0,3	85

29

U PONDERADO	0,42	[W/m <sup>2</sup> K]
-------------	------	----------------------

## Solución N°3

La estructura del muro se compone de Smart side panel, para luego revestir con membrana hidrófuga y luego la plancha de OSB, para luego usar como aislante chips chusquea coleu de 50mm terminación de yeso cartón de 15 mm y poliestireno de 80mm

### Cálculo de Transmitancia térmica madera

calculo de traasmitancia termica de madera ( MURO) SOLUCION 3					
Elemento	Espesor mm	Espesor m	conductividad $\lambda$ [W/mK]	RESISTENCIA [m <sup>2</sup> K/W]	
RSI			0,12	0,12	
fibro cemento sinding	6mm	0,006	0,23	0,03	
Membrana hidrofuga	2mm	0,002	no aplica	0,00	
OSB	11mm	0,011	0,13	0,08	
madera 2x3"	75mm	0,075	0,104	0,72	
yeso carton	15mm	0,015	0,26	0,06	
RSE			0,05	0,05	
RT				1,06	[m <sup>2</sup> K/W]
U1				0,94	[W/m <sup>2</sup> K]

### Cálculo de Transmitancia térmica aislante

calculo de traasmitancia termica de aislante ( Muro) SOLUCION 3					
Elemento	Espesor mm	Espesor m	conductividad $\lambda$ [W/mK]	RESISTENCIA [m <sup>2</sup> K/W]	
RSI			0,12	0,12	
fibro cemento sinding	6mm	0,006	0,23	0,03	
Membrana hidrofuga	2mm	0,002	no aplica	0,00	
OSB	11mm	0,011	0,13	0,08	
aislante lana de roca	50mm	0,05	0,035	1,43	
placas corcho	40mm	0,04	0,041	0,98	
yeso carton	15mm	0,015	0,26	0,06	
RSE			0,05	0,05	
RT				2,7	[m <sup>2</sup> K/W]
U2				0,4	[W/m <sup>2</sup> K]

### Cálculo final con ponderación global

	VALOR	%
U1	0,94	15
U2	0,4	85

U PONDERADO	30	0,45	[W/m <sup>2</sup> K]
-------------	----	------	----------------------

### 3.2 PROPUESTA DE SOLUCIÓN CONSTRUCTIVA PARA EL REACONDICIONAMIENTO TÉRMICO DE TECHUMBRE.

#### Solución N°1

#### Cálculo de Transmitancia térmica madera

calculo de traasmitancia termica de madera ( Techumbre) Solucion 1

Elemento	Espesor mm	Espesor m	conductividad $\lambda$ [W/mK]	RESISTENCIA [m <sup>2</sup> K/W]	
RSI			0,10	0,10	
terciado ranurado	90mm	0,009	0,28	0,03	
madera 2x6"	150mm	0,15	0,104	1,44	
RSE			0,10	0,10	
RT				1,67	[m <sup>2</sup> K/W]
U1				0,60	[W/m <sup>2</sup> K]

#### Cálculo de Transmitancia térmica aislante

calculo de traasmitancia termica de aislante ( Techumbre) Solucion 1

Elemento	Espesor mm	Espesor m	conductividad $\lambda$ [W/mK]	RESISTENCIA [m <sup>2</sup> K/W]	
RSI			0,10	0,10	
terciado ranurado	90mm	0,009	0,28	0,03	
lana mineral	100mm	0,1	0,03	3,33	
RSE			0,10	0,10	
RT				3,6	[m <sup>2</sup> K/W]
U2				0,3	[W/m <sup>2</sup> K]

#### Cálculo final con ponderación global.

	VALOR	%
U1	0,60	3
U2	0,3	97

U PONDERADO	0,28	[W/m <sup>2</sup> K]
-------------	------	----------------------

## Solución N°2

### Cálculo de Transmitancia térmica madera

calculo de traasmitancia termica de madera ( Techumbre) Solucion 2

Elemento	Espesor mm	Espesor m	conductividad $\lambda$ [W/mK]	RESISTENCIA [m <sup>2</sup> K/W]	
RSI			0,10	0,10	
yeso carton	10mm	0,01	0,26	0,04	
madera 2x6"	150mm	0,15	0,104	1,44	
RSE			0,10	0,10	
				RT	1,68 [m <sup>2</sup> K/W]
				U1	0,59 [W/m <sup>2</sup> K]

### Cálculo de Transmitancia térmica aislante

calculo de traasmitancia termica de aislante ( Techumbre) Solucion 2

Elemento	Espesor mm	Espesor m	conductividad $\lambda$ [W/mK]	RESISTENCIA [m <sup>2</sup> K/W]	
RSI			0,10	0,10	
yeso carton	10mm	0,01	0,26	0,04	
lana de oveja	50mm	0,05	0,045	1,11	
lana mineral	100mm	0,1	0,03	3,33	
RSE			0,10	0,10	
				RT	4,7 [m <sup>2</sup> K/W]
				U2	0,2 [W/m <sup>2</sup> K]

### Cálculo final con ponderación global

	VALOR	%
U1	0,59	3
U2	0,2	97

U PONDERADO	0,23 [W/m <sup>2</sup> K]
-------------	---------------------------

**CAPITULO N°4: ANÁLISIS PRESUPUESTARIO DE LAS SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS PARA EL REACONDICIONAMIENTO TÉRMICO DE LA VIVIENDA.**

El presente capítulo contiene la elaboración de presupuesto de cada una de las soluciones estimando su valor económico por cantidad de material y presupuesto total de material y mano de obra. Para la elaboración de cada una de las soluciones, se tomó como referencia, datos y precios que están en el mercado de chileno.

**1.1 PRESUPUESTO DE SOLUCIONES DE TRANSMITANCIA TÉRMICAS DE MUROS.**

**Solución 1**

		APU Solucion 1			
Item	Materiales	Unidad	Cantidad	P.Unitario	Valor
1	<b>Rev. Exterior</b>				
1.1	Fibro cemento sinding 6mm	Placa	46	\$ 5.590	\$ 257.140
1.2	Membrana hidrofuga 2mm	Royo	1	\$ 27.350	\$ 27.350
2	<b>Tabiqueria</b>				
2.1	Madera 2x3" 75 mm	no aplica	no aplica	no aplica	\$ -
3	<b>Aislacion</b>				
3.1	Aislante fibra de madera 60 mm	Royo	5	\$ 19.000	\$ 95.000
4	<b>Rev. linterior</b>				
4.1	CLT 90 mm	Panel	1	\$ 1.236.800	\$ 1.236.800
5	<b>Mano de obra</b>				
5.1	Maestro Carpintero	HD	5	\$ 30.000	\$ 150.000
5.2	Ayudante	HD	5	\$ 15.000	\$ 75.000
				<b>Total</b>	<b>\$ 1.841.290</b>

## Solución 2

		APU Solucion 2			
Item	Materiales	Unidad	Cantidad	P.Unitario	Valor
<b>1</b>	<b>Rev. Exterior</b>				
1.1	smart side panel 11mm	Panel	11	\$ 33.990,00	\$ 373.890
1.2	Membrana hidrofuga 2mm	Royo	1	\$ 27.350	\$ 27.350
1.3	OSB 11mm	Plancha	11	\$ 18.290	\$ 201.190
<b>2</b>	<b>Tabiqueria</b>				
2.1	madera 2x3" 75mm				\$ -
<b>3</b>	<b>Aislacion</b>				
3.1	aislante chips chusquea coleu 50 mm	placas	61	\$ 13.200	\$ 805.200
3.2	poliestireno expandido	Plancha	53	\$ 1.962	\$ 103.986
<b>4</b>	<b>Rev. linterior</b>				
4.1	yeso carton 15mm	Plancha	11	\$ 7.960	\$ 87.560
<b>5</b>	<b>Mano de obra</b>				
5.1	Maestro Carpintero	HD	5	\$ 30.000	\$ 150.000
5.2	Ayudante	HD	5	\$ 15.000	\$ 75.000
				<b>Total</b>	<b>\$ 1.824.176</b>

## Solución 3

		APU Solucion 3			
Item	Materiales	Unidad	Cantidad	P.Unitario	Valor
<b>1</b>	<b>Rev. Exterior</b>				
1.1	fibro cemento sinding 6mm	Tira	46	\$ 5.590	\$ 257.140
1.2	Membrana hidrofuga 2mm	Royo	1	\$ 27.350	\$ 27.350
1.3	OSB 11mm	Plancha	11	\$ 18.290	\$ 201.190
<b>2</b>	<b>Tabiqueria</b>				
2.1	madera 2x3" 75 mm				\$ -
<b>3</b>	<b>Aislacion</b>				
3.1	aislante lana de roca 50 mm	Royo	6	\$ 21.000	\$ 126.000
3.2	placas corcho 40 mm	Placa	61	\$ 11.612	\$ 708.332
<b>4</b>	<b>Rev. linterior</b>				
4.1	yeso carton 15mm	Plancha	11	\$ 7.960	\$ 87.560
<b>5</b>	<b>Mano de obra</b>				
5.1	Maestro Carpintero	HD	5	\$ 30.000	\$ 150.000
5.2	Ayudante	34HD	5	\$ 15.000	\$ 75.000
				<b>Total</b>	<b>\$ 1.632.572</b>

## 1.2 PRESUPUESTO DE SOLUCIONES DE TRANSMITANCIA TÉRMICAS DE TECHUMBRE.

### Solución 1

		APU Solucion 1			
Item	Materiales	Unidad	Cantidad	P.Unitario	Valor
1					
1.1	<i>terciado ranurado 90 mm</i>	Plancha	36	\$ 22.590	\$ 813.240
1.2	<i>madera 2x6" 150 mm</i>	no aplica	no aplica	no aplica	\$ -
1.3	<i>lana mineral 100 mm</i>	Plancha	184	\$ 2.600	\$ 478.400
2					
2.1	<i>Maestro Carpintero</i>	HD	3	\$ 30.000	\$ 90.000
2.2	<i>Ayudante</i>	HD	3	\$ 15.000	\$ 45.000
<b>Total</b>					<b>\$ 1.426.640</b>

### Solución 2

		APU Solucion 2			
Item	Materiales	Unidad	Cantidad	P.Unitario	Valor
1	<i>yeso carton 10 mm</i>	Plancha	37	\$ 6.100	\$ 225.700
2	<i>madera 2x6" 150 mm</i>	no aplica	no aplica	no aplica	\$ -
3	<i>lana de oveja 50 mm</i>	Royo	19	\$ 16.000	\$ 304.000
4	<i>lana mineral 100 mm</i>	Plancha	184	\$ 2.600	\$ 478.400
1					
1	<i>Maestro Carpintero</i>	HD	3	\$ 30.000	\$ 90.000
1	<i>Ayudante</i>	HD	3	\$ 15.000	\$ 45.000
<b>Total</b>					<b>\$ 1.143.100</b>

## **CONCLUSIONES**

### **CAPÍTULO 1: ESTUDIO Y ANÁLISIS DE ASPECTOS BIOCLIMÁTICOS DE LA VIVIENDA UBICADA EN VILLA SAN JOSE YUNGAY REGION DE ÑUBLE**

Al entender que las condiciones bioclimáticas que afectan directamente a la vivienda son generadas por un mal diseño arquitectónico, se concluye que el disponer de un confortable ambiente dentro de una estancia depende de una orientación adecuada y una ubicación correcta de las ventanas, de manera que se permita el asoleamiento y se proteja de una excesiva insolación.

### **CAPITULO N°2: CÁLCULO TÉRMICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.**

Se concluye que las condiciones actuales de habitabilidad al interior de la vivienda no son las óptimas de acuerdo a las altas temperaturas que se registran al interior de esta sumado a los puentes térmicos que generan pérdidas de calor, filtraciones de aguas lluvias .La causa principal del déficit de confort térmico y problemas de habitabilidad en la vivienda, están causados por la inexistencia de material aislante térmico en la totalidad de la envolvente térmica de la vivienda y además no cuenta con ningún tipo de sistema de ventilación.

### **CAPITULO N°3: PROPUESTA DE SOLUCIÓN CONSTRUCTIVA PARA EL REACONDICIONAMIENTO TÉRMICO DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA DE LA VIVIENDA.**

La implementación de las soluciones constructivas para el acondicionamiento térmico de la vivienda incidió positivamente en la eficiencia térmica de la vivienda, provocando un aumento de la resistencia térmica de los entramados en cuestión y disminuyendo así la transmitancia térmica de las envolventes, adecuándose a los parámetros exigidos en el Plan de Prevención y Descontaminación atmosférica para la región de Ñuble.

### **CAPITULO N°4: ANÁLISIS PRESUPUESTARIO DE LAS SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS PARA EL REACONDICIONAMIENTO TÉRMICO DE LA VIVIENDA.**

De acuerdo a las propuestas de diseño que se estudiaron las de muro y de techumbre todas cumplen con el confort térmico y lo estándares de Plan de Prevención y Descontaminación atmosférica para la región de Ñuble, pero la persona dueña del inmueble puede escoger de todas estas soluciones la que el estime conveniente, ya que varía en materiales de más fácil acceso y otros de acceso más difícil al no ser comunes ni conocidos, al igual que al precio.

## REFERENCIAS

- [1] Corporación del desarrollo tecnológico, Manual de acondicionamiento térmico criterios de intervención. Santiago, Chile, 2015.
- [2] Ministerio de vivienda y urbanismo, Estándares de Construcción sustentable para viviendas en Chile, Tomo I: Salud y Bienestar. Santiago, Chile, 2018.
- [3] Ordenanza general de urbanismo y construcciones, Artículo 4.1.10,” 2006.
- [4] Ministerio del Medio Ambiente, “Huella de carbono,” pp. 2–5, 2020.
- [5] W. Bustamante, “Guía de diseño para la eficiencia energética en la vivienda Social.”
- [6] Ministerio de vivienda y Urbanismo, Estándares de Construcción Sustentable para Viviendas en Chile, Tomo II: Energía. Santiago, Chile, 2018.
- [7] La Suma de Todos, “Guía del estandar Passivhaus, Edificios de consumo energetico casi nulo.” Madrid, 2011.
- [8] E. Larrucea, “Confort Termico,” 2019