



GENERACIÓN DE VALOR PARA PROYECTOS INMOBILIARIOS A TRAVÉS DE LA MEJORA DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA

Proyecto de Título para optar al Título de Constructor Civil

Estudiante:
Samuel Alonso Valdebenito Silva

Profesor Guía:
José Ignacio Torres Barón

Diciembre 2019
Santiago, Chile

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi incondicional familia, principalmente a mis padres Silvana Silva y Samuel Valdebenito.

A mis hermanas Jessica Valdebenito Silva, Giovanna Valdebenito Silva y Silvana Valdebenito Silva.

También quisiera dejar un espacio para dedicar esto a mi querida Elda Aros Leal.

AGREDECIMIENTOS

Quisiera agradecer a mi incondicional familia que ha sido un pilar fundamental en la formación de la persona que soy hoy. Muchas gracias por los valores y las buenas enseñanzas que han inculcado en mí.

También quisiera agradecer a todas las personas que han formado parte de mi vida y han aportado de manera especial en ella.

A mis amigos y profesores que han sido de gran aporte.

SOLO USO ACADÉMICO

RESUMEN

El presente trabajo de memoria de título presenta dos casos de viviendas en la región metropolitana, Santiago de Chile. El primer caso trata de una vivienda tipo casa, mientras que el segundo consiste en una vivienda tipo departamento. En ambos casos, se analizará su transmitancia térmica con el fin de obtener como resultado la calificación energética de la vivienda.

El motivo de realizar este análisis nace desde una mirada al constante desarrollo y reglamentación del sector de la construcción. Gracias a la reglamentación actual para la edificación de un proyecto, mediante la correcta ejecución de sus criterios, se ha permitido que las edificaciones cumplan con un estándar que garantice calidad y seguridad.

Este trabajo se apoyará en las normas sobre la envolvente térmica en Chile que tienen su comienzo en el año 2000, donde se implementó la primera reglamentación térmica para la vivienda por medio de una modificación de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (O.G.U.C.). En particular, en ella se intervino el complejo de las techumbres. Esto ayudó considerablemente, puesto que su aplicación sirve como una base para que cada vivienda cumpla con un estándar mínimo de regulación. Años más tarde se implementó en el año 2007, una segunda etapa, la que intervino el resto de la envolvente. Posteriormente, en el año 2013 se realizó la tercera intervención, la cual consideró la certificación energética. En particular, se implementó la calificación y etiquetado energético de las viviendas nuevas, donde se indicó el desempeño y eficiencia energética de la vivienda.

En los resultados del análisis del caso, se obtuvo la transmitancia, consumo energético y el valor que ponderó la clasificación energética. Con los resultados obtenidos, se puede deducir que la inversión de la mejora constructiva se transforma en costo cero debido al ahorro que se genera por medio de la envolvente térmica que recibe la vivienda. Se puede concluir de este trabajo, que una vivienda cumplirá con las condiciones óptimas al momento de ser aislada y obtener un confort térmico razonable, dependiendo de múltiples factores claves, como lo son su materialidad, lugar de emplazamiento y tipo de vivienda.

Palabras Claves: Eficiencia, Sustentabilidad, Inversión, Sostenibilidad, Crecimiento, Proyección.

SUMMARY

This work presents two examples of housing of the Metropolitana region, in Santiago of Chile. First case consists of a house, while the second consist of an apartment. Both cases were analyzed in terms of their thermal transmittance to obtain their energetic qualification.

Considering the evolving development of construction and its regulation in Chile, it is been possible to construct houses or buildings with appropriate quality and safe standards. This project is based on the regulations regarding termal envelope in Chile. These regulations were provided by the modified Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (O.G.U.C.) in year 2000. In this first thermal regulation for housing, it was considered the roofing complex. This last helped considerably to obtained minimum standards of regulation. Years later, in 2007, a second stage was considered for the envelope of roofs. Finally, in year 2013, a third intervention was made on the regulations for energetic certification of housing. In particular, it was considered the qualification and energetic tagging of new houses, which has provided the performance and energetic efficiency of housing.

Results of this study allowed to obtain the transmittance, energy consumption and the value that weighted the energy classification. Conclusions suggested that the investment of improving construction resulted in zero costs due to the saving generated by the thermal envelope obtained for the house. Housing will accomplish optimal conditions when building insulation and thermal comfort is considered. This will depend on multiple factors such as, materials, location and type of construction.

Keywords: Efficiency, Sustainability, Investment, Sustainability, Growth, Projection.

INDICE

Contenido

1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS.....	2
2.2 OBJETIVO GENERAL.....	2
2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
3. MARCO TEÓRICO	3
3.1 Conceptos	3
3.1.1 Aire.....	3
3.1.2 Climatización	3
3.1.3 Eficiencia Energética.....	3
3.1.4 Envolvente Térmica: Temperatura	4
3.1.5 Conductividad térmica.....	4
3.1.6 Transmisancia térmica.....	4
3.1.7 Resistencia térmica	4
3.1.8 Demanda de Energía	5
3.1.9 Consumo Energético.....	5
3.1.10 Demanda de energía	5
3.2 Reglamentación de la envolvente térmica en Chile.....	6
3.2.1 Reglamentación térmica.....	6
3.2.2 Calificación energética	10
3.2.3 Certificado de acreditación CEV	12
3.2.4 Comportamiento de la vivienda	15
3.2.5 Balance de energía	22
3.2.6 Demanda de energía	23
3.2.7 Consumo de energía	24
3.2.8 Reacondicionamiento de la vivienda.....	24
4. METODOLOGÍA	28
4.1 Impacto del análisis	28
4.2 Análisis	28
4.2.1 Presentación de los casos a evaluar.....	30
5. RESULTADOS.....	34
5.1 Análisis de la transmitancia actual y su posible mejora.	34
5.1.1 Vivienda tipo Casa, Caso Base.....	34
5.1.2 Vivienda tipo casa, Caso con propuesta de mejora	37
5.1.3 Vivienda tipo departamento, caso base	40
5.1.4 Vivienda tipo departamento, con propuesta de mejora	41

5.2 Análisis del costo de la posible mejora en los tipos de vivienda	44
5.2.1 Análisis del costo posible para la mejora en la vivienda tipo casa.....	44
5.2.2 Análisis del costo posible para la mejora en la vivienda tipo departamento.....	44
5.3 Análisis del ahorro de energía de la vivienda mejorada	45
5.4 Análisis del posible aumento del precio de venta.....	49
5.5 Flujo de caja	51
6. CONCLUSIONES	54
7. BIBLIOGRAFÍA	55

ÍNDICE DE IMÁGENES

1. Imagen N° 1: Tabla U y RT. MANUAL DE APLICACION REGLAMENTACION TERMICA, ORDENANZA GENERAL DE URBANISMO Y CONSTRUCCIONES ARTICULO 4.1.10, 4 de enero de 2007.
2. Imagen N° 2: Máximo de superficie vidriada que puede contemplar un proyecto según parámetros verticales de la envolvente. MANUAL DE APLICACION REGLAMENTACION TERMICA, ORDENANZA GENERAL DE URBANISMO Y CONSTRUCCIONES ARTICULO 4.1.10, 4 de enero de 2007.
3. Imagen N° 3: Escala de medicion CEV. Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Gobierno de Chile. Santiago, enero de 2019
4. Imagen N° 4: Certificado de Precalificación energética de viviendas. Imagen N° 3: Escala de medicion CEV. Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Gobierno de Chile. Santiago, enero de 2019
5. Imagen N° 5: Certificado de Calificación energética. Imagen N° 3: Escala de medicion CEV. Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Gobierno de Chile. Santiago, enero de 2019
6. Imagen N° 6: Sello de calificación energética y Precalificación energética. Imagen N° 3: Escala de medicion CEV. Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Gobierno de Chile. Santiago, enero de 2019
7. Imagen N° 7: Factores que influyen en el desempeño energético de una vivienda. MANUAL ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO CRITERIOS DE INTERVENCIÓN, Santiago, Chile. AÑO: 2015.
8. Imagen N° 8: Procesos de transferencia de calor en una vivienda. MANUAL ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO CRITERIOS DE INTERVENCIÓN, Santiago, Chile. AÑO: 2015.
9. Imagen N° 9: Conducción en una vivienda, verano e invierno. MANUAL ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO CRITERIOS DE INTERVENCIÓN, Santiago, Chile. AÑO: 2015.
10. Imagen N° 10: Conducción. MANUAL ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO CRITERIOS DE INTERVENCIÓN, Santiago, Chile. AÑO: 2015.
11. Imagen N° 11: Resistencia Térmica Total (RT). MANUAL ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO CRITERIOS DE INTERVENCIÓN, Santiago, Chile. AÑO: 2015.
12. Imagen N° 12: Resistencia térmica de superficie interior y exterior. Rse y Rsi. MANUAL ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO CRITERIOS DE INTERVENCIÓN, Santiago, Chile. AÑO: 2015.
13. Imagen N° 13: Tramitancia Térmica (U). MANUAL ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO CRITERIOS DE INTERVENCIÓN, Santiago, Chile. AÑO: 2015.
14. Imagen N° 14: Ventilación en una vivienda. MANUAL ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO CRITERIOS DE INTERVENCIÓN, Santiago, Chile. AÑO: 2015.
15. Imagen N° 15: Radiación absorbida, reflejada y transmitida a través de una ventana. MANUAL ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO CRITERIOS DE INTERVENCIÓN, Santiago, Chile. AÑO: 2015.

16. Imagen N° 16: Temperatura de Confort. MANUAL ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO CRITERIOS DE INTERVENCIÓN, Santiago, Chile. AÑO: 2015.
17. Imagen N° 17: Ganancias y pérdidas de energía durante verano e invierno. MANUAL ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO CRITERIOS DE INTERVENCIÓN, Santiago, Chile. AÑO: 2015.
18. Imagen N° 18: Demanda de energía. MANUAL ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO CRITERIOS DE INTERVENCIÓN, Santiago, Chile. AÑO: 2015.
19. Imagen N° 19: Fórmula consumo de energía. MANUAL ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO CRITERIOS DE INTERVENCIÓN, Santiago, Chile. AÑO: 2015.
20. Imagen N° 20: Confort térmico. Corporación de desarrollo tecnologico, C. c. (2013). Manual de reacondicionamiento termico.
21. Imágen N° 21: Intercambio de calor entre el ser humano y su entorno. Corporacion de desarrollo tecnologico, C. c. (2013). Manual de reacondicionamiento termico.
22. Imagen N° 22: Factores que influyen sobre la sensación de bienestar térmico. Corporación de desarrollo tecnologico, C. c. (2013). Manual de reacondicionamiento termico.
23. Imagen N° 23: Imágenes Proyecto Aguapiedra. Portal Inmobiliario, 2019
24. Imagen N° 24: Proyectos similares cercanos al proyecto Aguapiedra. Portal Inmobiliario, 2019
25. Imagen N° 25: Imagen Plantas Proyecto Aguapiedra. Portal Inmobiliario, 2019
26. Imagen N° 26: Imágenes proyecto Medinacelli. Portal Inmobiliario, 2019
27. Imagen N° 27: Imagen proyectos similares cercanos al proyecto Medinacelli. Portal Inmobiliario, 2019
28. Imagen N° 28: Planilla CEV, Excel
29. Imagen N° 29: Planilla CEV, Excel
30. Imagen N° 30: Planilla CEV, Excel
31. Imagen N° 31: Planilla CEV, Excel
32. Imagen N° 32: Planilla CEV, Excel
33. Imagen N° 33: Planilla CEV, Excel

ÍNDICE TABLAS

1. Tablas N° 1: Materiales que componen la envolvente térmica de la techumbre, muros y pisos ventilados.
2. Tabla N° 2: Cálculo Tramitancia térmica (U) caso base, Casa.
3. Tabla N° 3: Cálculo Tramitancia térmica (U) caso base, Casa.
4. Tabla N° 4: Cálculo Tramitancia térmica (U) caso base, Casa.
5. Tabla N° 5: Materiales que componen la envolvente térmica de la techumbre, muros y pisos ventilados.
6. Tabla N° 6: Cálculo Tramitancia térmica (U) caso mejorado, Casa.
7. Tabla N° 7: Cálculo Tramitancia térmica (U) caso mejorado, Casa.
8. Tabla N° 8: Cálculo Tramitancia térmica (U) caso mejorado, Casa.
9. Tabla N° 9: Materiales que componen la envolvente térmica de la techumbre, muros.
10. Tabla N° 10: Cálculo Tramitancia térmica (U) caso base, Departamento.
11. Tabla N° 11: Cálculo Tramitancia térmica (U) caso base, Departamento.
12. Tabla N° 12: Materiales que componen la envolvente térmica de la techumbre, muros.
13. Tabla N° 13: Cálculo Tramitancia térmica (U) caso base, Departamento.
14. Tabla N° 14: Cálculo Tramitancia térmica (U) caso base, Departamento.
15. Tabla N° 15: Cálculo Tramitancia térmica (U) caso base, Departamento.
16. Tabla N° 16: Cálculo Tramitancia térmica (U) caso base, Departamento.
17. Tabla N° 17: Resumen CEV casa.
18. Tabla N° 18: Resumen CEV departamento.
19. Tabla N° 19: Flujo de caja, casa, caso A.
20. Tabla N° 20: Flujo de caja, departamento, caso A.
21. Tabla N° 21: Flujo de caja, casa, caso B.
22. Tabla N° 22: Flujo de caja, departamento, caso B.

1. INTRODUCCIÓN

En Chile la mayoría de las casas no cuentan con una buena aislación. Ante esto, podemos seguir los pasos que nos indica la norma para generar un aumento en la calidad de la envolvente térmica. En dicha regulación, se indica que primero se debe intervenir la techumbre para luego ver si es necesario intervenir los muros o pisos, pero generalmente con un cambio del tipo de ventana se puede adquirir un aumento en la calidad y eficiencia de la envolvente térmica. Como estos, existen muchos ejemplos de cómo la normativa permite seguir una serie de lineamientos de trabajo que han permitido abordar de una mejor manera aquellas viviendas que no cuentan con una aislación apropiada. Sin embargo, si se consideran todas aquellas viviendas futuras, no deberíamos vernos enfrentados a problemas en el acondicionamiento de una construcción, puesto que las necesidades del mercado han llevado a una mejor regulación en la construcción respecto de estos temas.

Basados en la normativa, NCh853, este trabajo pretende contribuir a la promesa de las metas ecológicas en la construcción, aumentando los costos, pero logrando un positivo impacto en la comunidad y el planeta. La propuesta de análisis contempla dos casos de construcciones, uno de tipo vivienda y otro de tipo departamento. Para ello, se considerarán los criterios de la envolvente térmica. Esperamos encontrar resultados favorables respecto del ahorro energético de las viviendas y una mayor plusvalía de estas construcciones.

Considerando las cambiantes necesidades del mercado, hoy ha tomado mayor relevancia la importancia de energías renovables, construcciones verdes y una mayor demanda en las normativas ambientalistas para la industria nacional. La construcción no será una excepción y debemos pensar en estándares que nos permitan generar un ahorro de la energía utilizada para climatizar el interior de una vivienda o construcción de cualquier tipo. Hoy sí es posible disminuir la energía utilizada para climatizar un ambiente, siempre y cuando exista un correcto análisis de la envolvente térmica y sus criterios de evaluación. Si bien puede existir una modificación en el precio del mercado, estas nuevas propuestas serán bien recibidas por aquellas inmobiliarias que se sumen a la conciencia ambiental.

2. OBJETIVOS

2.2 OBJETIVO GENERAL

- Analizar dos modelos de vivienda, en cuanto al potencial de la envolvente térmica.

2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Representar los criterios de la envolvente térmica, una correcta implementación y de cómo estos potencian el *confort térmico* al interior de la vivienda generando un ahorro energético.
2. Analizar dos modelos de viviendas, obteniendo su calificación energética para así demostrar que, si existe un ahorro energético, siempre y cuando se invierta en la envolvente térmica. Deben ser enunciados concisos de los propósitos específicos del proyecto, los que deberán cumplirse según se describirán posteriormente en el desarrollo del Proyecto de Título.
3. Proponer un aumento en el precio de la vivienda considerando lo que se puede obtener del correcto uso de la envolvente térmica. Generando un impacto en el mercado inmobiliario.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 Conceptos

A continuación, se entregará un detalle de los conceptos a tratar en este proyecto relacionados a los criterios que hay que tener en cuenta al momento de hablar sobre la envolvente térmica.

3.1.1 Aire

Según la Real Academia Española, **Aire** corresponde a un ‘Fluido que forma la atmósfera de la tierra. Es una mezcla gaseosa que descontando el vapor del agua que contiene en diversas proporciones, se compone aproximadamente en 21 partes de oxígeno, 78 de nitrógeno y una de argón y otros gases semejantes a éste, al que se añaden algunas centésimas de dióxido de carbono.’

También, se puede definir como una masa de gas que cubre y compone la atmósfera de la tierra. Al ser un gas tiene las cualidades de ser incoloro, insípido e indoloro, se puede dividir en aire seco y húmedo. Puede ser transportado y llevar consigo frío, calor, humo, suciedad, vapor, olores y ruido.

3.1.2 Climatización

La **climatización** radica en su verbo, acondicionar, que consiste en dar las condiciones adecuadas para un fin, en este caso el aire. El propósito de dar ciertas condiciones al aire ya sea, su humedad, temperatura, distribución y/o limpieza del aire, es para así poder obtener un confort térmico dando comodidad a un espacio o habitáculo. Se puede realizar en un solo lugar con un solo aparato o de manera centralizada, donde un solo sistema o un conjunto de varios aparatos podrán producir la energía térmica requerida.

Sus tres funciones principales son:

- Calefaccionar.
- Refrigerar.
- Ventilación.

Las condiciones que se entregan son:

- Enfriar el aire.
- Calentar el aire.
- Remover la humedad.
- Añadir humedad.
- Comprimir el aire.
- Distribuir el aire.

3.1.3 Eficiencia Energética

La **eficiencia energética**, en particular, la eficiencia se refiere a la capacidad de realizar o cumplir adecuadamente una función. Entonces, la eficiencia energética hace

mención del objetivo de disminuir la cantidad de energía que es requerida para producir algún producto o servicio.

3.1.4 Envolvente Térmica: Temperatura

La **temperatura** es una escala que se usa con el fin de poder medir la intensidad del calor o se puede definir como el grado de calor que tiene un cuerpo en comparación con otro.

Contamos con dos escalas para la medición de temperatura. A continuación, las escalas más utilizadas en el mundo:

- *Celsius*: En esta escala el punto de congelación del agua corresponde a los 0° y el de la ebullición, que depende de la presión atmosférica, corresponde a los 100°.
- *Fahrenheit*: En esta escala el punto de congelación corresponde a los 32° y el de ebullición a los 212°.

En Chile ocupamos la escala de grados centígrados (i.e. *celsius*).

3.1.5 Conductividad térmica

Conductividad térmica, λ : 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 espesor unitario. Cuando se establece una diferencia de temperatura unitaria entre sus caras, se expresa en $\frac{W}{(m \times K)}$.

3.1.6 Transmitancia térmica

La **transmitancia térmica** (U) de un elemento corresponde al flujo de calor que transcurre, 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 $[\frac{W}{(m^2 \times K)}]$. 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.

3.1.7 Resistencia térmica

La resistencia térmica (R) de un elemento, corresponde a la oposición al paso de calor que presentan los elementos de construcción. Se distinguen cuatro casos:

- Resistencia térmica de una capa del material.
- Resistencia térmica de un elemento compuesto.
- Resistencia térmica de un elemento no ventilado.
- Resistencia térmica de una superficie.
- Resistencias totales que es la suma de todas las resistencias.

La resistencia térmica está dada por el espesor del material y su conductividad térmica, que se representa $m^2 K/W$.

3.1.8 Demanda de Energía

La demanda de energía es la energía que se necesita para mantener las condiciones de confort térmico al interior de la vivienda. Depende de las características térmicas de la envolvente, su orientación, condiciones de uso y clima del lugar de emplazamiento. La demanda de energía de una vivienda se expresa en [kWh/m² año]. Para comparar una vivienda con otra para una misma superficie de referencia.

3.1.9 Consumo Energético

El **consumo de energía** corresponde a la cantidad de energía real requerida para satisfacer la demanda, lo que depende del rendimiento del sistema de calefacción. Considerando que el rendimiento de los sistemas utilizados tiene generalmente valores inferiores al 100% (a excepción de sistemas como bombas de calor y calderas de condensación, por ejemplo), el consumo será generalmente mayor a la demanda de energía.

3.1.10 Demanda de energía

La **demanda de energía** es la energía necesaria para mantener las condiciones de confort térmico al interior de la vivienda. Esta demanda depende de las características térmicas de la envolvente, su orientación, condiciones de uso y clima del lugar de emplazamiento. La demanda de energía de una vivienda se expresa en $[\frac{k \times W_h}{m^2} \times \text{año}]$.

3.2 Reglamentación de la envolvente térmica en Chile

3.2.1 Reglamentación térmica

En Chile la construcción comenzó a tener una reglamentación térmica para las viviendas del país a partir del año 2000, en donde se implementó la primera reglamentación térmica mediante una modificación de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (O.G.U.C.). Esta modificación reglamentó la aislación para el complejo de techumbres. Desde su creación, las viviendas que fuesen construidas a partir de ese año contarían con una base que sirve como un estándar para su modificación en caso de que se requiera reacondicionar la vivienda.

Posteriormente, en el año 2007, se implementó la segunda modificación a este reglamento para el resto de la envolvente de la vivienda, considerando muros, ventanas y pisos ventilados. Para mas tarde considerar la calificación energética de la vivienda, que hasta el día de hoy es de manera voluntaria. Sin desmerecer que, a pesar de esto si se ha considerado su implementación.

‘30 mil viviendas del país han obtenido sello que acredita su nivel de eficiencia energética’ (1)

Esta modificación al decreto supremo N° 47, de vivienda y urbanismo del año 1992, OGUC, establece que todas las viviendas deberán cumplir con ciertas exigencias para el acondicionamiento térmico.

Para las exigencias se establece de manera general que los elementos de la envolvente térmica: techumbre, muros y pisos ventilados, deberán tener una transmitancia (U) o una resistencia térmica total (RT) igual o menor a la que es señalada para la zona en la que se emplazara la vivienda.

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

Imagen N° 1: Tramitancia térmica y resistencia total según la zona que le corresponda al proyecto.

Ahora, en las exigencias para cada elemento de la envolvente térmica las exigencias son:

- **Techumbres**

Se considera techumbre al conjunto de elementos que se conformen por cielo, cubierta aislación térmica, cadenas y vigas.

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 W/m²K. (2)

- **Muros**

Se considera muro a todo el conjunto de elementos constructivos que lo componga.

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 esta. Las puertas al exterior de otros materiales no tienen exigencias de acondicionamiento térmico. (3)

- **Pisos ventilados**

Se considera como piso ventilado a todo el conjunto de elementos constructivos que lo componen y que no están con contacto directo con el terreno. También se considerará a los planos inclinados inferiores de escalera o rampas que estén en contacto con el exterior.

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. (4)

- Ventanas

Las ventanas deberán cumplir su exigencia mediante la tabla que se muestra a continuación, que relaciona el tipo de vidrio y su zona térmica. El tipo de vidrio será el indicado en las especificaciones técnicas.

VENTANAS			
ZONA	% Máximo de Superficie Vidriada Respecto a Paramentos Verticales de la Envolvente		
	Vidrio Monolítico (b)	DVH Doble Vidriado Hermético (c)	
		3.6 W/m ² K ≥ U > 2.4 W/m ² K (a)	U ≤ 2.4 W/m ² K
1	50%	60%	80%
2	40%	60%	80%
3	25%	60%	80%
4	21%	60%	75%
5	18%	51%	70%
6	14%	37%	55%
7	12%	28%	37%

Imagen N° 2: Máximo de superficie vidriada que puede contemplar un proyecto según parámetros verticales de la envolvente.

a) Determinar la superficie de los paramentos verticales de la envolvente del proyecto de arquitectura. La superficie total a considerar para este cálculo corresponderá a la suma de las superficies interiores de todos los muros perimetrales que considere la unidad habitacional, incluyendo los medianeros y muros divisorios.

b) Determinar la superficie total de ventanas del proyecto de arquitectura correspondiente a la suma de la superficie de los vanos del muro en el cual está colocada la ventana, considerando, para ello, el marco como parte de su superficie. Para el caso de ventanas salientes, se considerará como superficie de ventana aquella correspondiente al desarrollo completo de la parte vidriada. (5)

3.2.2 Calificación energética

La calificación energética que fue diseñada por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo junto con el Ministerio de Energía, para las viviendas del país, inicio su funcionamiento en el año 2012. Hoy cuenta con una mejora y actualización de sus características.

Desde la fecha en la que se inició, este instrumento es de carácter voluntario y sirve para calificar y evaluar de manera objetiva la vivienda en su etapa de uso, similarmente a lo que se usa para calificar los aparatos electrónicos y automóviles. Esto también sirve para estandarizar los proyectos de vivienda respecto a sus requerimientos de energía con el fin de entregar información clave a los usuarios que proyectan una compra de una vivienda. También recae esta información en los mandantes de proyectos habitacionales.

Hay que considerar aspectos como la transmitancia térmica de la envolvente térmica, su inercia térmica, orientación de la vivienda, nivel de infiltración y el tipo de ventilación, ya que todos estos aspectos serán evaluados y comparados con una vivienda que se tomara como referencia, la cual cumple con el estándar mínimo que indica la norma (OGUC).

La calificación energética consistirá en determinar la eficiencia energética a través de un análisis de datos que serán llevados a un informe para determinar su calificación y su respectiva etiqueta de eficiencia energética. Esta se puede realizar de dos maneras:

- **Precalificación energética:** Esta se realiza en proyectos de arquitectura que tengan permiso de edificación probado por la dirección de obras municipales. Es de manera provisoria y su vigencia será valida hasta que el proyecto adquiera la recepción final por parte de la municipalidad.
- **Calificación energética:** Esta corresponde a la evaluación final y definitiva. Se realiza mediante un nuevo proceso de calificación según los planos y especificaciones técnicas finales, tendrá una duración de 10 años o hasta que se realice una modificación que altere la vigente calificación.

Se debe considerar los requerimientos de calefacción, enfriamiento, iluminación y agua caliente sanitaria. Esto se demuestra mediante la comparación con la vivienda de referencia que arrojará como resultado un nivel que caracterizará a la vivienda respecto a su eficiencia energética.

Son ocho niveles que van desde la letra A, siendo el nivel más eficiente y al que se debe pretender llegar, hasta la letra G siendo el nivel menos eficiente.

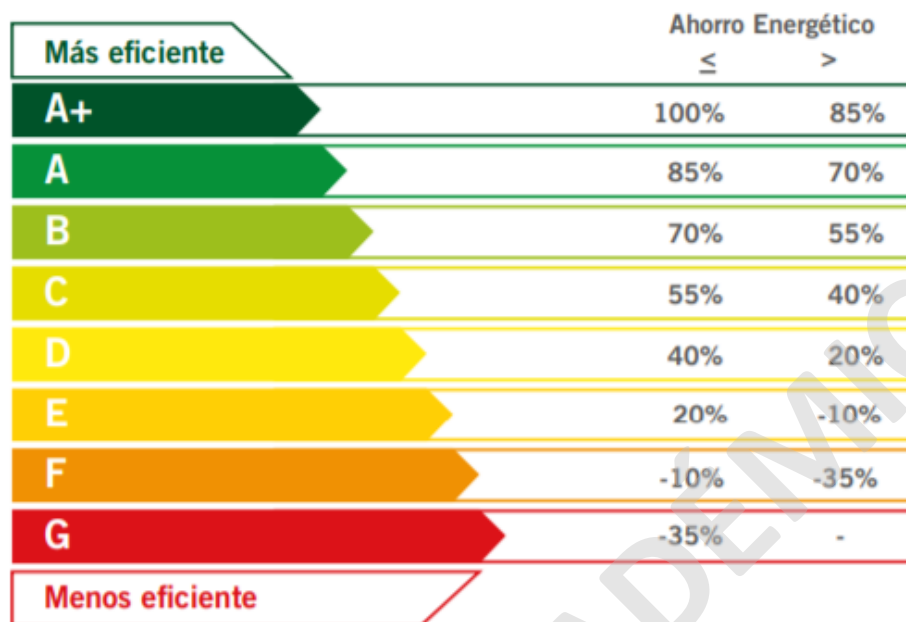


Imagen N° 3: Escala de medición CEV.

La entidad administrativa de este instrumento puede ser ejecutado por el MINVU o alguna entidad que delegue esta tarea.

El mandante se hace responsable de requerir esta información y debe verificar que su fiscalizador este habilitado para actuar como tal. Dicho fiscalizador deberá cumplir con ciertos requisitos:

1. Ser persona natural
2. Ser evaluador energético
3. Haber sido designado por acto administrativo del MINVU, Servicio de vivienda y Urbanismo.
4. Aprobar satisfactoriamente el proceso de acreditación que establece en MINVU.

Para el cálculo se debe seguir el procedimiento expuesto en tres planillas de cálculo generadas en formato Excel (.xlsx), las cuales son:

- 01. PBTD Datos de arquitectura
- 02. PBTD Motor de cálculo de la demanda energética
- 03. PBTD Datos de equipos y resultados

Los pasos a seguir para realizar una CEV, se exponen a continuación:

1. Ordenar los documentos.
2. Ingresar los datos generales del diseño arquitectónico de la vivienda.

3. Indicar si el cálculo será de manera no oficial o se utilizará un caso base para crear una comparativa y así realizar un cálculo de la demanda energética y su eficiencia.
4. Como ya se ingresaron los datos en la plantilla 01. PBTD también se debe completar la planilla 03. PBTD y hacer correr el motor de cálculo.
5. En el motor de cálculo, planilla 02. PBTD, se ingresan los datos de los equipos que está en la planilla 03. PBTD y el cálculo del consumo de energía se realiza de manera automática.
6. Finalmente, las hojas de resultados estarán completas.

3.2.3 Certificado de acreditacion CEV

Las herramientas de cálculos servirán para representar sus resultados en un certificado que se acompaña de un informe. Todo esto, para poder acreditar su calificación energética y demostrar el ahorro obtenido. El certificado cuenta con:

- Código de evaluación energética.
- Identificación de la vivienda.
- Identificación del propietario.
- Nombre del evaluado.
- Porcentaje de ahorro en demanda energética.

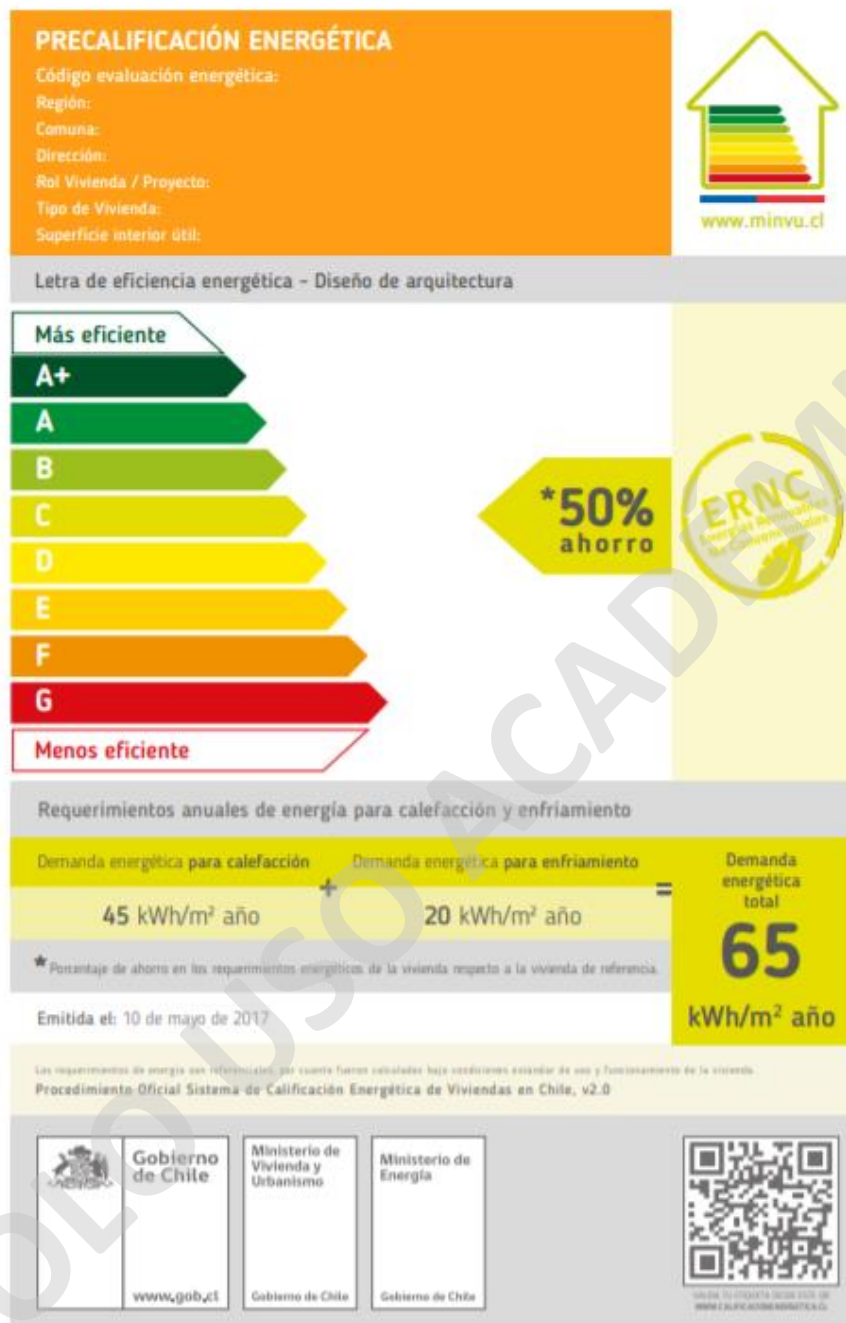


Imagen N° 4: Certificado de Precalificación energética de viviendas.

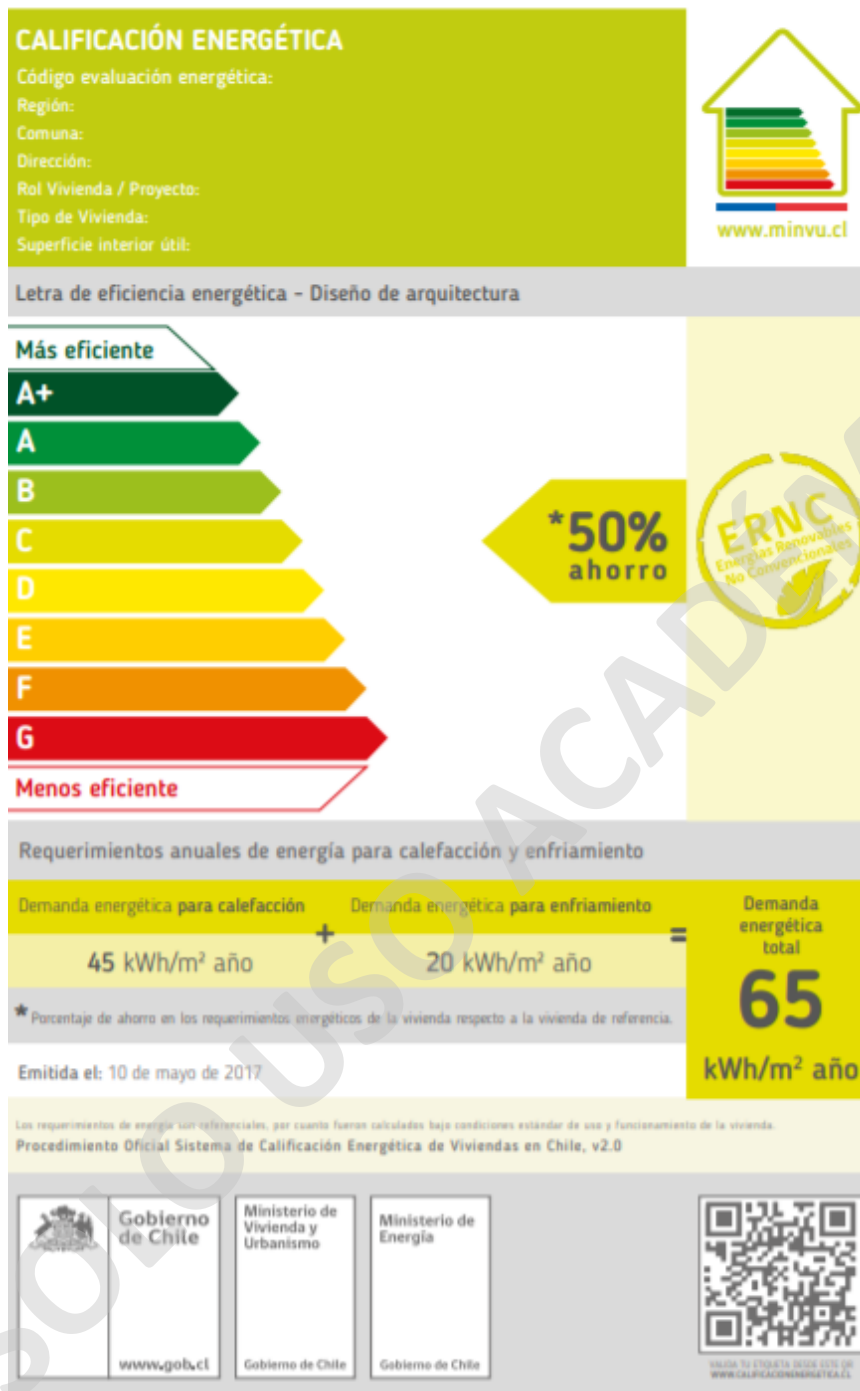


Imagen N° 5: Certificado de Calificación energética

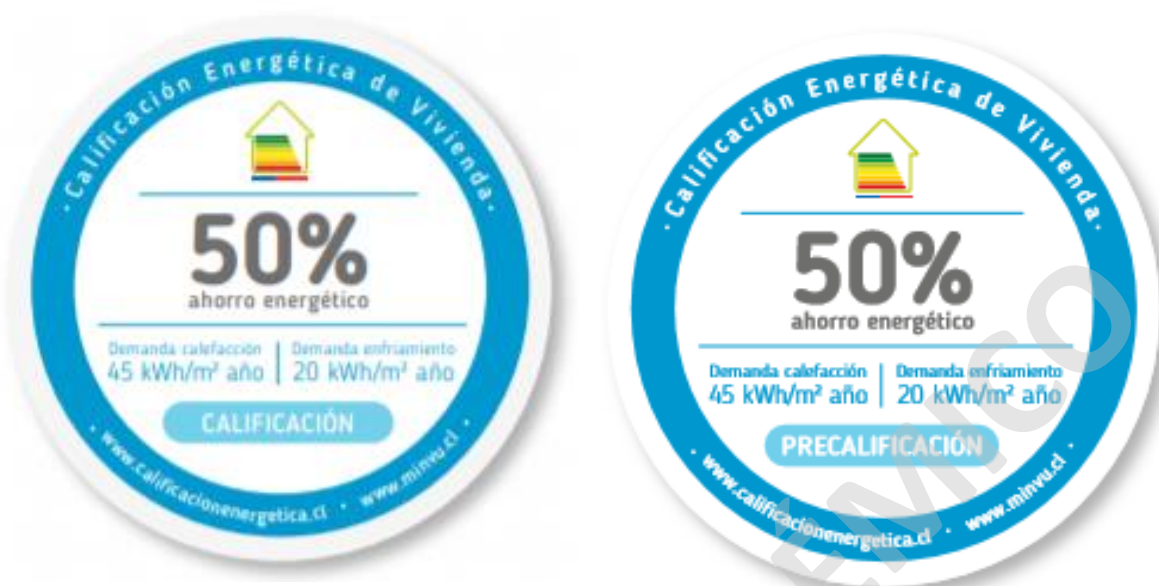


Imagen N° 6: Sello de calificación energética y Precalificación energética.

3.2.4 Comportamiento de la vivienda

3.2.4.1 Desempeño energético

La vivienda está emplazada en un terreno, por lo tanto, ésta tiene una interacción con el medio que la rodea del cual podemos suponer su comportamiento, pero lo más efectivo es determinar su desempeño. Por desempeño de una vivienda, se entenderá como el desempeño energético y se refiere al comportamiento que tendrá la vivienda en cuanto a sus requerimientos de energía para poder obtener un nivel óptimo de confort térmico.

*El **potencial de desempeño energético** de una vivienda está dado por factores propios de ella, tales como los materiales con que está construida (hormigón, albañilería, madera, entre otros), su nivel de aislación, orientación, superficie expuesta al exterior (factor de forma), clima del lugar de emplazamiento y la eficiencia de los equipos con que se provee la calefacción principalmente.*

*El **desempeño final** de la vivienda, por otro lado, dependerá de su potencial de desempeño en conjunto con factores que no son propios de ella, como el uso que se le da a la vivienda, su nivel de mantención, la calidad del aire interior, entre otros. Por ejemplo, el consumo de energía puede aumentar a cerca del doble en Santiago si la vivienda es calefaccionada a 24°C en vez de a 20°C, o si se pierde mucho calor por fugas de aire (infiltraciones). En este caso el potencial de desempeño energético de la vivienda es el mismo, lo que causa el aumento en el consumo de energía es el uso que se le da, que en este caso corresponde a una mayor temperatura interior de la vivienda. (6)*

Desempeño energético final de una vivienda

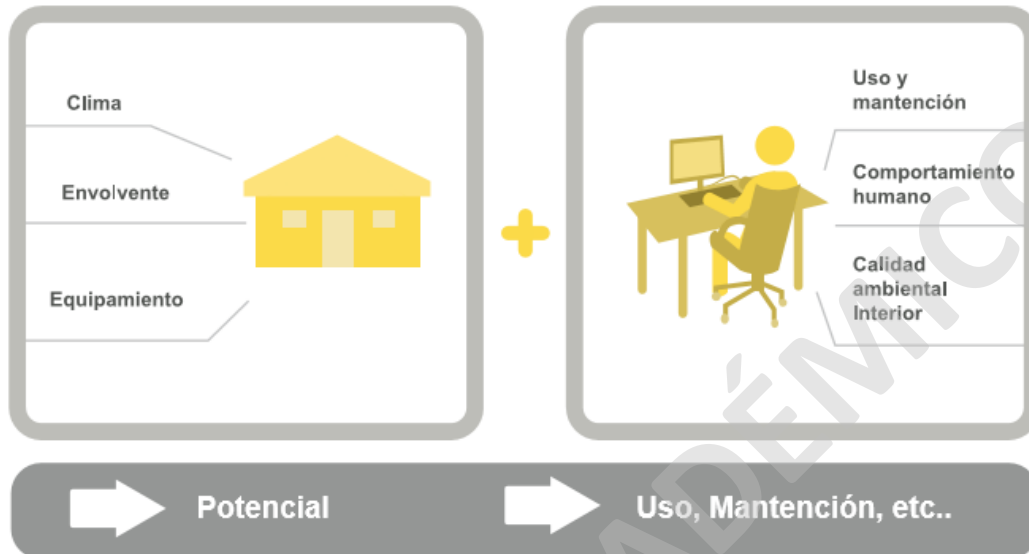


Imagen N° 7: Factores que influyen en el desempeño energético de una vivienda.

3.2.4.2 Transferencia, captación y almacenamiento de calor

La vivienda al estar sometida a las condiciones climáticas de su entorno, como lo son la temperatura, humedad, radiación solar y viento durante las estaciones del año, está sometida a procesos en donde captará, transferirá y almacenará calor.

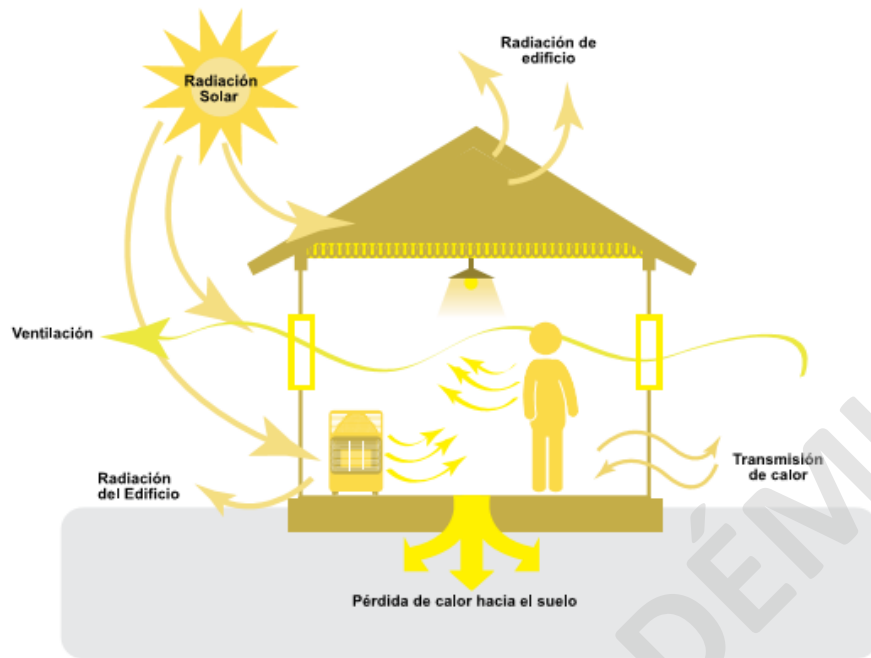


Imagen N° 8: Procesos de transferencia de calor en una vivienda.

Entonces la temperatura interior de la vivienda va a estar determinada por lo siguiente:

- A. Por medio de la envolvente se transfiere calor debido a las diferencias de temperatura.
- B. Flujos de aire por medio de ventilaciones o filtraciones no deseadas.
- C. La ganancia solar que la vivienda obtenga.
- D. Ganancias internas y almacenamiento de calor.

A.- Cuando se tienen dos elementos que se encuentran a distinta temperatura y ambos están en contacto, el calor se va a transferir por medio de un fenómeno denominado conducción. En los elementos geométricos planos que componen la vivienda, se transfiere calor desde la cara más caliente hacia la más fría.

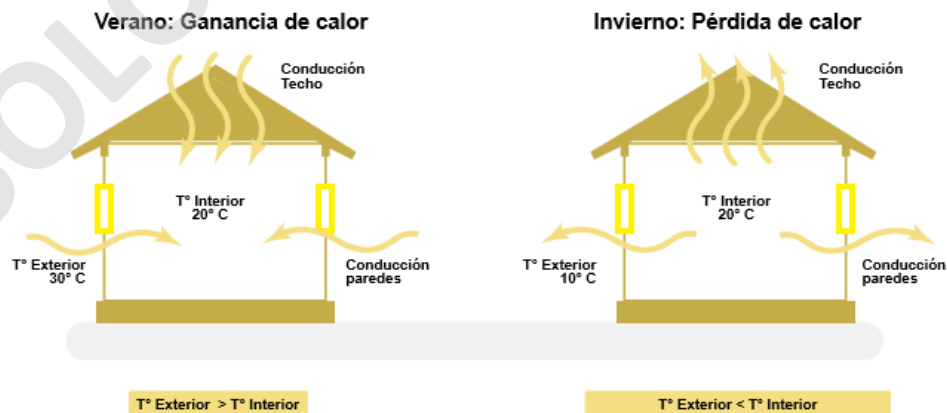


Imagen N° 9: Conducción en una vivienda, verano e invierno.

La transferencia de calor se realiza por medio de los siguientes fenómenos:

A.1.- Conductividad térmica En los casos relacionados con la pérdida de calor de las edificaciones, el cálculo de resistencias y transmitancias térmicas es fundamental. Se realiza de acuerdo con la norma chilena NCh 853 “Acondicionamiento térmico - Envoltente térmica de edificios - Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas”.

La conductividad térmica (λ), es aquella que mide la capacidad de los materiales para conducir el calor siempre cuando exista una diferencia de temperatura entre el exterior y el interior de la vivienda. Mientras más bajo sea este valor, el material será más aislante. Los valores de λ de los materiales se pueden obtener de la norma chilena NCh853.

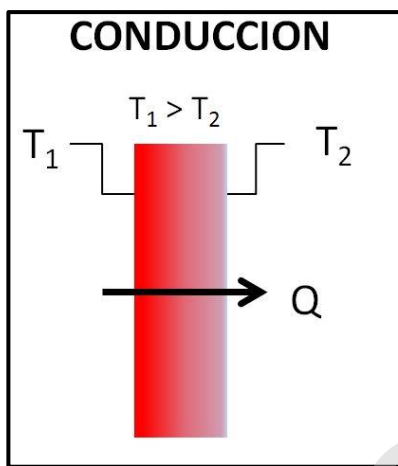


Imagen N° 10: Conducción.

A.2.- Resistencia térmica

Todo elemento tiene una resistencia térmica que lo caracteriza. Esta resistencia térmica (R), corresponde a la oposición del paso de calor que presentan los elementos de construcción. Se distinguen cuatro casos:

- Resistencia térmica de una capa del material.
- Resistencia térmica de un elemento compuesto.
- Resistencia térmica de un elemento no ventilado.
- Resistencia térmica de una superficie.

- Resistencia Total (RT) que corresponde a la suma de todas las resistencias.

Para calcular la **resistencia térmica total (RT)** de un elemento homogéneo simple o compuesto, se deben considerar las resistencias de los distintos materiales que lo componen. Incluyendo las resistencias superficiales y la resistencia de la cámara de aire si corresponde.

$$R_T = R_{se} + \sum \frac{e_i}{\lambda_i} + R_g + R_{si}$$

Dónde:

- R_T : Resistencia térmica total del elemento, en $\left[\frac{m^2 \cdot K}{W}\right]$.
- R_{se} : Resistencia de la superficie exterior del elemento, en $\left[\frac{m^2 \cdot K}{W}\right]$.
- e_i : Espesor del material i que compone el elemento, en [m].
- λ_i : Conductividad térmica del material que compone el elemento, en $\left[\frac{W}{m \cdot K}\right]$.
- R_g : Resistencia de una cámara de aire.
- R_{si} : Resistencia de la superficie interior del elemento, en $\left[\frac{m^2 \cdot K}{W}\right]$.

Imagen N° 11: Resistencia Térmica Total (RT).

RESISTENCIAS TÉRMICAS DE SUPERFICIE EN M² x K/W							
Posición del elemento y sentido del flujo de calor		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° 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° 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° respecto a la horizontal		0,17	0,05	0,22	0,17	0,17	0,34

Imagen N° 12: Resistencia térmica de superficie interior y exterior. Rse y Rsi.

A.3.- Tramitancia 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 $[\frac{W}{m^2 \times K}]$. 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. (7)

La transmitancia térmica (U) de un elemento, se determina a partir de la resistencia térmica de éste, mediante la siguiente fórmula:

$$U = \frac{1}{R_T}$$

Dónde:

U : Transmitancia térmica del elemento, en $[\frac{W}{m^2 \times K}]$.
 R_T : Resistencia térmica total del elemento, en $[\frac{m^2 \times K}{W}]$.

Imagen N° 13: Tramitancia Térmica (U).

B.- El aire que ingresa a la vivienda que también puede ser aire que sale del interior de la vivienda por filtraciones no deseadas o ventilaciones controladas, se hace a través de los elementos de la envolvente. Ambas pueden ser ganancias o pérdidas térmicas, la primera sucede en verano si el aire exterior está a mayor temperatura; la segunda, sucede en invierno si el aire exterior está a menor temperatura.

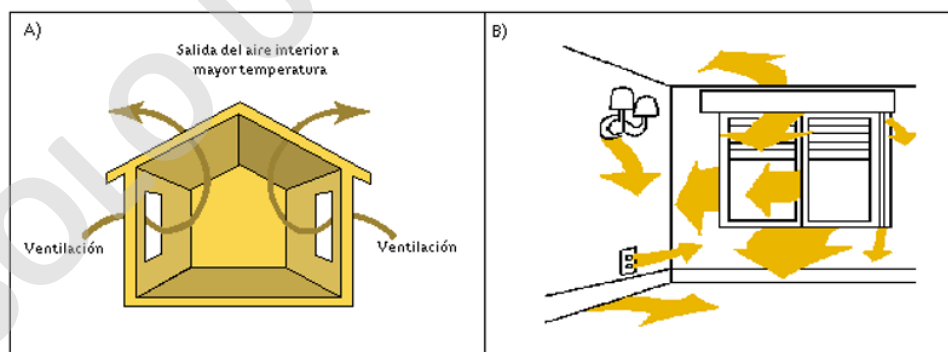


Imagen N° 14: Ventilación en una vivienda.

C.- Durante el año contamos con una de las principales fuentes de calor, el sol. Las ganancias térmicas de una vivienda por parte de la energía solar deben ser consideradas y

conocidas. La intensidad del sol dependerá de la época en la que se mida, ya que el sol libera una radiación la cual es energía que podemos utilizar. Esta energía que es transmitida mediante ondas llega de forma directa a la tierra a algún cuerpo que reciba esta energía. En el caso de la vivienda estos cuerpos corresponden a los muros, ventanas y techumbres, pero no se logra traspasar el 100% de esa energía, puesto que esto depende de factores como:

- Ubicación, orientación y geografía de la vivienda.
- Época del año; considerando hora y mes.
- Absorción del material respecto a la energía que recibe.
- Reflexión del elemento respecto a la energía que recibe.
- Transmisión del elemento respecto a la energía que recibe.

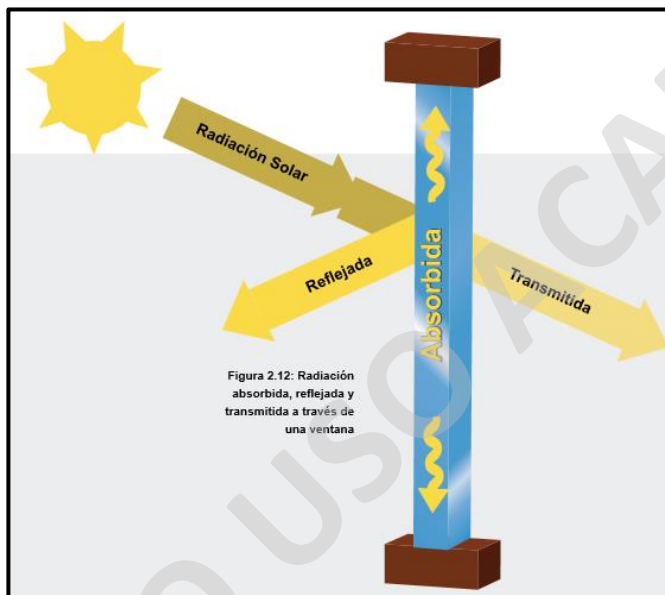


Imagen N° 15: Radiación absorbida, reflejada y transmitida a través de una ventana.

En el caso de las ventanas, el elemento que más energía transmite hacia el interior de la vivienda. Un vidrio simple, la radiación absorbida corresponde al 5-6% del total, mientras que la radiación reflejada y transmitida depende del ángulo de incidencia de los rayos sobre la ventana. Si es muy pequeño, el ventanal, la radiación transmitida es cerca del 86-87% y la reflejada es cerca del 8-9%. Sin embargo, se debe considerar que el calor entregado a la vivienda corresponde al total del calor transmitido además del 40% del calor absorbido.

Las ventanas son las que mayormente transmiten la radiación solar hacia el interior de la vivienda. Mientras que los elementos opacos absorben una parte de ella y transmiten una cantidad menor hacia el interior

D.- Las ganancias internas están dadas por el uso de los usuarios que es el calor que entregan las personas al interior de la vivienda, también se incluyen los artefactos y la iluminación de la vivienda.

El organismo humano está en equilibrio con el medio ambiente cuando pierde aproximadamente 50 W/m^2 de superficie corporal, lo cual ocurre a temperaturas entre **17 y 24 °C. (Temperatura de confort).**

Condición ambiental	Compensación
< 17°C, se empieza a sentir frío	•Abrigo •Ejercicio •Alimentación
> 24°C, se empieza a sentir calor	•Sudoración •Ropa ligera •Reducción de actividad física

Imagen N° 16: Temperatura de Confort.

3.2.5 Balance de energía

El balance energético permite determinar si es necesario realizar un acondicionamiento térmico. Una vez realizado el acondicionamiento, se determina qué equipo o sistema de climatización es el indicado para satisfacer la demanda de energía requerida por la vivienda y así optimizar su consumo. Una herramienta útil para determinar la necesidad de acondicionar térmicamente, es la Calificación Energética de Viviendas, que realiza un balance de energía y la compara con una vivienda de referencia. Si se obtiene una baja calificación, se necesita interferir la vivienda.

El acondicionamiento térmico no es genérico. Es importante considerar la forma de la vivienda, lo que está relacionado con la cantidad de elementos perimetrales en contacto con el exterior a través de los cuales se produce la transferencia de calor respecto al volumen de aire a calefaccionar. Por ejemplo, las viviendas aisladas requieren más energía en calefacción que un departamento o que una vivienda pareada, ya que se pierde más calor debido a su mayor envolvente en contacto con el exterior.

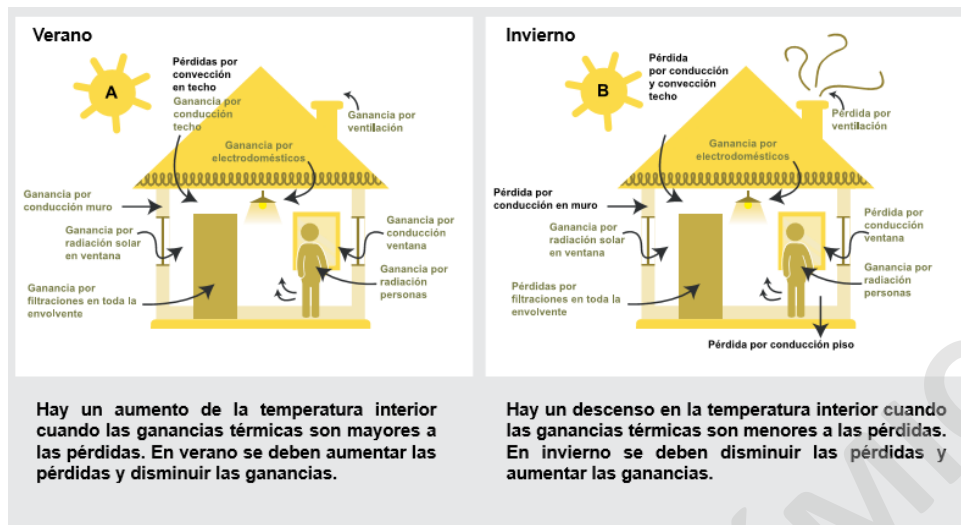


Imagen N° 17: Ganancias y pérdidas de energía durante verano e invierno.

3.2.6 Demanda de energía

La **demanda de energía** es la energía necesaria para mantener las condiciones de confort térmico al interior de la vivienda. Depende de las características térmicas de la envolvente, su orientación, condiciones de uso y clima del lugar de emplazamiento. La demanda de energía de una vivienda se expresa en [kWh/m² año]. Para comprar una vivienda con otra para una misma superficie de referencia. (8)

$$\text{Demanda de energía} = \text{Pérdidas de Energía} - \text{Ganancias Térmicas}$$

$$\text{Demanda de energía} = (G_{v_2} * V * 24 * GD) / 1000 - \text{Ganancias Térmicas}$$

Dónde:

- Demanda de energía: demanda medida en [kWh/año].
- Ganancias térmicas: ganancias medidas en [kWh/año]
- G_{v_2} : Coeficiente volumétrico global de pérdidas térmicas totales [W/m³ K].
- V: Volumen total de la vivienda en [m³].
- GD: Grados/día anuales en la zona térmica donde se ubica la vivienda.

G_{v_2} corresponde al coeficiente volumétrico global de pérdidas de energía, incluye las pérdidas de calor a través de la envolvente (muros, ventanas, pisos y techumbre) y las pérdidas producidas por la ventilación de la vivienda.

$$G_{v_2} = \frac{\sum U \cdot S + K \cdot P}{V} + 0,35 * n$$

Dónde:

- U: Transmitancia térmica de cada elemento de la vivienda en [W/(m²K)].
- S: Superficie del elemento de la vivienda en [m²].
- K: Transmitancia térmica lineal [W/(mK)].
- P: Perímetro exterior del piso en contacto con el terreno [m].
- V: Volumen total de la vivienda [m³].
- n: Renovaciones de aire por hora en la vivienda.

Imagen N° 18: Demanda de energía.

3.2.7 Consumo de energía

El consumo de energía corresponde a la cantidad de energía real requerida para satisfacer la demanda, lo que depende del rendimiento del sistema de calefacción. Como el rendimiento de los sistemas utilizados tiene generalmente valores inferiores al 100% (la excepción de sistemas como bombas de calor y calderas de condensación, por ejemplo) el consumo será generalmente mayor a la demanda de energía. (9)

$$\text{Consumo} = \frac{\text{Demanda}}{\text{Eficiencia equipo}}$$

Imagen N° 19: Formula consumo de energía.

3.2.8 Reacondicionamiento de la vivienda

El capítulo anterior muestra el comportamiento térmico de la vivienda según su materialidad, nivel de aislación, orientación y uso de la vivienda, entre otros factores.

Es fundamental considerar estos aspectos al momento de reacondicionar una vivienda existente, principalmente, los que no se pueden modificar, como lo son los factores del ambiente en donde está emplazada la vivienda. Estos factores corresponden al clima del lugar de emplazamiento y la forma de la vivienda en relación con los elementos constructivos expuestos al exterior y área a calefaccionar.

3.2.8.1 Confort térmico

El confort térmico se traduce en un concepto que define las condiciones ambientales en las que nos sentimos cómodos y sin ninguna molestia al interior de la vivienda. La percepción de este fenómeno depende del intercambio térmico que exista entre la persona y el entorno, además de una serie de variables que hay que considerar ya que afectan el ambiente interior. Por ejemplo, la humedad y es por lo que el concepto de confort térmico se asocia a al concepto higrotérmico.

El intercambio térmico entre el ser humano y el entorno se produce debido a la termorregulación del organismo, como por ejemplo cuando el cuerpo humano está a grandes temperaturas (36 a 37 grados *Celsius*). Entonces existe una constante ganancia de calor hacia el medio que nos rodea. La velocidad con la que perdamos calor hace depender nuestra sensación de confort térmica, puesto que si se hace a una velocidad adecuada estaremos en la zona de confort. Por el contrario, se experimentaría frío si esto se produce a una velocidad muy acelerada, y calor, cuando no se logre disipar o perder el calor con suficiente rapidez.

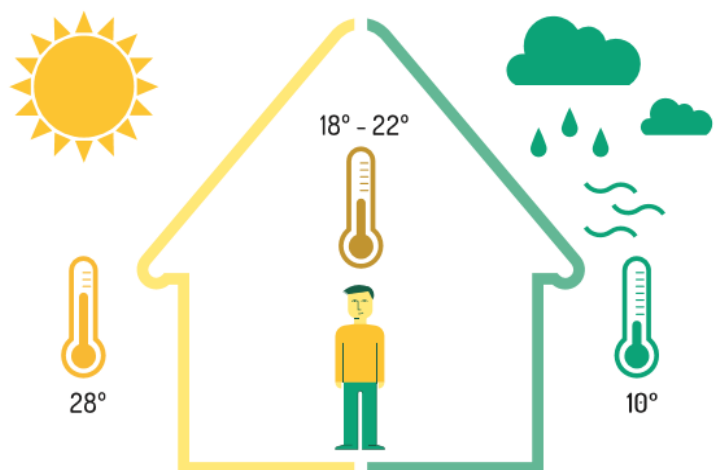


Imagen N° 20: Confort térmico.

El cuerpo humano está en constante búsqueda del equilibrio térmico con el entorno que lo rodea, y lo hace mediante diferentes medios de intercambio de calor: convección, conducción, radiación, evaporación y respiración de la piel.

3.2.8.2 Factores que influyen en la sensación del confort térmico

3.2.8.2.1 Factores fisiológicos

Este factor tiene que ver con las personas que habitaran al interior de la vivienda y su capacidad de producir calor, el cual se termina transmitiendo hacia el entorno. La cantidad de energía que disipamos al ambiente determinará que tan abrigados o desabrigados esté uno al interior de la vivienda. La actividad que realicemos será la encargada de definir esa cantidad de energía.

3.2.8.2.2 Temperatura Efectiva

La temperatura efectiva es la que combina la temperatura del ambiente, la temperatura media radiante, la humedad y la velocidad del aire.

3.2.8.2.3 Movimiento del aire

Como sabemos la vivienda puede tener ventilaciones no deseadas como ventilaciones controladas. Lo que afecta el confort térmico será su velocidad y movimiento. Usualmente en épocas de calor, el movimiento del aire sirve para disipar la energía que liberamos al interior de la vivienda, además de ventilar o enfriar el recinto. El exceso de movimiento o velocidad del aire puede generar malestares atribuidos al exceso de corrientes de aire.

3.2.8.2.4 Humedad Relativa

La humedad relativa consiste en la cantidad de vapor de agua que hay en aire a una cierta temperatura, y, la máxima cantidad de vapor de agua que pueda existir a esa misma temperatura.

Esta variable afecta el intercambio térmico entre el cuerpo y el ambiente por medio de la evaporación del cuerpo humano. Esto hace que la sensación de bienestar se vea afectada. Asimismo, esto también influye en la velocidad con la que el cuerpo liberará energía por medio de la evaporación.

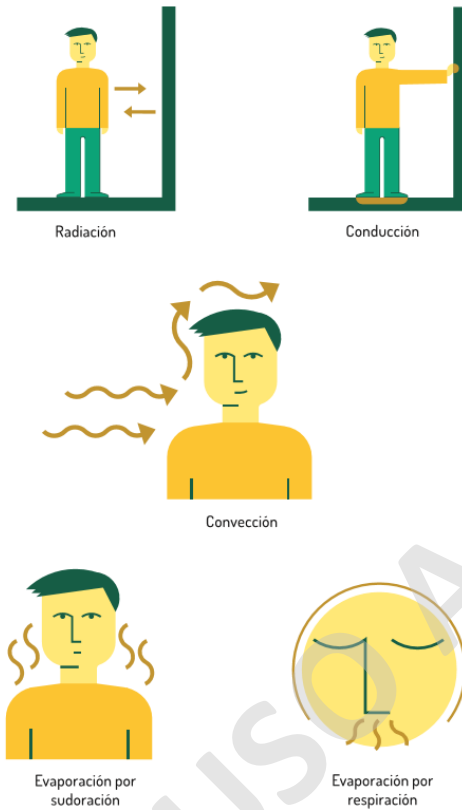


Imagen N° 21: Intercambio de calor entre el ser humano y su entorno.

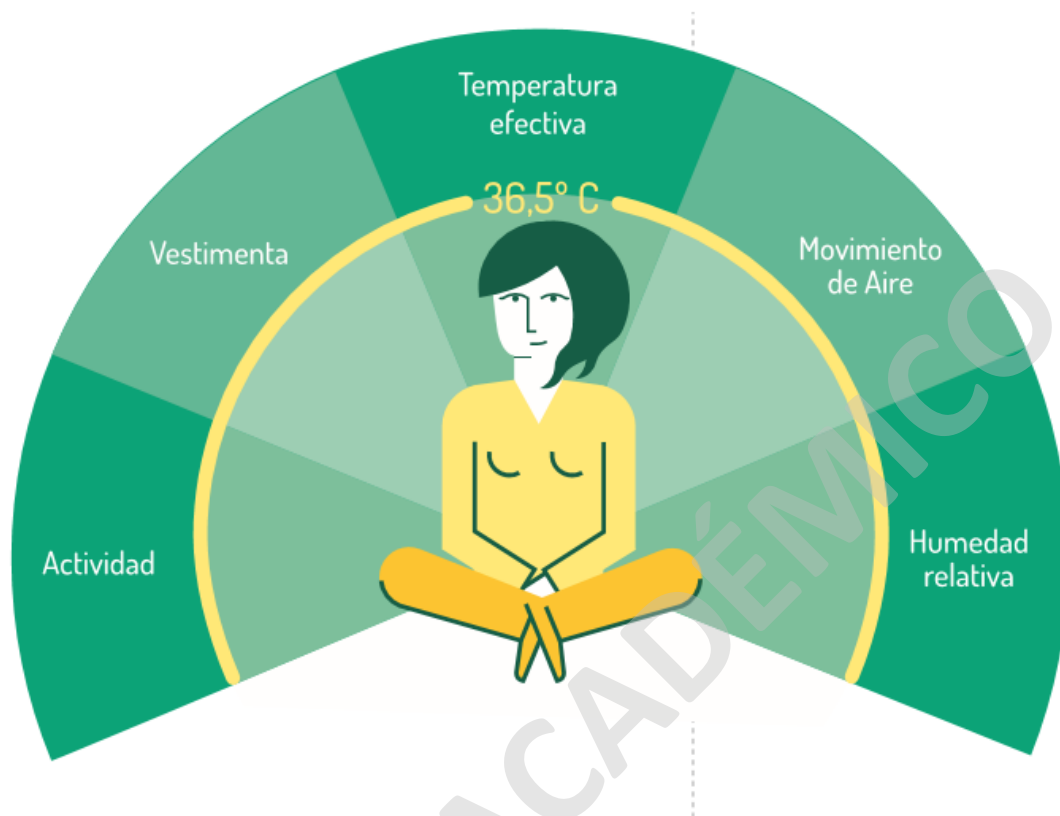


Imagen N° 22: Factores que influyen sobre la sensación de bienestar térmico.

3.2.8.2.5 Balance térmico

La vivienda y sus condiciones térmicas dependen de las pérdidas y ganancias de calor que tenga la vivienda. Esto, permitirá que el interior de la vivienda llegue a temperaturas de confort o discomfort térmico, necesitando de un artefacto o instrumento que contraresta los niveles de temperatura no deseados.

3.2.8.2.6 Envoltente térmica

La envoltente térmica es todo lo que limita los recintos que son habitables del exterior. Es esencial para lograr el bienestar térmico ya que es la principal barrera que protege a los usuarios del clima en el entorno que se emplaza la vivienda.

3.2.8.2.7 Inercia térmica

Los materiales que componen la envoltente térmica tienen la capacidad de acumular y almacenar la energía, energía que es liberada posteriormente. Entonces, dependerá de la capacidad que tengan los materiales para que la envoltente térmica sea la mas óptima y ésta contribuya a adquirir la sensación de confort esperada.

4. METODOLOGÍA

4.1 Impacto del análisis

Los siguientes análisis se rigen bajo las normas de acondicionamiento de la vivienda y su aplicación para reducir el impacto energético de ésta, se está haciendo en casos actuales que serán presentados más adelante. Para continuar contribuyendo a esta idea, se deberá considerar los ejemplos del pasado, lo que tenemos ahora y realizar propuestas innovadoras al futuro.

Asimismo, es para el rubro de la construcción en Chile, que a medida que pasan los años, se ha ido actualizando según los requerimientos del momento. Con este análisis se quiere dar una mirada hacia el futuro, pues con esto podemos innovar para un desarrollo que gestione construcciones con una alta calidad de vida como promoción. Con los resultados de este análisis se busca demostrar que con el ahorro obtenido se puede generar una estrategia comercial que incentive las inversiones en este tipo de proyectos, que desde sus inicios considera una propuesta sustentable. Generando un cambio a nivel país y a nivel del rubro de la construcción, puesto que el beneficio colectivo que se puede generar incentivará la creación de este tipo de proyectos.

Por este motivo es que el análisis no solo es un piloto para mostrar como es el proceso de una calificación energética y los beneficios que entrega a los usuarios, sino que va más allá, pensando en la evolución de las necesidades que puedan surgir en los usuarios, ya sean, ecológicas, confort y calidad. El propósito de este proyecto se refiere a la idea de que las futuras construcciones tengan un beneficio colectivo, considerando una sustentabilidad de la vivienda y que estos no solo mejoren la calidad de vida para los usuarios, si no que aporten un beneficio a la ciudad y al planeta. Esto, se traduce en que se pueden realizar construcciones “verdes”, que benefician a todos los involucrados en el proyecto y en la vida útil de la vivienda.

Usualmente hablar de construcciones ecológicas o referirse a la construcción de viviendas con especificaciones técnicas más rigurosas, se piensa inmediatamente en un mayor costo asociado a ello y su escasa rentabilidad. Este análisis pretende demostrar de manera básica y simple que, si se puede agregar valor financiero a este beneficio, se podría entregar una propuesta atractiva para los inversionistas inmobiliarios.

‘Minvu aspira que este sistema de certificación, hoy de carácter voluntario, sea obligatorio en el país. La calificación A, la más alta, permitiría alcanzar ahorros cercanos a un \$1 millón anuales.’ (10)

4.2 Análisis

Para apoyar todo lo mencionado en el capítulo anterior se propondrá una metodología de análisis para las viviendas seleccionadas. Cabe destacar que este análisis es una versión inicial de lo que se pretende demostrar.

Para comenzar, hay que tener en cuenta que los proyectos inmobiliarios son del sector privado, uno tipo casa y el otro tipo departamento. Consideraremos los elementos que componen la envolvente térmica de cada vivienda y se utilizarán en un análisis de su transmitancia térmica (U), para luego llevar esos resultados a las planillas de calificación energética CEV que determinarán la calificación y etiqueta de la vivienda.

- Datos para cálculo de (U)
 - Los datos que se requieren se obtendrán de las especificaciones técnicas de cada proyecto. Se requiere información sobre materialidad que compone la envolvente térmica.
- Análisis
 - Se analizará la transmitancia térmica (U) del conjunto de elementos que compongan la techumbre, muros y pisos ventilados.
 - Se analizará un caso base, el cual no considera solución de materialidad para la aislación térmica.
 - Se analizará un caso mejorado, el cual toma los materiales del caso base más una propuesta de materialidad para mejorar la aislación térmica y reducir el valor de (U).
- Resultados
 - Luego de analizar la transmitancia térmica (U) de los dos casos a presentar por cada vivienda; caso base + caso con mejora. Se observará si el valor de (U) pudo disminuir con la mejora propuesta. Con esto se crea una hipótesis para que, al llevar estos datos al siguiente paso (CEV), se estaría logrando un ahorro de energía considerable.
- Datos para planillas CEV.
 - Al igual que en el paso anterior del cálculo de la transmitancia térmica, se necesita la materialidad de la envolvente térmica y las medidas respectivas de muros, techumbre y pisos.
 - A los muros se les debe descontar el área que utilizará la ventana o puerta en caso de que el muro considere una ventana o puerta.
 - Para las ventanas se debe indicar el tipo de cierre y abertura.
 - A los muros tanto como las ventanas se les debe indicar área y ubicación (Norte, Sur, Este, Oeste)
 - Los muros o pisos que no agreguen valor al cálculo serán considerados como elementos adiabáticos.
- Análisis
 - Al ingresar los datos a las plantillas se procederá a realizar la evaluación por parte de las plantillas CEV.
- Resultados
 - Teniendo los resúmenes que arroja la plantilla CEV, se considerará el porcentaje de ahorro obtenido junto a la letra lograda.
- A. Comparación
 - Teniendo los resultados de las planillas se procede a comparar los resultados de los casos base con sus respectivas mejoras y determinar si

hay o no un ahorro con la mejora propuesta, generando conclusiones de las supuestas hipótesis (mejorar la envolvente térmica y lograr un ahorro).

4.2.1 Presentación de los casos a evaluar

4.2.1.1 Vivienda tipo Casa, modelo mediterráneo

- Nombre del proyecto: Piedra roja, Aguapiedra.
- Ubicación: Av. Jose Rabat 8600, Chicureo, Colina, Región Metropolitana.
- m^2 : 207 m^2 .
- UF/m²: 72.
- Valor UF: \$27.593.
- Valor Vivienda: 14.960 UF.

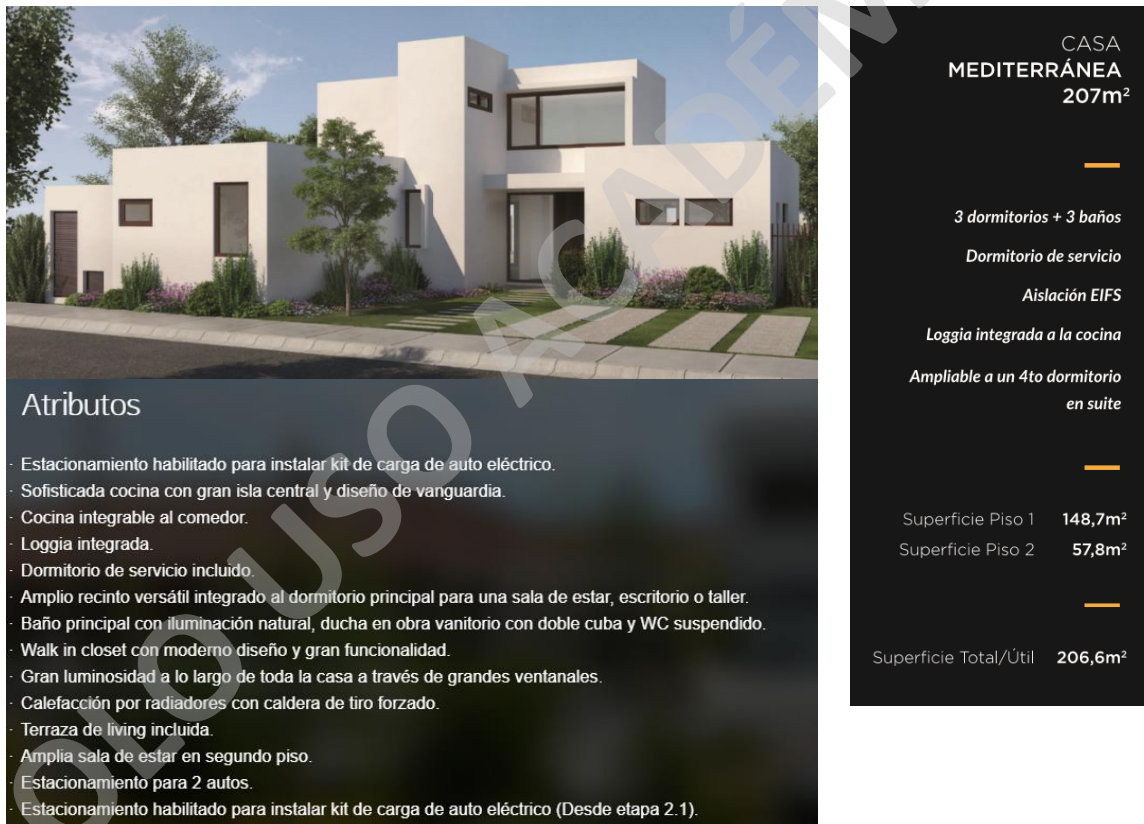


Imagen N° 23: Imágenes Proyecto Aguapiedra.

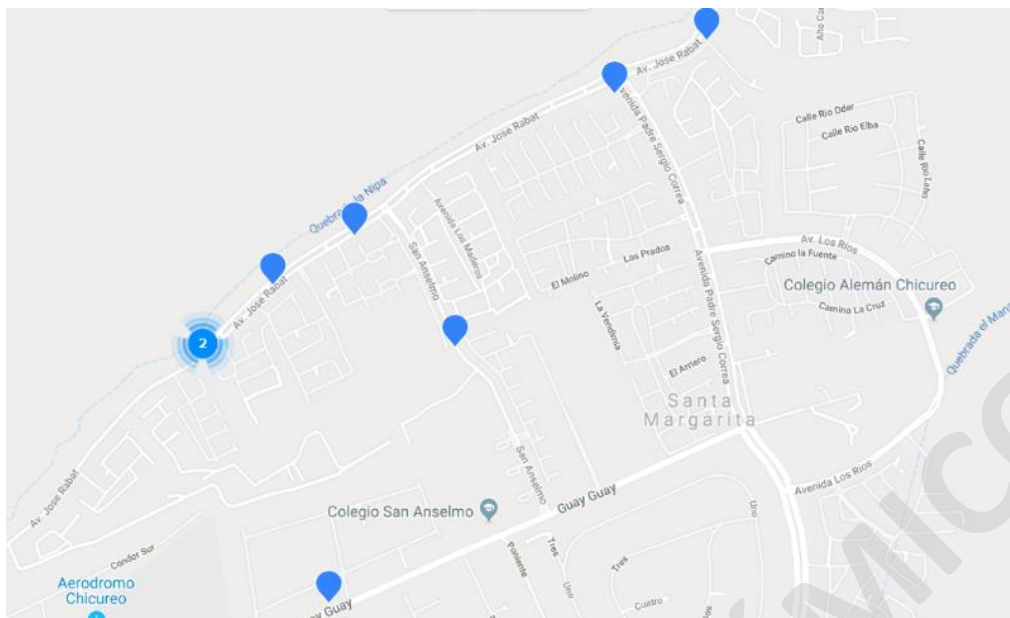


Imagen N° 24: Proyectos similares cercanos al proyecto Aguapiedra.



Imagen N° 25: Imagen Plantas Proyecto Aguapiedra.

4.2.1.2 Vivienda tipo Departamento

- Nombre del proyecto: Edificio Medinacelli 1226.
- Ubicación: Manquehue Sur 1235, Las Condes, Región Metropolitana.
- m^2 : $137 m^2$.
- UF/m²: 108.
- Valor UF: \$27.593.
- Valor Vivienda: 14.846 UF.



**EDIFICIO
MEDINACELLI 1226**
Las Condes

LUMINOSOS ESPACIOS PARA COMPARTIR

2 Dormitorios 93 m ² + terraza 18 m ²	3 Dormitorios 134 a 140 m ² + terrazas 22 a 37 m ²	4 Dormitorios 140 m ² + terraza 36 m ²
---	--	--

Departamentos con terraza y jardín de uso exclusivo • Departamentos con terraza panorámica de uso exclusivo

VISITE PILOTOS
VENTAS Manquehue Sur 1235, Las Condes +56 98 501 5806 • medinacelli@moller.cl

**EDIFICIO
CARLOS
ALVARADO 6184**
Las Condes

VIDA DE BARRIO PARA DISFRUTAR

3 Dormitorios 127 a 140 m ² + terrazas 26 a 59 m ²	3 Dormitorios + Servicios 140 m ² + terrazas 33 a 44 m ²
--	--

Departamentos con terraza y jardín de uso exclusivo • Departamentos con terraza panorámica de uso exclusivo

VENTAS Carlos Alvarado 6184, Las Condes +56 97 135 5272 • carlosalvarado@moller.cl

Imagen N° 26: Imágenes proyecto Medinacelli.

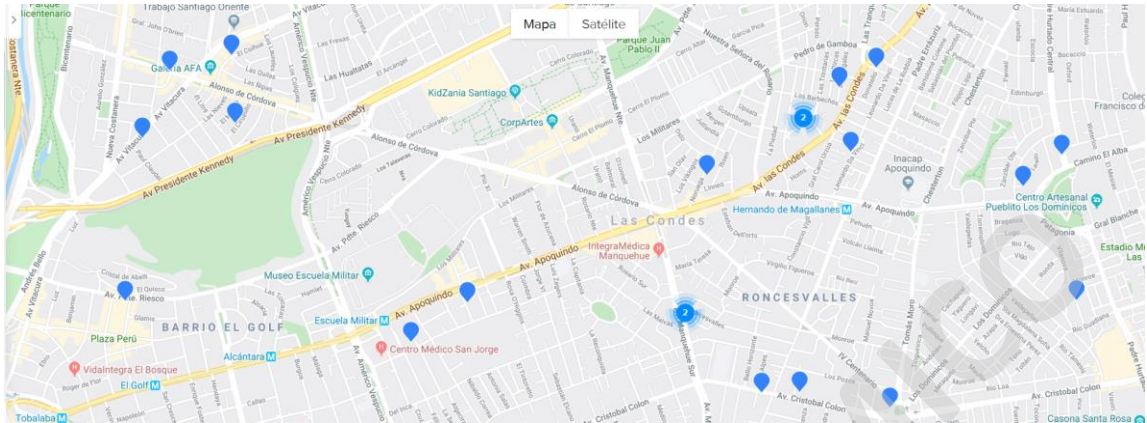


Imagen N° 27: Imagen proyectos similares cercanos al proyecto Medinacelli.

5. RESULTADOS

5.1 Análisis de la transmitancia actual y su posible mejora.

5.1.1 Vivienda tipo Casa, Caso Base.

Se debe considerar que los materiales que componen la envolvente térmica de la techumbre, muros y pisos ventilados son:

TECHUMBRE	e (m)
Plancha osb	0,11
Polietileno expandido	0,03
Lana de vidrio	0,08
Yeso carton	0,01

MURO PERIMETRAL	e (m)
Ladrillo ceramico	0,14
Estuco	0,02
Poliestireno expandido	0,03

PISO VENTILADO	e (m)
HA	0,15
Enlucido Yeso	0,01
Estuco	0,02

Tablas N° 1: Materiales que componen la envolvente térmica de la techumbre, muros y pisos ventilados.

- A. Análisis de transmitancia térmica (U) en techumbre del caso base para la vivienda tipo casa.

SOLUCIÓN CONSTRUCTIVA TECHUMBRE			
Placa OSB E= 11,1mm, Poliestireno expandido 30mm, Lana de vidrio e=80mm, Yeso carton e= 10 mm			
TECHUMBRE	e (m)	λ (W/(m/K))	Rt (m²K/W)
Plancha osb	0,11	0,13	0,846
Poliétileno expandido	0,03	0,0361	0,831
Lana de vidrio	0,08	0,042	1,905
Yeso carton	0,01	0,26	0,038
e FINAL	0,23		
Rsi			0,090
Rse			0,050
Rt Total (m²K/W)			3,760
U (W/m²K)			0,266
R 100			0

Tabla N° 2: Calculo Transmitancia térmica (U) caso base, Casa.

- B. Análisis de transmitancia térmica (U) en muros del caso base para la vivienda tipo casa.

SOLUCIÓN CONSTRUCTIVA MUROS			
Muros en albañilería armada, ladrillo cerámico de 29x14x21,3, Estuco interior y exterior e=2cm. Aislación térmica (EIFS) exterior poliestireno expandido e= 30 mm.			
MURO PERIMETRAL	e (m)	λ (W/(m/K))	Rt (m²K/W)
Ladrillo cerámico	0,14	0,46	0,304
Estuco	0,02	0,22	0,091
Poliestireno expandido	0,03	0,0361	0,831
e FINAL	0,19		
Rsi			0,120
Rse			0,050
Rt Total (m²K/W)			1,396
U (W/m²K)			0,716
R 100			0

Tabla N° 3: Calculo Transmitancia térmica (U) caso base, Casa.

C. Análisis de transmitancia térmica (U) pisos ventilados del caso base para la vivienda tipo casa.

SOLUCIÓN CONSTRUCTIVA PISO VENTILADO			
HA H20 + Enlucido yeso e=1cm + estuco e= 2cm			
PISO VENTILADO	e (m)	λ (W/(m·K))	Rt (m²K/W)
HA	0,15	1,63	0,092
Enlucido Yeso	0,01	0,35	0,029
Estuco	0,02	0,22	0,091
		1	0,000
		1	0,000
		1	0,000
EPS 30 kg/m³	0,1	0,0361	2,770
e FINAL	0,28		
Rsi			0,170
Rse			0,050
Rt Total (m²K/W)			3,202
U (W/m²K)			0,312
R 100			277

Tabla N° 4: Calculo Transmitancia térmica (U) caso base, Casa.

D. Resultados obtenidos:

- Tramitancia térmica (U) para techumbre del caso base de la vivienda tipo casa: $U=0.266 \left[\frac{W}{(m^2 \times K)} \right]$.
- Tramitancia térmica (U) para muros del caso base de la vivienda tipo casa: $U=0.716 \left[\frac{W}{(m^2 \times K)} \right]$.
- Tramitancia térmica (U) para pisos ventilados del caso base de la vivienda tipo casa: $U=0.312 \left[\frac{W}{(m^2 \times K)} \right]$.

5.1.2 Vivienda tipo casa, Caso con propuesta de mejora

Ahora se presenta el mismo método anterior, pero con una propuesta en la materialidad para analizar la variación de la transmitancia térmica (U). Se debe considerar que los elementos que componen la envolvente térmica de la techumbre, muros y pisos ventilados son:

TECHUMBRE	e (m)
Plancha osb	0,12
Polietileno expandido	0,05
Lana de vidrio	0,1
Yeso carton	0,01

MURO PERIMETRAL	e (m)
Ladrillo ceramico	0,14
Estuco	0,02
Poliestireno expandido	0,05

PISO VENTILADO	e (m)
HA	0,15
Enlucido Yeso	0,01
Estuco	0,02
Aislapol	0,1

Tabla N° 5: Materiales que componen la envolvente térmica de la techumbre, muros y pisos ventilados.

- A. Análisis de transmitancia térmica (U) en techumbre del caso con propuesta de mejora para la vivienda tipo casa. Se considera como mejora el aumento de los espesores.

SOLUCIÓN CONSTRUCTIVA TECHUMBRE			
Placa OSB E= 11,1mm, Plancha Fe galvanizado e= 0.5, Poliestireno expandido 30mm, Lana de vidrio e=80mm, Yeso carton e= 10 mm			
TECHUMBRE	e (m)	λ (W/(m/K))	Rt (m²K/W)
Plancha osb	0,12	0,13	0,923
Polietileno expandido	0,05	0,0361	1,385
Lana de vidrio	0,1	0,042	2,381
Yeso carton	0,01	0,26	0,038
e FINAL	0,28		
Rsi			0,090
Rse			0,050
Rt Total (m²K/W)			4,868
U (W/m²K)			0,205
R 100			0

Tabla N° 6: Calculo Transmitancia térmica (U) caso mejorado, Casa.

- B. Análisis de transmitancia térmica (U) en muros del caso con mejora para la vivienda tipo casa. Se considera como mejora el aumento de espesores.

SOLUCIÓN CONSTRUCTIVA MUROS			
Muros en albañilería armada, ladrillo cerámico de 29x14x21,3, Estuco interior y exterior e=2cm. Aislación térmica (EIFS) exterior poliestireno expandido e= 30 mm. Interior poligyp			
MURO PERIMETRAL	e (m)	λ (W/(m/K))	Rt (m²K/W)
Ladrillo ceramico	0,14	0,46	0,304
Estuco	0,02	0,22	0,091
Poliestireno expandido	0,05	0,0361	1,385
e FINAL	0,21		
Rsi			0,120
Rse			0,050
Rt Total (m²K/W)			1,950
U (W/m²K)			0,513
R 100			0

Tabla N° 7: Calculo Transmitancia térmica (U) caso mejorado, Casa.

- C. Análisis de transmitancia térmica (U) pisos ventilados del caso con mejora para la vivienda tipo casa. Se considera mejora como la inclusión de un Aislapol $e=0.1m$

SOLUCIÓN CONSTRUCTIVA PISO VENTILADO			
HA H20 + Enlucido yeso $e=1cm$ + estuco $e= 2cm$ + Exterior aislapol $e= 50mm$			
PISO VENTILADO	e (m)	λ (W/(m·K))	Rt (m²K/W)
HA	0,15	1,63	0,092
Enlucido Yeso	0,01	0,35	0,029
Estuco	0,02	1,4	0,014
Aislapol	0,1	0,0361	2,770
EPS 30 kg/m³	0,1	0,0361	2,770
e FINAL	0,38		
Rsi			0,170
Rse			0,050
Rt Total (m²K/W)			5,895
U (W/m²K)			0,170
R 100			277

Tabla N° 8: Calculo Transmitancia térmica (U) caso mejorado, Casa.

- D. Resultados obtenidos:

- Tramitancia térmica (U) para techumbre del caso base de la vivienda tipo casa: $U=0.205 \left[\frac{W}{(m^2 \times K)} \right]$.
- Tramitancia térmica (U) para muros del caso base de la vivienda tipo casa: $U=0.513 \left[\frac{W}{(m^2 \times K)} \right]$.
- Tramitancia térmica (U) para pisos ventilados del caso base de la vivienda tipo casa: $U=0.170 \left[\frac{W}{(m^2 \times K)} \right]$.

5.1.3 Vivienda tipo departamento, caso base

Se debe considerar que los elementos que componen la envolvente térmica de la techumbre y muros (no hay pisos ventilados) son:

TECHUMBRE	e (m)
AFINADO CEMENTO	0,02
LOSA HA	0,16
Enlucido Yeso	0,01

MURO PERIMETRAL	e (m)
AFINADO CEMENTO	0,02
HA	0,25
Estuco	0,02

Tabla N° 9: Materiales que componen la envolvente térmica de la techumbre, muros.

- A. Análisis de transmitancia térmica (U) en techumbre del caso base para la vivienda tipo departamento.

SOLUCIÓN CONSTRUCTIVA TECHUMBRE			
Losa de HA H35 y e=160 mm, interior empaste 1mm enlucido de yeso.			
TECHUMBRE	e (m)	λ (W/(m·K))	Rt (m²K/W)
AFINADO CEMENTO	0,02	1,4	0,014
LOSA HA	0,16	1,63	0,098
Enlucido Yeso	0,01	0,35	0,029
EPS 30 kg/m³	0,12	0,0361	3,324
e FINAL	0,31		
Rsi			0,090
Rse			0,050
Rt Total (m²K/W)			3,605
U (W/m²K)			0,277
R 100			332

Tabla N° 10: Calculo Transmitancia térmica (U) caso base, Departamento.

B. Análisis de transmitancia térmica (U) en muros del caso base para la vivienda tipo departamento.

SOLUCIÓN CONSTRUCTIVA MUROS			
Muros de HA H35, exterior con enchape $e= 1,2 \text{ cm} + \text{Estuco}=1,5\text{cm}$, interior enlucido yeso 1mm			
MURO PERIMETRAL	e (m)	λ (W/(m/K))	Rt (m²K/W)
AFINADO CEMENTO	0,02	1,4	0,014
HA	0,25	1,63	0,153
Estuco	0,02	1,4	0,014
EPS 20 kg/m³	0,02	0,0384	0,521
e FINAL	0,31		
Rsi			0,120
Rse			0,050
Rt Total (m²K/W)			0,873
U (W/m²K)			1,146
R 100			52

Tabla N° 11: Calculo Transmitancia térmica (U) caso base, Departamento.

C. Resultados obtenidos:

- Tramitancia térmica (U) para techumbre del caso base de la vivienda tipo casa: $U= 0.277 \left[\frac{W}{(m^2 \times K)} \right]$.
- Tramitancia térmica (U) para muros del caso base de la vivienda tipo casa: $U= 1.146 \left[\frac{W}{(m^2 \times K)} \right]$.

5.1.4 Vivienda tipo departamento, con propuesta de mejora

Ahora se presenta el mismo método anterior, pero con una propuesta en la materialidad para analizar la variación de la transmitancia térmica (U).

Se debe considerar que los elementos que componen la envolvente térmica de la techumbre, muros (no hay pisos ventilados) son:

TECHUMBRE	e (m)
AFINADO CEMENTO	0,02
LOSA HA	0,16
Enlucido Yeso	0,01

MURO PERIMETRAL	e (m)
AFINADO CEMENTO	0,02
HA	0,25
Estuco	0,02
Poliestireno expandido	0,05

Tabla N° 12: Materiales que componen la envolvente térmica de la techumbre, muros.

1. Análisis de transmitancia térmica (U) en techumbre del caso con propuesta de mejora para la vivienda tipo departamento. No hubo modificación en la techumbre.

SOLUCIÓN CONSTRUCTIVA TECHUMBRE			
Losa de HA H35 y e=160 mm, interior empaste 1mm enlucido de yeso.			
TECHUMBRE	e (m)	λ (W/(m·K))	Rt (m²K/W)
AFINADO CEMENTO	0,02	1,4	0,014
LOSA HA	0,16	1,63	0,098
Enlucido Yeso	0,01	0,35	0,029
EPS 30 kg/m³	0,12	0,0361	3,324
e FINAL	0,31		
Rsi			0,090
Rse			0,050
Rt Total (m²K/W)			3,605
U (W/m²K)			0,277
R 100			332

Tabla N° 13: Calculo Transmitancia térmica (U) caso base, Departamento.

2. Análisis de transmitancia térmica (U) en muros del caso con propuesta de mejora para la vivienda tipo departamento. Se considera como mejora un poliestireno expandido $e=0.05$.

SOLUCIÓN CONSTRUCTIVA MUROS			
Muros de HA H35, exterior con enchape $e=1,2\text{ cm}$ + Estuco $=1,5\text{cm}$, interior enlucido yeso 1mm			
MURO PERIMETRAL	$e\text{ (m)}$	$\lambda\text{ (W/(m/K))}$	$R_t\text{ (m}^2\text{K/W)}$
AFINADO CEMENTO	0,02	1,4	0,014
HA	0,25	1,63	0,153
Estuco	0,02	1,4	0,014
Poliestireno expandido	0,05	0,0361	1,385
EPS 20 kg/m ³	0,04	0,0384	1,042
e FINAL	0,38		
Rsi			0,120
Rse			0,050
Rt Total (m²K/W)			2,779
U (W/m²K)			0,360
R 100			104

Tabla N° 14: Calculo Transmitancia térmica (U) caso base, Departamento.

3. Resultados obtenidos:

1. Transmitancia térmica (U) para techumbre del caso base de la vivienda tipo casa: $U=0.277\left[\frac{W}{(m^2 \times K)}\right]$.
2. Transmitancia térmica (U) para muros del caso base de la vivienda tipo casa: $U=0.360\left[\frac{W}{(m^2 \times K)}\right]$.

- ❖ Analizando los resultados de la transmitancia térmica (U) para los elementos de la envolvente térmica, en donde podemos comparar los casos bases con los casos que tienen una propuesta de mejora en ambos tipos de vivienda, se puede observar que al aumentar espesor o agregar una propuesta de material que mejore la aislación térmica, se observa que el valor de la transmitancia térmica (U) disminuye considerablemente haciendo que la envolvente tenga una mejor aislación.
- ❖ De esta manera se puede garantizar que habrá una mejora del confort térmico al interior de la vivienda, ya que se puede mantener estable la temperatura interior.

Esto supuestamente estaría aumentando la eficiencia energética de la vivienda, pero eso lo determinará la evaluación CEV.

5.2 Análisis del costo de la posible mejora en los tipos de vivienda

Para efectos de cálculo se considerará al material por unidad comercial. Esto es un estimado que intenta representar el aumento del valor de los materiales que conforman la envolvente térmica cuando se aumentan sus espesores o más bien se agrega un material con mejor resistencia térmica.

Los valores se obtuvieron en base a referencias como ferreterías, casas comerciales y revistas de precios unitarios.

5.2.1 Análisis del costo posible para la mejora en la vivienda tipo casa.

Material	Valor Unidad
Plancha OSB	\$ 13.988
Polietileno expandido	\$13.290
Lana de vidrio	\$54.990
Yeso cartón	\$4.750
Ladrillo cerámico	\$790
Estuco	\$2.950
Hormigón armado	\$147.284
Enlucido yeso	\$13.440

Tabla N° 15: Calculo Transmisancia térmica (U) caso base, Departamento.

- ❖ El valor total de los materiales por unidad es de: \$251.482.
- ❖ Se estima que el aumento de espesores para la propuesta de mejora es de un 20%, sumado a esto se agrega el material Aislapol con espesor= 10cm \$ 24.490.
- ❖ El valor total con la mejora incluida sería de unos: \$ 326.268. Esto indica que el aumento vendría siendo de un 30%.

5.2.2 Análisis del costo posible para la mejora en la vivienda tipo departamento.

Material	Valor Unidad
Afinado cemento	\$2.690
Hormigón armado	\$147.284
Enlucido de yeso	\$13.440
Estuco	\$2.950

Tabla N° 16: Calculo Transmisancia térmica (U) caso base, Departamento.

- ❖ El valor total de los materiales por unidad es de: \$ 166.364.

- ❖ Se estima que el aumento de espesores para la propuesta de mejora es de un 20%, sumado a esto se agrega el polietileno expandido con espesor= 50 mm \$ 13.290.
- ❖ El valor total con la mejora incluida sería de unos: \$ 212.927. Esto indica que el aumento vendría siendo de un 25%.

5.3 Análisis del ahorro de energía de la vivienda mejorada

Ya obtuvimos los valores de la transmitancia actual, tomando en cuenta los casos bases con sus respectivas propuestas que mejoran la envolvente térmica. Ahora, se comienza a realizar el análisis del ahorro de energía que obtendrán las viviendas a analizar mediante las planillas de cálculo CEV.

Para explicar cómo fue el proceso de análisis y los datos que se deben tener en cuenta al momento de llenar las planillas CEV se muestra a continuación uno de los casos, para ejemplificar la metodología y la utilización de la información.

1. Dentro de las planillas de cálculo se procede a ingresar los datos que identifican a la vivienda y sus datos generales.

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA EN VIVIENDAS EN CHILE			
1.- Características de la vivienda			
1.1.- Datos generales e identificación del proyecto			
1	Tipo de Calificación	Calificación	Vivienda nueva
2	Región	Región Metropolitana de Santiago	
3	Comuna	Colina	
4	Zona Térmica Proyecto	D	Tiene las siguientes Zonas Térmicas
5	Dormitorios de la vivienda	3	D H -
6	Identificación de la vivienda a e	Casa	
7	Nombre del proyecto	Aguapiedra	
8	Dirección de la vivienda	Av. Jose Rabat 8600, Chicureo, Colina, Región Metropolitana	
9	Tipo de vivienda	Casa Aislada	
10	Rol vivienda	Habitacional	
11	Evaluador energético	Samuel Valdebenito	
12	Rol registro de Evaluadores:		
13	RUT Evaluador	19.323.289-2	
14	Versión Planilla	2.2	
15	Caso Interno Evaluador		
16	Iteración Evaluador		
17	Solicitado por:	Memoria de Título	
18	RUT Mandante		

Imagen N° 28: Planilla CEV

2. El siguiente paso es ingresar los datos que identifican las características generales de los elementos que componen la envolvente térmica de la vivienda.

1.2.- Descripción general de los elementos de la envolvente (esto sólo se utiliza en la confección del certificado)		
19	Muro principal	Muro con aislación por , de materialidad , con U= [W/m2K], espesor solido [cm] y espesor aislante de [cm]
20	Muro secundario	
21	Piso principal	Piso con aislación por , con U = [W/m2K],
22	Techo principal	Techo con aislación por con U= [W/m2K] y espesor aislante de [cm]
23	Techo secundario	
24	Ventana principal: Vidrio y Marco	Vidrio DVH con espaciador de 6mm con U= 3,28 [W/m2K] y factor solar de 0,7743
25	Ventana secundaria: Vidrio y Marco	
26	Puerta principal	Puerta Madera Solida con U= 1,91 [W/m2K] y 0 % de vidrio

Imagen N° 28: Planilla CEV

3. Además de ingresar los datos de la envolvente termica se necesita tener en consideracion las dimensiones de la vivienda.

2.- Dimensiones de la vivienda				
	Area [m²]	Altura [m]	Volumen [m3]	
29	Piso 1	149,0	2,5	372,5
30	Piso 2	57,8	2,5	144,5
31	Piso 3+4+..			-
32	Total	206,80		517,00

Imagen N° 29: Planilla CEV

4. Como anteriormente se ingreso la informacion sobre los elementos que componen la envolvente térmica y sus características generales, ahora se procede a ingresar las características específicas de estos elementos, considerando sus areas y orientación, además de su conductividad.

3.- Características térmicas de la envolvente																							
3.1.- Area y coeficiente de transferencia de calor por elemento constructivo																							
<table><tr><th>Muros</th><th>Ángulo Azimut</th><th>Orientación</th><th>Densidad Muro</th><th>Area (m²)</th><th>U [W/m²K]</th></tr></table>							Muros	Ángulo Azimut	Orientación	Densidad Muro	Area (m²)	U [W/m²K]	<table><tr><th colspan="3">Puentes térmicos [m]</th></tr><tr><th>P01</th><th>P02</th><th>P03</th></tr></table>			Puentes térmicos [m]			P01	P02	P03	<table><tr><th>Posición Aislación</th></tr></table>	Posición Aislación
Muros	Ángulo Azimut	Orientación	Densidad Muro	Area (m²)	U [W/m²K]																		
Puentes térmicos [m]																							
P01	P02	P03																					
Posición Aislación																							
33	Muro 1	Albañilería	0° ≤ Az < 22,5°	N	Intermedio	31,8	0,7	2,5		8,0	Exterior												
34	Muro 2	Albañilería	67,5° ≤ Az < 90°	E	Intermedio	10,5	0,7	2,5		8,0	Exterior												
35	Muro 3	Albañilería	157,5° ≤ Az < 180°	S	Intermedio	32,6	0,7	2,5		8,0	Exterior												
36	Muro 4	Albañilería	-90° ≤ Az < -67,5°	O	Intermedio	22,4	0,7	2,5		8,0	Exterior												
37	Muro 5	Albañilería	0° ≤ Az < 22,5°	N	Intermedio	21,1	0,7	2,5		8,0	Exterior												
38	Muro 6	Albañilería	67,5° ≤ Az < 90°	E	Intermedio	16,5	0,7	2,5		8,0	Exterior												
39	Muro 7	Albañilería	157,5° ≤ Az < 180°	S	Intermedio	25,2	0,7	2,5		8,0	Exterior												
40	Muro 8	Albañilería	-90° ≤ Az < -67,5°	O	Intermedio	16,2	0,7	2,5		8,0	Exterior												
41	Muro 9			-																			
42	Muro 10																						

Imagen N° 30: Planilla CEV

5. Para efectos de cálculo se necesita saber la información de las puertas que se encuentren en los muros de la envolvente térmica debido a que se debe descontar del área total del muro.

Tipo Puerta			Azmut	Orientación	Categoría para Infiltraciones	Alto [m]	Ancho [m]	Área vidrio [m2]
						(incluye marco)		
54 Puerta 1	ML	-90° ≤ Az < -67,5°	O	Madera Liviana	2.0	0.8	-	
55 Puerta 2			-				-	
56 Puerta 3			-				-	

Imagen N° 31: Planilla CEV

6. Para efectos de cálculo, también se debe ingresar la información general y específica de las ventanas que se encuentren en los muros de la envolvente térmica. Al igual que las puertas, para efectos de cálculo, es necesario descontar el área de las ventas al área total del muro en el que se encuentre.

	Tipo Ventana	Azimut	Orientación	Elemento envolvente donde se encuentra	Tipo de Cierre de ventana	Posición Ventanal	Aislación Con/Sin retorno	Alto [m] (H)	Ancho [m] (W)	Categoría para PT y Infiltr	Tipo	
	Ventana (incluye marco)									Marco		
57	Ventana 1	DVH con 6mm	0° ≤ Az < 22,5°	N	Albañilería	Proyectant	Exterior	Sin	1,50	2,10	PVC	PVC
58	Ventana 2	DVH con 6mm	0° ≤ Az < 22,5°	N	Albañilería	Proyectant	Exterior	Sin	2,40	2,10	PVC	PVC
59	Ventana 3	DVH con 6mm	90° ≤ Az < 112,5°	E	Albañilería	Corredera	Centrada	Sin	3,10	1,20	PVC	PVC
60	Ventana 4	DVH con 6mm	90° ≤ Az < 112,5°	E	Albañilería	Corredera	Centrada	Sin	4,80	2,10	PVC	PVC
61	Ventana 5	DVH con 6mm	180° ≤ Az < -157,5°	S	Albañilería	Corredera	Centrada	Sin	4,80	2,10	PVC	PVC
62	Ventana 6	DVH con 6mm	180° ≤ Az < -157,5°	S	Albañilería	Corredera	Centrada	Sin	0,75	0,60	PVC	PVC
63	Ventana 7	DVH con 6mm	-90° ≤ Az < -67,5°	O	Albañilería	Corredera	Centrada	Sin	0,75	0,40	PVC	PVC
64	Ventana 8	DVH con 6mm	-90° ≤ Az < -67,5°	O	Albañilería	Corredera	Centrada	Sin	0,75	0,60	PVC	PVC
65	Ventana 9	DVH con 6mm	180° ≤ Az < -157,5°	S	Albañilería	Corredera	Centrada	Sin	0,75	0,60	PVC	PVC
66	Ventana 10	DVH con 6mm	-90° ≤ Az < -67,5°	O	Albañilería	Corredera	Centrada	Sin	1,31	2,30	PVC	PVC
67	Ventana 11	DVH con 6mm	-90° ≤ Az < -67,5°	O	Albañilería	Proyectant	Centrada	Sin	0,60	1,50	PVC	PVC
68	Ventana 12	DVH con 6mm	-90° ≤ Az < -67,5°	O	Albañilería	Proyectant	Centrada	Sin	0,90	1,50	PVC	PVC
69	Ventana 13	DVH con 6mm	0° ≤ Az < 22,5°	N	Albañilería	Corredera	Centrada	Sin	2,30	1,50	PVC	PVC
70	Ventana 14	DVH con 6mm	90° ≤ Az < 112,5°	E	Albañilería	Corredera	Centrada	Sin	0,80	1,50	PVC	PVC
71	Ventana 15	DVH con 6mm	90° ≤ Az < 112,5°	E	Albañilería	Corredera	Centrada	Sin	1,80	1,50	PVC	PVC
72	Ventana 16	DVH con 6mm	-90° ≤ Az < -67,5°	O	Albañilería	Corredera	Centrada	Sin	1,80	1,50	PVC	PVC
73	Ventana 17	DVH con 6mm	180° ≤ Az < -157,5°	S	Albañilería	Corredera	Centrada	Sin	3,45	1,50	PVC	PVC
74	Ventana 18	DVH con 6mm	-90° ≤ Az < -67,5°	O	Albañilería	Corredera	Centrada	Sin	1,60	1,50	PVC	PVC
75	Ventana 19			-								
76	Ventana 20			-								

Imagen N° 32: Planilla CEV

7. Luego se ingresan las características específicas del resto de elementos constructivos que componen la envolvente térmica considerando sus áreas y orientación, además de su conductividad.

		Techos	Densidad Techo	Area (m²)	U [W/m²K]	Camaras de aire	Tipo de cubierta	Posición Aislación
97	Techo 1	Cercha	Madera	57,80	0,27	Ligeramente	Cubierta normal	Exterior
98	Techo 2							
99	Techo 3							
100	Techo 4							
101	Techo 5+..							
		Pisos	Densidad Piso	Area (m²)	U [W/m²K]	Perímetro contacto terreno [m]	Piso ventilado	Posición Aislación
102	Piso 1	Piso Adiabatico	Pesado	149,00	0,00	65,00	No Ventilado	Sin
103	Piso 2							
104	Piso 3							
105	Piso 4+..							

Imagen N° 33: Planilla CEV

8. Resumen

Finalmente, luego de que la información necesaria fue ingresada en la planilla CEV, se procede a que el motor de cálculo realice la evaluación del comportamiento energético de la vivienda. Toda esta información es arrojada en un resumen incluido en la planilla. Para mostrar la información relevante del resumen se presentan las siguientes tablas que indican los porcentajes de ahorro y la demanda energética de la vivienda.

8.1. Resumen vivienda tipo casa.

Se puede observar claramente que, en la propuesta mejorada, el porcentaje de ahorro en demanda de energía es mayor en comparación al caso base. Hay que destacar que en el análisis previo a la ejecución del análisis CEV se redujo la transmitancia térmica de la envolvente.

# Situación evaluada	Estado	Demanda calefacción [kWh/m²año]		Demanda refrigeración [kWh/m²año]	Demanda total [kWh/m²año]
1 Casa mejorada 19-12-08 22-07	OK	14,07		51,18	65,25
2 Casa 19-12-08 22-32	OK	18,70		49,40	68,09
% ahorro calefacción	% ahorro refrigeración	% ahorro demanda	letra	% Tiempo en discomfort frio	% Tiempo en discomfort calor
0,73	-0,01	0,36	D	0,25	0,55
0,64	0,03	0,33	D	0,27	0,53

Tabla N° 17: Resumen CEV casa.

8.2. Resumen Vivienda tipo Departamento

Se puede observar que, en la propuesta mejorada, el porcentaje de ahorro en la demanda de energía es mayor en comparación con el caso base. Hay que destacar que en el análisis previo a la ejecución del análisis CEV, se redujo la transmitancia térmica de la envolvente.

# Situación evaluada	Estado	Demanda calefacción [kWh/m²año]	Demanda refrigeración [kWh/m²año]	Demanda total [kWh/m²año]
1 Depto. Memoria de Título	OK	21,51	39,75	61,26
2 Depto. mejorado Memoria	OK	12,70	43,10	55,79

% ahorro calefacción	% ahorro refrigeración	% ahorro demanda	letra	% Tiempo en discomfort frio	% Tiempo en discomfort calor
0,41	-0,17	0,13	E	0,29	0,53
0,65	-0,27	0,21	D	0,25	0,55

Tabla N° 18: Resumen CEV departamento.

5.4 Análisis del posible aumento del precio de venta.

Para expresar mejor los resultados obtenidos anteriormente, se puede observar que, si se aumenta potencia y/o mejora la envolvente térmica, el ahorro energético generado en la demanda de energía de la vivienda aumenta considerablemente.

Con ese concepto de ahorro se presentan tres escenarios que pretenden generar un incentivo en los inversionistas. La economía es un importante motor para llevar a cabo proyectos sustentables y con estos escenarios se pretende presentar una idea de cómo podemos generar valor y hacer más atractivos estos proyectos.

a) Escenario 1: El valor aumenta tanto como el ahorro.

Para este escenario se propone que el valor del producto aumenta tanto como el ahorro, porque al tener un producto que genere un ahorro para el usuario de este producto, se toma este ahorro como una contraoferta al aumento de valor del producto.

Debido a esto, el análisis se hizo en una vivienda existente para que los casos mejorados representen una vivienda nueva que haya considerado los criterios de envolvente térmica y los benéficos que trae al realizar una correcta ejecución de sus criterios.

Como este producto, vivienda con una mejor envolvente térmica, vendría teniendo un atributo que la vivienda del caso base no tiene, el valor que aumenta por este atributo y se toma como una inversión a un plazo determinado, puesto que la misma vivienda le estaría generando un ahorro a al usuario, y contribuiría con objetivos globales de realizar construcciones inteligentes y que aporten al planeta.

b) Escenario 2: El producto se torna más competitivo

Para este escenario se propone que el producto que genera un ahorro sea competitivo ante el mejor precio de mercado posible dentro de los proyectos similares. Como se muestra en las imágenes N° 24 y N° 27, los proyectos tienen varios proyectos aledaños, por lo que, si hace un levantamiento de precios y se escoge el más caro, el producto que genera un ahorro se hace competitivo debido a que este atributo a pesar de que aumenta el precio de la vivienda se traduce a una inversión debido a que con el ahorro en un plazo determinado la inversión se recuperaría.

Es más, estudios revelan que, si se compara proyectos que propongan una horro mediante su eficiencia energética, ante proyecto convencionales. Los precios de los proyectos sustentables se mueven entre un 0 % a un 30%

- c) Escenario 3: Que el mercado se comporte como los países desarrollados (como dice en el libro que te pase sobre negocios inmobiliarios sustentables)

Para este escenario se propone que el valor del producto en el mercado se comporte como los países desarrollados, que ya han implementado este tipo de construcciones y han visto que los beneficios son considerablemente provechosos para la comunidad. Por lo que han estandarizado el valor de este tipo de construcciones haciendo que el mercado inmobiliario se regule, generando un precio estándar que sea asequible para la comunidad y así no recorte la cantidad de interesados por el elevado precio al que este producto puede llegar.

SOLO USO ACADÉMICO

5.5 Flujo de caja

Con los datos de capítulo anterior se puede armar un flujo, donde los ingresos son el aumento del valor de venta, los flujos de caja se presentan para los dos primeros casos propuestos.

❖ Se considera egreso al costo de la mejora, que es constante.

Flujo de caja vivienda tipo casa caso A						
Año	0	1	2	3	4	5
Ingresos	\$ -	\$ 58.788	\$ 58.788	\$ 58.788	\$ 58.788	\$ 58.788
Egresos	\$ 74.786					
Flujo de caja	\$ -74.786	\$ 58.788	\$ 58.788	\$ 58.788	\$ 58.788	\$ 58.788
\$148.066,77	VAN					
74%	TIR					
Tasa	10%					
Costo Casa sin mejora	\$ 251.482					
Costo casa con mejora	\$ 326.268					
Inversion	\$ 74.786					
Ingresos (ahorro)						
2,84kwh/m2 año						
207m2						
\$100 kwh						
\$	58.788					

Tabla N° 19: Flujo de caja, casa, caso A.

Flujo de caja vivienda tipo departamento caso A						
Año	0	1	2	3	4	5
Ingresos	\$ -	\$ 74.939	\$ 74.939	\$ 74.939	\$ 74.939	\$ 74.939
Egresos	\$ 46.563					
Flujo de caja	\$ -46.563	\$ 74.939	\$ 74.939	\$ 74.939	\$ 74.939	\$ 74.939
\$237.515	VAN					
160%	TIR					
Tasa	10%					
Costo Depto sin mejora	\$ 166.364					
Costo Depto con mejora	\$ 212.927					
Inversion	\$ 46.563					
Ingresos (ahorro)						
5,47 kwh/m2 año						
137m2						
\$100 kwh						
\$	74.939					

Tabla N° 20: Flujo de caja, departamento, caso A.

Flujo de caja vivienda tipo casa caso B				
Año	0	1		
Ingresos		\$ 41.161.120		
Egresos	\$ 74.786			
Flujo de caja	\$ -74.786	\$ 41.161.120	\$ -	\$ -
\$37.344.414	VAN			
54939%	TIR			
Tasa	10%			
Precio Venta Casa base	UF 14960	\$ 399.850.880		
Precio Venta Casa LEED o mejorada	UF 16500	\$ 441.012.000		
Valor UF	\$ 26.728			
Sobre precio	\$ 41.161.120			

Tabla N°21: Flujo de caja, casa, caso B.

Flujo de caja vivienda tipo departamento caso B				
Año	0	1		
Ingresos		\$ 68.102.944		
Egresos	\$ 46.563			
Flujo de caja	\$ -46.563	\$ 68.102.944	\$ -	\$ -
\$61.865.204	VAN			
146160%	TIR			
Tasa	10%			
Costo Departamento Mercado	UF 22452	\$ 600.097.056		
recio Venta depto LEED o mejora	UF 25000	\$ 668.200.000		
Valor UF	\$ 26.728			
Sobre precio	\$ 68.102.944			

Tabla N° 22: Flujo de caja, departamento, caso B.

6. CONCLUSIONES

1.- Haciendo uso de un análisis de viviendas ya construidas y una propuesta que mejore su envolvente térmica, se puede concluir una mayor ganancia en ahorro energético y, por ende, monetario. También, se demuestra que, teniendo un correcto análisis de la envolvente térmica y sus criterios, se puede crear un producto que aporte al usuario y la comunidad. Este producto se une a los objetivos contemporáneos de proponer soluciones que aporten al medio ambiente.

Es más, dentro de la memoria se menciona que este trabajo tiene una mirada crítica al pasado y presente para la construcción de futuras viviendas que estipulen un objetivo mayor a la necesidad de su construcción. Los beneficios de tener una buena envolvente térmica generarán un incentivo a inversionistas que pretendan entrar en el negocio de las construcciones sustentables. Esto, pues a que a pesar de que los costos de venta sean elevados, el ahorro transforma ese valor a una inversión en un plazo determinado.

2.- Se demuestra que las construcciones sustentables no necesariamente son más costosas en términos del valor del diseño y construcción, especialmente si para una vivienda nueva que considere desde un comienzo integrar al proceso de desarrollo las estrategias ambientales.

3.- El ahorro obtenido se traduce en que los costos de operación de la vivienda se verán afectados de manera positiva debido a que ésta no necesitará de una gran demanda energética, lo que reduce su consumo. El ahorro supera los costos adicionales haciendo que la inversión se recupere en un determinado tiempo.

4.- Además de los beneficios económicos, se estaría logrando una vivienda que considera la continua evolución en las necesidades de los usuarios. Estas necesidades potencian la conciencia ecológica en el mercado, ya que se estaría entregando una vivienda que contemple una temperatura de confort óptima, lo que hace que la salud y satisfacción del usuario se vean comprometidas.

5.- El impacto ambiental que provoca la construcción sustentable, hace que los inversionistas y al mismo tiempo los usuarios se interesen del beneficio social y económico que implica. Todo esto, aumentaría las posibilidades de comercializar este tipo de construcciones, debido a que las personas que comparten estas metas hagan rentable la demanda de este tipo de construcciones impulsando precios, arriendos y ventas.

6.- Este análisis tiene una visión hacia un futuro próximo, en el cual buscamos contribuir a los problemas climáticos que la humanidad ha ido enfrentando. Es por esto, que participando activamente en la información, capacitación de nuestro rubro en toda medida que aporte a un beneficio colectivo y al planeta, es de extrema urgencia. De este trabajo, se destaca el incentivo de invertir en proyectos que pretendan entregar un beneficio a la sustentabilidad y la seguridad del consumo energético. Esta demostración de los beneficios y la viabilidad que tiene este tipo de construcciones está en sintonía con las metas de una construcción sustentable.

7. BIBLIOGRAFÍA

(ACHEE), A. C. (2013). *Manual de uso: Mi vivienda reacondicionada*. Región de Magallanes y Antártica Chilena.

Camara Chilena de la Construcción, C. d. (2010). *INFORME FINAL Y RESUMEN EJECUTIVO*. Santiago, Chile: Camara Chilena de la Construcción.

Chile, M. d. (2019). *Vol. 2 Manual de Procedimientos Calificación Energética de Viviendas en Chile*. Santiago.

Corporacion de desarrollo tecnologico, C. c. (2013). *Manual de reacondicionamiento termico*.

council, w. g. (2018). *THE BUSINESS CASE FOR GREEN BUILDING-ESPAÑOL*.

González Isla, C. (18 de Abril de 2017). 30 mil viviendas del país han obtenido sello que acredita su nivel de eficiencia energética. *La tercera*, pág. 1. Obtenido de <https://www.latercera.com/noticia/30-mil-viviendas-del-pais-obtenido-sello-acredita-nivel-eficiencia-energetica/>

Isla, C. G. (18 de Abril de 2017). 30 mil viviendas del país han obtenido sello que acredita su nivel de eficiencia energética. *La Tercera*.

MINVU. (2006). *MANUAL DE APLICACION REGLAMENTACION TERMICA*. Santiago, Chile: Edicolor.

Tecnológico, C. d., & Construcción., C. C. (2015). *MANUAL ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO CRITERIOS DE INTERVENCIÓN*. Santiago, Chile.

REFERENCIAS

- (1) González Isla, C. (18 de Abril de 2017). 30 mil viviendas del país han obtenido sello que acredita su nivel de eficiencia energética. *La tercera*, pág. 1. Obtenido de <https://www.latercera.com/noticia/30-mil-viviendas-del-pais-obtenido-sello-acredita-nivel-eficiencia-energetica/>
- (2) Tecnológico, C. d., & Construcción., C. C. (2015). *MANUAL ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO CRITERIOS DE INTERVENCIÓN*. Santiago, Chile.
- (3) Tecnológico, C. d., & Construcción., C. C. (2015). *MANUAL ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO CRITERIOS DE INTERVENCIÓN*. Santiago, Chile.
- (4) Tecnológico, C. d., & Construcción., C. C. (2015). *MANUAL ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO CRITERIOS DE INTERVENCIÓN*. Santiago, Chile.
- (5) Tecnológico, C. d., & Construcción., C. C. (2015). *MANUAL ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO CRITERIOS DE INTERVENCIÓN*. Santiago, Chile.
- (6) Tecnológico, C. d., & Construcción., C. C. (2015). *MANUAL ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO CRITERIOS DE INTERVENCIÓN*. Santiago, Chile.
- (7) Tecnológico, C. d., & Construcción., C. C. (2015). *MANUAL ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO CRITERIOS DE INTERVENCIÓN*. Santiago, Chile.
- (8) Tecnológico, C. d., & Construcción., C. C. (2015). *MANUAL ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO CRITERIOS DE INTERVENCIÓN*. Santiago, Chile.
- (9) Tecnológico, C. d., & Construcción., C. C. (2015). *MANUAL ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO CRITERIOS DE INTERVENCIÓN*. Santiago, Chile.
- (10) González Isla, C. (18 de Abril de 2017). 30 mil viviendas del país han obtenido sello que acredita su nivel de eficiencia energética. *La tercera*, pág. 1. Obtenido de <https://www.latercera.com/noticia/30-mil-viviendas-del-pais-obtenido-sello-acredita-nivel-eficiencia-energetica/>

ANEXOS

Anexo A

Tabla A.1 - Conductividad térmica de materiales

Material	Densidad aparente kg/m ³	Conductividad térmica, λ W/(m x K)
Agua líquida a 0°C	1 000	0,59
Agua líquida a 94°C	1 000	0,69
Aire quieto a 0°C	0,0012	0,024
Aire quieto a 100°C	-	0,031
Adobe	1 100 - 1 800	0,90
Aluminio	2 700	210
Arcilla	2 100	0,93
Arcilla expandida	300	0,09
Arcilla expandida	450	0,11
Arena	1 500	0,58
Aserrín de madera	190	0,06
Asfaltos	1 700	0,7
Azulejos	-	1,05
Baldosas cerámicas	-	1,75
Betún	1 050	0,16
Bronce	8 500	64
Cascote de ladrillo	1 300	0,41
Capotillo de arroz	117	0,06
Cebada	470	0,07
Cobre	8 930	380
Escorias	800	0,25
	1 000	0,29
	1 200	0,34
	1 400	0,41
Enlucido de yeso	800	0,35
	1 000	0,44
	1 200	0,56
Enlucido de yeso con perlita	570	0,18
Fibro-cemento	920	0,22
	1 000	0,23
	1 135	0,23
Fundición y acero	7 850	58
Grava rodada o de machaqueo	1 700	0,81
Hormigón armado (normal)	2 400	1,63
Hormigón con áridos ligeros	1 000	0,33

Tabla A.1 - Conductividad térmica de materiales

Materia I	Densidad aparente kg/m ³	Conductividad térmica, λ W/(m x K)
Hormigón con áridos ligeros	1 400	0,55
Hormigón celular con áridos silíceos	600	0,34
Hormigón celular con áridos silíceos	1 000	0,67
Hormigón celular con áridos silíceos	1 400	1,09
Hormigón celular sin áridos	305	0,09
Hormigón en masa con grava normal:		
- con áridos ligeros	1 600	0,73
- con áridos ordinarios, sin vibrar	2 000	1,16
- con áridos ordinarios, vibrados	2 400	1,63
Hormigón en masa con arcilla expandida	500	0,12
Hormigón en masa con arcilla expandida	1 500	0,55
Hormigón con cenizas	1 000	0,41
Hormigón con escorias de altos hornos	600	0,17
	800	0,22
	1 000	0,30
Hormigón normal, con áridos silíceos	600	0,34
	800	0,49
	1 000	0,67
Hormigón de viruta de madera	450 - 650	0,26
Hormigón de fibras de madera	300 - 400	0,12
	400 - 500	0,14
	500 - 600	0,16
Hormigón liviano a base de cascarilla de arroz	570	0,128
	780	0,186
	850	0,209
	1 200	0,326
Hormigón liviano a base de poliestireno expandido	260	0,088
	320	0,105
	430	0,134
	640	0,214
	840	0,269
	1 100	0,387
Ladrillo macizo hecho a máquina	1 000	0,46
	1 200	0,52
	1 400	0,60
	1 800	0,79
	2 000	1,0

Tabla A.1 - Conductividad térmica de materiales

Material	Densidad aparente	Conductividad térmica, λ
	kg/m ³	W/(m x K)
Ladrillo hecho a mano	-	0,5
Láminas bituminosas	1 100	0,19
Lana de amianto	100	0,061
	200	0,063
	400	0,12
Lana mineral, colchoneta libre	40	0,042
	50	0,041
	70	0,038
	90	0,037
	110	0,040
	120	0,042
Lana mineral granulada	20	0,069
	30	0,060
	40	0,055
	60	0,048
	80	0,044
	100	0,041
	120	0,042
	140	0,042
Linóleo	1 200	0,19
Maderas		
- álamo	380	0,091
- alerce	560	0,134
- coigüe	670	0,145
- lingue	640	0,136
- pino insigne	410	0,104
- raulí	580	0,121
- roble	800	0,157
Maderas, tableros aglomerados de partículas	400	0,095
	420	0,094
	460	0,098
	560	0,102
	600	0,103
	620	0,105
	650	0,106
Maderas, tableros de fibra	850	0,23
	930	0,26
	1 030	0,28
Mármol	2 500 - 2 850	2,0 - 3,5

Tabla A.1 – Conductividad térmica de materiales (

Material	Densidad aparente kg/m ³	Conductividad térmica, λ W/(m x K)
Moquetas, alfombras	1 000	0,05
Morteros de cal y bastardos	1 600	0,87
Mortero de cemento	2 000	1,40
Papel	1 000	0,13
Perlita expandida	90	0,050
Plancha de corcho	100	0,040
	200	0,047
	300	0,058
	400	0,066
	500	0,074
Plomo	11 300	35
Poliestireno expandido	10	0,0430
	15	0,0413
	20	0,0384
	30	0,0361
Poliuretano expandido	25	0,0272
	30	0,0262
	40	0,0250
	45	0,0245
	60	0,0254
	70	0,0274
Productos minerales en polvo (kieselgur, polvo mineral)	200	0,08
	400	0,12
	600	0,16
	800	0,21
	1 000	0,27
	1 200	0,34
	1 400	0,40
Rocas compactadas	2 500 – 3 000	3,50
Rocas porosas	1 700 – 2 500	2,33
Vermiculita en partículas	99	0,047
Vermiculita expandida	100	0,070
Vidrio plano	2 500	1,2
Yeso-cartón	650	0,24
	700	0,26
	870	0,31

Anexo B

Tabla C.1 - Resistencia térmica por unidad de superficie de cámaras de aire no ventiladas - Cámaras de aire verticales, flujo térmico horizontal

Espesor de la cámara, mm	Emisividad total, E			
	0,82	0,20	0,11	0,05
	Resistencia térmica, R_g , m ² x K/W			
5	0,105	0,17	0,20	0,20
10	0,140	0,28	0,32	0,38
15	0,155	0,35	0,43	0,51
20	0,165	0,37	0,46	0,55
25	0,165	0,37	0,46	0,55
30	0,165	0,37	0,46	0,55
35	0,165	0,37	0,46	0,55
e ≥ 40	0,165	0,37	0,46	0,55

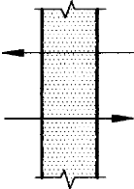
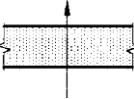
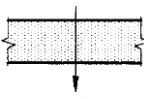
Tabla C.2 - Resistencia térmica por unidad de superficie de cámaras de aire no ventiladas - Cámaras de aire horizontales, flujo térmico ascendente

Espesor de la cámara, mm	Emisividad total, E			
	0,82	0,20	0,11	0,05
	Resistencia térmica, R_g , m ² x K/W			
5	0,10	0,16	0,17	0,19
10	0,13	0,23	0,26	0,29
15	0,13	0,25	0,29	0,32
20	0,14	0,25	0,29	0,33
30	0,14	0,26	0,31	0,35
40	0,14	0,27	0,32	0,36
50	0,14	0,28	0,33	0,37
60	0,14	0,28	0,34	0,38
70	0,14	0,29	0,34	0,39
80	0,15	0,30	0,35	0,40
90	0,15	0,30	0,35	0,40
e ≥ 100	0,15	0,30	0,35	0,40

Tabla C.3 - Resistencia térmica por unidad de superficie de cámaras de aire no ventiladas - Cámaras de aire horizontales, flujo térmico descendente

Espesor de la cámara, mm	Emisividad total, E			
	0,82	0,20	0,11	0,05
	Resistencia térmica, R_g , m ² x K/W			
5	0,09	0,16	0,20	0,20
10	0,14	0,29	0,34	0,37
15	0,16	0,36	0,45	0,52
20	0,17	0,42	0,55	0,65
25	0,17	0,47	0,63	0,76
30	0,175	0,51	0,68	0,87
40	0,185	0,57	0,77	1,03
50	0,19	0,60	0,84	1,15
60	0,19	0,61	0,89	1,25
70	0,19	0,62	0,94	1,33
80	0,20	0,63	1,00	1,46
90	0,20	0,63	1,00	1,46
e ≥ 100	0,20	0,63	1,00	1,46

Anexo C

Resistencias térmicas de superficie en m ² x K/W							
Posición del elemento y sentido del flujo de calor		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° 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° 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° respecto a la horizontal		0,17	0,05	0,22	0,17	0,17	0,34

NOTAS

- Estos valores se han obtenido experimentalmente por el método de NCh851.
- Los valores de esta tabla corresponden a velocidades del viento en el exterior menores que 10 km/h. Para velocidades superiores se debe considerar $R_{se} = 0$.
- 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.
- 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.