



UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA MECÁNICA



**EFFECTO DE LA HERMETICIDAD DE UNA VIVIENDA EN EL CONSUMO
DE ENERGÍA EN CALEFACCIÓN Y AIRE ACONDICIONADO**

POR

Sebastián Andrés Vásquez Peña

Memoria de Título presentada a la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Concepción para
optar al título profesional de Ingeniero Civil Aeroespacial

Profesor Guía:

Adelqui Andrés Fissore Schiappacasse

Julio 2023
Concepción (Chile)

© 2021 Sebastián Andrés Vásquez Peña

© 2021 Sebastián Andrés Vásquez Peña

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o
procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento

Agradecimientos

En primer lugar, agradecer a mis padres, quienes fueron los primeros en enseñarme los valores iniciales, como el respeto, el agradecimiento, y el trato humanitario con las personas, pero fundamentalmente, agradecer a la Universidad de Concepción y su cuerpo docente, ya que fueron ellos quienes me introdujeron a los pensadores que más respeto y admiro, como al señor Isaac Newton, Rene Descartes, Carl Friedrich Gauss, entre otros. También agradecer al continuo aporte cultural realizado por la Universidad de Concepción que me han hecho conocer los aportes de grandes músicos como Ludwig van Beethoven, Johann Sebastian Bach, etc. Fueron estas personas quienes realmente me han ayudado a crecer y a madurar, enseñándome el camino de la verdad, aquel que conduce al cese del sufrimiento. Muchas gracias

Resumen

Chile, dentro de los países de la OCDE, es el país que más explota sus recursos naturales, uno de estos recursos explotados es la leña, cuya combustión provoca presiones sobre el medio ambiente, especialmente en la calidad del aire de la zona centro-sur del país, esto forzó a Chile a crear planes de descontaminación ambiental. Estos planes rigen hoy en día varias comunas con problemas ambientales, estos dictan, en otros mandatos, normas constructivas para generar aislación y **hermeticidad**, lo cual produce mejoras en la **demanda de calefacción**, lo cual conlleva a lograr disminuir el consumo, produciendo así, una disminución del impacto ambiental del sector residencial sobre la calidad del aire. En el presente informe se evaluará la **demanda de calefacción** en función de las infiltraciones y la **estrategia de ventilación** a tres tipos de vivienda en tres comunas distintas. Esto gracias a la herramienta de cálculo otorgada por la CEV, con la cual, además, se incorporarán los efectos que posee el **recuperador de calor**. Finalmente, se recomendarán niveles óptimos de **hermeticidad** de manera de minimizar la **demanda de calefacción** y también se demostrará que algunas normas de los PDA, como el nivel de **hermeticidad** exigidos en algunas comunas, no son necesariamente los mejores niveles que requiere una vivienda.

Palabras clave: hermeticidad, demanda de calefacción, demanda de enfriamiento, estrategia de ventilación, recuperadores de calor.

Tabla de Contenidos

Tabla de Contenidos	ii
Lista de Tablas	iii
Lista de Figuras	iv
Glosario	vi
1 CAPÍTULO 1: Introducción.....	7
1.1 Contexto.....	7
1.2 Objetivos.....	4
1.3 Metodología.....	4
2 CAPÍTULO 2: Metodología.....	5
2.1 Actores de la CEV	6
2.2 Variables de la CEV	9
2.3 Ventilación en viviendas	26
2.4 Tipos de ventilación.....	28
2.5 Técnicas de ventilación	32
3 CAPÍTULO 3: Resultados y discusión	34
3.1 Resultados casa aislada.....	34
3.2 Resultados Departamentos	44
3.3 Resultados en casa pareada.....	51
3.4 Discusión de resultados	¡Error! Marcador no definido.
CAPÍTULO 4: Conclusiones	58
Referencias	60
Anexo A: Tablas de valores de la CEV.....	61

Lista de Tablas

Tabla 1 Caracterización de viviendas para el estudio.	12
Tabla 2 Transmitancias térmicas de muros de las viviendas para el estudio	16
Tabla 3 Transmitancias térmicas máximas según PDA por comuna. Fuente [11] [12] [13].	16
Tabla 4 Transmitancias térmicas de la techumbre de viviendas de estudio.....	20
Tabla 5 Transmitancias térmicas de pisos para viviendas de estudio.	24

Lista de Figuras

Figura 1.1 Tendencia del PIB entre Chile y el promedio OCDE.....	7
Figura 1.2 Consumo de materiales domésticos 2014.....	2
Figura 2.1 Niveles de eficiencia energética CEV	6
Figura 2.2 Casa aislada, extraído de página de inmobiliaria local.....	10
Figura 2.3 Vista en planta de pisos 1 y 2.	10
Figura 2.4 Vista en planta. Fuente [8].....	11
Figura 2.5 Vista en planta casa pareada, Altos de Rahue, Osorno.....	12
Figura 2.6 Solución constructiva para muro de casa aislada y pareada en comuna Concepción. Fuente [8].	13
Figura 2.7 Detalle constructivo de la solución constructiva para muros Temuco. Fuente [9].....	14
Figura 2.8 Solución constructiva para muros Osorno. Fuente [10].	15
Figura 2.9 Especificaciones del detalle de la figura 2.8.....	15
Figura 2.10 Opciones de puertas estándares otorgadas por la CEV.....	17
Figura 2.11 Opciones de ventanas estándares otorgadas por la CEV.	17
Figura 2.12 Solución constructiva para techo Concepción. Fuente [14].	18
Figura 2.13 Detalle de solución constructiva para techos Temuco. Fuente [15].	19
Figura 2.14 Solución constructiva para techo Osorno. Fuente [16].....	20
Figura 2.15 Solución constructiva para piso ventilado según PDA Concepción. Fuente [17].	21
Figura 2.16 Detalle de solución constructiva para piso ventilado PDA Temuco. Fuente [18].	22
Figura 2.17 Detalle solución constructiva para piso ventilado PDA Osorno. Fuente [19].	23
Figura 2.18 Especificaciones del detalle de solución constructiva PDA Osorno. Fuente [19].....	23
Figura 2.19 Menú de infiltraciones planilla de cálculo CEV.....	25
Figura 2.20 Opciones de ventilación de planilla de cálculo de la CEV.	26
Figura 2.21 Entradas y salidas de aire en una vivienda.	27
Figura 2.22 Rejilla de admisión de aire y aireador de ventana.	29
Figura 2.23 Altura mínima de instalación de rejilla de admisión.	29
Figura 2.24 Rejilla en puerta, ejemplo de abertura de paso.	30
Figura 2.25 Componentes de conducto Shunt.....	31
Figura 2.26 Funcionamiento de un sistema de simple flujo.....	32
Figura 2.27 Ventilación de doble flujo y recuperador de calor.....	33
Figura 3.1 Resultados de hermeticidad en casa aislada Concepción sin ventilación controlada.	34
Figura 3.2 Resultados de hermeticidad en casa aislada Osorno sin ventilación controlada.	35
Figura 3.3 Resultados de hermeticidad en casa aislada Temuco sin ventilación controlada.	35
Figura 3.4 Resultados de hermeticidad en casa aislada Concepción con ventilación controlada.	36
Figura 3.5 Resultados de hermeticidad en casa aislada Osorno con ventilación controlada.	37
Figura 3.6 Resultados de hermeticidad en casa aislada Temuco con ventilación controlada.	37
Figura 3.7 Resultados comparativos en consumo de calefacción de casa aislada Concepción.	38
Figura 3.8 Resultados comparativos en consumo de enfriamiento en casa aislada Concepción.	39
Figura 3.9 Resultados comparativos en consumo de calefacción en casa aislada Osorno.....	39

Figura 3.10 Resultados comparativos en consumo de enfriamiento en casa aislada Osorno.	40
Figura 3.11 Resultados comparativos en consumo de calefacción en casa aislada Osorno.....	40
Figura 3.12 Resultados comparativos en consumo de enfriamiento en casa aislada Osorno.	41
Figura 3.13 Resultados de hermeticidad en departamento Concepción sin ventilación controlada. .	44
Figura 3.14 Resultados de hermeticidad en departamento Osorno sin ventilación controlada.....	45
Figura 3.15 Resultados de hermeticidad en departamento Temuco sin ventilación controlada.	45
Figura 3.16 Resultados de hermeticidad en departamento Concepción con ventilación controlada. 46	
Figura 3.17 Resultados de hermeticidad en departamento Osorno con ventilación controlada.	46
Figura 3.18 Resultados de hermeticidad en departamento Temuco con ventilación controlada.	47
Figura 3.19 Resultados comparativos en consumo de calefacción en departamento Concepción. ...	47
Figura 3.20 Resultados comparativos en consumo de enfriamiento en departamento Concepción. .	48
Figura 3.21 Resultados comparativos en consumo de calefacción en departamento Osorno.....	48
Figura 3.22 Resultados comparativos en consumo de enfriamiento en departamento Osorno.....	49
Figura 3.23 Resultados comparativos en consumo de calefacción en departamento Temuco.	49
Figura 3.24 Resultados comparativos en consumo de enfriamiento en departamento Temuco.	50
Figura 3.25 Resultados de hermeticidad en casa pareada Concepción sin ventilación controlada. ...	51
Figura 3.26 Resultados de hermeticidad en casa pareada Osorno sin ventilación controlada.	51
Figura 3.27 Resultados de hermeticidad en casa pareada Temuco sin ventilación controlada.....	52
Figura 3.28 Resultados de hermeticidad en casa pareada Concepción con ventilación controlada... 53	
Figura 3.29 Resultados de hermeticidad en casa pareada Osorno con ventilación controlada.	53
Figura 3.30 Resultados de hermeticidad en casa pareada Temuco con ventilación controlada.....	54
Figura 3.31 Resultados comparativos en consumo de calefacción en casa pareada Concepción.	55
Figura 3.32 Resultados comparativos en consumo de enfriamiento en casa pareada Concepción. ...	55
Figura 3.33 Resultados comparativos en consumo de calefacción en casa pareada Osorno.	56
Figura 3.34 Resultados comparativos en consumo de enfriamiento en casa pareada Osorno.	56
Figura 3.35 Resultados comparativos en consumo de calefacción en casa pareada Temuco.	57
Figura 3.36 Resultados comparativos en consumo de enfriamiento en casa pareada Temuco.....	57

Glosario

CEV	:	Certificación Energética de Viviendas
CO ₂	:	Dióxido de carbono
EC	:	Energía de Calefacción
EE	:	Energía de Enfriamiento
MP _{2,5}	:	Material Particulado Fino
MP ₁₀	:	Material Particulado Grueso
MINVU	:	Ministerio de Vivienda y Urbanismo
NCh	:	Norma Chilena
OCDE	:	Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico
OGUC	:	Ordenanza General de Urbanismo y Construcción
OMS	:	Organización Mundial de la Salud
PDA	:	Plan de Descontaminación Ambiental
PIB	:	Producto Interno Bruto
UF	:	Unidad de Fomento

Letras griegas

Δ	:	Diferencia
----------	---	------------

Unidades

kWh/año	:	Consumo de energía por año
Pa	:	Pascal

Nomenclatura

t	:	Temperatura en °C
T	:	Temperatura en Kelvin grado
V	:	Velocidad media del viento
RAH	:	Renovaciones de aire por hora

CAPÍTULO 1: Introducción

1.1 Contexto

Chile ha experimentado un alza sostenida de su producto interno bruto a lo largo de los años, incluso, hasta el 2014, Chile tuvo un crecimiento mayor que el promedio de los países de la OCDE [1], tal como se muestra en la Figura 1.1. Con ello, Chile ha mejorado el bienestar de la población y ha reducido la pobreza. Dentro de los países de la OCDE, Chile es el país que más explota sus recursos naturales [1], visible en la Figura 1.2, donde en la figura, “domestic material consumption” se define como la cantidad anual de materias primas extraídas de territorio nacional. Esto se refleja en las considerables actividades mineras y el uso de madera. Estas actividades provocan presiones sobre el medioambiente, como una notable contaminación en el aire, sequías, pérdida de bosque nativo, pérdida de biodiversidad, contaminación de aguas y suelos, y peor aún, el cambio climático podría agravar estas presiones.

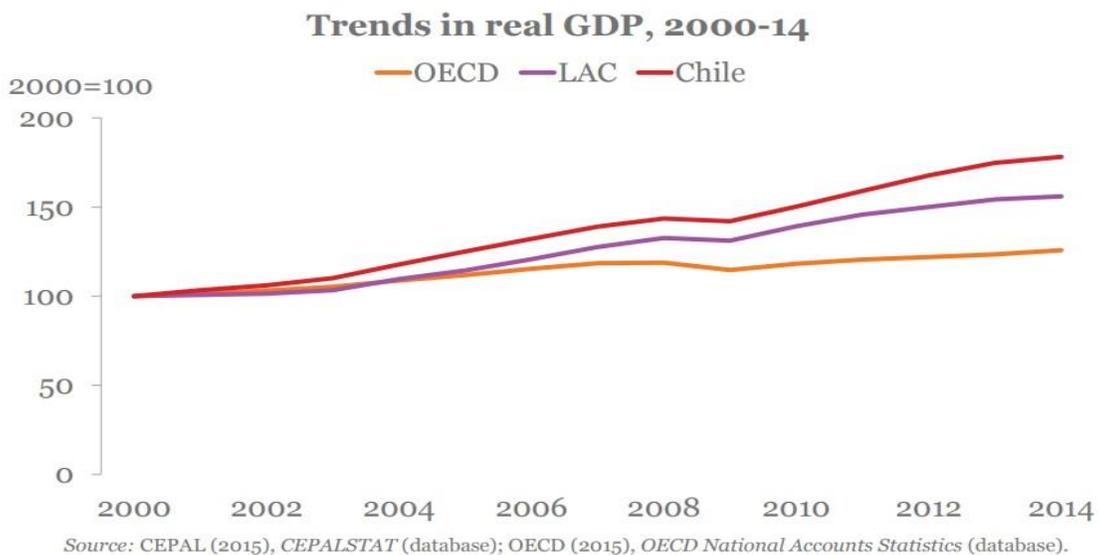
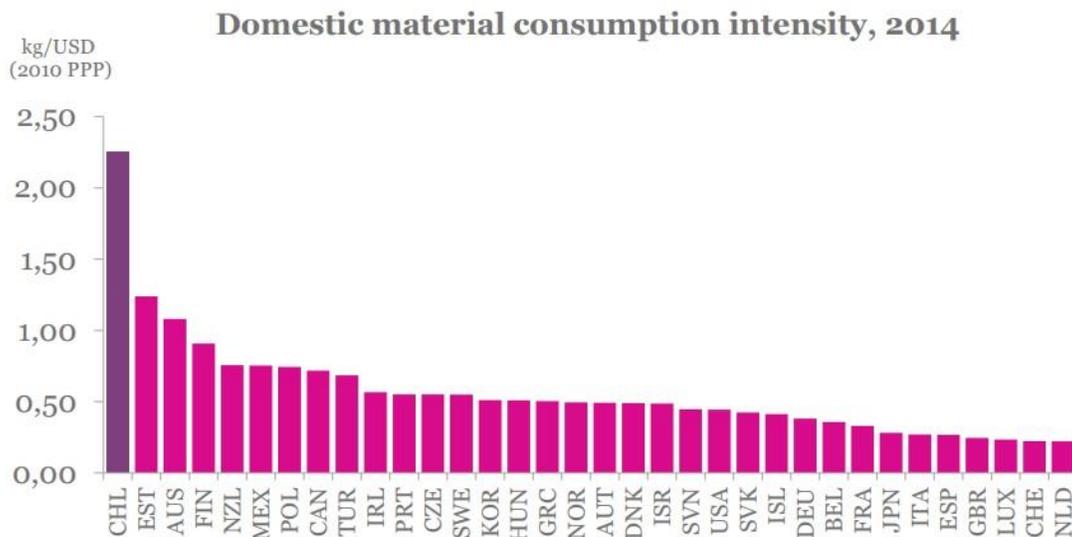


Figura 1.1 Tendencia del PIB entre Chile y el promedio OCDE.



Source: EUROSTAT (2015), *Material flows and resource productivity (database)*;
OECD (2015), *"Material resources", OECD Environment Statistics (database)*.

Figura 1.2 Consumo de materiales domésticos 2014.

En la zona centro-sur de nuestro país, el principal contaminante del aire es el material particulado fino (MP2,5), que forma parte de material particulado grueso (MP10). Esta contaminación afecta a la mayor parte de la población de la zona, se estima que el año 2018, cerca de 10 millones de personas estuvieron expuestos a concentraciones de MP2,5 mayores a lo establecido por la norma chilena (50µg/m³) [2] y aún más lejos de lo recomendado por la OMS (25µg/m³). Estos niveles de contaminación tienen múltiples impactos, destacándose el efecto nocivo sobre la salud de las personas. La *Lancet Commission on pollution and Health* declara que la contaminación del aire representa la causal medioambiental más importante de enfermedades y muertes prematuras en el mundo [4]. En Chile, si tomamos como referencia el año 2016 y considerando 180 comunas de país que pertenecen a la zona centro-sur de país, la población urbana de la zona total fue de 12.656.855 personas. En ese año murieron 69.347 personas por causas naturales, excluyendo las causadas por accidentes o crímenes [3], por lo que la tasa de mortalidad fue de 5,5 por cada 1.000 habitantes. De las muertes por causas naturales, se estima que en promedio podrían evitarse cerca de 1.811 personas si se cumplieran el límite de concentración de MP2,5 (50µg/m³) [2]. En cuanto a morbilidad, si se cumpliera con la norma chilena se evitarían 1.069 admisiones hospitalarias por causas respiratorias [2].

Dado este escenario, Santiago, en medio de una crisis ambiental por los altísimos niveles de material particulado, se ve forzado a crear el Programa de Descontaminación Ambiental del Área Metropolitana de Santiago. Con la entrada en vigencia de la Ley "Bases Generales del Medio Ambiente (Ley N°19.300) se crea la CONAMA (Comisión Nacional del Medio Ambiente) y con ello, la elaboración de los Planes de Prevención y Descontaminación Atmosférica. Los planes de prevención y descontaminación atmosférica son instrumentos de gestión ambiental, que, a través de la definición e implementación de medidas y acciones específicas, tiene por finalidad reducir los

niveles de contaminación en el aire, con el objetivo de resguardar la salud de las personas, y más al largo plazo, los planes de descontaminación atmosférica (PDA), tienen por finalidad recuperar los niveles señalados en las normas ambientales de calidad de aire en una zona saturada. Las medidas incorporadas en el plan de descontaminación han ayudado a reducir los altos niveles de contaminación durante la última década, permitiendo disminuir la intensidad y duración de los episodios críticos ambientales en el tiempo. Gracias a estos planes, se ha logrado mejorar la calidad del aire mediante la aplicación de una serie de medidas tendientes a la disminución de las emisiones en los sectores del transporte, industria, combustibles, compuestos orgánicos volátiles y calefacción residencial, entre otros. Algunas de estas medidas se contemplan para el sector residencial son, el plan de recambio de calefactores, el cual permite cambiar calefactores en base a leña, a calefactores en base a pellet y otros. Además del subsidio de acondicionamiento térmico de viviendas, el cual ofrece hasta 140 UF (puede variar) para financiar aislación térmica de muros, techumbre y piso ventilado; control de infiltraciones mediante sellos de puertas y ventanas; control de condensación para prevenir la presencia de hongos; ventilación controlada; cambio de techumbres, entre otros.

En el año 2012, se creó un instrumento diseñado por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU), el cual permite caracterizar la eficiencia energética de una vivienda, este instrumento es la Calificación Energética de Viviendas (CEV). Este instrumento es de uso voluntario y permite clasificar y evaluar objetivamente proyectos de vivienda, respecto de sus requerimientos de energía para la calefacción, enfriamiento, agua caliente sanitaria e iluminación. Para realizar esta evaluación se consideran aspectos como transmitancia térmica de la envolvente (techos, muros exteriores, pisos, ventanas y puertas), inercia térmica, orientación de la vivienda, puentes térmicos de la envolvente, nivel de infiltraciones y tipo de ventilación. Todos estos elementos son evaluados y comparados con una vivienda de referencia que cumple con estándar mínimo establecido por la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (OGUC).

El presente informe se centra en la hermeticidad de las viviendas y su rol en la eficiencia energética, centrados en las infiltraciones de la envolvente y el tipo de ventilación, dado que los requerimientos de hermeticidad en viviendas en sectores con alto nivel de contaminación han ido aumentando. Pero desde un punto de vista higiénico, se requiere una ventilación mínima, la cual afecta la demanda de energía en calefacción, provocando un efecto contrario al deseado. Existen distintas opciones de ventilación para lograr el mínimo convenido, pero estas no son exigidas en las normas. Esto podría traer como consecuencia que una casa cuya hermeticidad es alta, no logre obtener una eficiencia energética si no se usan recuperadores de calor. El presente informe evalúa este problema en base al procedimiento de cálculo de la CEV. Las estrategias de ventilación a considerar son: Aberturas fijas; aberturas controladas manualmente; aberturas controladas en base a la humedad interior; aberturas controladas en base a la concentración de CO₂ interior y ventilación controlada más recuperadores de calor (se probará con diferentes eficiencias en los recuperadores).

1.2 Objetivos

El objetivo general es analizar y evaluar el comportamiento de la demanda térmica de una vivienda en función de las infiltraciones y estrategias de ventilación que dispone la herramienta de la CEV. Comparando niveles de hermeticidad distintos a los exigidos en los PDA. Aparte, los objetivos específicos son:

1. Entendimiento de la herramienta otorgada por la CEV.
2. Escoger estrategias de ventilación y comunas con PDA con 3 tipos de viviendas por comuna para el estudio.
3. Calcular los consumos de energía combinando los tipos de hogares, niveles de hermeticidad y los tipos de ventilación.

1.3 Metodología

En primer lugar, se debe entender la herramienta de otorga la CEV y sus variables de entrada para proceder al cálculo, luego se seleccionarán 3 comunas con PDA vigente, para cada comuna se escogerán tres tipos de vivienda, cada uno con geometría distinta. Una vez escogidas las viviendas con sus dimensiones y envolventes definidas, se procede a ingresar estos datos en las planillas de la CEV y deriva al cálculo de las demandas térmicas. Dentro de las variables de la CEV, la herramienta permite variar las infiltraciones y permite escoger que estrategia de ventilación usa la vivienda, en la herramienta CEV se distinguen las opciones, “No existen ventiladores ni control automático”, “ventilación controlada sin ventilación mecánica”, “extractor unifamiliar sin ducto”, “extractor unifamiliar con ductos” y “recuperador de calor”. En el presente informe, solo se utilizará las opciones, “no existen ventiladores” y “extractor unifamiliar con ducto”. Una vez obtenido las demandas térmicas haciendo variar la cantidad de infiltraciones y las estrategias de ventilación mencionadas, se procede a analizar los resultados para así poder recomendar niveles de hermeticidad que permiten minimizar el consumo energético y además evaluar la conveniencia de utilizar ventilación controlada y el uso de recuperadores de calor.

CAPÍTULO 2: Metodología

Para cuantificar el efecto que tiene el nivel de hermeticidad de una vivienda sobre la eficiencia energética de la misma, se utilizará la herramienta de cálculo de eficiencia energética otorgada por el gobierno, la cual fue desarrollada por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) en conjunto con el Ministerio de Energía en el año 2012. Esta herramienta se aplica voluntariamente para calificar y evaluar objetivamente proyectos de vivienda desde el punto de vista energético, vale decir, la herramienta calcula los requerimientos energéticos de una vivienda para la calefacción, agua caliente sanitaria e iluminación, también, gracias a su constante actualización, ahora también puede calcular los requerimientos en energía para enfriamiento y las renovaciones de aire por hora según la estrategia de ventilación, dado que antes se utilizaba el valor fijo de una renovación de aire por hora (1 ren/h), permitiendo obtener información objetiva para los usuarios que proyectan la compra de una vivienda.

Para realizar la evaluación de una vivienda mediante la herramienta CEV se consideran los siguientes aspectos:

- Transmitancia térmica de la envolvente
- Inercia térmica
- Orientación de la vivienda respecto los ejes cardinales
- Puentes térmicos de la envolvente
- Nivel de infiltraciones
- Tipo de ventilación

Todos estos elementos son evaluados y finalmente son comparados con una vivienda de referencia, la cual cumple con el estándar mínimo establecido por la OGUC. Una vez comparados los resultados con la vivienda de referencia se procede a dar un informe y una calificación energética, la cual es similar a la etiqueta de eficiencia energética de productos electrónicos otorgados por la Superintendencia de electricidad y combustibles SEC. La calificación energética de las viviendas es una estimación teórica de la demanda de energía para la calefacción, producción de agua caliente sanitaria, iluminación y energía de enfriamiento, esta estimación se compara con los consumos de una vivienda de referencia y se procede a darle un nivel de eficiencia energética, la cual es una escala gráfica de ocho niveles que van desde “A+” hasta la “G”, siendo “A+” el nivel que representa una mayor eficiencia energética y que coincide con un ahorro energético entre el 85% y el 100% respecto la vivienda de referencia mientras que la letra “E” corresponde al estándar actual de construcción, establecido en el artículo 4.1.10 de la OGUC.

Más eficiente	Ahorro Energético	
	≤	>
A+	100%	85%
A	85%	70%
B	70%	55%
C	55%	40%
D	40%	20%
E	20%	-10%
F	-10%	-35%
G	-35%	-
Menos eficiente		

Figura 2.1 Niveles de eficiencia energética CEV

2.1 Actores de la CEV

A continuación, se presentan los actores activos que componen la CEV.

2.1.1 Entidad directiva

Este rol es ejecutado por el MINVU y consiste en la supervisión e instrucción de acciones para el funcionamiento del sistema CEV. La entidad directiva establece los requerimientos para la evaluación de eficiencia energética y acredita, mediante resolución exenta, los siguientes roles:

- Profesionales para que estos actúen como evaluadores energéticos.
- Profesionales para que estos actúen como fiscalizadores del sistema CEV.
- Entidades para que cumplan el rol de entidad administradora total o parcialmente, cuando este rol no sea ejecutado por el MINVU.

2.1.2 Entidad administradora

Este rol puede ser ejecutado por el MINVU o por una entidad a quien el MINVU delegue dicha tarea, ya sea total o parcialmente. El rol de la entidad administradora consiste en materializar el funcionamiento del sistema CEV, esta entidad tiene, entre otras, las siguientes funciones:

- Publicar el listado de los evaluadores energéticos habilitados por el MINVU.
- Publicar los contenidos del examen que deberán rendir los postulantes a evaluadores energéticos. Cualquier contenido debe ser previamente aprobado por la entidad directiva.

- Administrar, actualizar y mantener la herramienta de cálculo y el sitio web en el que se hospeda la administración de la CEV.
- Mantener y publicar un registro de las evaluaciones de eficiencia energética de viviendas liberadas que se hayan emitido mediante la CEV.
- Emitir un informe trimestral con la información estadística que se genere de la aplicación de la CEV.
- Realizar fiscalizaciones aleatorias a los proyectos de vivienda que hayan sido calificados según la CEV, estas fiscalizaciones permiten comprobar la veracidad y exactitud de las evaluaciones emitidas por los evaluadores energéticos.
- Publicar los resultados de las fiscalizaciones y de los procesos que resulten en una medida para algún evaluador energético acreditado.
- En caso de que se delegue la administración, la entidad administradora deberá informar a la entidad directiva de su quehacer.

La entidad administradora no será responsable, en caso alguno, de errores o falsedades incurridas por el evaluador energético o por el mandante, durante la evaluación energética de un proyecto de vivienda.

2.1.3 Mandante

El mandante es la persona natural o jurídica que solicita la certificación CEV. El mandante es el responsable de la entrega de los documentos necesarios para realizar la calificación (o precalificación) de la vivienda. El mandante podrá utilizar la información del informe de calificación y la etiqueta de eficiencia energética de la vivienda para fines publicitarios, siempre y cuando se ajuste a lo establecido por el protocolo de publicidad para la CEV.

Es responsabilidad del mandante requirente de la calificación de la vivienda, verificar que el evaluador energético se encuentre habilitado para actuar como tal.

2.1.4 Evaluadores energéticos

El evaluador energético es responsable por las declaraciones, información y los documentos que se incorporen a la CEV. Para poder ser acreditado como evaluador por el MINVU, debe cumplir los siguientes requisitos

- A. Ser persona Natural.
- B. Poseer alguno de los siguientes atributos curriculares:
 - Título profesional de arquitecto.
 - Título profesional de ingeniero constructor.
 - Título profesional de constructor civil.
 - Título profesional de ingeniero en sus diferentes especialidades, con un mínimo de diez semestres de duración.
 - Título profesional de ingeniero en sus diferentes especialidades, con un mínimo de ocho semestres y al menos tres años de experiencia en proyectos de eficiencia energética. en viviendas y/o equipamiento (según la definición de la OGUC)
- C. Aprobar satisfactoriamente el proceso de acreditación que establece el MINVU.

- D. Suscribir un convenio con el MINVU, en el que se dejará constancia de las acciones, condiciones, compromisos y obligaciones que asumirá el evaluador para desarrollar la CEV.

2.1.5 Fiscalizador

El fiscalizador es el responsable de inspeccionar que los evaluadores energéticos desempeñen sus funciones sin adulterar resultados, para actuar como fiscalizador se deben cumplir los siguientes requisitos:

- Ser persona natural.
- Ser evaluador energético.
- Haber sido designado por acto administrativo del MINVU, Servicio de Vivienda y Urbanización.
- Aprobar satisfactoriamente el proceso de acreditación que establece el MINVU.

2.2 Variables de la CEV

A continuación, se presentan las variables con las que la CEV calcula los consumos y demandas térmicas de una vivienda.

2.2.1 Caracterización de la vivienda

En primer lugar, se debe caracterizar la vivienda a evaluar, dentro de todas las características a evaluar destacan las siguientes:

- Tipo de calificación (calificación o precalificación).
- Antigüedad de la vivienda (si es vivienda nueva o vivienda existente).
- Región donde se encuentra la vivienda.
- Comuna donde se encuentra la vivienda.
- Zona térmica donde se encuentra la vivienda.
- Número de dormitorios de la vivienda.
- Identificación de la vivienda (sirve para identificar una vivienda de un lote de viviendas).
- Dirección de la vivienda.
- Tipo de vivienda (vivienda aislada, vivienda pareada o continua o departamento).
- Rut del mandante.

Para calcular el efecto de la hermeticidad en la eficiencia energética, se procederá a escoger tres tipos de viviendas que existan en regiones con Planes de Descontaminación Atmosférica vigentes. Los primeros tres tipos de vivienda para el estudio se encontrarán en la región del Bio-Bio y en la comuna de Concepción, el segundo grupo de viviendas se encontrará en la Región de La Araucanía y en la comuna de Temuco, finalmente, las últimas viviendas se encontrarán en la Región de Los Lagos y en la comuna de Osorno, además, se dirá que todas las viviendas y departamentos están orientados al norte geográfico, es decir, la cara expuesta de la puerta principal estará orientado al norte.

Para escoger los tipos de vivienda en cada comuna en el estudio, se escogerá un tipo de vivienda por cada comuna y esta será utilizada en las demás comunas, es decir, se procederá a, por ejemplo, utilizar una vivienda aislada fabricada en Concepción, esta vivienda se utilizará como si estuviese en Temuco y Osorno. De la misma manera, se escogerá un departamento construido en Temuco, y una casa pareada o continua de Osorno. Gracias a este método, se obtendrán resultados estandarizados por cada tipo de hogar. Para el caso de la vivienda aislada, se utilizará el modelo presentado a continuación construido por inmobiliaria local [5].



Figura 2.2 Casa aislada, extraído de página de inmobiliaria local.



Figura 2.3 Vista en planta de pisos 1 y 2.

El departamento por utilizar en el estudio será el mostrado a continuación, construcción hecha por inmobiliaria temuquense [8]



Figura 2.4 Vista en planta. Fuente [8].

Finalmente, la casa pareada estandarizada será escogida en la comuna de Osorno, barrio Rahue Alto [7], cuya vista en planta se presenta en la figura 2.5



Figura 2.5 Vista en planta casa pareada, Altos de Rahue, Osorno.

A continuación, se presentan los tipos de viviendas y su caracterización para cada comuna

Región	Comuna	Tipo de vivienda	Antigüedad	Superficie [m ²]	N° Dormitorios	N° Baños
Bio-Bio	Concepción	Aislada	Nueva	70,17	3	3
		Pareada	Existente	31,6	1	1
		Departamento	Nueva	60,6	2	2
La Araucanía	Temuco	Aislada	Nueva	70,17	3	3
		Pareada	Existente	31,6	1	1
		Departamento	Nueva	60,6	2	2
Los Lagos	Osorno	Aislada	Nueva	70,17	3	3
		Pareada	Existente	31,6	1	1
		Departamento	Nueva	60,6	2	2

Tabla 1 Caracterización de viviendas para el estudio.

2.2.2 Muros

Para los muros se utilizará las fichas constructivas de los PDA de cada comuna para determinar la transmitancia térmica de los muros. Los muros para las casas pareadas y casas aisladas serán iguales, de manera de estandarizar las casas y así obtener variaciones solo por el hecho de variar la hermeticidad.

- **Concepción**

En el caso de Concepción se utilizará el sistema de aislación térmica exterior de las soluciones constructivas de acondicionamiento térmico explicados en el PDA de concepción [8]. Los muros serán de albañilería, el cual incorpora por el exterior una capa de material aislante en base a poliestireno expandido de espesor 50 [mm] y densidad 20[kg/m³], adherida al muro mediante pasta adhesiva reforzada con una malla de fibra de vidrio, obteniéndose así, una transmitancia térmica igual a 0,6 [W/m²K] tal como se muestra en la figura 2.6.

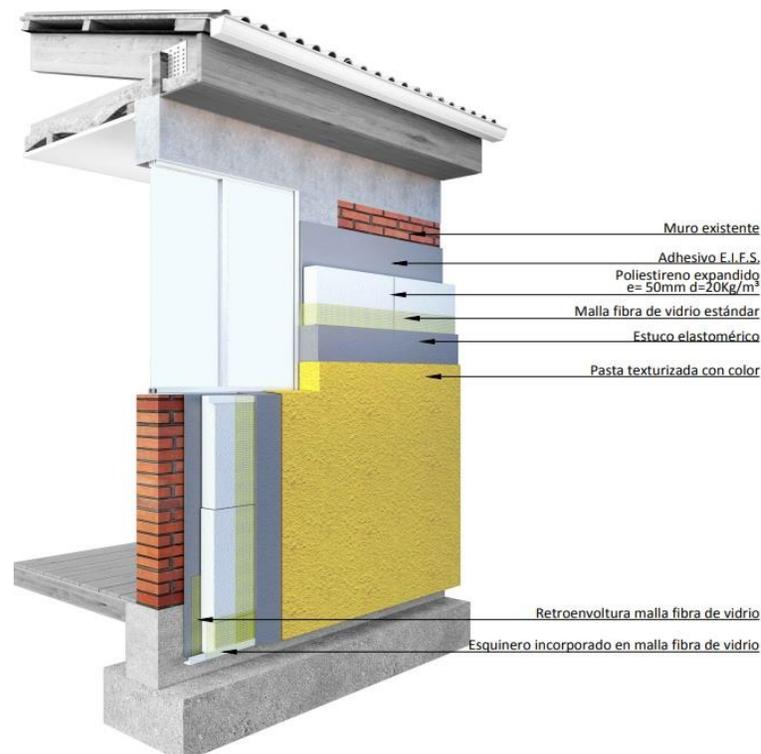


Figura 2.6 Solución constructiva para muro de casa aislada y pareada en comuna Concepción. Fuente [8].

- **Temuco**

En el caso de Temuco, se utilizará las soluciones constructivas de acondicionamiento térmico de muros del PDA Temuco [9]. Esta solución consiste en aislación térmica al interior del muro de tabiquería existente, entre pie derechos, consistente en lana de fibra de vidrio de espesor 100 [mm] y densidad 11[kg/m³]. Para ello se colocan dos capas de lana de fibra de vidrio de 50 [mm] cada una. Finalmente, como revestimiento de terminación se propone la utilización de tinglado de fibrocemento de espesor 6 [mm], obteniéndose así una transmitancia térmica de 0,42[W/m²K], presentado en la figura 2.7.

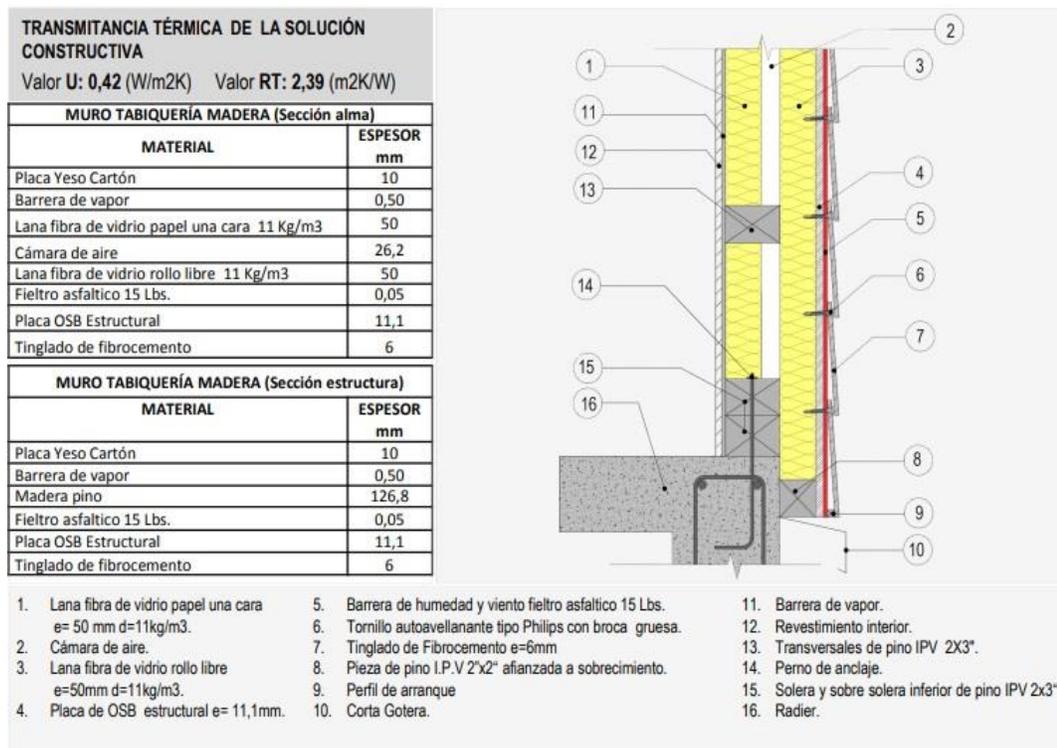


Figura 2.7 Detalle constructivo de la solución constructiva para muros Temuco. Fuente [9].

- **Osorno**

En el caso de Osorno, se utilizará la solución constructiva de acondicionamiento térmico para muros del PDA Osorno [10]. El cual consiste en un muro de albañilería con sistema de aislación térmica exterior, con estructura soportante sobrepuesta a muro existente mediante distanciadores de hilo continuo, conformada por perfiles galvanizados, tipo Portante 40R. entre el muro y los perfiles se incorpora la aislación térmica consistente en planchas de poliestireno expandido, de 100 [mm] de espesor y densidad 15[kg/m³]. Como revestimiento de terminación se considera la utilización de tinglado de fibrocemento de espesor 6 [mm], obteniéndose así una transmitancia térmica igual a 0,35[W/m²K], tal como muestra la figura 2.8.

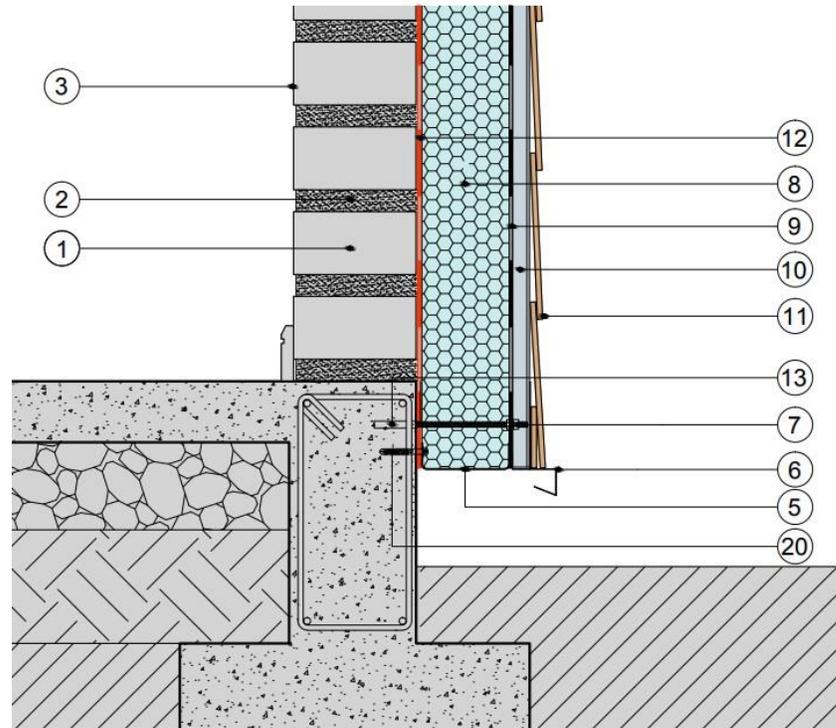


Figura 2.8 Solución constructiva para muros Osorno. Fuente [10].

Donde

Nº	Especificación del Material	Espesor (m)	Densidad (Kg/m ³)	λ (W/m ² K)	Nº	Especificación del Material	Espesor (m)	Densidad (Kg/m ³)	λ (W/m ² K)
1	Albañilería de ladrillo tipo rejilla, hecho a máquina	0,140	1.000	0,460	11	Revestimiento tinglado de fibrocemento	0,006		
2	Mortero de pega arena/cemento (1:3)	0,025	2.000	1,400	12	Barrera al vapor de agua, PE e=0,2mm resina virgen			
3	Terminación interior pintura o impermeabilizante				13	Taco metálico de expansión para distanciador d=1/4"			
4	Cadena alfeizar hormigón armado, e= según obra				14	Perfil de borde prefabricado zincalum, AT			
5	Canal zincalum prefabricada 103C085				15	Forro alfeizar, zincalum e=0,4mm, d=250mm			
6	Forro cortagotas, zincalum e= 0,4mm, d=180mm				16	Cinta doble contacto, más sello de silicona neutra			
7	Distanciador hilo metro zinc, d=1/4", L= s/ aislación				17	Forro lateral, zincalum e=0,4mm, d=150mm			
8	Aislación de poliestireno expandido	0,100	15,0	0,041	18	Ventana existente en obra			
9	Barrera hidrófuga, Fieltro 15 Lbs				19	Cadena/dintel de hormigón armado	0,140	2.400	1,63
10	Perfil prefabricado zincalum @0,40m, Portante 40R				20	Taco-clavo N6x32			

Figura 2.9 Especificaciones del detalle de la figura 2.8.

- **Transmitancia térmica de los muros**

A continuación, se presentan las transmitancias térmicas para muros según las soluciones constructivas de cada comuna.

Región	Comuna	Tipo de vivienda	Transmitancia térmica del muro [W/m ² K]
Bio-Bio	Concepción	Aislada	0,6
		Pareada	0,6
		Departamento	0,6
La Araucanía	Temuco	Aislada	0,42
		Pareada	0,42
		Departamento	0,45
Los Lagos	Osorno	Aislada	0,35
		Pareada	0,35
		Departamento	0,40

Tabla 2 Transmitancias térmicas de muros de las viviendas para el estudio.

Para los muros de los departamentos se escogen las transmitancias térmicas máximas decretadas por los PDA de cada comuna.

Región	Comuna	Tipo construcción	Transmitancia térmica máxima [W/m ² K]
Bio-Bio	Concepción	Muro	0,6
		Techo	0,33
		Piso ventilado	0,6
La Araucanía	Temuco	Muro	0,45
		Techo	0,33
		Piso ventilado	0,50
Los Lagos	Osorno	Muro	0,40
		Techo	0,33
		Piso ventilado	0,50

Tabla 3 Transmitancias térmicas máximas según PDA por comuna. Fuente [11] [12] [13].

2.2.3 Puertas

Todas las puertas, tanto para casa aislada, pareada y departamento, serán de madera sólida, por lo que su transmitancia térmica será de 1,85 [W/m²K], sin embargo, para casa pareada y aislada se consideraran dos puertas, la principal y la que conecta la vivienda con el patio.

Puertas									
Nombre	Abreviatura	U puerta opaca [W/m2K]	Vidrio	% Vidrio	U Marco [W/m2K]	% Marco	U ponderado	U ponderado opaco	U vidrio [W/m2K]
Madera Solida	MS	1.91	VM	0%	1.25	8.78%	1.85	1.85	5.80
Madera con hasta 50% zona vidriada	MS < 50% Vidrio	1.91	VM	40%	1.25	8.78%	3.41	1.81	5.80
Madera con hasta 100% zona vidriada	MS < 100% Vidrio	1.91	VM	85%	1.25	8.78%	5.16	1.52	5.80
Liviana de madera	ML	2.63	VM	0%	1.25	8.78%	2.51	2.51	5.80
Liviana madera con hasta 50% zona vidriada	ML < 50% Vidrio	2.53	VM	45%	1.25	8.78%	3.89	2.33	5.80
Liviana madera con hasta 100% zona vidriada	ML < 100% Vidrio	2.18	VM	85%	1.25	8.78%	5.18	1.64	5.80
							0.00	0.00	0.00
							0.00	0.00	0.00
							0.00	0.00	0.00
							0.00	0.00	0.00
							0.00	0.00	0.00

Figura 2.10 Opciones de puertas estándares otorgadas por la CEV.

A pesar de existir opciones para la selección de puertas, el usuario puede agregar una opción distinta, esta debe contar con un ensayo para obtener el valor U correspondiente.

2.2.4 Ventanas

Para todas las viviendas se considerarán todas sus ventanas como monolíticas con marcos de madera, cuya transmitancia térmica está dada por defecto igual a 5,8 [W/m2K] para la ventana y 2,6 [W/m2K] para el marco de madera.

Vidrios			
Nombre	Abreviatura	U vidrio [W/m2K]	FS Vidrio
Vidrio Monolítico (VM). Sin espaciador	VM	5,80	0,87
DVH con espaciador de 6mm	DVH con 6mm	3,28	0,77
DVH con espaciador de 9mm	DVH con 9mm	3,01	0,77
DVH con espaciador de 12mm	DVH con 12mm	2,85	0,77
DVH con espaciador de 15mm o mayor	DVH con 15mm o +	2,80	0,77

Figura 2.11 Opciones de ventanas estándares otorgadas por la CEV.

A pesar de existir opciones para la selección de ventanas, el usuario puede agregar una opción distinta, esta debe contar con un ensayo para obtener el valor U correspondiente.

2.2.5 Techos

Los techos para las viviendas tanto aisladas como pareadas serán las que plantean las soluciones constructivas de los PDA de cada comuna. Esto con el fin de obtener sus transmitancias térmicas respectivas a cada comuna.

- **Concepción**

En el caso de Concepción, la solución constructiva consiste en una techumbre cuya estructura soportante se encuentra conformada por cerchas de madera con cielo interior horizontal en la que se considera la instalación de dos capas de material aislante térmico de lana de fibra de vidrio. La primera capa de espesor 100 [mm] y densidad 11 [kg/m³] se instala sobre el cielo interior y una segunda capa de 40 [mm] de espesor y misma densidad se instala sobre la primera capa de material aislante, por lo que existe 140 [mm] de espesor de material aislante, lo que genera una transmitancia térmica igual a 0,33 [W/m²K] [14]. La solución se muestra en la figura 2.10.

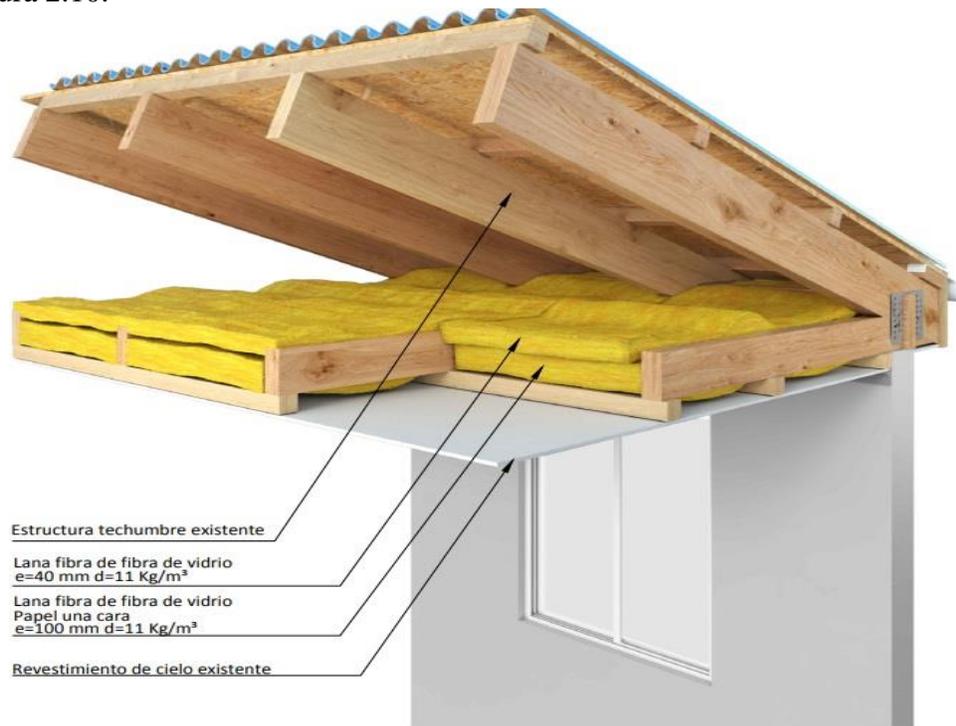


Figura 2.12 Solución constructiva para techo Concepción. Fuente [14].

- **Temuco**

Para el caso de Temuco, se utilizará la solución constructiva para techos según su PDA [15], la cual consiste en una techumbre en base a cerchas de madera, con cielo interior horizontal conformado por planchas de yeso cartón como terminación interior, sobre cuya estructura de listones portante es colocado el material aislante consistente en la lana de fibra de vidrio papel por una de espesor 120 [mm] y densidad 11 [kg/m³], produciendo una transmitancia térmica de 0,33 [W/m²K]. la solución es tal como muestra la figura 2.11.

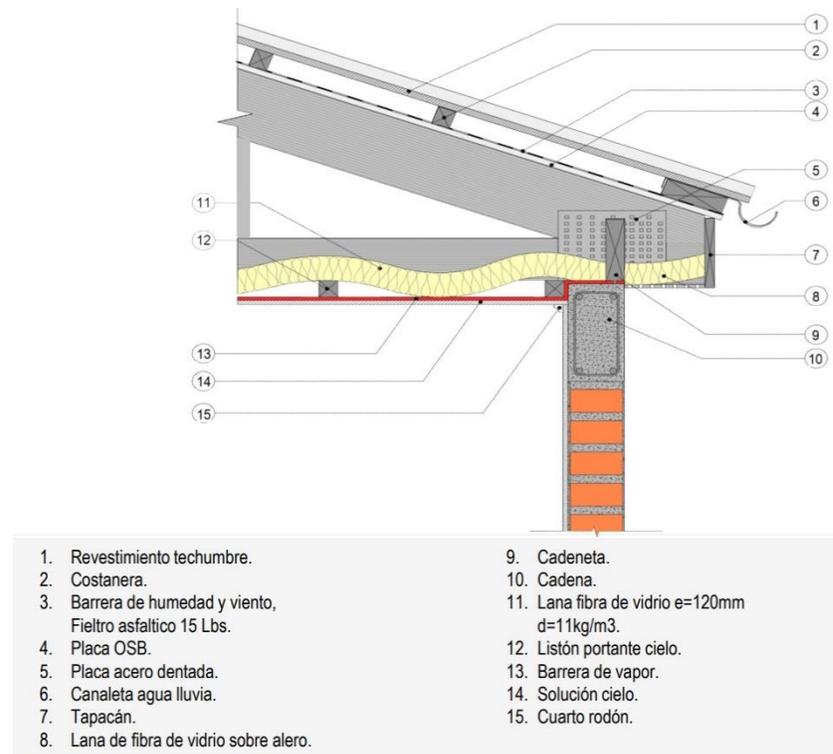


Figura 2.13 Detalle de solución constructiva para techos Temuco. Fuente [15].

- **Osorno**

Para el caso de Osorno, se utilizará la solución constructiva según PDA Osorno [16], la cual consiste en una techumbre con cerchas y cielo raso, al cual se le incorpora aislación térmica consistente en una capa de fibra de vidrio de 120 [mm] de espesor y densidad de 12,5[kg/m³], con papel en una cara, ubicada directamente encima del cielo raso, con la lámina de papel hacia arriba, para afianzar los trozos de la colchoneta con cinta adhesiva a ambos lados de las cerchas, produciendo una transmitancia térmica de 0,32 [W/m²K], la solución constructiva se visualiza en la figura 2.12.

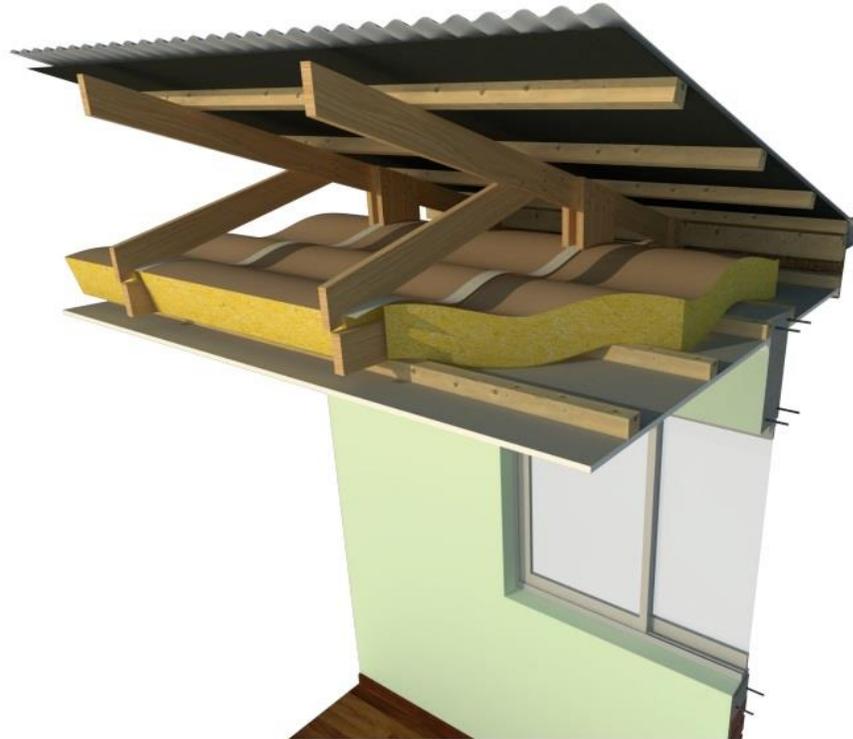


Figura 2.14 Solución constructiva para techo Osorno. Fuente [16].

- **Transmitancias térmicas de los techos**

A continuación, se presentan de forma resumida las transmitancias térmicas de los techos

Región	Comuna	Tipo de vivienda	Transmitancia térmica [W/m ² K]
Bio-Bio	Concepción	Aislada	0,33
		Pareada	0,33
		Departamento	0,33
La Araucanía	Temuco	Aislada	0,33
		Pareada	0,33
		Departamento	0,33
Los Lagos	Osorno	Aislada	0,32
		Pareada	0,32
		Departamento	0,33

Tabla 4 Transmitancias térmicas de la techumbre de viviendas de estudio.

Donde la techumbre de departamento estará definido su valor por la transmitancia térmica máxima según su PDA, valor que proviene de la Tabla 3.

2.2.6 Pisos

Los pisos de las casas aisladas y pareadas serán según indique las soluciones constructivas del PDA de cada comuna, de esta manera se obtendrán las transmitancias térmicas dentro de la norma de cada PDA.

- **Concepción**

Para el caso de Concepción, el piso ventilado consiste en una estructura de soporte que se encuentra conformada por un envigado de madera en el cual se considera la instalación de material aislante [17], en este caso, poliestireno expandido de espesor 60 [mm] y densidad 20[kg/m³]. Como revestimiento de terminación de piso, esta solución constructiva considera la instalación de piso flotante o entablado, tal como muestra la figura 2.13, esta solución produce una transmitancia térmica del piso ventilado de 0,6 [W/m²K].

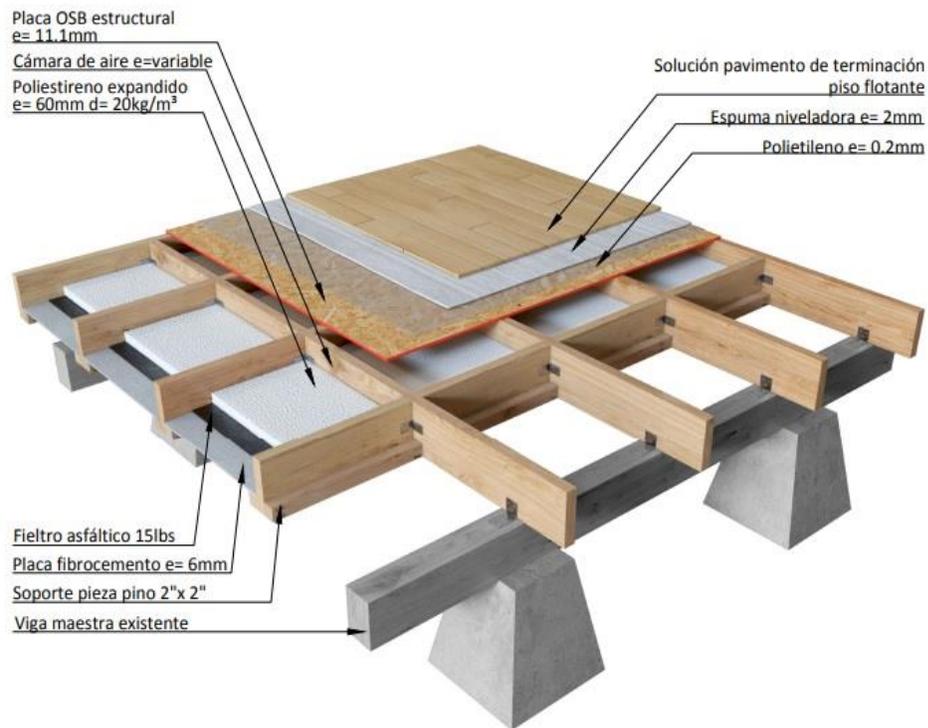


Figura 2.15 Solución constructiva para piso ventilado según PDA Concepción. Fuente [17].

- **Temuco**

Para el caso de Temuco, la solución de acondicionamiento térmico para el piso ventilado consiste en el retiro de pavimento interior existente para proceder a la colocación de material aislante entre el envigado de piso sobre la placa de sujeción [18]. Como material aislante de esta solución se considera la lana de fibra de vidrio de espesor 80 [mm] y densidad 11 [kg/m³]. En la figura 2.14 se logra apreciar la solución, esta solución permite que el piso ventilado tenga una transmitancia térmica de 0,5 [W/m²K].

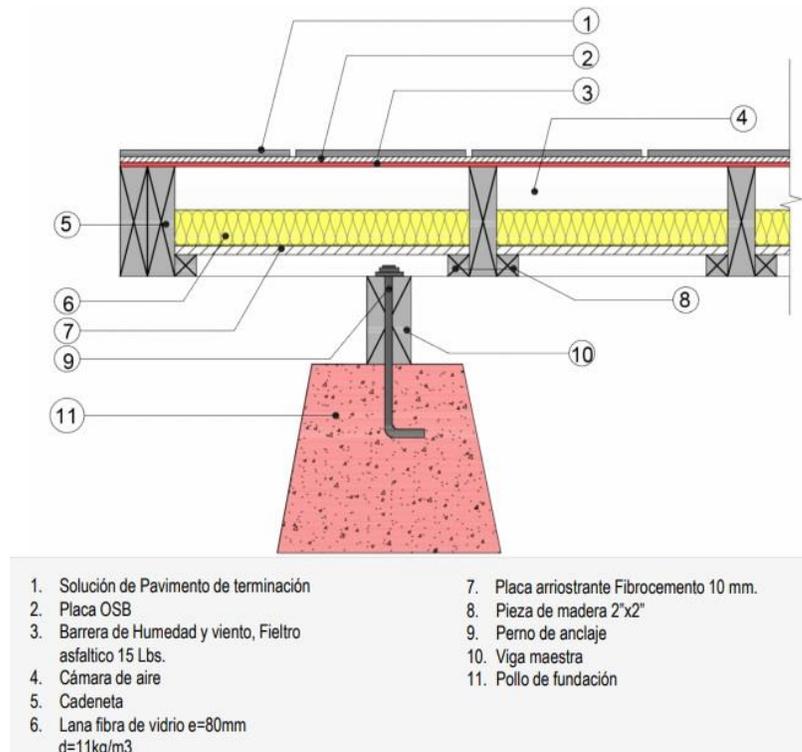


Figura 2.16 Detalle de solución constructiva para piso ventilado PDA Temuco. Fuente [18].

- **Osorno**

En el caso de Osorno, la solución constructiva de piso ventilado consiste en aislamiento térmica mixta, primero una capa de poliestireno expandido de 50 [mm] de espesor y densidad 15[kg/m³], colocada a presión entre los casetones del envigado, más una segunda capa de aislamiento continua en base a poliestireno expandido de 20 [mm] de espesor. A continuación, se agrega la barrera de vapor de agua, un entablado de placa de OSB y posteriormente se repone el pavimento en base a piso flotante de 7[mm] de espesor tal como muestra la figura 2.15, esta solución produce una transmitancia térmica de piso ventilado de 0,41 [W/m²K].

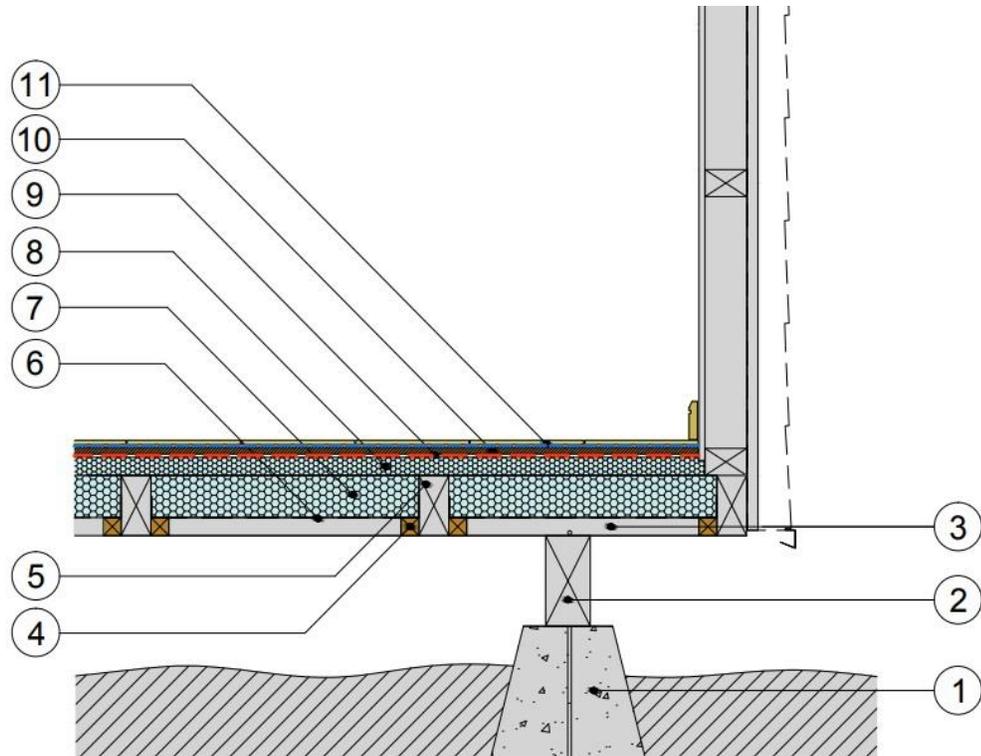


Figura 2.17 Detalle solución constructiva para piso ventilado PDA Osorno. Fuente [19].

N°	Especificación del Material	Espesor (m)	Densidad (Kg/m ³)	λ (W/m ² K)	N°	Especificación del Material	Espesor (m)	Densidad (Kg/m ³)	λ (W/m ² K)
1	Sistema de fundación aislada				8	Aislación de poliestireno expandido	0,02	15,0	0,041
2	Viga maestra pino IPV 3x6" @1,50m				9	Barrera al vapor de agua, PE e=0,2mm resina virgen			
3	Viga secundaria pino IPV 2x4" @0,50m	0,10	410	0,104	10	Encamisado Placa OSB	0,011	690,0	0,12
4	Listón de pino IPV 11/2x11/2" (junquillo sujeción)				11	Pavimento de reemplazo, piso flotante HDF	0,007		
5	Cadeneta pino IPV 2x4" @0,50m	0,10	410	0,104					
6	Barrera hidrófuga de poliéster tejido (Tyvek o similar)								
7	Aislación de poliestireno expandido	0,05	15,0	0,041					

Figura 2.18 Especificaciones del detalle de solución constructiva PDA Osorno. Fuente [19].

- **Transmitancia térmica de pisos ventilados**

A continuación, se presenta de forma resumida las transmitancias térmicas para pisos ventilados según PDA de cada comuna.

Región	Comuna	Tipo de vivienda	Transmitancia térmica del piso[W/m ² K]
Bio-Bio	Concepción	Aislada	0,6
		Pareada	0,6
		Departamento	0,6
La Araucanía	Temuco	Aislada	0,5
		Pareada	0,5
		Departamento	0,5
Los Lagos	Osorno	Aislada	0,41
		Pareada	0,41
		Departamento	0,5

Tabla 5 Transmitancias térmicas de pisos para viviendas de estudio.

Para las transmitancias térmicas para pisos de departamentos, se utilizará el máximo valor permitido por cada PDA según su comuna, estos valores se encuentran en la Tabla 3.

Se utilizaron distintas materialidades para la fabricación de muros, techos y pisos con el objetivo de variar los cálculos de demanda térmica. Puede que estas materialidades no sean típicas en sus respectivas comunas, pero todas son específicas para cada comuna según sus propios PDA.

2.2.7 Perfil de uso

La herramienta CEV define el perfil de uso bajo las siguientes variables:

- **Cargas internas**

Las cargas internas quedan definidas según los usuarios y la iluminación. Los usuarios se definen con base en los dormitorios de la vivienda según NCh 3309, donde hay un usuario más que dormitorios, con un mínimo de un dormitorio. Desde las 7:00 hasta las 21:00 horas, los usuarios generan 98,4[W] estando relajados, mientras que desde las 22:00 hasta las 6:00 horas, los usuarios generan 82[W] estando en reposo; Para la iluminación se define como 1,5 [W/m²] para cualquier hora en el rango de 7:00 hasta 21:00.

- **Infiltraciones**

La CEV calcula las infiltraciones por defecto, estas dependen del material, sus dimensiones y sus cierres, sin embargo, un evaluador podría realizar un ensayo de presurización a 50 Pascales y obtener un valor empírico. Estas infiltraciones se calculan según la siguiente ecuación:

$$RAH = 0,75 * RAH_{50Pa} * \sqrt{C_s * \Delta t + C_w * V^2} \quad (1)$$

Donde C_s y C_w son coeficientes empíricos que tienen en cuenta el número de pisos de la vivienda y el lugar de emplazamiento de esta, Δt es la diferencia de temperatura promedio entre el exterior y el interior de la vivienda, finalmente V es la velocidad media del viento en la estación meteorológica. En la siguiente tabla se indican los valores de velocidades de viento y diferencia de temperatura.

Comuna	V viento promedio [m/s]	Δt promedio[°C]
Concepción	2,7	12,1
Temuco	2,5	13,6
Osorno	2,7	13,7

Tabla 6 Valores empíricos para cálculo de infiltraciones por hora.

Figura 2.19 Menú de infiltraciones planilla de cálculo CEV.

En el presente informe se calcularán las demandas térmicas variando las infiltraciones, en este caso, se hará variar las infiltraciones con ensayo de presurización a 50 Pascales, partiendo en 4 RAH a 50Pa, hasta 28 RAH a 50Pa, dando saltos de 4 unidades de RAH.

- **Ventilación**

Es la ventilación donde interesa conocer su peso en la contribución de eficiencia energética de una vivienda. La CEV indica que el caudal necesario de ventilación mínimo corresponde a un flujo de 2,5[lts/s] por usuario más 0,3[lts/s] por cada metro cuadrado de superficie, estos valores corresponden a los niveles mínimos de salubridad. En el presente informe se hará variar la cantidad de aire a renovar y mediremos su efecto final en la eficiencia energética.

Ventilación					
			10	0,96	0,96
			11	3,96	0,96
			12	3,96	3,96
122	Ventilación Mecánica (VM)	NO existen ventiladores para la ventilación			
123	Eficiencia Recuperador de Color, Eficiencia por de	NO existen ventiladores para la ventilación de la vivienda ni control automatico			
		Tiene sistema de ventilación natural controlada automaticamente y sin ventiladores			
		Extractor en vivienda unifamiliar sin ductos			
		Extractor en vivienda unifamiliar con ductos			
124	¿Tiene Sensor de CO2?	Extractor colectivo en edificio			
		Recuperador de calor			
125	De tener, RAH según Memoria de Cálculo	[RAH]	19	0,96	0,96
			20	0,96	0,96
			21	0,96	0,96
			22	0,96	0,96
			23	0,96	0,96

Figura 2.20 Opciones de ventilación de planilla de cálculo de la CEV.

Como se logra ilustrar, la CEV solo tiene las opciones generales de ventilación, y no tan específico como se explica en la sección 2.3. En el presente informe se estudiarán las opciones “NO existen ventiladores para la ventilación de la vivienda ni control automático” y “Extractor de vivienda unifamiliar”, dando “SI” a si tiene sensor de CO2.

2.3 Ventilación en viviendas

La ventilación en viviendas es necesaria debido a los intereses de los ocupantes y los intereses de la edificación en sí. Para los ocupantes, la renovación de aire es una necesidad fisiológica. La respiración de los usuarios (seres humanos o animales) se puede traducir en una emisión de CO₂ y vapor de agua, estas cantidades dependerán de la actividad que este realizando el usuario (reposando, ejercitando, etc.). A esta producción de gases y vapores, se deben agregar los aportes relacionados con las actividades propias al diario vivir de las personas, como preparación de alimentos, uso de baños, uso de aerosoles, como también de aportes realizados muchas veces por la construcción o remodelaciones como uso de pinturas, pegamentos, etc. Para el edificio, la producción de vapor de agua dentro de una vivienda podría traducirse en condensaciones en los puntos más fríos de la vivienda (puentes térmicos, paredes, muebles, textiles, etc.) y producir ambientes que faciliten la propagación de gérmenes y hongos. Una mala ventilación dentro de la edificación podría provocar una renovación del aire caliente interior (o frío en verano) con aire frío exterior (o aire caliente exterior en caso del verano), produciendo una pérdida desde el punto de vista energético y pérdida de confort. Para todos estos problemas es indispensable ventilar la vivienda, la ventilación de una vivienda permite:

- Renovar el aire viciado dentro de la vivienda, necesario para la respiración
- Evitar acumulación de olores y/o gases tóxicos
- Garantizar la alimentación de aire (comburente) de los aparatos de combustión (estufas, cocinas, etc.).
- Proteger la vivienda de la aparición de moho y degradaciones debidas al vapor de agua, principalmente en los puentes térmicos.

El deseo de vivir en mejores condiciones de confort y conseguir un mayor ahorro energético han llevado a evolucionar las construcciones, convirtiendo las viviendas en recintos cada vez más herméticos. En viviendas demasiado herméticas, ya no se puede contar solamente con las fugas de aire por infiltraciones como única ventilación. La instalación de un sistema de ventilación es indispensable para lograr mejorar la calidad del aire. Para garantizar el confort de los usuarios, la ventilación debe ser permanente por lo menos en invierno, donde la temperatura exterior obliga a los usuarios a mantener las ventanas de sus viviendas cerradas, o todo el año, para viviendas que estén sometidas a contaminación acústica del exterior. La admisión de aire ha de rellenar las habitaciones principales o locales secos (comedor, Living, dormitorios) de forma natural a través de huecos exteriores o de forma mecánica mediante rejillas de impulsión. Por el contrario, la extracción de aire debe realizarse en locales húmedos (baños, cocinas) a través de rejillas o bocas de extracción tal como se muestra en la Figura 2.2.

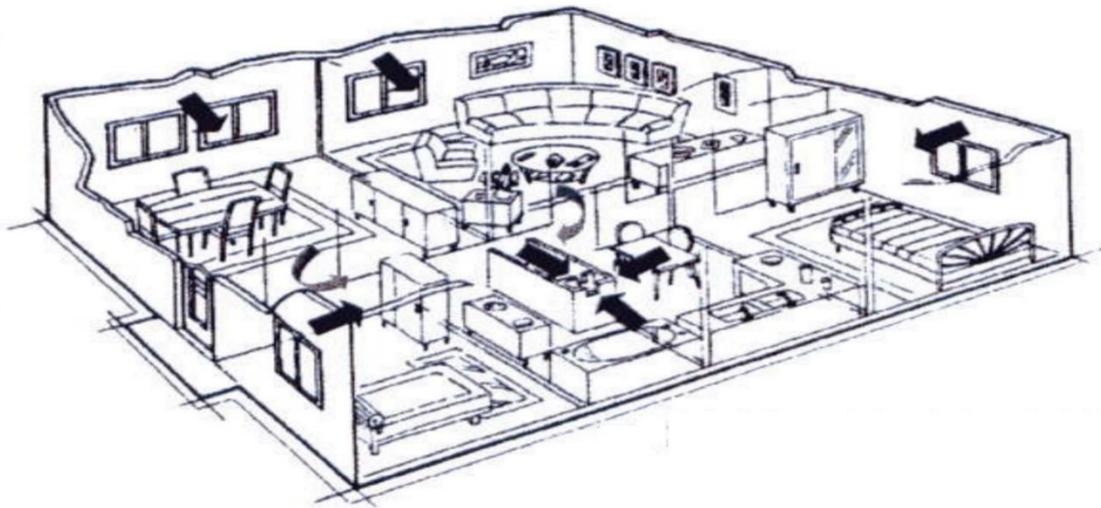


Figura 2.21 Entradas y salidas de aire en una vivienda. Fuente [22]

2.4 Tipos de ventilación

Dependiendo de los motores utilizados para producir la renovación de aire, existen dos tipos de ventilación, ventilación mixta, y ventilación mecánica.

2.4.1 Ventilación mecánica

La ventilación mecánica es un sistema que permite la renovación de aire mediante el funcionamiento de aparatos electromecánicos dispuestos para ese efecto. Los sistemas con ventilación mecánica se componen de:

Aberturas de admisión

Las aberturas de admisión de aire son siempre situadas en las habitaciones principales o locales secos (salas de estar, comedor, habitaciones), y son el punto de aportación del aire exterior hacia el interior de la vivienda. Se pueden distinguir cuatro familias de aberturas de admisión:

- Aberturas fijas cuya superficie de paso de aire no puede ser ajustada.
- Aberturas fijas regulables manualmente cuya superficie de paso de aire puede ser ajustada manualmente, de manera a adaptar la superficie de paso a la presión disponible.
- Aberturas fijas autorregulables cuya superficie de paso de aire se ajusta automáticamente a presión a la cual están sometidas con el fin de equilibrar presiones y evitar corrientes de aire dentro de la vivienda (corrientes transversales).
- Aberturas moduladas higroregulables cuya superficie de paso se ajusta automáticamente según la humedad del local en el que están ubicadas.

Las aberturas se caracterizan por el caudal de aire que permiten dejar pasar y por la atenuación de ruido que puedan producir los equipos. Estas se instalan en el techo o en la pared siempre y cuando estén a una altura mínima de 1,8 metros del suelo, más de 10 centímetros de la muralla y con el flujo de aire orientado hacia el techo. La admisión de aire se puede realizar mediante rejillas conectadas mediante conductos a un ventilador de impulsión o mediante aireadores. En el caso de aireadores, estos deben impedir el paso de agua o insectos.

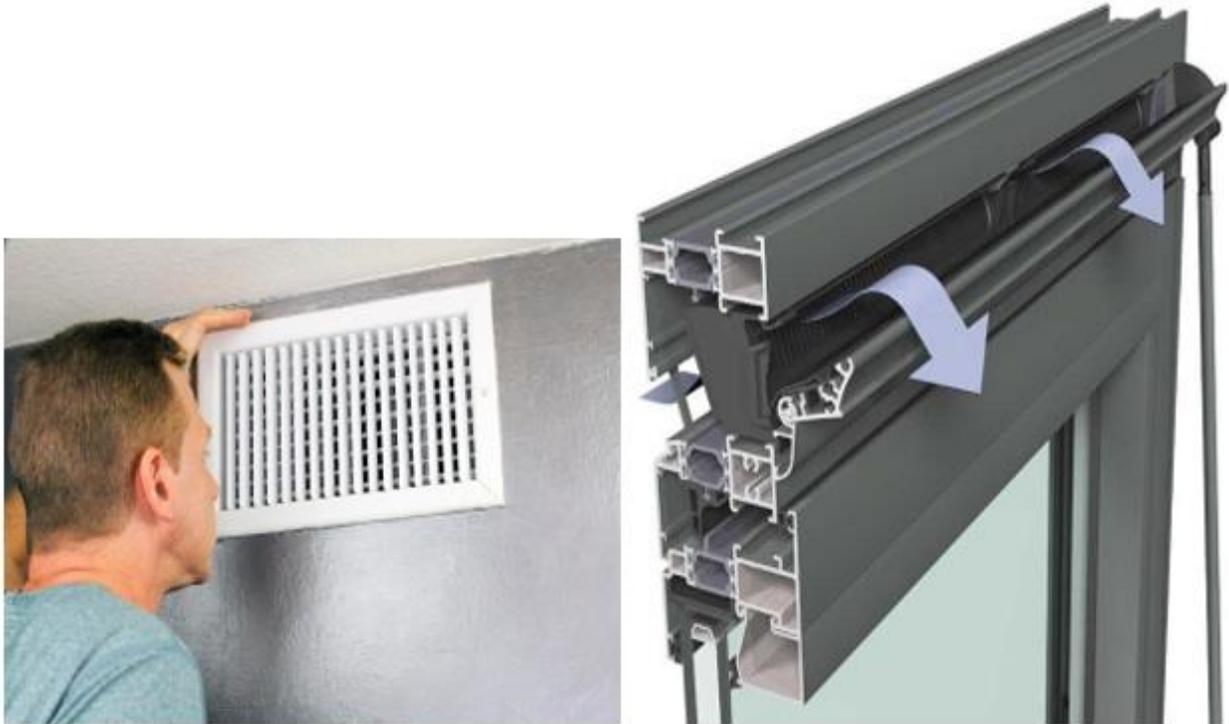


Figura 2.22 Rejilla de admisión de aire y aireador de ventana. Fuente [22]

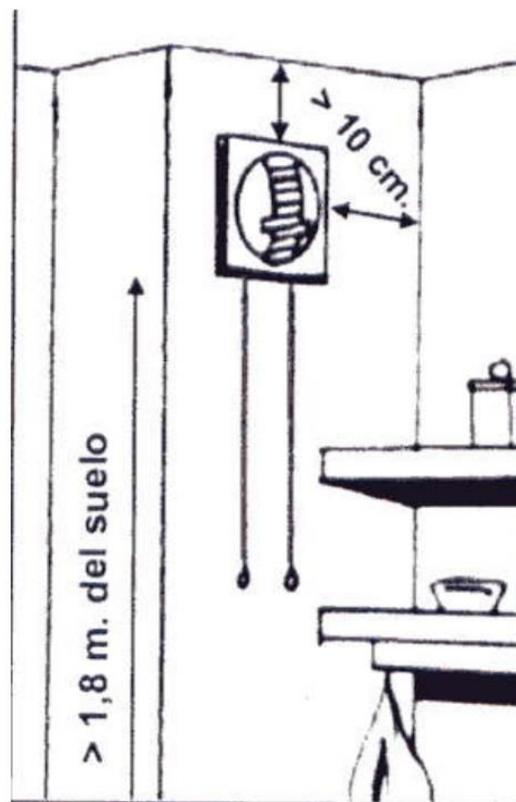


Figura 2.23 Altura mínima de instalación de rejilla de admisión. Fuente [22]

Aberturas de paso

Las aberturas de paso tienen por objetivo distribuir el aire renovado por todas las habitaciones, hasta los locales húmedos, consiste en rebaje de puertas o rejillas situadas en las puertas o paredes, permitiendo la circulación de aire a través de la vivienda.



Figura 2.24 Rejilla en puerta, ejemplo de abertura de paso. Fuente [22]

Aberturas de extracción

Las aberturas de extracción deben estar situados en los cuartos técnicos o locales húmedos (cocina, baños, cuarto de lavado), del mismo modo que las aberturas de admisión, están deben ser ubicados a 1,8 metros de altura y a mínimo 10 centímetros de cualquier pared. De la misma forma, existen las mismas cuatro familias de aberturas:

- Aberturas fijas no regulables.
- Aberturas fijas regulables manualmente.
- Aberturas fijas reguladas por presión.
- Aberturas variables higroregulables según humedad.

2.4.2 Ventilación mixta

La ventilación mixta consiste en renovar el aire de manera natural y forzada, cuando las condiciones de presión y temperatura en el exterior son favorables, la renovación de aire se produce naturalmente, y cuando las condiciones ambientales son desfavorables, se utiliza la ventilación mecánica. La ventilación natural resulta de dos fenómenos físicos.

- Tiro térmico resultante: Depende del diferencial térmico entre el interior de la vivienda y el exterior. Cuanto mayor sea el diferencial térmico, mayor será la ventilación. También depende de la altura que separa la boca de extracción con la salida de la chimenea en caso de existir conductos Shunt. Cuando mayor es la altura, mayor es la ventilación.
- Tiro por viento producido: Las fachadas producen presiones distintas en distintas caras de la fachada, esto produce depresiones entre ella. Esta diferencia de presiones da origen a una circulación de aire a través de la vivienda, produciendo una ventilación transversal y esta podría añadirse a la ventilación por tiro Shunt en caso de existir. Sobre la boca de expulsión del conducto Shunt, se produce un efecto ventura, es decir, al aumentar la velocidad del viento, o cambiar su orientación, esta produce que aumenten los caudales de extracción.

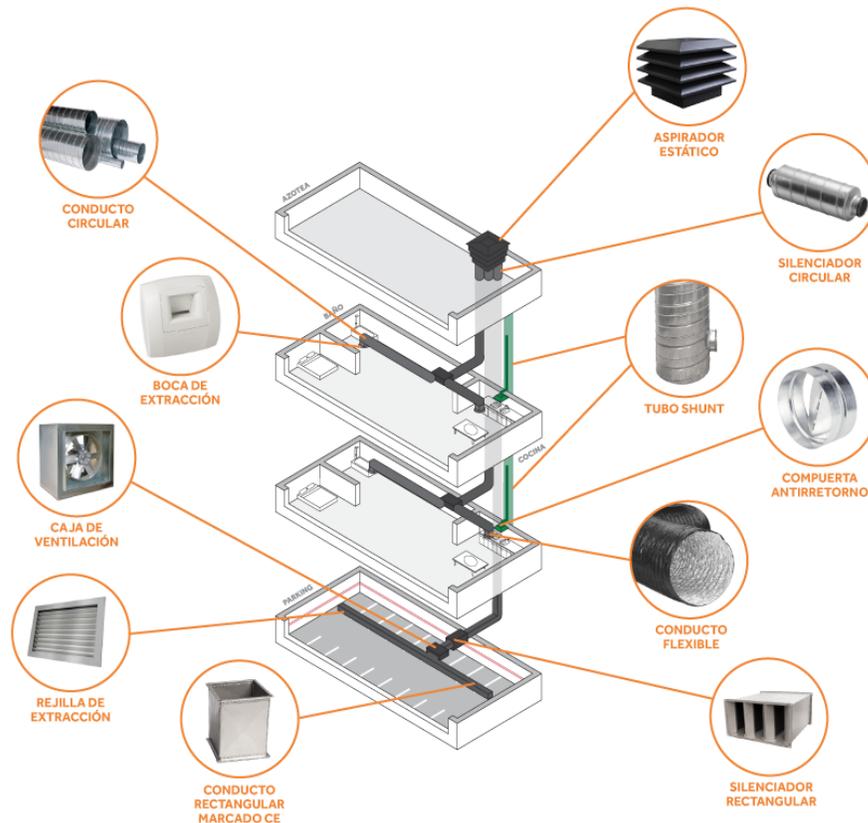


Figura 2.25 Componentes de conducto Shunt. Fuente [22]

La ventilación mecánica entrará de forma automática en funcionamiento cuando las condiciones de tiro térmico y/o viento sean insuficientes para garantizar los niveles mínimos de renovación de aire en la vivienda.

2.5 Técnicas de ventilación

Las técnicas de ventilación definen la forma en la que se va a realizar la admisión y la extracción del aire dentro de la vivienda [23]. Las estrategias de ventilación aplicables a un lote de viviendas como viviendas únicas. Estas técnicas pueden ser, simple flujo o doble flujo.

2.5.1 Simple flujo por extracción

Esta técnica de ventilación es aplicable en ventilación mixta como en ventilación mecánica. La admisión del aire exterior se realiza por los locales secos, mientras que el aire extraído de la vivienda proviene de los locales húmedos. Las bocas de extracción están conectadas por medio de conductos a un ventilador situado generalmente en la terraza, también podría situarse en el sótano.

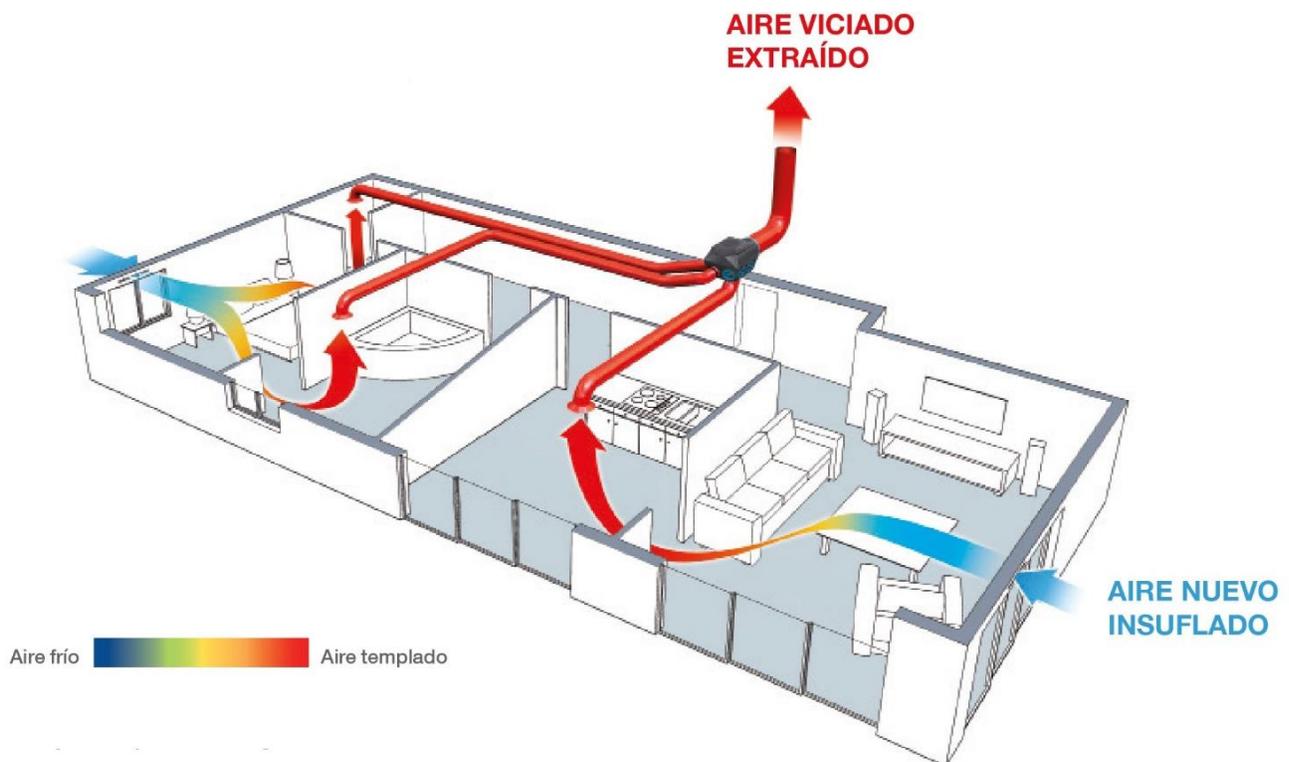


Figura 2.26 Funcionamiento de un sistema de simple flujo. Fuente [21]

2.5.2 Doble flujo

Esta técnica de ventilación es solo aplicable a la ventilación mecánica. Se compone de una red de conductos de extracción y una red de conductos de impulsión que se cruzan en un nodo donde está acoplado un intercambiador de calor, lo que permite que el aire viciado a la temperatura de la vivienda, ceda o absorba calor desde el aire exterior (dependerá de la época del año), de manera de limitar y controlar las pérdidas energéticas por renovación de aire. El aire nuevo tomado desde el exterior de forma mecánica es filtrado, pasa por el intercambiador de calor para ser calentado o enfriado según corresponda y finalmente es impulsado a locales secos como dormitorios, salas de estar, comedor, etc. A través de las aberturas de admisión. El aire viciado es extraído desde los locales húmedos mediante un ventilador, este pasa por el intercambiador de calor y cede o absorbe calor desde el aire renovado proveniente desde el exterior, finalmente es expulsado de la vivienda.

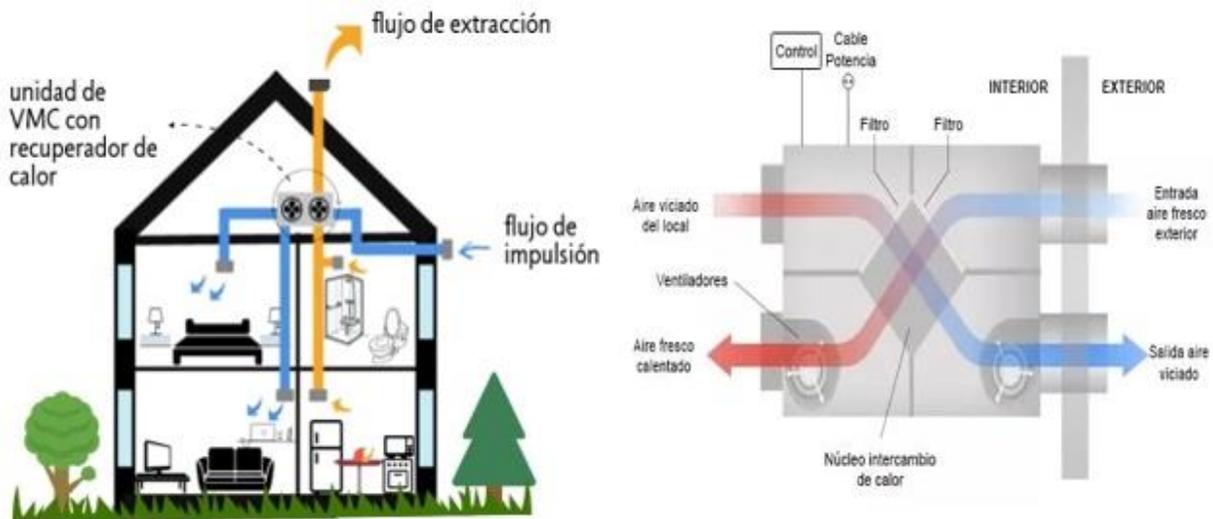


Figura 2.27 Ventilación de doble flujo y recuperador de calor. Fuente [20]

CAPÍTULO 3: Resultados y discusión

Los siguientes resultados son consecuencia de la iteración que produce la herramienta CEV al introducir datos de zona térmica, transmitancias térmicas de la envolvente, puentes térmicos de la envolvente, geometría de la vivienda, número de puertas, números de ventanas y posicionamiento de la vivienda respecto a los ejes cardinales. Estos resultados son producto de una condición única para cada tipo de vivienda. Se realizará un análisis a la vivienda aislada, para la vivienda pareada y el departamento el análisis es análogo, aun así, se introducirán los gráficos obtenidos en la vivienda pareada y en el departamento, sin embargo, en la discusión se nombran gráficos provenientes de los resultados de las viviendas pareada y departamento, para hacer un análisis de consumos entre tipos de vivienda.

3.1 Resultados casa aislada

3.1.1 Consumos energéticos en casas aisladas sin ventilación controlada

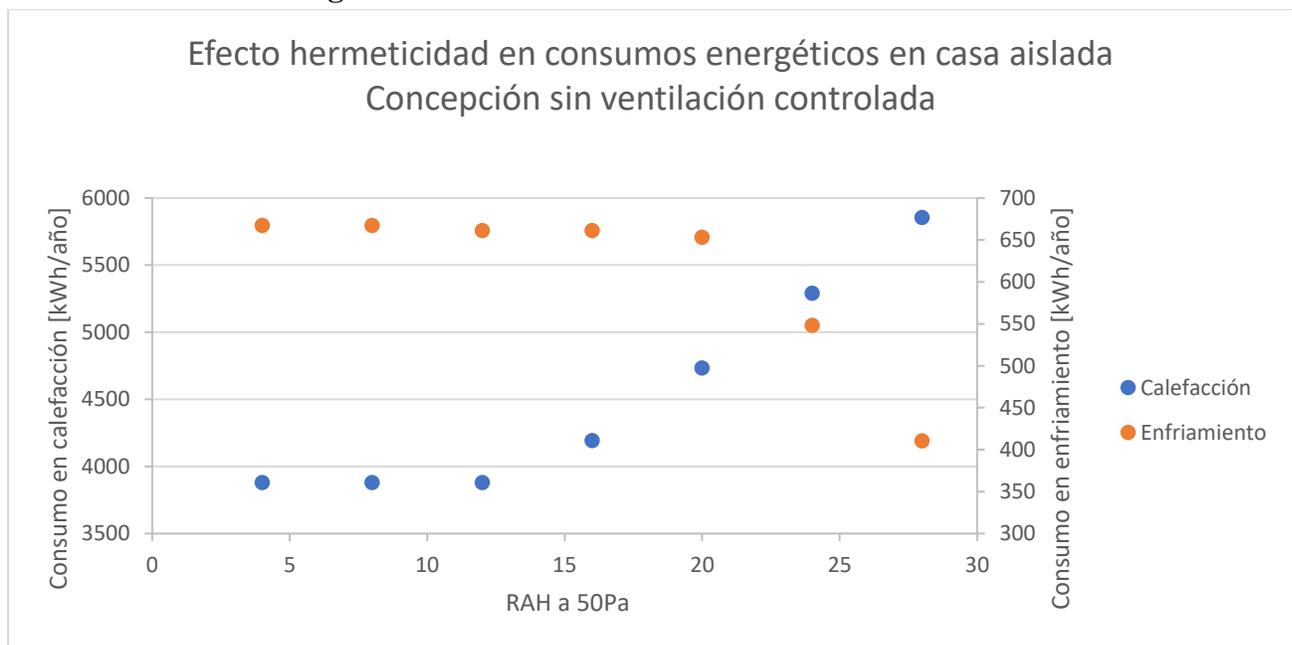


Figura 3.1 Resultados de hermeticidad en casa aislada Concepción sin ventilación controlada.

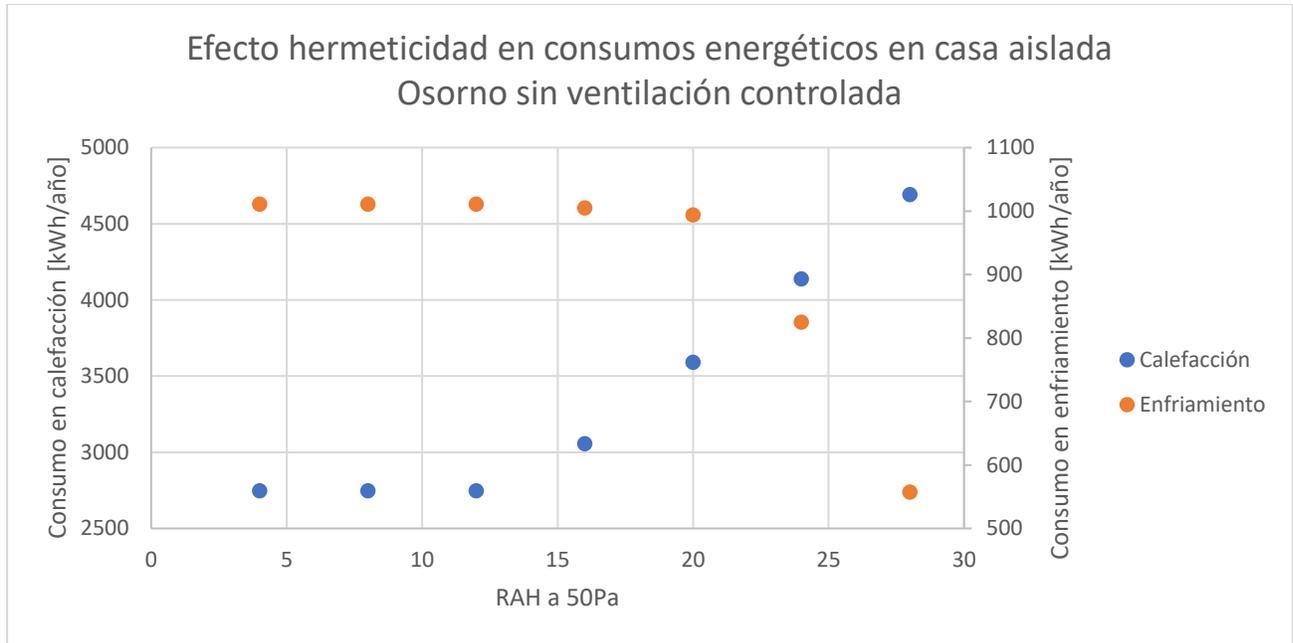


Figura 3.2 Resultados de hermeticidad en casa aislada Osorno sin ventilación controlada.

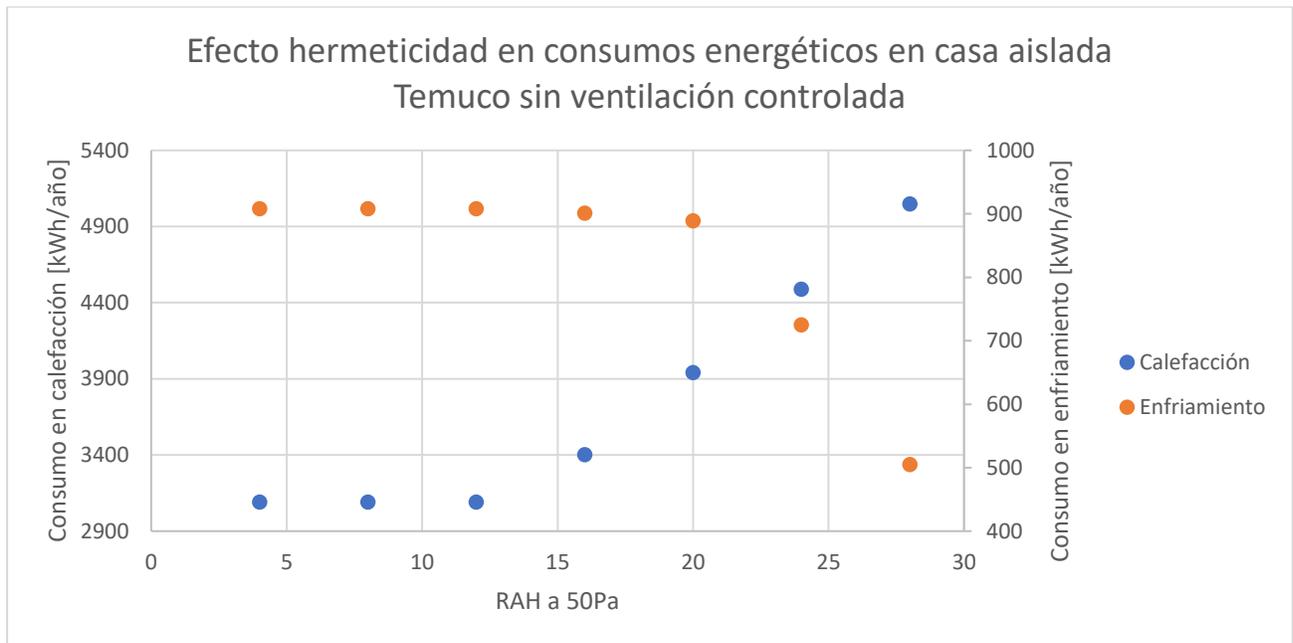


Figura 3.3 Resultados de hermeticidad en casa aislada Temuco sin ventilación controlada.

3.1.2 Consumos energéticos en casas aisladas con ventilación controlada

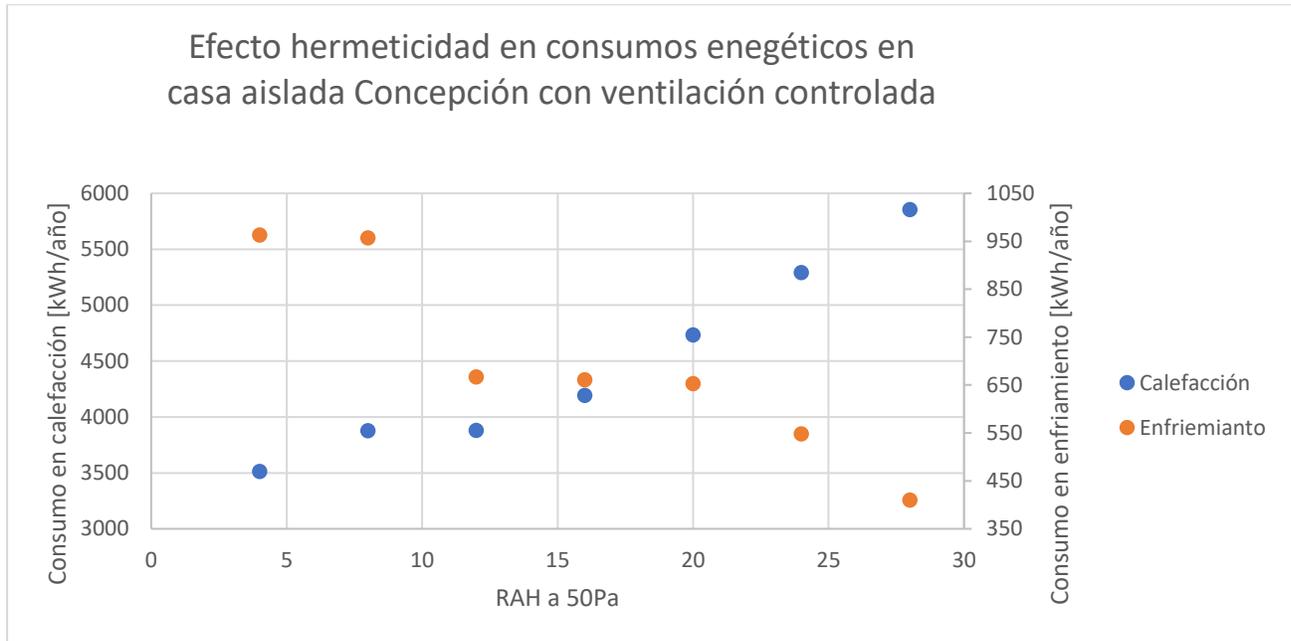


Figura 3.4 Resultados de hermeticidad en casa aislada Concepción con ventilación controlada.

A simple vista, se puede apreciar un detalle en comparación a la ventilación natural, o cuando no se tiene ventilación controlada. La demanda de calefacción baja solo para 4 RAH a 50Pa, por lo que nos indica que, si se instalara ventilación mecánica controlada, solo tiene sentido a infiltraciones muy bajas. Se verá a continuación que el comportamiento es el mismo para la vivienda aislada, vivienda pareada y departamento.

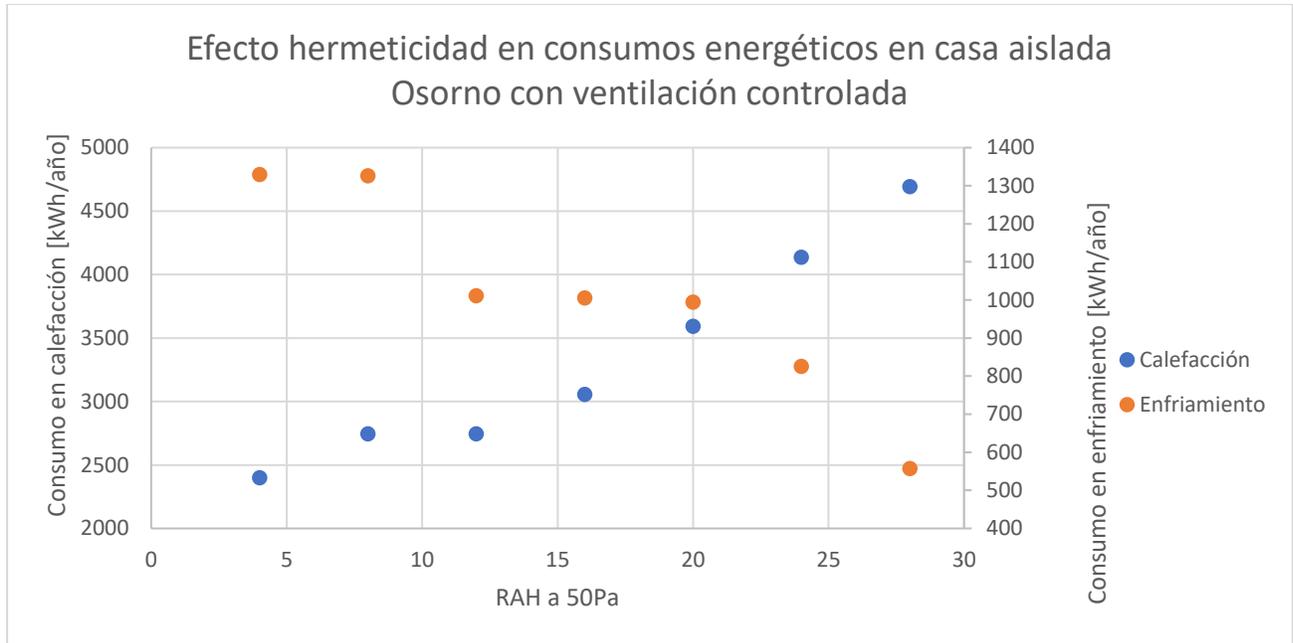


Figura 3.5 Resultados de hermeticidad en casa aislada Osorno con ventilación controlada.

De la misma manera, el consumo en enfriamiento tiene una baja después de los 8 RAH

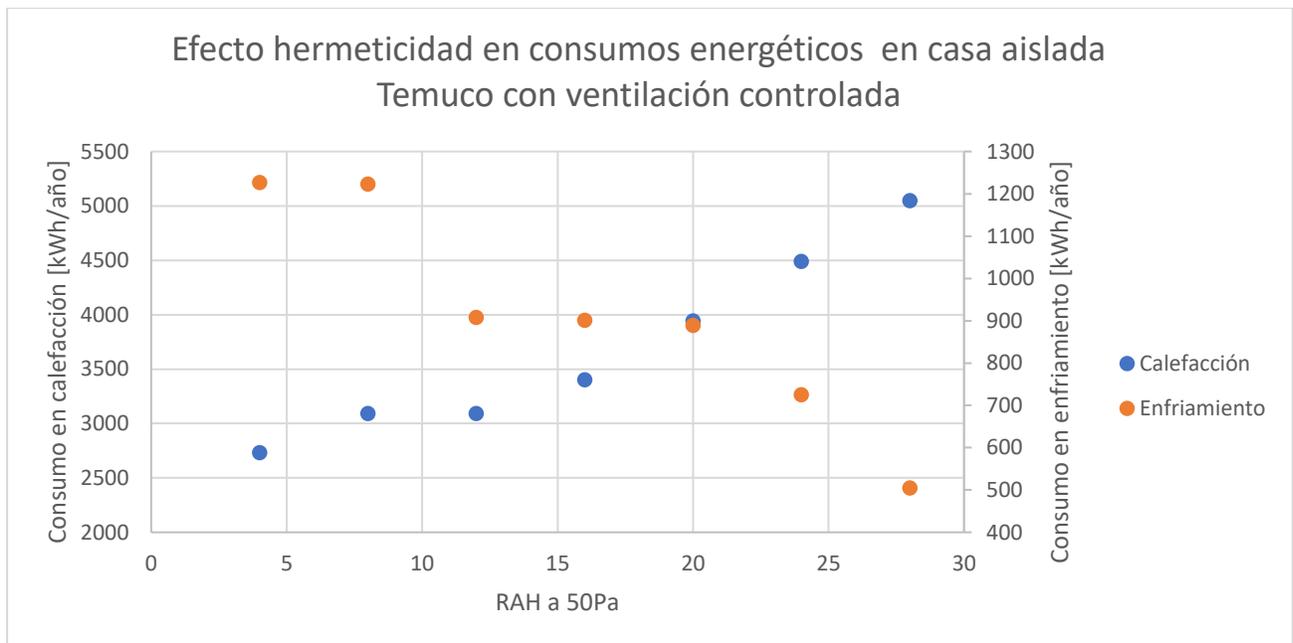


Figura 3.6 Resultados de hermeticidad en casa aislada Temuco con ventilación controlada.

3.1.3 Resultados comparativos entre ventilación controlada y sin ventilación controlada en casas aisladas.

A continuación, se presentan los resultados comparativos entre las viviendas aisladas cuando se tiene ventilación controlada y cuando no, también se le añade la opción de instalar un recuperador de calor de aire, esta curva no depende de las infiltraciones (RAH), es el valor de consumo que se obtiene al instalar el dispositivo y al tener un nivel de infiltración a 4 RAH.

Concepción

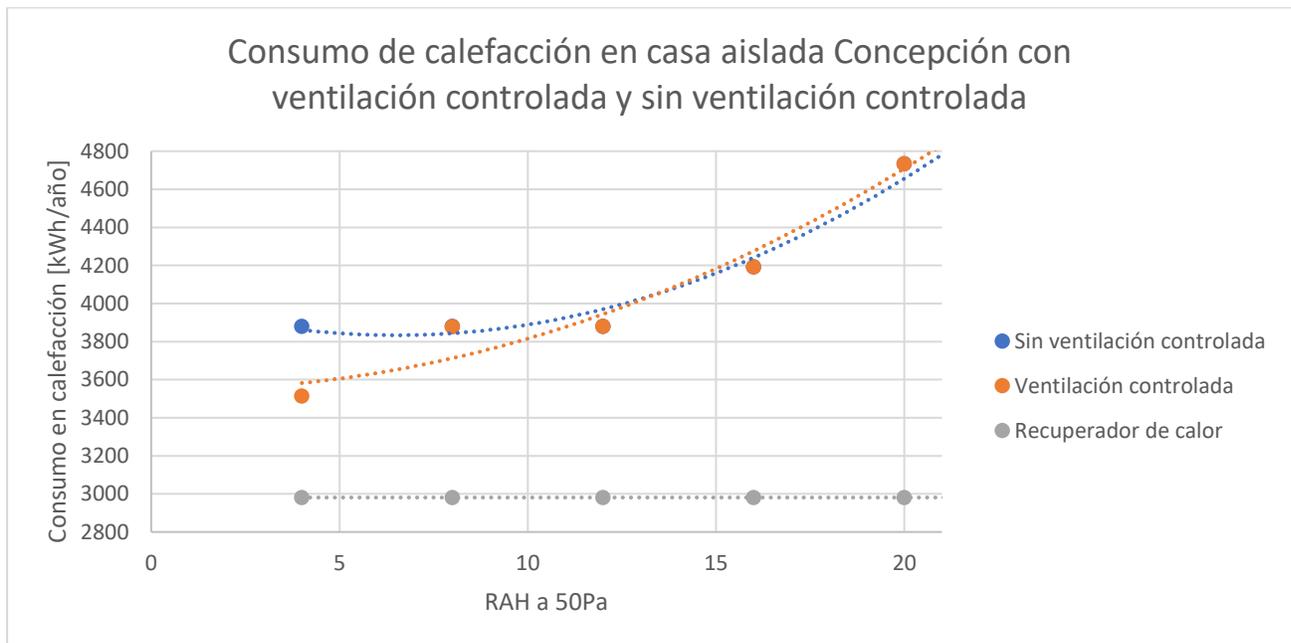


Figura 3.7 Resultados comparativos en consumo de calefacción de casa aislada Concepción.

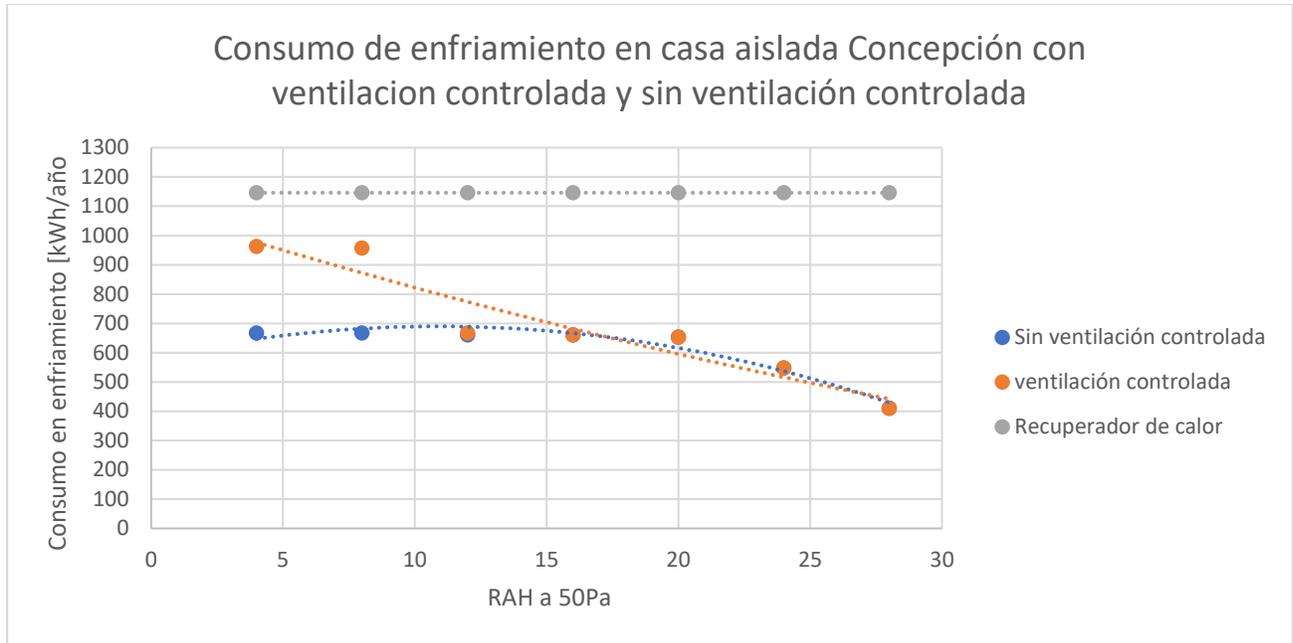


Figura 3.8 Resultados comparativos en consumo de enfriamiento en casa aislada Concepción.

Osorno

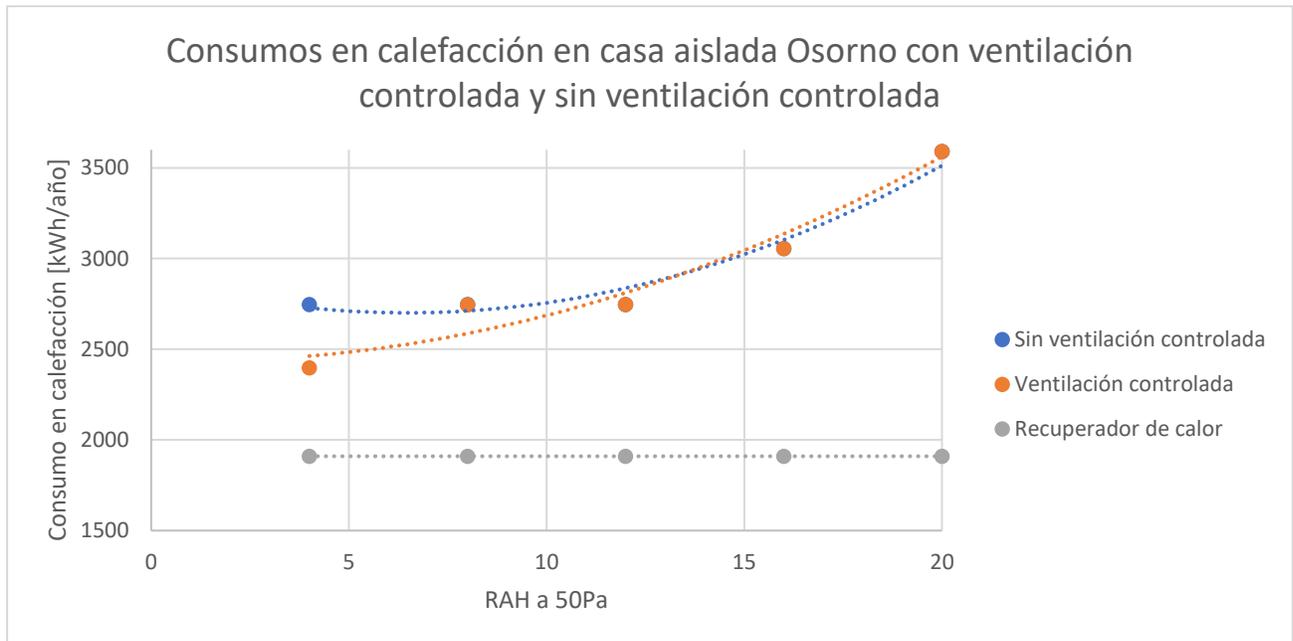


Figura 3.9 Resultados comparativos en consumo de calefacción en casa aislada Osorno.

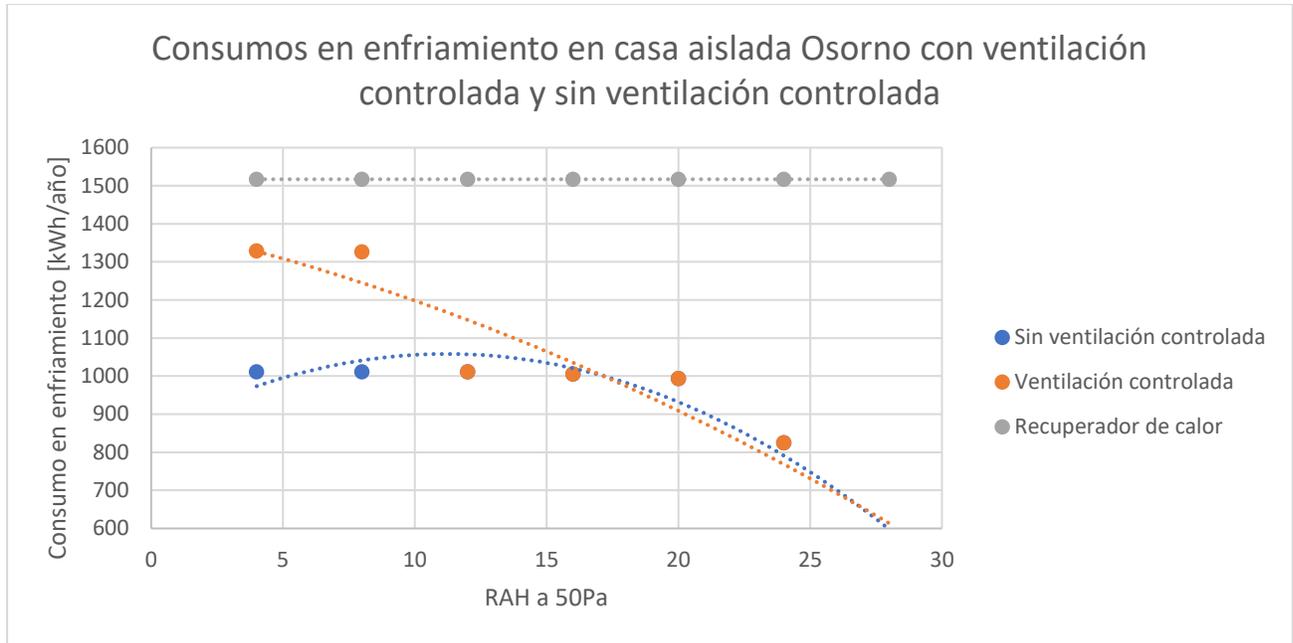


Figura 3.10 Resultados comparativos en consumo de enfriamiento en casa aislada Osorno.

Temuco

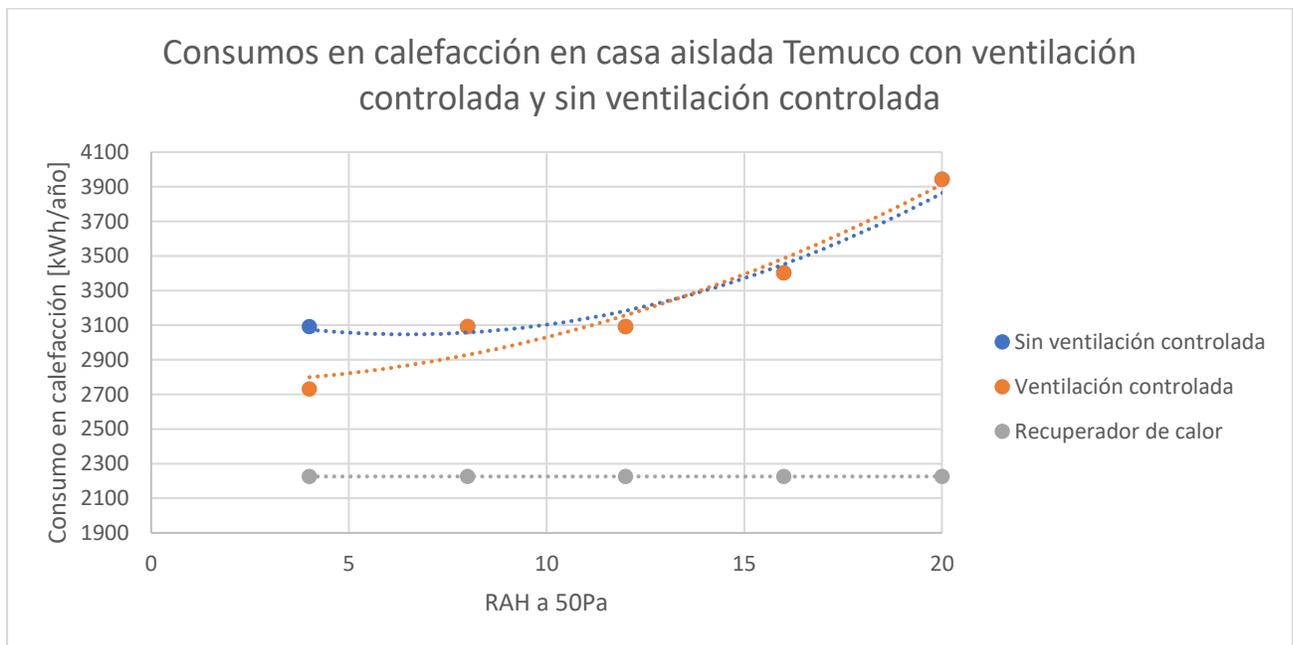


Figura 3.11 Resultados comparativos en consumo de calefacción en casa aislada Osorno.

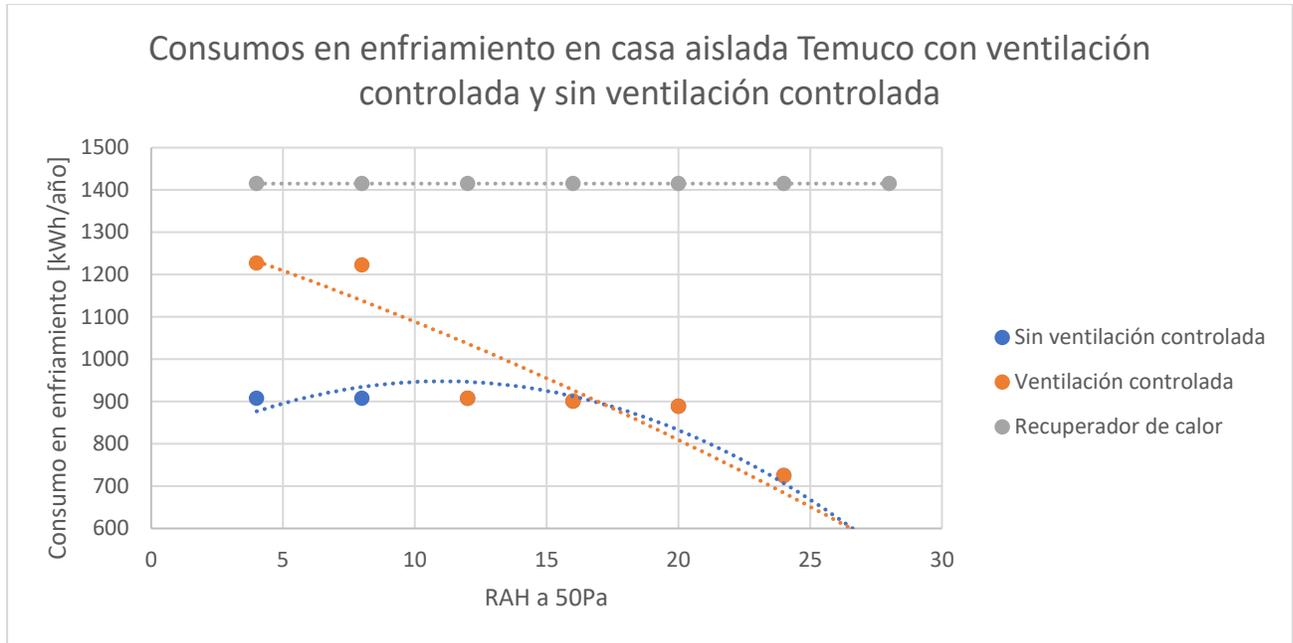


Figura 3.12 Resultados comparativos en consumo de enfriamiento en casa aislada Osorno.

3.2 Discusión de Resultados.

En primer lugar, se logra apreciar de los gráficos que indican el consumo de energía en calefacción que la demanda térmica no varía hasta pasado los 12 RAH a 50Pa, si tomamos por ejemplo la Figura 3.1, se logra visualizar que la demanda de calefacción está estancada en 3800 [kWh/año] desde los 4 hasta los 12 RAH a 50Pa desde ahí recién comienza a aumentar a medida que aumentan las infiltraciones. De la misma manera, la demanda de energía en enfriamiento tampoco varía hasta pasado los 20 RAH a 50Pa, si tomamos por ejemplo la Figura 3.2, la demanda de frío se mantiene constante en 1000 [kWh/año] hasta las 20 RAH a 50Pa. Esto responde a que debe existir una ventilación mínima para fines higiénicos, produciendo que a medida que se hermetiza más, se tendrán que realizar orificios para obtener la ventilación mínima requerida, siendo contraproducente con la hermetización, vale decir, no tiene sentido hermetizar demasiado un hogar (4-7 RAH a 50Pa), si al final del día se tendrán que necesitar más infiltraciones para obtener las renovaciones de aire necesarias para tener aire limpio en la misma vivienda.

Cuando se comparan los consumos de energía en calefacción entre mismo tipo de vivienda en las diferentes comunas escogidas para el estudio, se logra apreciar variaciones en estos consumos, si tomamos por ejemplo la Figura 3.1, 3.2 y 3.3, en el rango de 4 y 7 RAH a 50Pa se tiene que para

Concepción, se requieren de 3900 [kWh/año] mientras que en Osorno, la misma vivienda requiere cerca de 2700 [kWh/año] y Temuco necesitaría cerca de 3000[kWh/año], estas diferencias se deben, más que por la zona térmica en la que están ubicadas, a las soluciones constructivas que aplican los PDA de cada comuna. Las soluciones que proporcionan los PDA de Osorno y Temuco son más estrictas, es decir, las transmitancias térmicas máximas para cada elemento de la envolvente son más bajas que las que exige el PDA de Concepción, produciendo que las construcciones normadas según los PDA de Osorno y Temuco son más aisladas, provocando que estas viviendas requieran de menos energía en calefacción anual.

Análogamente, al comparar los consumos de energía en enfriamiento, se logra apreciar que sucede todo lo contrario al punto anterior, es decir, el consumo en enfriamiento disminuye a medida que se aumentan las aislaciones, si tomamos como ejemplo los mismos tres gráficos (Figura 3.1, 3.2 y 3.3), se logra apreciar que como máximo, Concepción necesita cerca de 650 [kWh/año], mientras que Temuco y Osorno necesitan cerca de 1000[kWh/año], esto se debe a que la baja aislación, permite que el aire frío que entra debido a las infiltraciones, ayude a temperar la vivienda en los meses de verano, y por lo tanto requiera de menos energía de enfriamiento para alcanzar la temperatura de confort, mientras que en viviendas con mejor aislación, el calor que se absorbe en verano es más estanco en la vivienda, produciendo que cueste más enfriar dicha vivienda y por lo tanto, requiera de más energía de enfriamiento. También se logra apreciar que para las casas pareadas, el consumo en enfriamiento baja demasiado respecto las otras viviendas, si tomamos como ejemplo las Figuras 3.18 y 3.27, la demanda térmica en enfriamiento para el departamento(Figura 3.18) varía entre 900 y 1500 [kWh/año], mientras que para la casa pareada (Figura 3.27), la demanda térmica de enfriamiento varía entre 160 y 210 [kWh/año] y esto se debe principalmente a que para la casa pareada solo se tiene una habitación, mientras que en el departamento se tienen 3 habitaciones, por lo tanto, se considera que en la casa pareada solo habitan 2 personas, mientras que en el departamento habitan 4 personas, también existen diferencias en el área total de construcción, el departamento tiene 60 metros cuadrados, mientras que la casa pareada solo tiene 30. Es debido a estos factores que la demanda térmica en enfriamiento dé tan bajo respecto las otras viviendas.

Si se compara el consumo de energía de calefacción en un mismo tipo de vivienda, en una misma comuna, pero con las dos formas de ventilación disponibles (sin ventilación controlada y con ventilación controlada), se logra apreciar que solo tiene sentido instalar ventilación controlada para tasas de infiltraciones menores a 12 RAH a 50Pa, dado que para infiltraciones mayores a 12 RAH, los consumos en calefacción se igualan entre las dos formas de ventilación, tomemos por ejemplo la Figura 3.11, en el gráfico se puede apreciar que las curvas se unen cerca de los 12 RAH a 50 Pa, esto sucede en todas las tipologías y en todas las comunas, en este caso, el uso de ventilación controlada nos produce una demanda térmica de 2700 [kWh/año] a 4 RAH a 50Pa, mientras que si no se instala ventilación controlada se obtiene que la misma vivienda demandará 3100 [kWh/año] a la misma tasa de infiltraciones, lo que produciría un ahorro de hasta 12,9%. En general, para todas las tipologías, el uso de ventilación controlada permitiría un ahorro de demanda térmica de entre 14% y 8% máximo según los resultados obtenidos, estos dependen de la envolvente, número de dormitorios (número de

habitantes), y área de construcción. Siempre se obtendrá el máximo ahorro en las infiltraciones más bajas (4-6 RAH a 50Pa).

De la misma manera, el consumo de energía en enfriamiento en un mismo tipo de vivienda, en una misma comuna, pero con ambas formas de ventilación, se logra apreciar un efecto similar, es decir, más allá de los 15 RAH a 50Pa, las curvas de enfriamiento de la vivienda sin ventilación controlada y con ventilación controlada se unen y no producen diferencias, sin embargo, para tasas de infiltraciones menores a 15 RAH a 50Pa, las curvas se separan, donde se logra ver que la ventilación controlada producirá un aumento en la demanda de energía en enfriamiento, veamos por ejemplo la Figura 3.24, las curvas de enfriamiento se cruzan a los 16 RAH a 50Pa, y para 4 RAH a 50Pa, se obtiene que con ventilación controlada, la demanda de enfriamiento será de 1500 [kWh/año], mientras que sin ventilación controlada, se necesitarán solo 1200 [kWh/año], ésta diferencia se produce debido a que al renovar el aire mecánicamente en verano, el aire caliente que proviene del exterior calienta el aire interior, produciendo que se necesite más demanda de frío para disminuir la temperatura del aire caliente proveniente de afuera.

El uso de recuperadores de calor en las viviendas produce ahorros entre un 30% y un 20% en el consumo de calefacción según los resultados de este estudio, veamos por ejemplo la Figura 3.31, donde el consumo de energía en calefacción a 4 RAH a 50Pa es igual a 2400 [kWh/año] mientras que con el uso de un recuperador de calor disminuye esa demanda a 1900 [kWh/año], por lo tanto, se logra un ahorro de 20,8%. Por el contrario, los recuperadores de calor en las viviendas producen un aumento de demanda energética en enfriamiento, en este estudio se registran aumentos entre 28% y 35%, si tomamos por ejemplo la Figura 3.20, se tiene que sin ventilación controlada se necesitan 1250 [kWh/año], y el uso de un recuperador de calor aumenta esta demanda a 1650 [kWh/año], produciendo un aumento de un 32% en la demanda de enfriamiento.

3.3 Resultados Departamentos

De la misma manera que se obtuvieron los resultados para la casa aislada, se han obtenido los resultados para los departamentos.

3.3.1 Consumos energéticos para departamentos sin ventilación controlada.

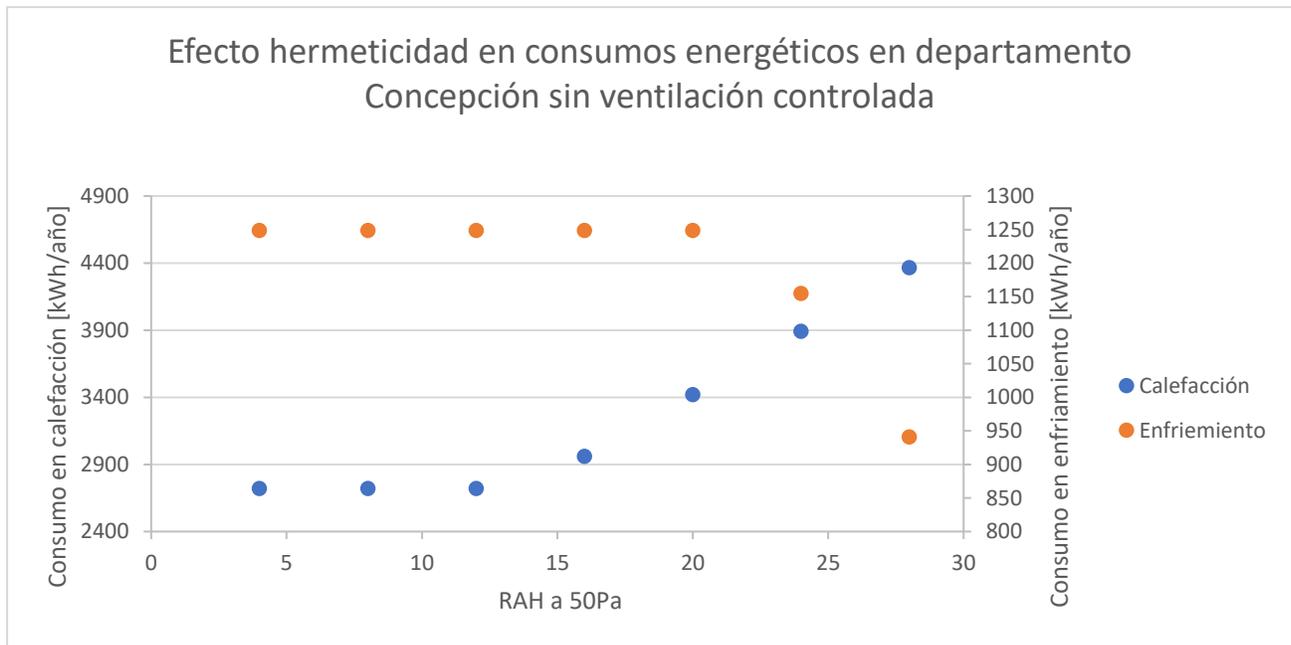


Figura 3.13 Resultados de hermeticidad en departamento Concepción sin ventilación controlada.

Para el departamento ubicado en Concepción y sin ventilación controlada se obtuvieron las siguientes curvas:

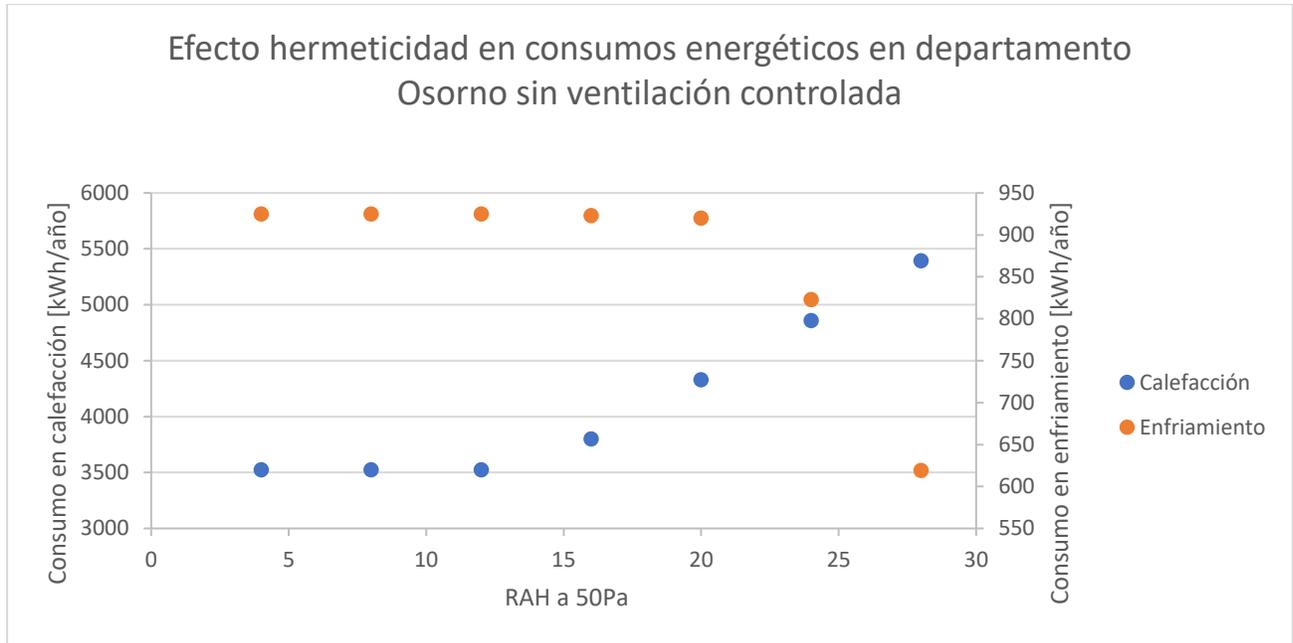


Figura 3.14 Resultados de hermeticidad en departamento Osorno sin ventilación controlada.

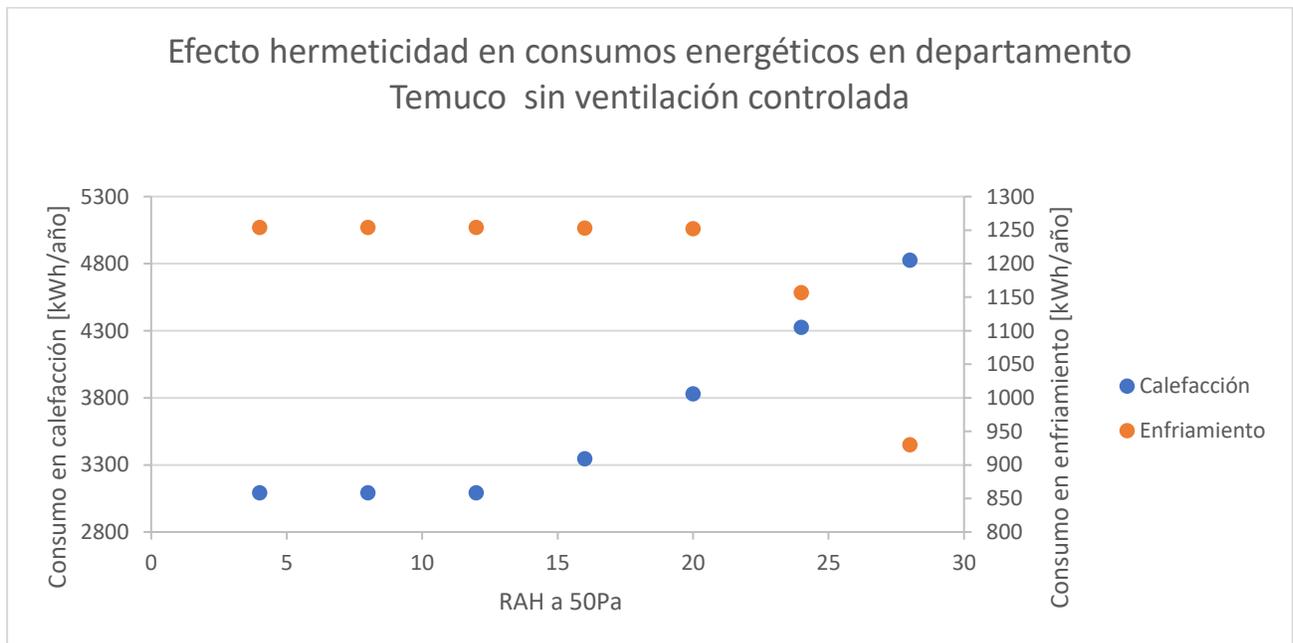


Figura 3.15 Resultados de hermeticidad en departamento Temuco sin ventilación controlada.

3.3.2 Consumos energéticos en departamentos con ventilación controlada.

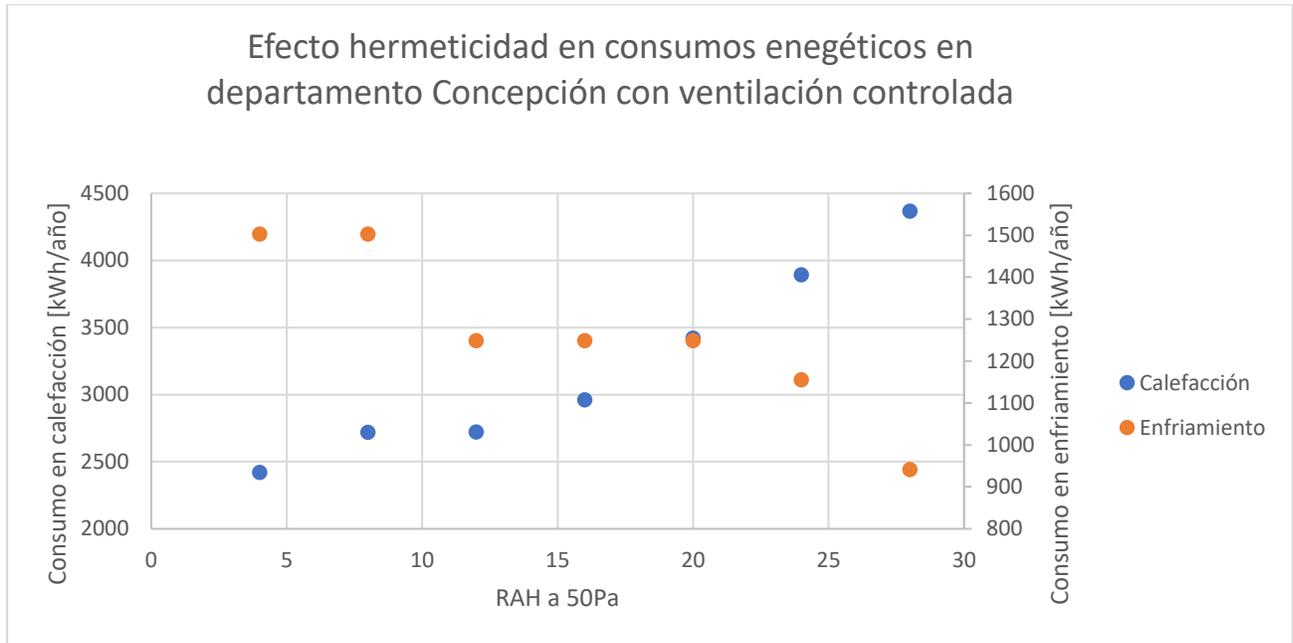


Figura 3.16 Resultados de hermeticidad en departamento Concepción con ventilación controlada.

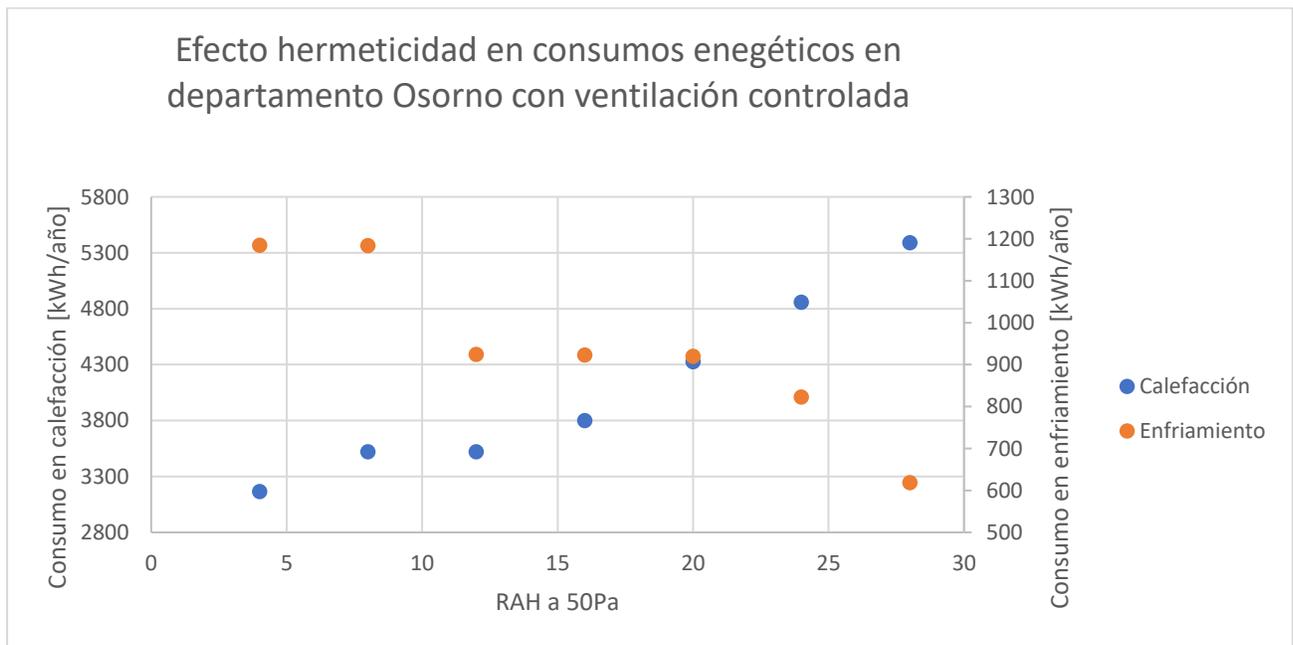


Figura 3.17 Resultados de hermeticidad en departamento Osorno con ventilación controlada.

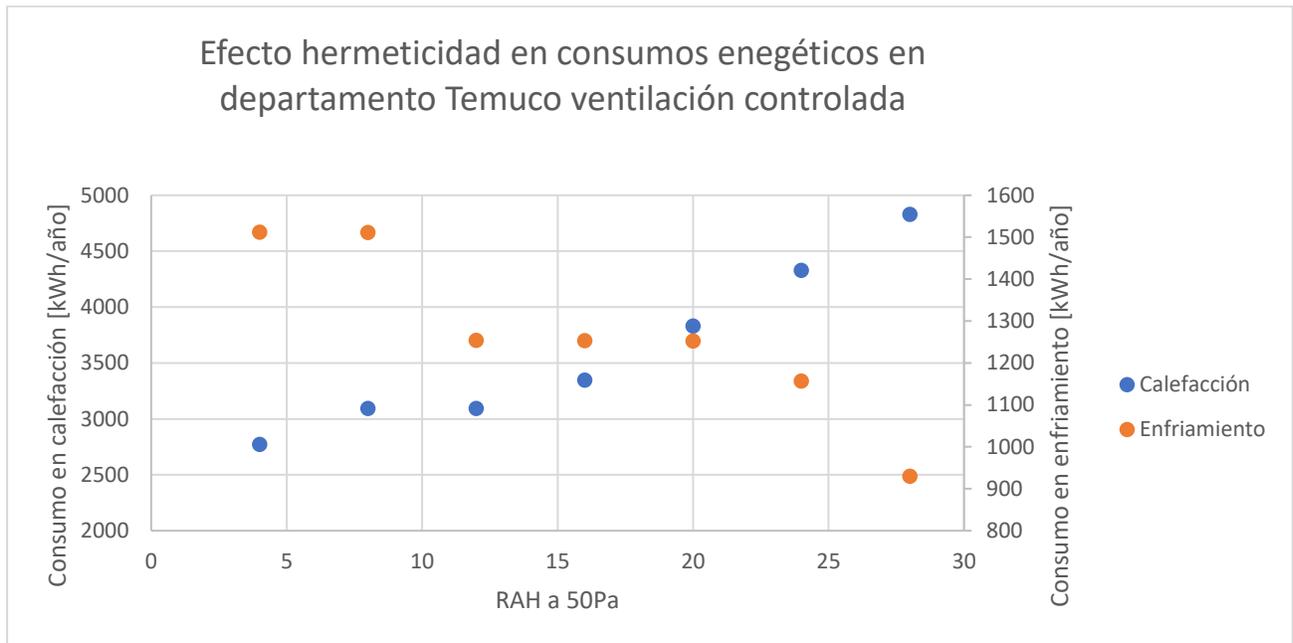


Figura 3.18 Resultados de hermeticidad en departamento Temuco con ventilación controlada.

3.3.3 Resultados comparativos entre ventilación no controlada y ventilación controlada en departamentos.

Concepción

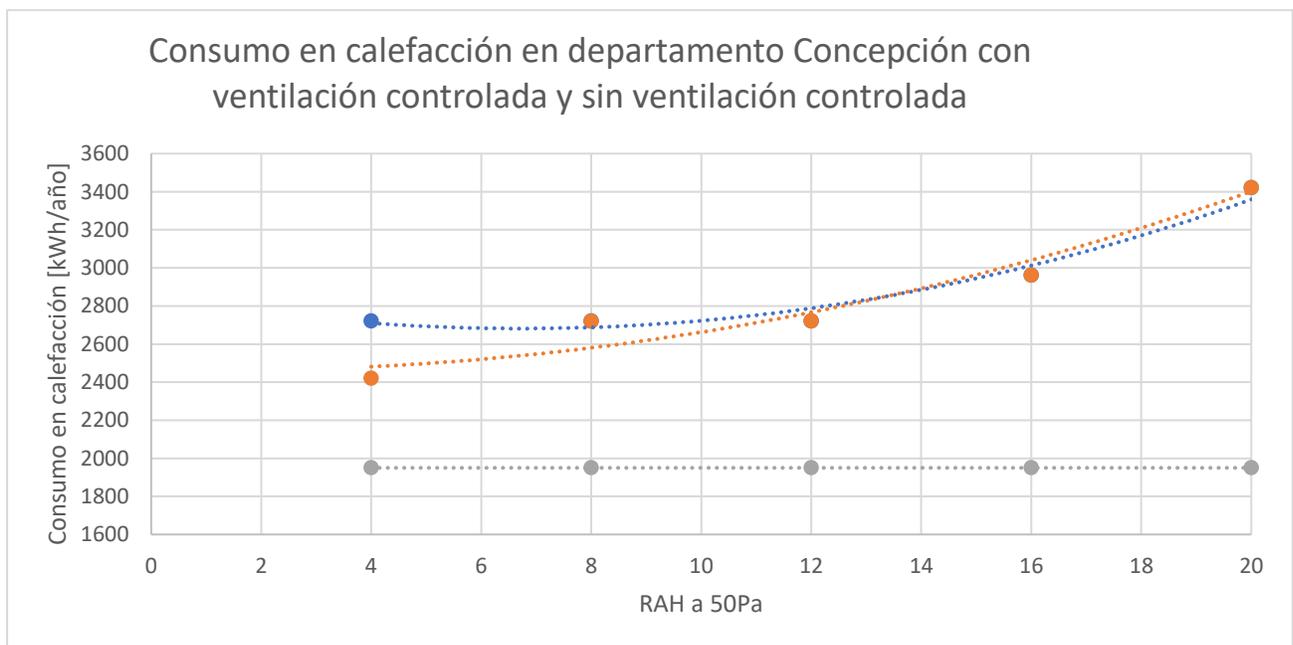


Figura 3.19 Resultados comparativos en consumo de calefacción en departamento Concepción.

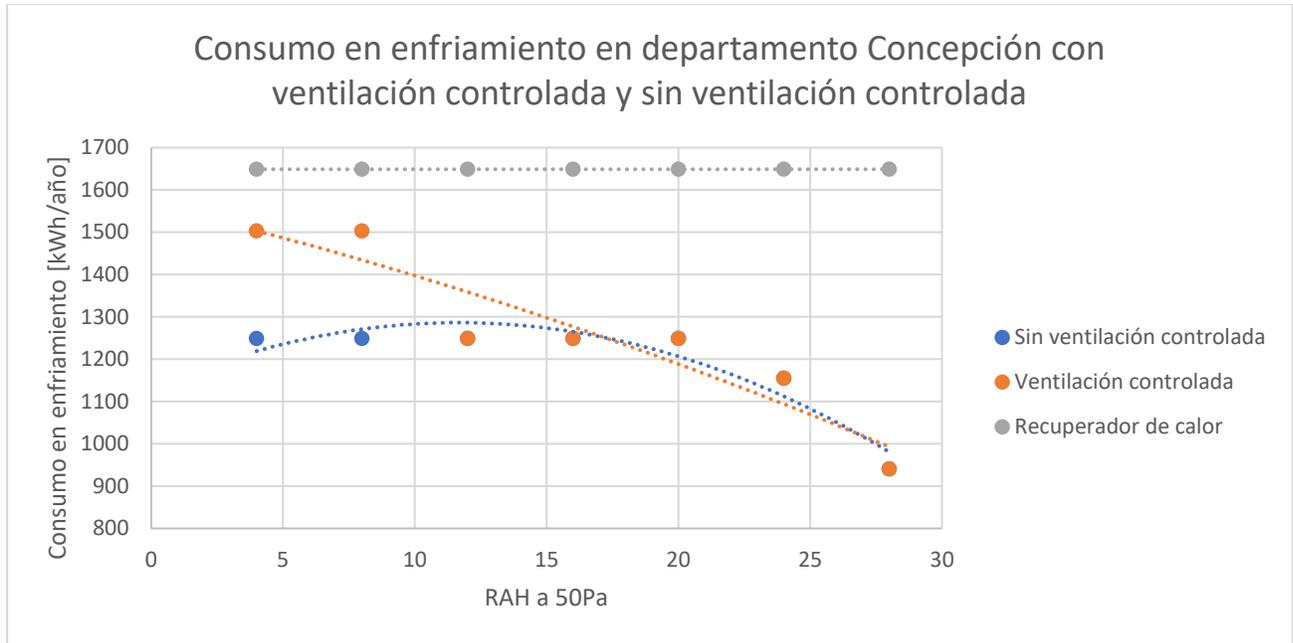


Figura 3.20 Resultados comparativos en consumo de enfriamiento en departamento Concepción.

Osorno

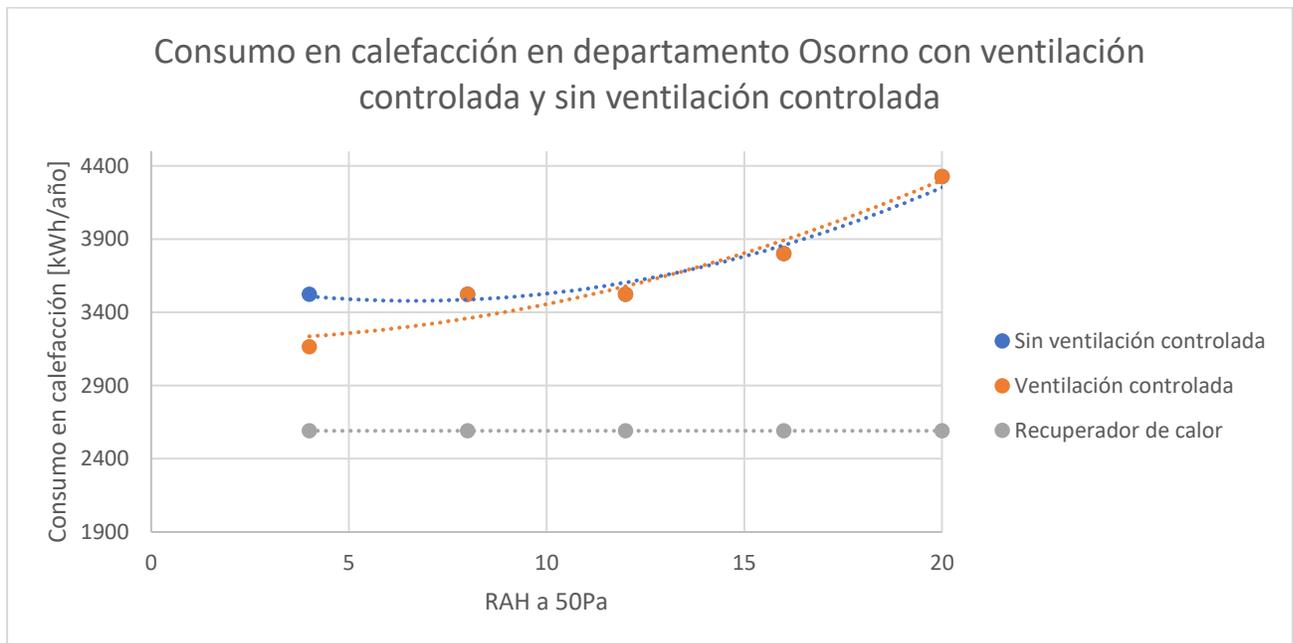


Figura 3.21 Resultados comparativos en consumo de calefacción en departamento Osorno.

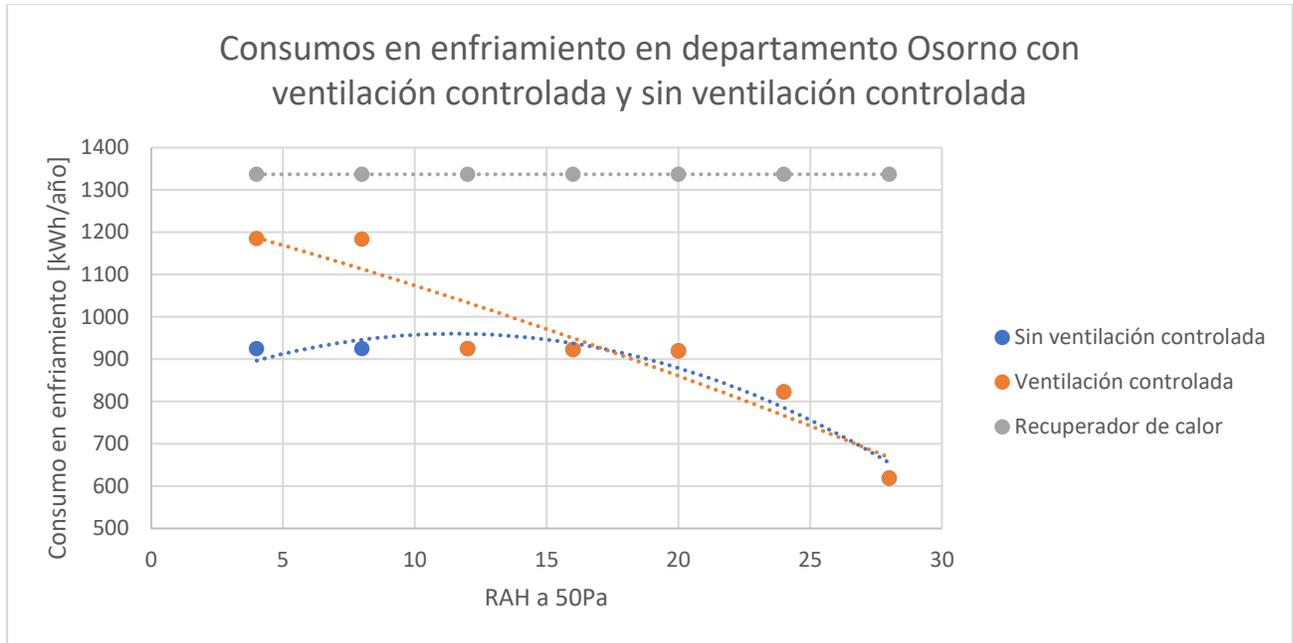


Figura 3.22 Resultados comparativos en consumo de enfriamiento en departamento Osorno.

Temuco

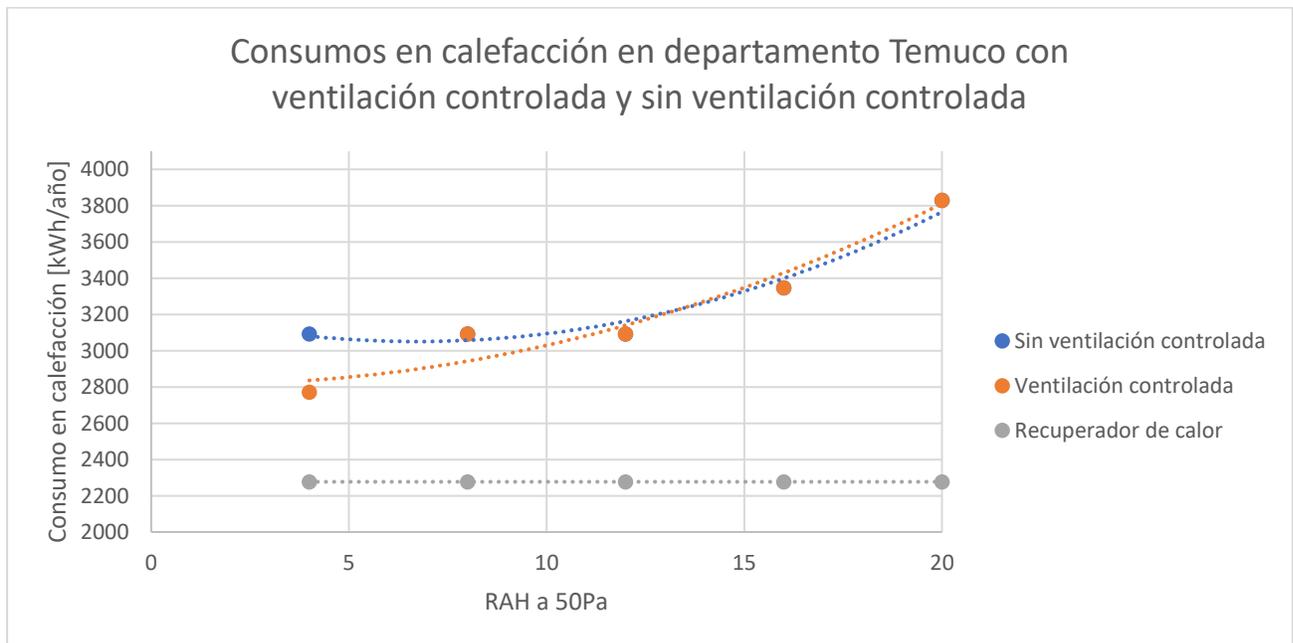


Figura 3.23 Resultados comparativos en consumo de calefacción en departamento Temuco.

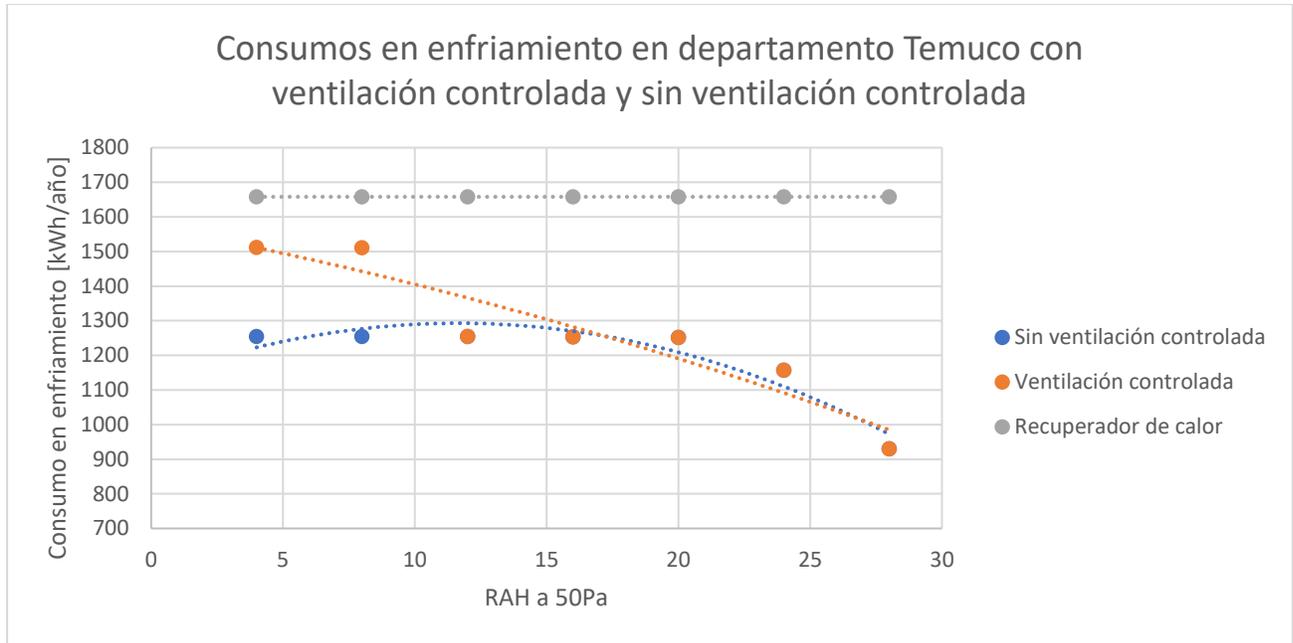


Figura 3.24 Resultados comparativos en consumo de enfriamiento en departamento Temuco.

3.4 Resultados en casa pareada.

A continuación, se presentan los resultados en las casas pareadas, todas ellas construidas según su PDA y orientadas al norte geográfico.

3.4.1 Resultados consumos energéticos en casas pareadas sin ventilación controlada.

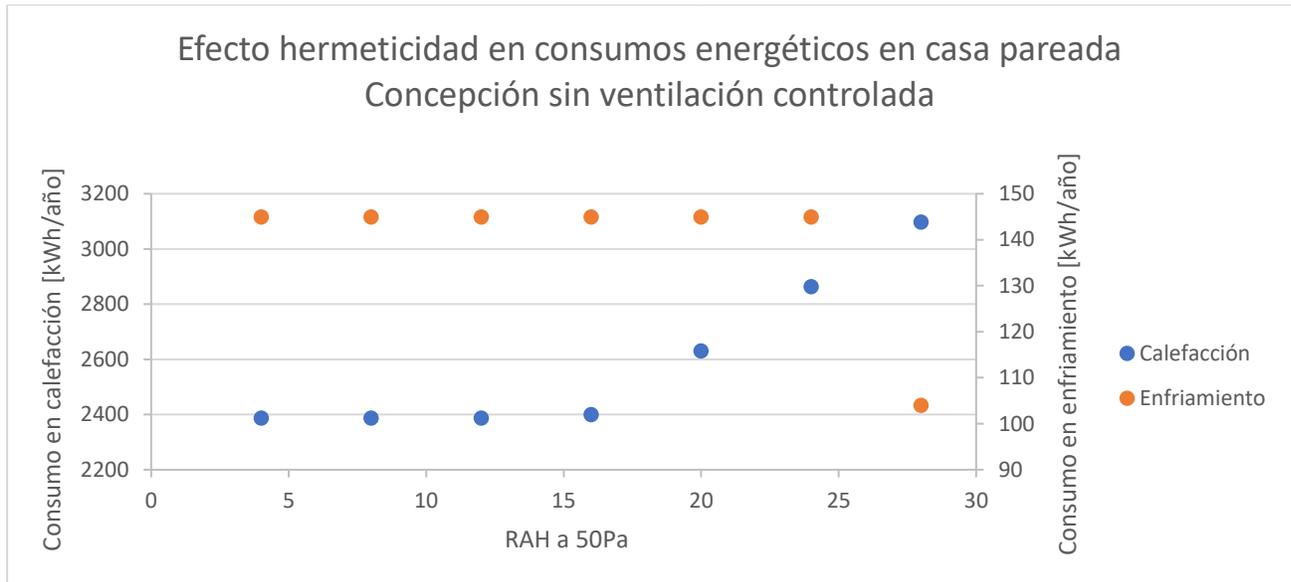


Figura 3.25 Resultados de hermeticidad en casa pareada Concepción sin ventilación controlada.

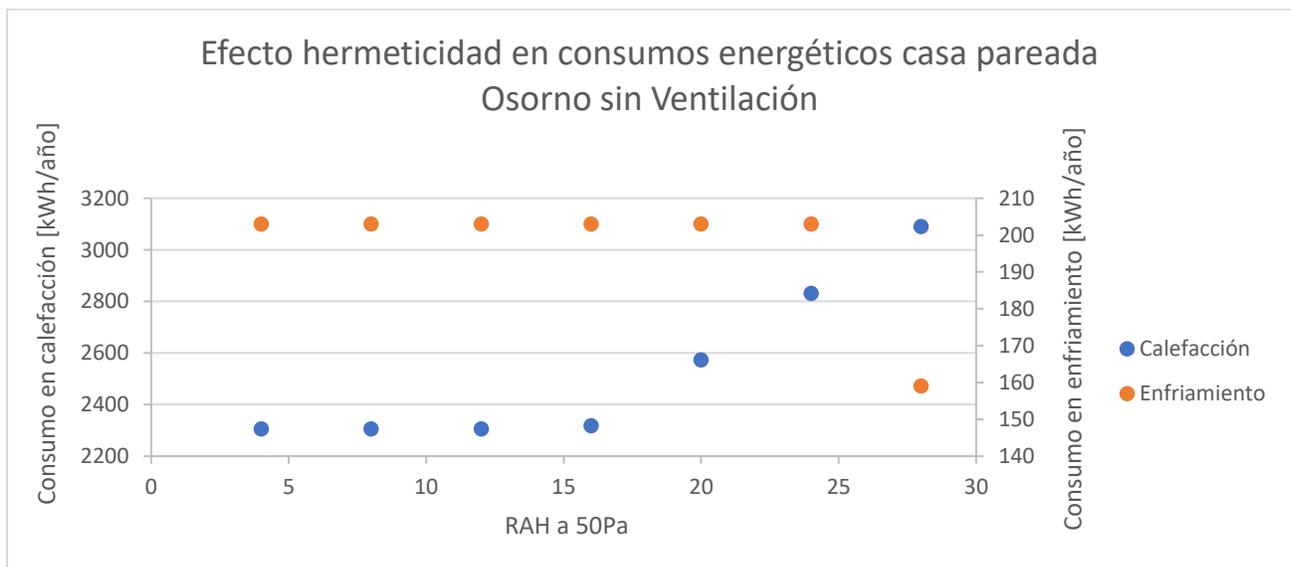


Figura 3.26 Resultados de hermeticidad en casa pareada Osorno sin ventilación controlada.

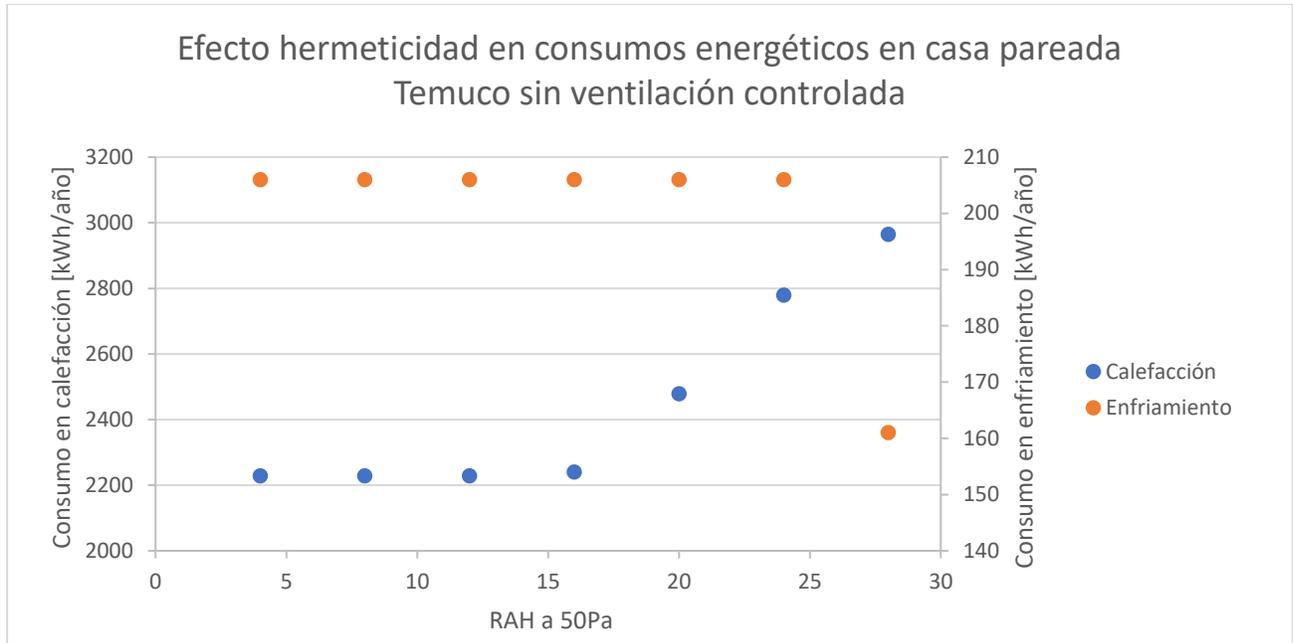


Figura 3.27 Resultados de hermeticidad en casa pareada Temuco sin ventilación controlada.

3.4.2 Resultados de consumos energéticos en casa pareada con ventilación controlada.

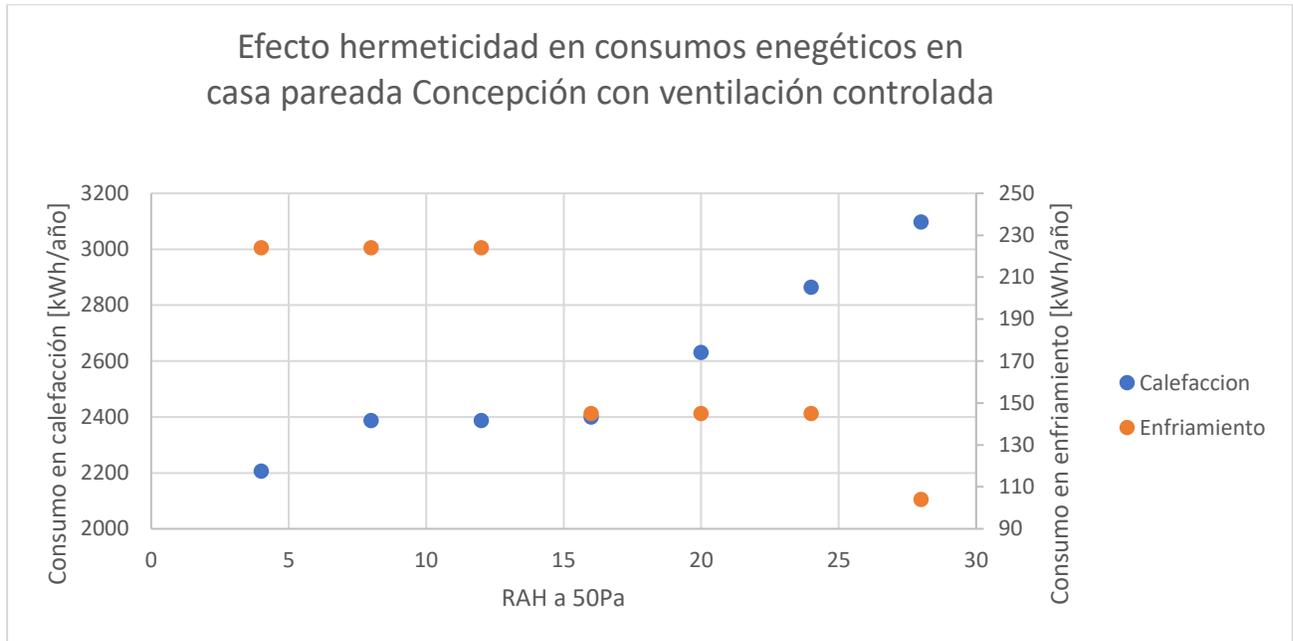


Figura 3.28 Resultados de hermeticidad en casa pareada Concepción con ventilación controlada.

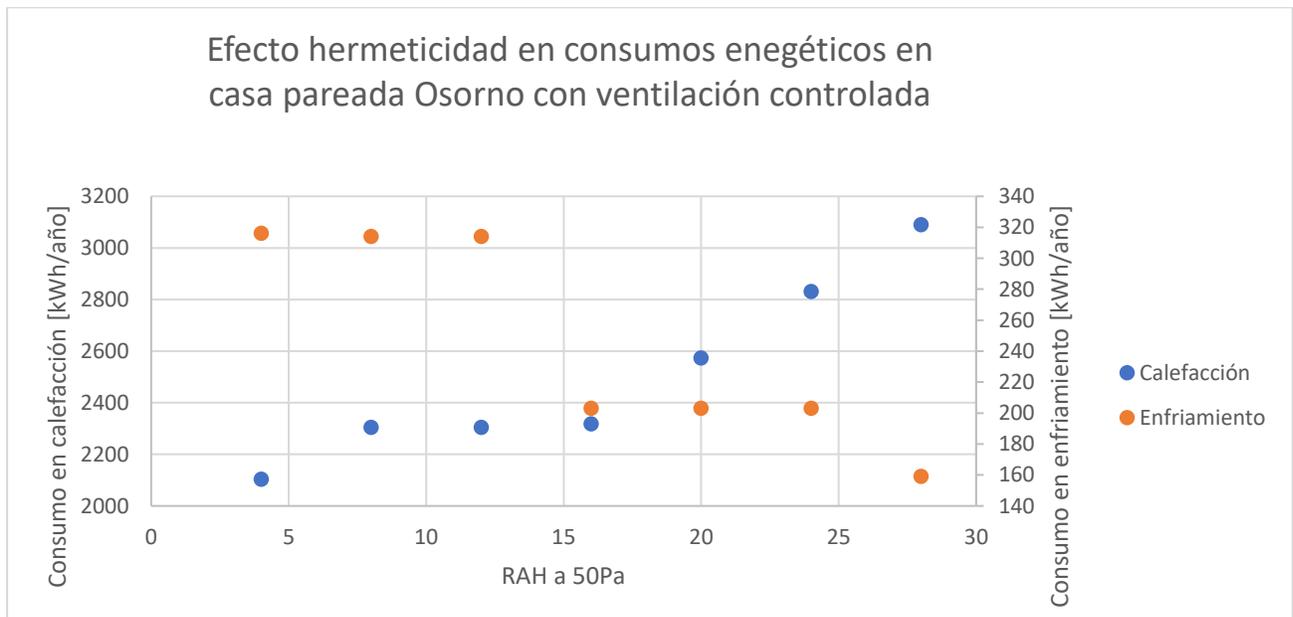


Figura 3.29 Resultados de hermeticidad en casa pareada Osorno con ventilación controlada.

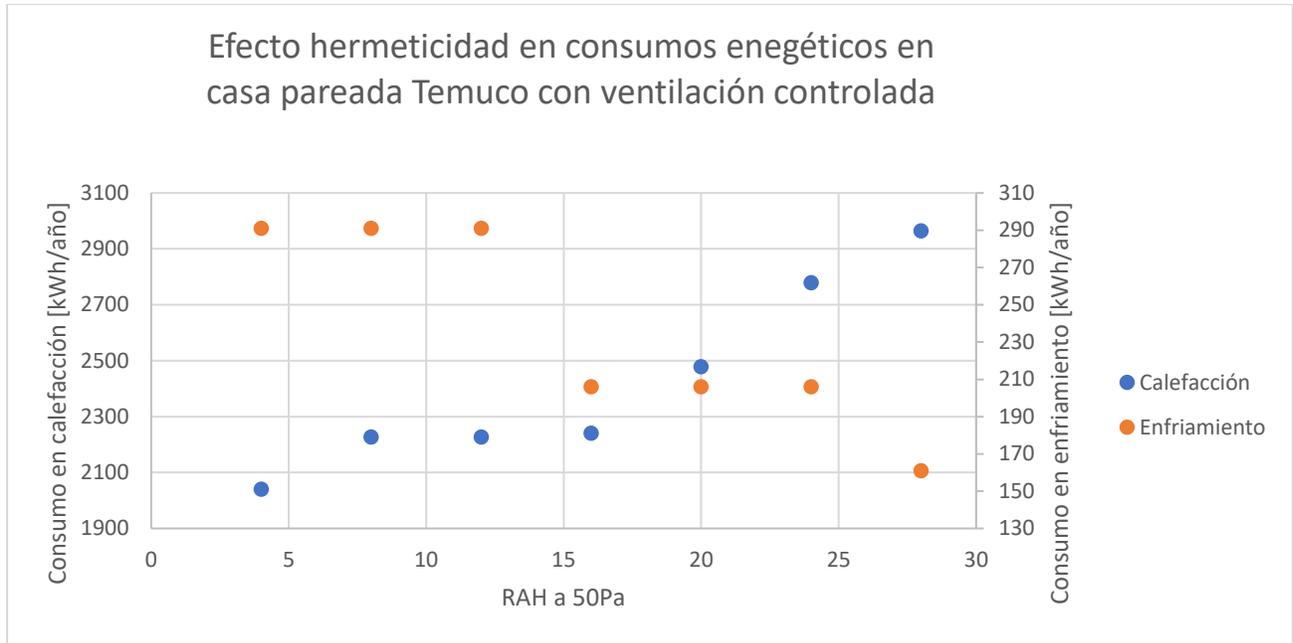


Figura 3.30 Resultados de hermeticidad en casa pareada Temuco con ventilación controlada.

3.4.3 Resultados comparativos entre ventilación no controlada y ventilación controlada en casas pareadas.

Concepción

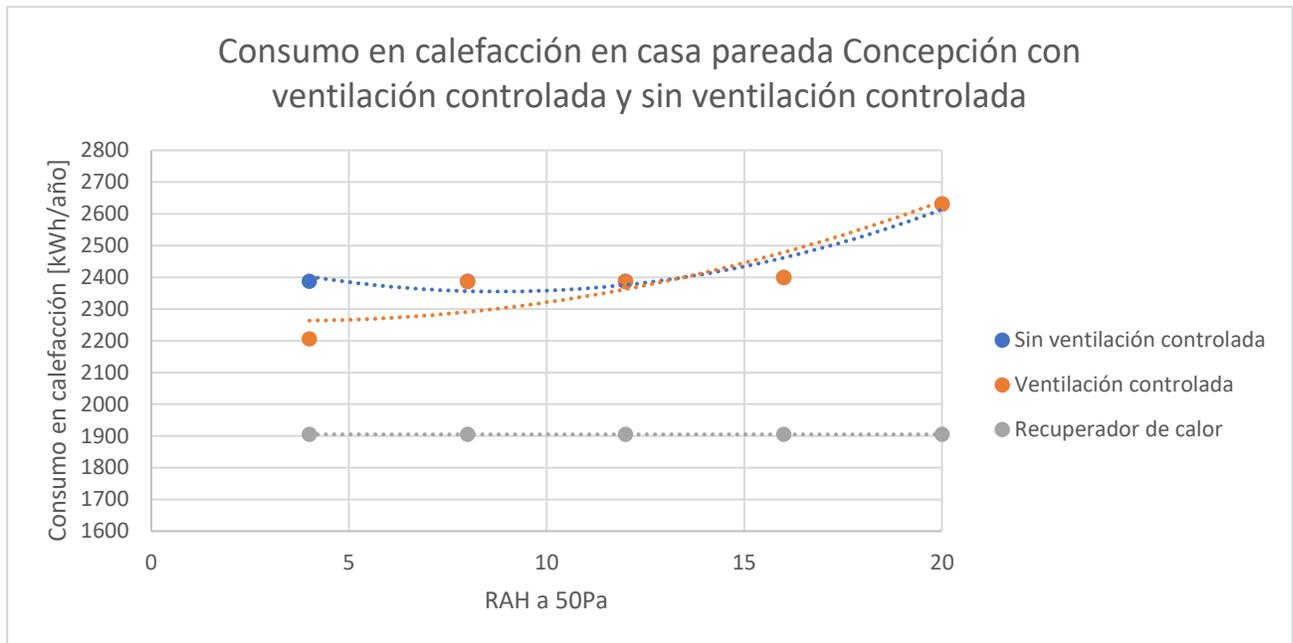


Figura 3.31 Resultados comparativos en consumo de calefacción en casa pareada Concepción.

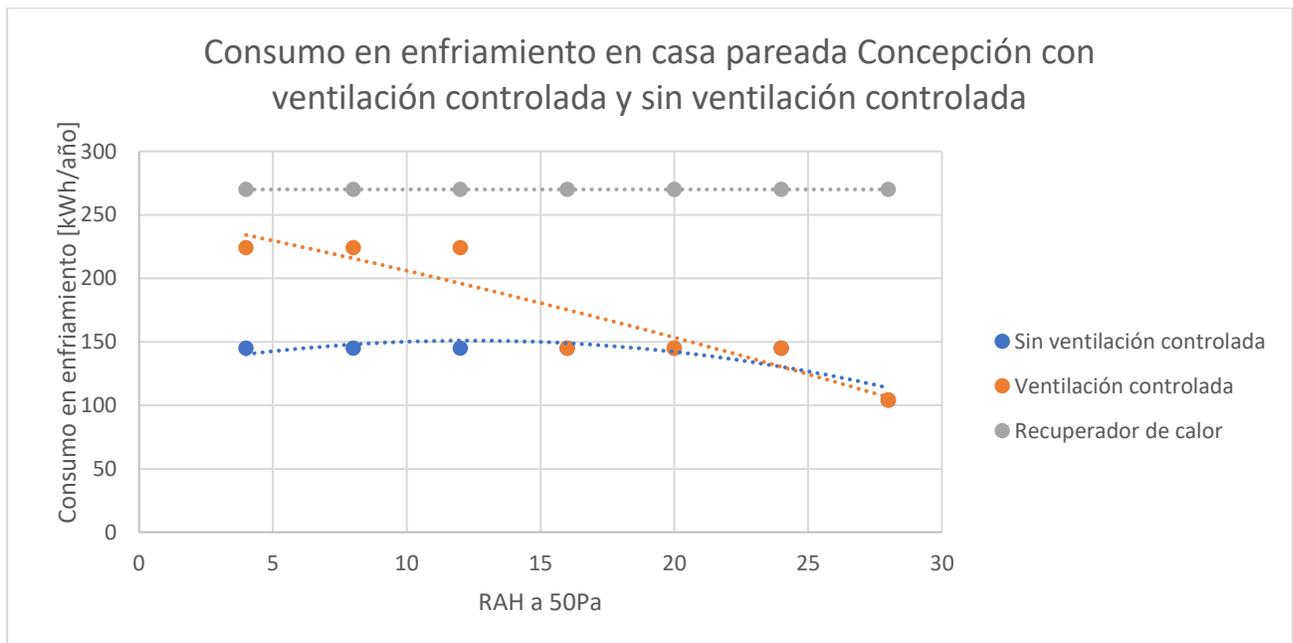


Figura 3.32 Resultados comparativos en consumo de enfriamiento en casa pareada Concepción.

Osorno

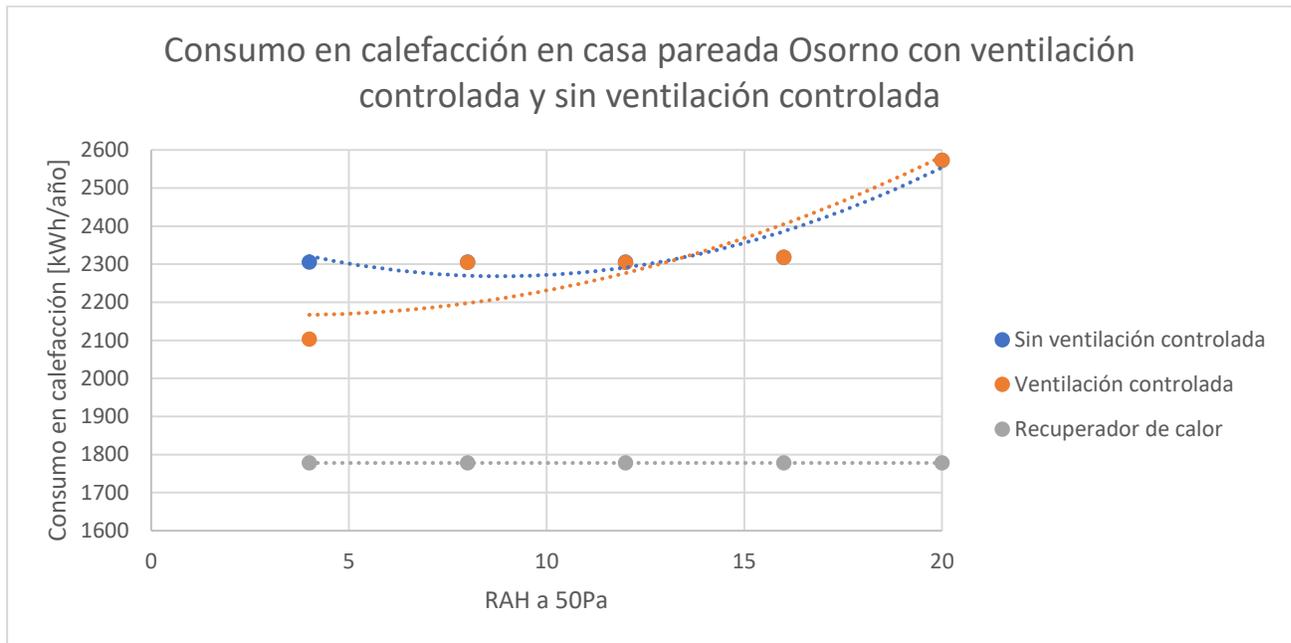


Figura 3.33 Resultados comparativos en consumo de calefacción en casa pareada Osorno.

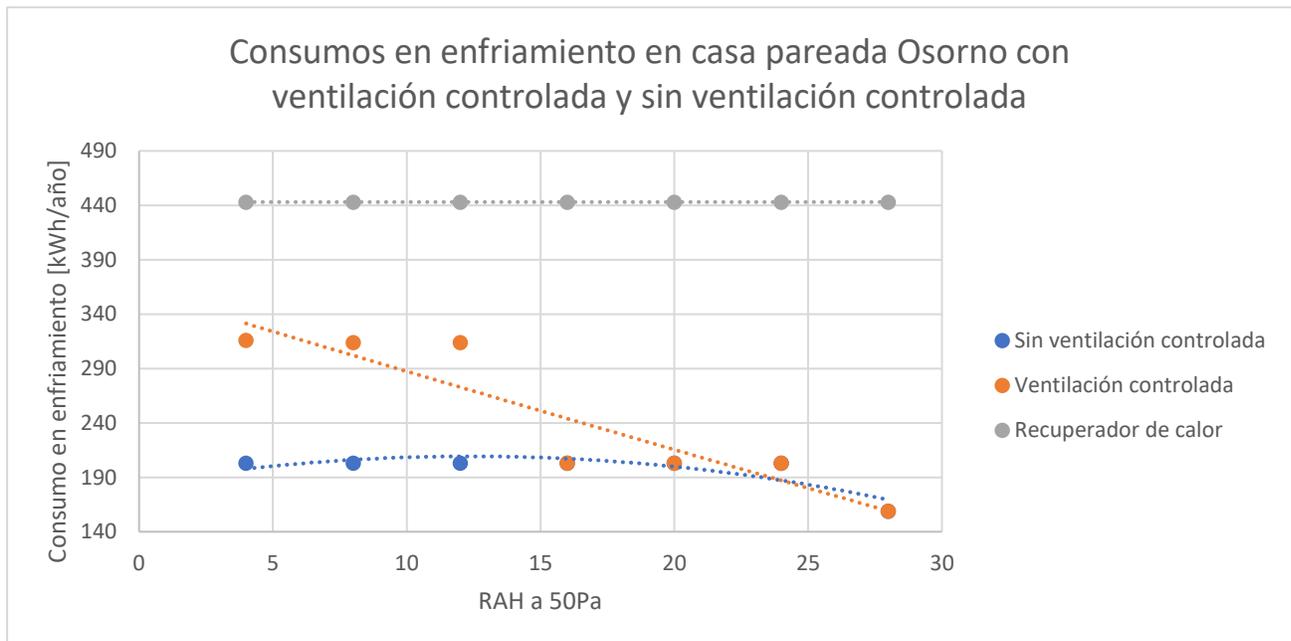


Figura 3.34 Resultados comparativos en consumo de enfriamiento en casa pareada Osorno.

Temuco

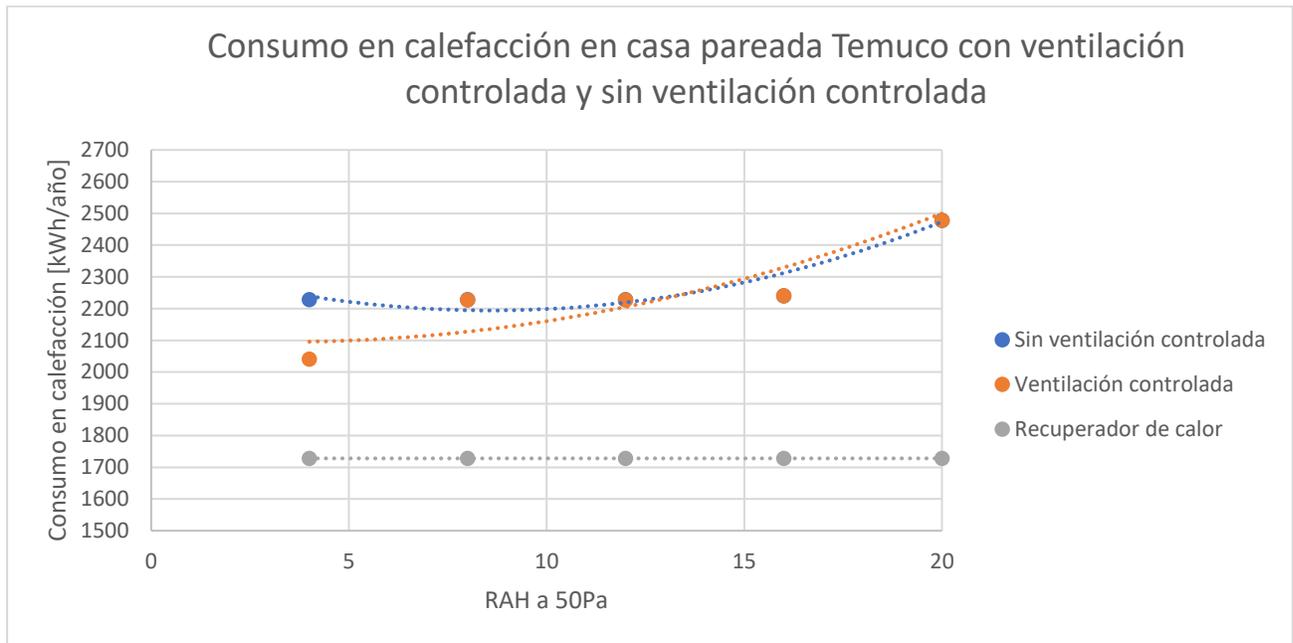


Figura 3.35 Resultados comparativos en consumo de calefacción en casa pareada Temuco.

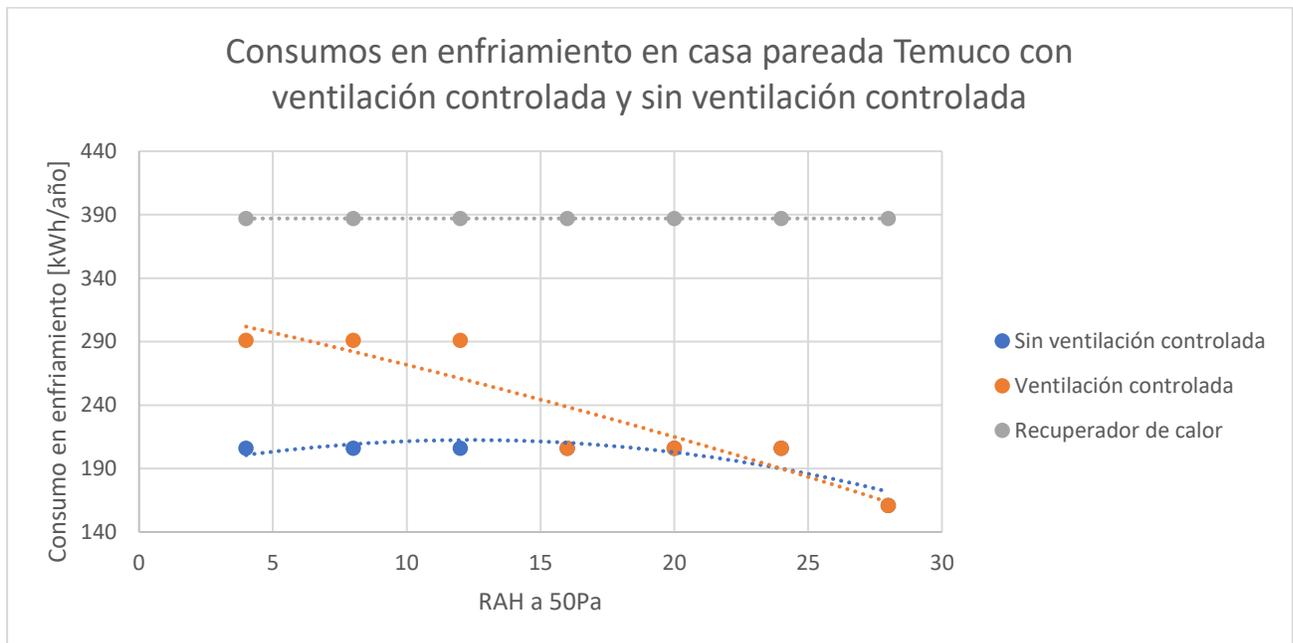


Figura 3.36 Resultados comparativos en consumo de enfriamiento en casa pareada Temuco.

CAPÍTULO 4: Conclusiones

En base a los resultados obtenidos en el presente informe se puede concluir que, respecto a la hermeticidad de la vivienda, no tiene sentido hermetizar una vivienda demasiado, por ejemplo tener 5 RAH, o 7 RAH a 50Pa, como indican los PDA de las comunas seleccionadas, no garantiza el consumo mínimo de energía, dado que las demandas térmicas de calefacción se mantienen constantes hasta las 12 RAH a 50Pa en todas las viviendas, en todas las comunas, eso es debido a que se alcanza las infiltraciones mínimas respecto al higiene, es decir, hermetizar más allá de las 12 RAH a 50 Pa, no garantizará disminuir la demanda térmica, solo garantiza que tendrá que realizar agujeros o aumentar las infiltraciones de otra manera para poder obtener las renovaciones de aire por hora mínimas desde el punto de vista higiénico. Solo tiene sentido hermetizar vivienda en niveles altos (como el estándar de los PDA) cuando se instala ventilación mecánica controlada.

Respecto al consumo en calefacción, los valores de las demandas energéticas de calefacción mejoran a medida que se mejoran las aislaciones de la envolvente, vale decir, independiente de la zona térmica en la que este ubicada una vivienda, siempre se recomendará mejorar la aislación de la vivienda, con esto se logrará bajar la curva de demanda de energía en calefacción, tal como muestra la Figura 4.1

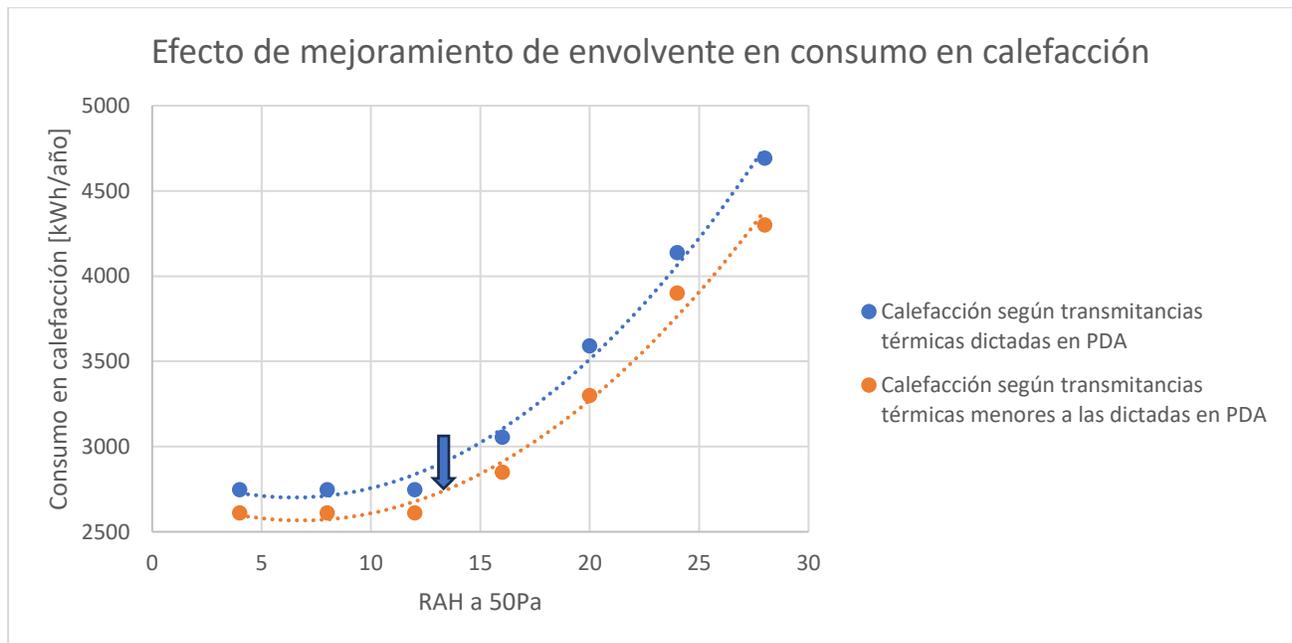


Figura 4.1 Efecto de mejoramiento de envolvente en consumo en calefacción.

Respecto a la ventilación, se recomienda la ventilación controlada solo si se tienen niveles de hermeticidad altos, esto quiere decir, que es rentable instalar ventilación controlada para tasas de infiltraciones entre 4 y 10 RAH a 50Pa, esto debido a que después de los 15 RAH a 50Pa, las curvas

de demanda en calefacción de una vivienda sin ventilación controlada y con ventilación controlada se superponen y no existe diferencias en ese rango, sin embargo, para rangos menores a 10 RAH a 50Pa, la ventilación controlada no solo produce que las demandas en calefacción bajen, sino que también permiten una ventilación mínima desde el punto de vista higiénico.

Respecto al uso de recuperadores de calor, en el mejor de los casos, si se va a utilizar ventilación controlada, se recomienda incorporar un recuperador de calor, dado que este dispositivo permite bajar las demandas en calefacción en al menos un 20% respecto de la demanda sin ventilación controlada, siempre y cuando cumpla con niveles de infiltraciones bajas (4-7 RAH a 50Pa). Este dispositivo da como resultado la cota menor de demanda de calefacción y la cota mayor en la demanda de enfriamiento, si bien el dispositivo baja la demanda en calefacción, también produce que aumente la demanda en enfriamiento, pero sabiendo que los rendimientos de los equipos de enfriamiento son bastante mejores que los de calefacción, el consumo final eléctrico no se equipara con la cantidad de combustible que se ahorrará al disminuir la demanda térmica de calor. Esto solo se cumple si se utilizan calefactores eléctricos o de combustión (kerosene, pellet..etc.), dado que si se utilizara bombas de calor el ahorro sería aún mayor, y mejor aún, si se incorporase paneles solares con la bomba de calor, entonces obtendría un rendimiento aún mayor y amigable con el medio ambiente.

Referencias

- [1] OECD Environmental Performance Reviews: Chile 2016.
- [2] El aire que respiramos [Informe a las Naciones: El aire que respiramos: pasado, presente y futuro | \(CR\)2 | Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia - CR2](#).
- [3] Estadísticas Vitales INE 2016 [vitales-2016.pdf \(ine.gob.cl\)](#).
- [4] [Pollution and health: a progress update - The Lancet Planetary Health](#).
- [5] Inmobiliaria Aconcagua Brochure [Barrio Torreones sigue creciendo con nuevas etapas en venta - Inmobiliaria Aconcagua \(iaconcagua.com\)](#)
- [6] Altura Edificio PH771 [Edificio PH771 | ALTURA \(ialtura.cl\)](#)
- [7] Casa pareada Rahue Alto, Osorno [Microsoft Word - MEMORIA TITULO.doc \(uchile.cl\)](#)
- [8] Soluciones Constructivas para muro PDA Concepción [M1-CONCEPCIÓN.pdf \(calificacionenergetica.cl\)](#)
- [9] Soluciones constructivas para muro PDA Temuco [TM-F8-SOLUCION-CONSTRUCTIVA-MURO-TABIQUERIA-MADERA-LANA-FIBRA-DE-VIDRIO.pdf \(calificacionenergetica.cl\)](#)
- [10] Soluciones constructivas para muro PDA Osorno [Ficha F2_O_2015.12.16 \(mma.gob.cl\)](#)
- [11] Plan de Descontaminación Ambiental para Concepción https://ppda.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2023/02/Decreto-6_-PPDA-Concepcion-Metropolitano.pdf
- [12] Plan de Descontaminación Ambiental para Temuco <https://ppda.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2023/04/Diario-Oficial-DS-8-PDA-PARA-LAS-COMUNAS-DE-TEMUCO-Y-PADRE-LAS-CASAS.pdf>
- [13] Plan de Descontaminación Ambiental para Osorno <https://ppda.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2020/03/DS-47-2016-Establece-plan-de-descontaminacion-atmosferica-para-la-comuna-de-osorno.pdf>
- [14] Solucion constructiva para techo Concepción [T1-CONCEPCIÓN.pdf \(calificacionenergetica.cl\)](#)
- [15] Solucion constructiva para techo Temuco [TM-F10-Techumbre-con-cercha-lana-fibra-de-vidrio.pdf \(calificacionenergetica.cl\)](#)
- [16] Solucion constructiva para techo Osorno [Ficha F10_O_2015.12.16 \(mma.gob.cl\)](#)
- [17] Solución constructiva para piso ventilado Concepción [PV1-CONCEPCIÓN.pdf \(calificacionenergetica.cl\)](#)
- [18] Solución constructiva para piso ventilado Temuco [TM-F12-SOLUCION-CONSTRUCTIVA-PISO-VENTILADO-LANA-FIBRA-DE-VIDRIO.pdf \(calificacionenergetica.cl\)](#)
- [19] Solución constructiva para piso ventilado Osorno [Ficha F14_O_2016.05.06 \(calificacionenergetica.cl\)](#)
- [20] [Ventilación forzada en viviendas ¿qué es y cómo funciona? - caloryfrio.com](#)
- [21] [Sistemas de ventilación - Siber \(siberzone.es\)](#)

[22] [cf-cronembold_sl.pdf \(uchile.cl\)](#)

[23] [Ventilación mecánica en viviendas https://www.caloryfrio.com/aire-acondicionado/ventilacion/ventilacion-mecanica-controlada-infografia.html#:~:text=La%20ventilaci%C3%B3n%20mec%C3%A1nica%20controlada%2C%20VMC,la%20calidad%20del%20aire%20interior.](https://www.caloryfrio.com/aire-acondicionado/ventilacion/ventilacion-mecanica-controlada-infografia.html#:~:text=La%20ventilaci%C3%B3n%20mec%C3%A1nica%20controlada%2C%20VMC,la%20calidad%20del%20aire%20interior.)

Anexo A: Tablas de valores de la CEV.

Antigüedad	Ladrillo hecho a maquina $\left[\frac{kW}{m^2K}\right]$	Ladrillo artesanal $\left[\frac{kW}{m^2K}\right]$	Adobe $\left[\frac{kW}{m^2K}\right]$	Tabla fibra de madera $\left[\frac{kW}{m^2K}\right]$
1 a 10	NCh 853	NCh 853	NCh 853	NCh 853
11 a 15	0,88	0,54	0,9	0,25
16 a 20	1,51	0,66	0,9	0,28
21 o más	1,69	0,76	0,9	0,28

Tabla A1: Transmitancias térmicas de las murallas según material de construcción