



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias de la Ingeniería

Escuela de Ingeniería en Construcción

“ESTUDIO Y ANÁLISIS COMPARATIVO DE SISTEMAS DE
CALEFACCIÓN EN VIVIENDAS DEL PROYECTO
INMOBILIARIO PARQUE TORREONES DE LA
INMOBILIARIA MARTABID, VALDIVIA”

Tesis para optar al título de:
Ingeniero Constructor

Profesor Guía:
Sr. Rubén Seguel Vidal.
Ingeniero Constructor,
Licenciado en Ciencias de la Construcción
Diplomado en Eficiencia Energética y
Calidad Ambiental en la Edificación

JEAN PAUL DRIEN GUERRA
VALDIVIA – CHILE
2015

AGRADECIMIENTOS.

A mi familia, amigas y amigos, compañeros en general, así como a los profesores y funcionarios, que de una u otra manera nos han entregado herramientas para desarrollar habilidades que en un futuro serán útiles para la construcción de una sociedad mejor.

ÍNDICE DE CONTENIDOS.

CONTENIDOS.

1	CAPÍTULO I.....	1
	INTRODUCCIÓN.	1
	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
	JUSTIFICACIÓN.....	3
	OBJETIVOS	4
	METODOLOGÍA	5
2	CAPÍTULO II.....	7
2	PRESENTACION DE LAS VIVIENDAS.....	7
2.1	Características de las viviendas.	7
2.1.1	Localización de las viviendas.....	7
2.1.2	Detalles técnicos de la vivienda.....	8
2.2	Normativa térmica.	14
2.3	Normativa de calefacción.	18
3	CAPÍTULO III.....	19
	CALCULO TEORICO DE LA DEMANDA ENERGETICA.....	19
3.1	Determinar la cantidad de energía para calefacción de las viviendas.....	19
3.1.1	Descripción del programa utilizado.	19
3.1.2	Descripción del método para el cálculo teórico.	20
3.1.3	Descripción del procedimiento realizado por el programa.	26
4	CAPÍTULO IV.....	31
	DESCRIPCIÓN TEÓRICA DEL SISTEMA DE CALEFACCIÓN Y ANÁLISIS DE COSTOS.	31
4.1	Descripción del sistema de calefacción a pellet.....	31
4.1.1	Combustible.	31
4.1.2	Combustión.....	31
4.1.3	Distribución y comercialización:.....	32
4.1.4	Tecnologías disponibles:	32

4.1.5	Características de las estufas a pellets.	32
4.1.6	Funcionamiento del sistema de calefacción a pellet.....	33
4.2	Descripción del sistema de calefacción a combustión lenta.	34
4.2.1	Combustible.	34
4.2.2	Comercialización.....	34
4.2.3	Distribución.	35
4.2.4	Tecnologías disponibles.	35
4.2.5	Características de calefactores de doble combustión del mercado actual.	36
4.3	Descripción general de los sistemas de calefacción, a gas, parafina y eléctrico.	38
4.3.1	Sistema de calefacción a gas.	38
4.3.2	Sistema de calefacción a parafina.	40
4.3.3	Sistema de calefacción a electricidad.....	41
4.4	Análisis de costos de los sistemas de calefacción.	43
4.4.1	Costo y costos asociados del sistema de calefacción a pellet.	43
4.4.2	Costo y costos asociados del sistema de calefacción a combustión lenta.	45
4.4.3	Costo y costos asociados de otros sistemas de calefacción, a parafina, gas y eléctricas.	47
5	CAPÍTULO V.....	54
	PRESENTACION DE CASOS REALES ATRAVES DE ENCUESTAS REALIZADAS.	54
5.1	Población y muestras.	54
5.1.1	Delimitación de la población.	54
5.1.2	Selección de la muestra.	54
5.1.3	Unidad de análisis.	54
5.2	Presentación de encuestas.....	55
5.3	Análisis y resultados de encuestas.....	56
5.4	Comparación de resultados con estadísticas nacionales.....	58
6	CAPÍTULO VI.....	61

ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	61
6.1 Evaluación económica de los sistemas de calefacción estudiados.	63
6.2 Evaluación medio ambiental de los sistemas de calefacción estudiados.	67
6.3 Evaluación de satisfacción de los sistemas de calefacción estudiados.	74
6.4 Proponer solución más conveniente al problema planteado.	75
CONCLUSIONES.....	81
BIBLIOGRAFÍA	83
ANEXOS	86

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1: Mapa de zonificación climática del CCTE_v2.0 para la región de Los Ríos.	8
Figura 2: Planta emplazamiento.	9
Figura 3: Corte Esquemático Transversal.	9
Figura 4: Detalle de la unión de paneles exteriores de la vivienda Icalma....	10
Figura 5: Muestra la unión de los tabiques exteriores de la vivienda con los tabiques interiores.	11
Figura 6: Detalle envigado vivienda Icalma.	12
Figura 7: Estructura de segundo piso.	13
Figura 9: Ventana Descripción CCTE_v2.0.	27
Figura 10: Ventana BD Base de Datos CCTE_v2.0.....	28
Figura 11: Ventana Opciones CCTE_v2.0.	28
Figura 12: Ventana 3D CCTE_v2.0.....	29
Figura 13: Ventana Resultados CCTE_2.0.....	30
Figura 14: Estufa a pellets.	33
Figura 15: Esquema de una estufa de doble combustión nacional típica.....	37
Figura 17: Importación de estufas a pellet desde el 2008 hasta el 2012.....	45

Figura 18: Valores máximos y mínimos del consumo anual según demanda de la vivienda Icalma.....	66
Figura 19: Concentraciones anuales de MP10 y superación de la norma ambiental en distintas ciudades del país.	69
Figura 20: Episodios críticos por emisiones de MP2.5 en ciudades del país.	70
Figura 21: Emisiones intradomiciliarias de MP10 y MP2.5 de estufas.	72
Figura 22: Satisfacción de propietarios.....	75
Figura 23: Costo de mantenimiento de los distintos sistemas de calefacción evaluados.	76
Figura 24: Costo de instalación y/o asociado de los distintos sistemas de calefacción evaluados.....	77
Figura 25: Valores anuales de funcionamiento de las estufas seleccionadas, evaluado a cuatro años de funcionamiento.....	78
Figura 26: Emisión de MP2.5 en función del tiempo de los distintos sistemas de calefacción.	78

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1: Cuadro resumen de la cantidad de ventanas existentes en la vivienda.	14
Tabla 2: Transmitancia térmica exigida por la OGUC.	15
Tabla 3: % máximo de superficie vidriada respecto a paramentos verticales.	17
Tabla 4: Límites máximos de emisión de material particulado según potencia del artefacto.	18
Tabla 5: Transmitancia térmica lineal, según aislación del piso considerado.	23
Tabla 6: Resistencias térmicas superficiales de cerramiento en contacto con el aire exterior en m ² K/W.	25
Tabla 7: Configuración paramento vertical de la envolvente térmica, vivienda Icalma.	26
Tabla 8: Resumen de transmitancias, vivienda Icalma.	26
Tabla 9: Valores anuales entregado por software CCTE_v2.0.	30
Tabla 10: Características de pellets según normativa internacional.	31
Tabla 11: Características de estufas a pellet seleccionadas para el estudio.	43
Tabla 12: Costo asociado para el sistema de calefacción a pellets.	44

Tabla 13: Características estufas a pellets.....	44
Tabla 14: Características estufas a leña seleccionadas para el estudio.....	46
Tabla 15: Costo asociado para el sistema de calefacción a leña.....	46
Tabla 16: Características estufas a leña.	47
Tabla 17: Características estufas a gas seleccionadas para el estudio.	48
Tabla 18: Costo asociado para el sistema de calefacción a gas.	48
Tabla 19: Características estufas a gas.....	49
Tabla 20: Características estufas a parafina seleccionadas para el estudio.	49
Tabla 21: Costo asociado del sistema de calefacción a parafina.	50
Tabla 22: Características estufas a parafina.	50
Tabla 23: Características estufas eléctricas seleccionadas para el estudio.	50
Tabla 24: Características estufas eléctricas.	51
Tabla 25: Costo por hora de funcionamiento de las distintas estufas seleccionadas según su consumo.	52
Tabla 26: Costo de mantenimiento de los distintos sistemas evaluados.	52
Tabla 27: Promedio de las respuestas realizadas por los propietarios de las viviendas.	56
Tabla 28: Resumen de artefactos utilizados en las viviendas encuestadas.	57

Tabla 29: Resumen de la importancia para los propietarios en cuanto a la selección de un sistema de calefacción.	58
Tabla 30: Intención de mantener o cambiar el actual sistema de calefacción por otro.....	58
Tabla 31: Penetración de calefactores o estufas a nivel nacional y en la zona térmica 5.	59
Tabla 32: Porcentaje de incidencia de los distintos sistemas de calefacción en las viviendas encuestadas en comparación a la penetración de estos sistemas a nivel nacional y por zona térmica.	60
Tabla 33: Demanda energética de la vivienda Icalma.	61
Tabla 34: Horas de funcionamiento necesario para satisfacer la demanda energética de la vivienda Icalma.	62
Tabla 35: Verificación de los sistemas de calefacción para cumplir la demanda energética según supuestos del estudio del cenma.	63
Tabla 36: Inversión promedio de los sistemas de calefacción presentes en las viviendas encuestadas.	64
Tabla 37: Costo promedio del combustible de los sistemas de calefacción presentes en las viviendas encuestadas.....	64
Tabla 38: Resultados mínimos para cubrir demanda energética de la vivienda.	65

Tabla 39: Características de los combustibles pellets y leña.	67
Tabla 40: Efectos de la exposición a material particulado fino sobre la salud de las personas (EPA).....	68
Tabla 41: Emisiones de estufas en función del tiempo.	71
Tabla 42: Emisiones de MP2.5 en función del tiempo de estufas a pellet y a leña.	72
Tabla 43: Emisiones de MP2.5 en función del tiempo de las distintas tecnologías evaluadas en el estudio.	73
Tabla 44: Declaración de zona saturada, Valdivia.....	74

RESUMEN.

El presente estudio pretende determinar el sistema de calefacción más eficiente para el modelo de vivienda Icalma, del proyecto inmobiliario Parque Torreones de Valdivia, a través de la comparación de distintas tecnologías de estufas presentes en el mercado nacional.

Las estufas se evalúan respecto al cumplimiento de la demanda energética de calefacción para la vivienda seleccionada, la que se determina en base al cálculo de la resistencia térmica de los materiales empleados en la construcción de la vivienda, por medio del software CCTE_v2.0 que permite certificar que el cumplimiento de las exigencias mínimas según lo dispuesto en la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción en su artículo 4.1.10. Además se comparan las características de los diversos sistemas de calefacción en lo que respecta a los costos, satisfacción de los usuarios y la generación de emisiones de elementos contaminantes nocivos para la salud de las personas.

En relación a los resultados obtenidos en el estudio, se señala que los sistemas de calefacción más eficiente en lo que respecta al costo de funcionamiento y satisfacción de los usuarios, son aquellas tecnologías que funcionan a biomasa, es decir las estufas de doble cámara y las estufas a pellets, entendiendo a estos sistemas de calefacción como una inversión al mediano y largo plazo debido a que el costo en el primer año es superior al resto de las tecnologías evaluadas. En cuanto a la generación de emisiones de material particulado, las estufas a pellet presentan los menores índices en este aspecto, lo que pudiese posicionar a las estufas a pellet como una alternativa eficiente si se logra aumentar considerablemente la penetración en el mercado nacional, considerando además que el gobierno de Chile ha impulsado el uso de esta tecnología, ya que están relacionadas con los planes de descontaminación de zonas saturadas del Ministerio del Medio Ambiente, clasificación a la cual pertenece la ciudad de Valdivia.

SUMMARY.

This study aims to determine the most efficient heating system for housing model Icalma, the building project Towers of Valdivia Park, through the comparison of different technologies stoves present in the domestic market.

The stoves are evaluated for compliance with the energy demand for heating to a property, which is determined based on the calculation of the thermal resistance of the materials used in the construction of housing, through software that allows CCTE_v2.0 certify that compliance with the minimum requirements as provided in the General Urbanism and Construction in Article 4.1.10 her. Besides the characteristics of the various heating systems are compared with respect to cost, customer satisfaction and generating contaminants harmful emissions to the health of individuals.

Regarding the results obtained in the study, it is noted that the systems more efficiently with regard to operating costs and user satisfaction heating, are the technologies that operate biomass, ie stoves dual chamber and pellet stoves, understanding these heating systems as an investment in medium and long term because the cost in the first year is superior to other technologies evaluated. As for the generation of particulate emissions, pellet stoves have the lowest rates in this area, which could position pellet stoves as an efficient alternative if it can significantly increase penetration in the domestic market, considering further Chile's government has promoted the use of this technology, as they are related to decontamination plans saturated areas of the Ministry of Environment, classification to which the city of Valdivia belongs.

1 CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN.

En el proyecto inmobiliario Parque Torreones de la inmobiliaria Martabid, se encuentran construidos al menos tres modelos de vivienda, Icalma, Petrohué y Pucón, de las cuales la vivienda modelo Icalma es la de menor costo en comparación a los otros modelos, y en conjunto con la vivienda Petrohué, abarcan la mayor parte del proyecto inmobiliario, surgiendo la necesidad de establecer un diseño adecuado para las viviendas, que cumplan con la normativa térmica, y a través de esto recomendar el sistema de calefacción más eficiente a sus futuros propietarios, con la intención de buscar una mayor satisfacción y bienestar.

La obtención del sistema más eficiente para la vivienda seleccionada, está dada por el cumplimiento de la demanda energética de calefacción, la que se calcula en base a la resistencia térmica de los materiales empleados en la construcción, existiendo algunos programas de simulación energética de edificios, siendo herramientas útiles para la obtención de la demanda energética de edificaciones, en Chile se emplea como herramienta para cumplir con los requerimientos de la reglamentación térmica según lo señalado en el artículo 4.1.10 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción, el software de Certificación del Comportamiento Térmico para Edificio CCTE_v2.0 desarrollado por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo del gobierno de Chile.

Al obtener la demanda energética de calefacción se evalúan distintos sistemas de calefacción presentes en el mercado nacional, comparando su características, en lo que respecta a los costos involucrados en su adquisición y funcionamiento, además obtener los grados de satisfacción por parte de los usuarios de las distintas tecnologías evaluadas.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

La necesidad de mejorar constantemente los productos fabricados, en este caso las viviendas del proyecto inmobiliario Parque Torreones, por parte de la inmobiliaria Martabid y la empresa constructora Jomar Ltda., en relación a la eficiencia energética de estas, es que se hace necesario evaluar el diseño de la vivienda referente a la demanda energética y así establecer el sistema de calefacción más eficiente para el modelo de vivienda estudiado. En este caso para el modelo Icalma, siendo el modelo de menor costo de adquisición en comparación a los otros dos modelos existentes en el proyecto inmobiliario, Petrohué y Pucón; que junto con el modelo de vivienda Petrohué, son las viviendas que abarcan casi la totalidad del proyecto inmobiliario, siendo beneficiados gran parte de los propietarios con el estudio, se considera además que los resultados obtenidos se pueden extrapolar al modelo de vivienda Petrohué, debido a la similitud de estos dos tipos de vivienda.

Considerar también que la ciudad de Valdivia ha sido catalogada como zona saturada, es decir que la generación de emisiones de material particulado fino y grueso, nocivos para la salud de la población, superan la norma de calidad primaria para el material particulado respirable, siendo uno de los factores el uso de leña húmeda en el proceso de combustión. Problemática que es necesaria resolver para mejorar las condiciones de salud y bienestar de la población.

JUSTIFICACIÓN.

La importancia de desarrollar el presente estudio, está dada por una parte, a responder los requerimientos de la inmobiliaria, en relación a establecer un diseño adecuado para la vivienda en lo que refiere a la eficiencia energética. Utilizando este análisis para recomendar a los propietarios la alternativa más eficiente de calefacción, teniendo directa relación con la disminución de los costos en calefacción de la vivienda, contribuyendo a un mejor confort de las personas y a un aumento en la satisfacción de los clientes.

Otro punto, está dado por la necesidad de promover sistemas de calefacción que apunten a disminuir la generación de emisiones de material particulado respirable, tanto en el interior de la vivienda como para el medioambiente, considerando los índices de contaminación en los periodos de invierno, en los cuales la ciudad de Valdivia ha superado la norma primaria, estableciéndose 2 episodios críticos de emergencia ambiental en el año 2012, y en 2014 se produjeron al menos 27 episodios críticos, es por esto que se debe enfatizar la utilización de medios de calefacción amigables con el medioambiente. ("Contaminación", 2014).

OBJETIVOS.

Objetivo general.

- Se pretende determinar el sistema de calefacción más eficiente para la vivienda Icalma del Proyecto inmobiliario Parque Torreones, Valdivia.

Objetivos específicos.

- Calcular teóricamente la demanda energética para calefacción de la vivienda del Proyecto inmobiliario Parque Torreones, Valdivia.
- Determinar costos energéticos de los sistemas de calefacción, sistema pellet, leña, gas, parafina y eléctrico.
- Evaluar costos asociados, instalación y mantenimiento de los distintos tipos de calefacción.
- Medir grados de satisfacción de los propietarios en lo que respecta al sistema de calefacción instalado en su vivienda

METODOLOGÍA.

Para el desarrollo del presente estudio es necesario analizar la vivienda seleccionada, esto se efectúa por medio de la revisión del diseño de la vivienda a través de los planos y las especificaciones técnicas, con el objeto de conocer los materiales que componen la vivienda, a fin de determinar los datos necesarios para los análisis posteriores.

En una segunda etapa se realiza el cálculo de la demanda energética de la vivienda, es en este punto en el cual se debe dar revisión a la teoría y conceptos importantes en relación al cumplimiento de la normativa térmica de la vivienda, expresada en la norma NCh 853 of 2007, donde se describe los métodos de cálculo de la resistencia y transmitancia térmica de los materiales empleados, bajo las exigencias de lo dispuesto en la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción en su artículo 4.1.10. Para determinar la demanda energética de la vivienda se emplea el software de certificación del Ministerio de Vivienda y Urbanismo del gobierno de Chile, CCTE_v2.0, cuyo programa basa sus resultados en lo dispuesto por la normativa señalada.

Una vez establecida la demanda energética en calefacción de la vivienda, se comienza la recopilación de información en relación a las alternativas presentes en el mercado nacional, obteniendo una gama de estufas que funcionan en base a distintos combustibles, para lo cual se seleccionan estufas de fácil acceso para los usuarios, las que se encuentran presentes en las páginas web de las distintas multitiendas nacionales y tiendas especializadas como Bosca, Amesti y Toyotomi. Encontrando estufas eléctricas, a gas, leña, parafina y pellets, de estas estufas se avalúan aspectos tales como el costo de adquisición, costo de funcionamiento, costo de mantención y costos asociados para su instalación.

De forma paralela a la recopilación de información de las características de las estufas, se realiza un levantamiento de antecedentes concerniente a la opinión de los propietarios del modelo de vivienda seleccionado, para lo cual se elaboran encuestas, con la intención de obtener datos respectivos a los grados de satisfacción de los sistemas de calefacción que estos utilizan, además de los costos de adquisición, funcionamiento, y costos asociados a la instalación. Para lo cual se seleccionaron 20 viviendas del proyecto

inmobiliario, a fin de realizar un análisis comparativo con estadísticas desarrolladas a nivel nacional y por zona térmica, para obtener parámetros que permitan establecer conclusiones definitivas a la hora de optar por un sistema de calefacción eficiente.

En cuanto a la generación de emisiones de material particulado, se revisa la información y estudios respectivos a esta materia, de instituciones como el DICTUC de la Pontificia Universidad Católica de Chile, la Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT), el centro nacional del medio ambiente de la Universidad de Chile (cenma), entre otros, además de dar revisión a los planes de descontaminación impulsados por el Ministerio del Medioambiente del gobierno de Chile, a fin de obtener una referencia a la hora de evaluar los sistemas de calefacción presentes en el estudio.

Obtenidos los antecedentes de los sistemas de calefacción en lo que respecta a costos, satisfacción de los usuarios e impacto ambiental, se procede a la evaluación del sistema de calefacción más idóneo a instalar.

2 CAPÍTULO II

2 PRESENTACION DE LAS VIVIENDAS.

2.1 Características de las viviendas.

Las viviendas seleccionadas pertenecen al proyecto inmobiliario Parque Torreones de Valdivia, desarrollado por la inmobiliaria Martabid, en este proyecto inmobiliario se pueden apreciar tres tipos de viviendas los cuales son:

- ✓ Petrohué.
- ✓ Icalma.
- ✓ Pucón.

La vivienda escogida para el presente estudio corresponde al modelo de vivienda Icalma, la cual consta de 60,53 m² construidos, esta vivienda posee dos niveles, en su primer nivel se encuentra:

- Living comedor con piso alfombrado además de tener una Bow window a nivel de suelo,
- Dormitorio principal,
- Cocina y baño con piso cerámico.

En el segundo nivel presenta:

- 2 dormitorios con piso alfombrado.

2.1.1 Localización de las viviendas.

El proyecto inmobiliario Parque Torreones se encuentra ubicado en Av. Pedro Aguirre Cerda, Sector Santuario Lourdes, Las Animas, Valdivia en la Región de Los Ríos, el cual corresponde a la zona climática Sur Litoral, zona de clima marítimo, lluvioso, de inviernos largos, suelo y ambiente salino y húmedo, vientos fuertes desde el oeste. Vegetación robusta y temperatura templada a fría. La temperatura media va desde los 8,7°C a los 16,6°C, las precipitaciones en un año están alrededor de los 1.338 mm según lo expuesto en la norma chilena NCh 1079 of 77. La zona climática sur litoral en particular Valdivia corresponde a la zona térmica número 5 (ver Figura 1). La necesidad de conocer la zona térmica a la cual pertenece la comuna de Valdivia, tiene relación con el cálculo y técnicas de construcción en lo que

respecta a la envolvente térmica de las viviendas que se edifiquen en dicha zona para así dar cumplimiento a la normativa térmica. (Norma NCh 10799)

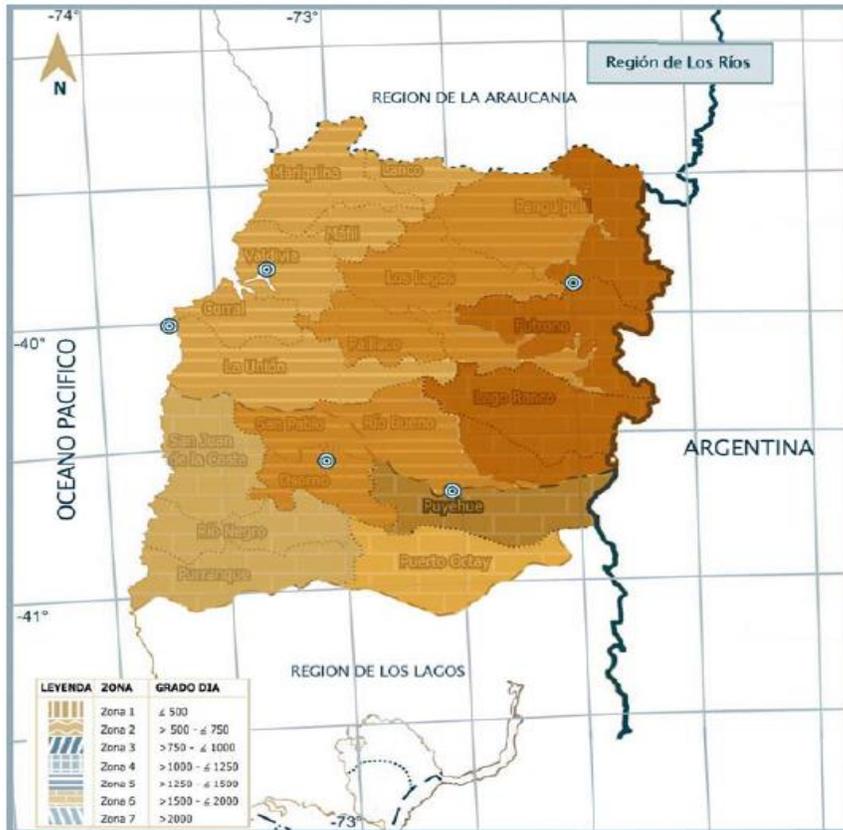


Figura 1: Mapa de zonificación climática del CCTE_v2.0 para la región de Los Ríos.

Fuente: Guía de diseño para la eficiencia energética en la vivienda social, (2009).

2.1.2 Detalles técnicos de la vivienda.

Planos.

En los diferentes planos se muestran los materiales empleados en la construcción de las viviendas.

envigado de cielo, lo que sirve como aislamiento. Se muestran además las dimensiones de los espacios habitables.

A modo general la vivienda posee diferentes tecnologías que van acorde a las exigencias actuales de la normativa energética. Los paramentos verticales están compuestos por Smart panel, papel fieltro y lana mineral.

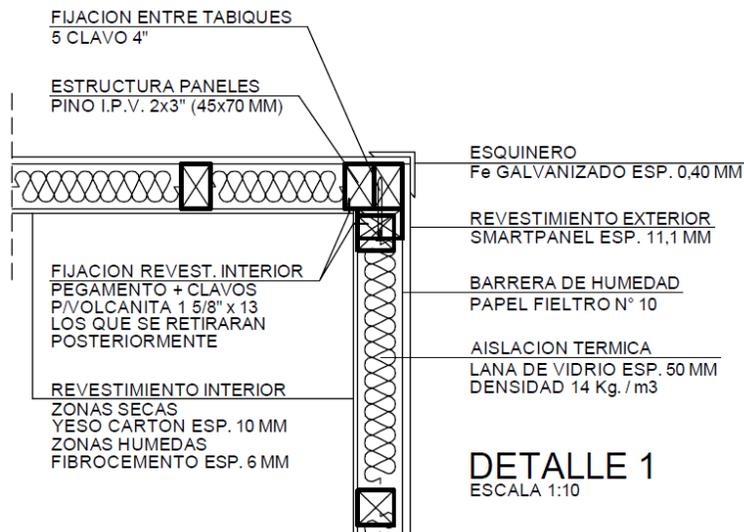


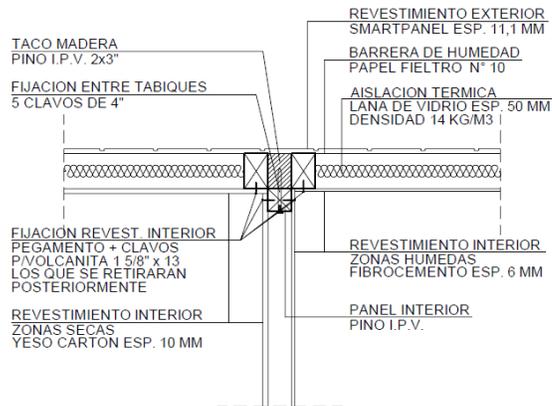
Figura 4: Detalle de la unión de paneles exteriores de la vivienda Icalma.

Fuente: Planos vivienda Icalma, (2013).

El plano de detalle de la Figura 4 muestra la unión de muros perimetrales de la vivienda y los materiales que lo componen, en los muros perimetrales es donde se deben aplicar los mayores esfuerzos para la aislación térmica de la viviendas, lo que se pretende generar es una envolvente térmica que provea de una mayor resistencia a la transmisión de temperatura interna hacia el exterior, como del exterior hacia el interior. Los materiales empleados desde el exterior hacia el interior son:

- Revestimiento exterior de SMARTPANEL de espesor de 11,1 mm.
- La barrera de humedad corresponde a papel fieltro N°10.
- Para la aislación térmica se emplea lana de vidrio de un espesor de 50 mm, y una densidad de 14 Kg/m³.
- En el revestimiento interior para zona seca se utiliza yeso cartón con un espesor de 10 mm, en el muro corta fuego se utilizan dos planchas del mismo espesor.

- El revestimiento interior para zonas húmedas se usa planchas de fibrocemento de 6 mm de espesor.



DETALLE 1
Union Tabique Interior a Exterior

Figura 5: Muestra la unión de los tabiques exteriores de la vivienda con los tabiques interiores.

Fuente: Planos vivienda Icalma, (2013).

Los tabique interiores de la vivienda están compuesto por un panel de pino I.P.V. y en las zonas húmedas revestido con planchas de fibrocemento de 6 mm de espesor, y para las zonas secas se emplea planchas de yeso cartón de 10 mm de espesor (ver Figura 5).

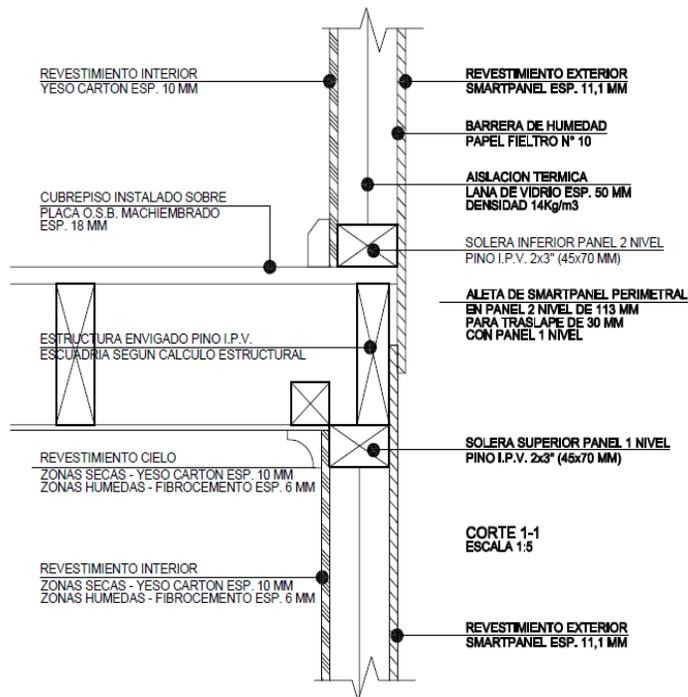


Figura 6: Detalle envigado vivienda Icalma.

Fuente: Planos vivienda Icalma, (2013).

El plano de detalle de la Figura 6 muestra el envigado que existente entre el primer y segundo nivel de la vivienda, además de mostrar el revestimiento exterior como interior de la vivienda antes ya descrito, también se observa que el segundo nivel cuenta con una alfombra de 8 mm de espesor sobre una placa de OSB machiembrada de 18 mm de espesor, la cual funciona como aislante térmico en el segundo nivel.

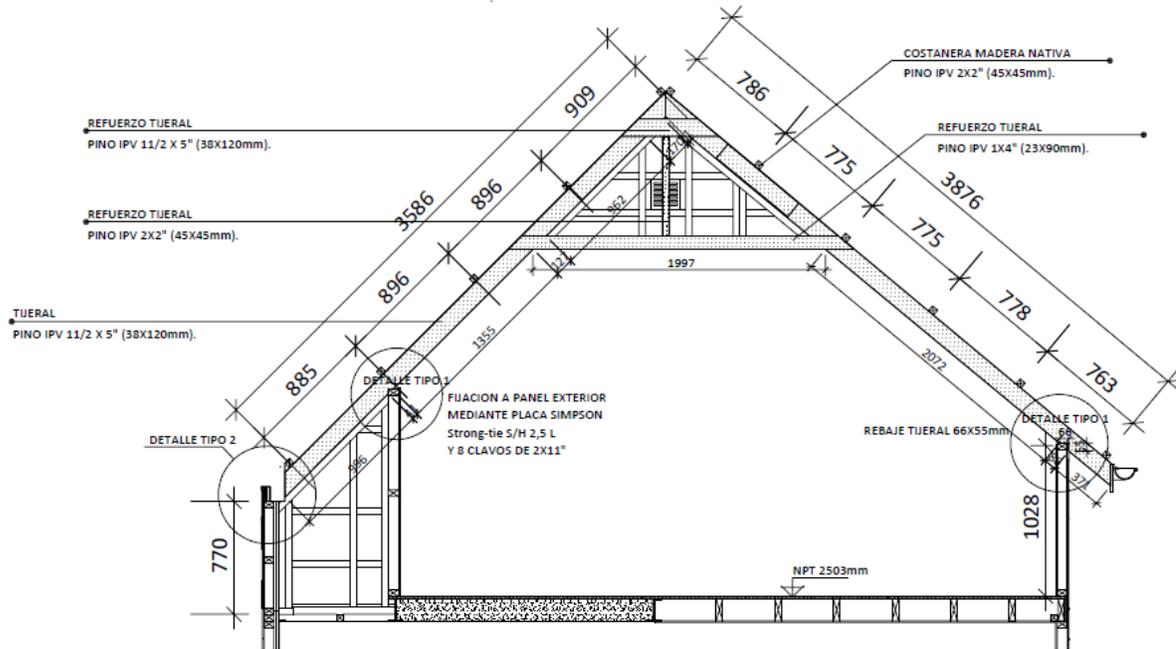


Figura 7: Estructura de segundo piso.

Fuente: Planos vivienda Icalma, (2013).

El detalle expuesto en la Figura 7 muestra la estructura de cielo del segundo nivel; la estructura desde el interior hacia el exterior, encuentra como revestimiento interior, una plancha de yeso cartón de 10 mm de espesor, afianzada a una estructura de metalcom, sobre esta estructura descansa la lana mineral de 120 mm de espesor, seguido del papel fieltro N°10 para terminar con las planchas de zinc galvanizado, y así se completa la estructura.

La vivienda cuenta con distintos tipos de ventanas, todas ellas con vidrio de 3 mm de espesor y un marco de PVC. Las ventanas están dispuestas tanto en la parte frontal como en la parte posterior de la vivienda, dando una superficie vidriada de 8,1 m² en total, pudiendo desglosarse en 5,04 m² para la parte frontal de la casa, siendo en el primer piso una superficie de 4,04 m² y en el segundo piso 1 m². En la parte posterior posee una superficie vidriada de 3,06 m², siendo en el primer piso una superficie vidriada de 1,86 m² y en el segundo piso 1,2 m² (ver Tabla 1).

Tabla 1: Cuadro resumen de la cantidad de ventanas existentes en la vivienda.

VENTANAS P.V.C. ECONOMICO BLANCO		
DESCRIPCION	UBICACIÓN	CANTIDAD
BW 1200x1600 mm Fijo Cristal 3 mm.	Estar - Comedor	1
BW 400x1600 mm Fijo Cristal 3 mm.	Estar - Comedor	1
BW 400x1600 mm Guillotina Cristal 3 mm.	Estar - Comedor	1
V1 Corredera 1200x1000 mm Cristal 3 mm	Dormitorios 1 y 3	2
V2 Corredera 1000x1000 mm Cristal 3 mm.	Dormitorio 2	1
V3 Celosia 700x1200 mm Semilla Cristal 3 mm.	Comedor	1
V4 Celosia 500x600 mm Cristal 3 mm.	Baño	1
V5 Celosia 400x900 mm Cristal 3 mm.	Cocina	1

Fuente: Planos vivienda Icalma, (2013).

La lana de vidrio se encuentra presente en toda la envolvente de la vivienda, lo cual genera la aislación térmica, la barrera de humedad en este caso se usa papel fieltro N°10 también se encuentra presente en toda la envolvente. La barrera de humedad en conjunto con la lana de vidrio entregan las condiciones necesarias para cumplir con los estándares exigidos por la reglamentación térmica.

2.2 Normativa térmica.

Este estudio evalúa la mejor alternativa de calefacción para el modelo de vivienda Icalma, para esto es necesario estimar el nivel de demanda y consumo energético en calefacción de la vivienda, estos cálculos se realizan mediante el programa CCTE_v2.0, el que se considera como la herramienta oficial de certificación de comportamiento térmico siendo un instrumento actualizado y completo, el cual da cumplimiento a la reglamentación térmica vigente (Bustamante, 2009).

La Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (OGUC), en su artículo N° 4.1.10 establece las exigencias de acondicionamiento térmico, en el que se señala:

- **Para complejos de techumbre, muros perimetrales y pisos ventilados:**

- Exigencias: Los complejos de techumbre, muros perimetrales y pisos inferiores ventilados, entendidos como elementos que componen la envolvente térmica de la vivienda, deberán tener una transmitancia térmica U igual o menor, o una resistencia térmica total R_t igual o superior a la señalada para la zona que le corresponda al proyecto de arquitectura, de acuerdo con los planos de zonificación térmica aprobados por resoluciones del Ministerio de Vivienda y Urbanismo y a la tabla dispuesta en la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción en su artículo 4.1.10 (ver Tabla 2).

Tabla 2: Transmitancia térmica exigida por la OGUC.

ZONA	TECHUMBRE		MUROS		PISOS VENTILADOS	
	U	R_t	U	R_t	U	R_t
	W/m ² K	m ² K/W	W/m ² K	m ² K/W	W/m ² K	m ² K/W
1	0,84	1,19	4,00	0,25	3,60	0,28
2	0,60	1,67	3,00	0,33	0,87	0,15
3	0,47	2,13	1,90	0,53	0,70	1,43
4	0,38	2,63	1,70	0,59	0,60	1,67
5	0,33	3,03	1,60	0,63	0,50	2,00
6	0,28	3,57	1,10	0,91	0,39	2,56
7	0,25	4,00	0,60	1,67	0,32	3,13

Fuente: Ordenanza General de Urbanismo y Construcción, (2014).

- Exigencias para ventanas: Se considerara complejo de ventana, a los elementos constructivos que constituyen los vanos vidriados de la envolvente de la vivienda.
 - Porcentaje máximo superficie de ventanas respecto a paramentos verticales de la envolvente: El complejo de ventana deberá cumplir con las exigencias establecidas en el artículo 4.1.10 según la Tabla 3, en relación al tipo de vidrio que se especifique y a la zona térmica en la cual se emplace el proyecto de arquitectura.

Para determinar el porcentaje máximo de superficie de ventanas en un proyecto de arquitectura, se deberá realizar el procedimiento indicado por la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción, el que especifica lo siguiente:

- 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 muro divisorios.
- 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 la superficie. Para el caso de ventanas salientes, se considerara como superficie de ventana aquella correspondiente al desarrollo completo de la parte vidriada.

La superficie máxima de ventanas que podrá contemplar el proyecto de arquitectura, corresponderá a la superficie que resulte de aplicar la Tabla 3, respecto de la superficie de los paramentos verticales de la unidad habitacional, considerando la zona y el tipo de vidrio que se especifique.

Tabla 3: % máximo de superficie vidriada respecto a paramentos verticales.

ZONA	VENTANAS		
	% MÁXIMO DE SUPERFICIE VIDRIADA RESPECTO A PARAMENTOS VERTICALES DE LA ENVOLVENTE		
	VIDRIO MONOLÍTICO (b)	DVH DOBLE VIDRIADO HERMÉTICO (c)	
		$3.6 \text{ W/m}^2\text{K} \geq U > 2.4 \text{ W/m}^2\text{K}$ (a)	$U \leq 2.4 \text{ W/m}^2\text{K}$
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%

- (a) La doble ventana que forme una cámara de aire, se asimila al DVH, con valor U entre 3,6 y 2,4 $\text{W/m}^2\text{K}$
- (b) Vidrio monolítico:
De acuerdo a la NCh 132, se entenderá por aquel producto inorgánico de fusión, que ha sido enfriado hasta un estado rígido sin cristalización, formado por una sola lámina de vidrio.
- (c) Doble vidriado hermético (DVH):

Fuente: Ordenanza General de Urbanismo y Construcción, (2014).

Los procedimientos para el cálculo que determina las resistencias y transmitancias térmicas de elementos constructivos, en particular los de la envolvente térmica, tales como muros perimetrales, complejos de techumbres y pisos, y en general, cualquier otro elemento que separe ambientes de temperaturas distintas, están dispuestas en la norma NCh 853 of 2007.

El alcance y campo de aplicación de esta norma son los siguientes:

- La norma establece los procedimientos de cálculo para determinar las resistencias y transmitancias térmicas de elementos constructivos, en particular los de la envolvente térmica, y cualquier otro elemento que separe ambientes de temperaturas distintas.
- Los procedimientos de cálculo que se establecen en la norma están basados en el supuesto que el flujo térmico se desarrolla de acuerdo con la ley de Fourier, régimen estacionario.

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

2.3 Normativa de calefacción.

En lo que respecta a la normativa de calefacción y en particular para las estufas que combustionen a leña o los derivados de la madera, es el decreto supremo DS N°39 el que indica las exigencias para estos aparatos en lo que respecta a la emisión de material particulado.

Esta norma se aplica a artefactos nuevos de una potencia menor o igual a 25 KW, que se comercialicen en el país. Esta norma no se aplica a los artefactos que se encuentren operando o instalados para sus uso con anterioridad a la fecha de entrada en vigencia legal del decreto supremo DS N°39.

Los límites máximos de emisión están dispuestos en el artículo 4 del decreto supremo DS N°39, donde se menciona que los calefactores nuevos que combustionan o puedan combustionar a leña derivados de la madera, deberán cumplir con los límites máximos de emisión de material particulado dispuestos en el decreto según la Tabla 4:

Tabla 4: Límites máximos de emisión de material particulado según potencia del artefacto.

Potencia Térmica Nominal (KW)	Emisión de MP (gr/h)
Menor o igual a 8	2,5
Mayor a 8 y menor o igual a 14	3,5
Mayor a 14 y menor o igual a 25	4,5

Fuente: Decreto supremo DS N°39, (1995).

3 CAPÍTULO III

CALCULO TEORICO DE LA DEMANDA ENERGETICA.

3.1 Determinar la cantidad de energía para calefacción de las viviendas.

3.1.1 Descripción del programa utilizado.

El software de cálculo CCTE v2.0 Certificación del Comportamiento Térmico para Edificios en Chile, desarrollado en el marco del proyecto “Sistema de Certificación Térmica de Edificaciones”, es un programa de calculo que permite conocer con gran precisión la demanda de energía para el acondicionamiento térmico de un edificio en cuestión, constituyendo ello la base del comportamiento térmico global, pasando a ser una forma más de cumplir con los requerimientos de la Reglamentación Térmica para Viviendas, en conformidad a lo señalado en el artículo 4.1.10 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción.

Este software es un instrumento actualizado y completo que permite junto con acreditar el cumplimiento de la reglamentación térmica vigente, estimar el nivel de demanda y consumo energético en calefacción y refrigeración para las viviendas de Chile.

En la elaboración de esta herramienta se consideran:

- Los criterios de zonificación climático habitacional de la NCh 1079 of 77: referidos a la diversificación de los climas en sentido longitudinal y transversal del país.
- Los criterios de zonificación térmica: referidos a la diversificación del país por grados de calefacción.

De esta manera, cada clima representa las condiciones climáticas del lugar con un alto grado de precisión, permitiendo una mejor estimación de la demanda de energía de calefacción y enfriamiento del proyecto en estudio.

Mediante la evaluación de estos componentes, los profesionales de la construcción pueden obtener información objetiva respecto al comportamiento térmico de la vivienda. A partir de esta información se podrán establecer acciones que vayan en función de un mejoramiento en relación al diseño, orientación y sistemas constructivos, además de escoger el sistema de calefacción más ventajoso para el edificio.

3.1.2 Descripción del método para el cálculo teórico.

El método para el cálculo teórico esta descrito en la norma chilena NCh 853 of 2007, en la cual se especifican los pasos y distintas fórmulas para obtener la transmitancia térmica de los distintos paramentos que conforman la envolvente térmica de las viviendas.

Para desarrollar el cálculo de la transmitancia térmica de la vivienda Icalma es necesario tener conocimiento de los siguientes conceptos, los cuales están definidos por la NCh 853 of 2007.

- Resistencia termica total de un elemento compuesto, R_T :

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

Se expresa en $m^2 \times K/W$

- Resistencia térmica de superficie, R_s :

$$R_s = \frac{1}{h}$$

Se expresa en $m^2 \times K/W$

Elementos compuestos por varias capas homogéneas.

Para un elemento formado por una serie de capas o placas planas y paralelas de materiales distintos en contacto entre sí, la resistencia térmica total, queda dada por:

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

En que:

R_{si} : Resistencia térmica de superficie interior.

R_{se} : Resistencia térmica de superficie exterior.

$\frac{e}{\lambda}$ = resistencia térmica del material.

$\sum \frac{e}{\lambda}$ = sumatoria de las resistencias térmicas de las capas que conforman el elemento.

Elementos con cámaras de aire.

Cuando un elemento está formado por capas o placas planas y paralelas separadas entre sí, que dejan cámaras de aire, la resistencia térmica de esta se calcula de la forma siguiente:

- Resistencia térmica de las cámaras de aire
 - Para elementos horizontales, como es el caso de la vivienda Icalma, se considera el cociente entre la sección total de orificios o rendijas de ventilación exterior, (S) y la superficie de la cámara de aire A.

Dependiendo del grado de ventilación de la cámara, se puede distinguir que:

- Elementos con cámaras de aire como no ventiladas, cuando se cumplen las siguientes condiciones:
 - $\frac{S}{l}$ menor que 20 cm²/m para elementos verticales.
 - $\frac{S}{A}$ menor que 3 cm²/m² para elementos horizontales.

En este caso, la resistencia térmica del elemento se calcula por la siguiente fórmula

$$R_T = \frac{1}{U} = R_{si} + R_i + R_{\varepsilon} + R_e + R_{se}$$

Los valores que se deben considerar en el cálculo de las resistencias térmicas que ofrecen las cámaras de aire no ventiladas, cuando estas presentan espesores iguales o mayores a los óptimos de resistencia térmica y sus paredes tienen emisividades similares, $\varepsilon_1 = \varepsilon_2$; o bien, una de sus paredes este conformada por materiales corrientes de construcción, tales como:

- Madera,
- Hormigón,
- Ladrillos,
- Vidrios, etcétera.

Cuya emisividad es igual a 0,9 y la otra pared presenta valores de emisividad diferente, pueden obtenerse de la NCh 853.

En el cálculo de la resistencia térmica total del elemento se presenta la siguiente situación:

- El aire dentro de la cámara se mantiene en reposo:

En este caso se desprecia la resistencia de la cámara de aire, R_g , y la del forrado exterior del elemento, R_e .

La resistencia térmica total se calcula, entonces, mediante la siguiente fórmula:

$$R_T = \frac{1}{U} = 2R_{si} + R_i$$

Considerando como valores para las resistencias de superficie R_{si} los datos entregados por la tabla anterior, tanto para elementos horizontales y/o verticales.

Elementos heterogéneos.

Los elementos constructivos no son homogéneos, ya que existen, en mayor o menor grado, discontinuidades que los transforman en elementos térmicamente heterogéneos.

El método de cálculo de los coeficientes de transmisión térmica depende, entonces, de la influencia que presentan las discontinuidades sobre la uniformidad del flujo de calor que se transmite a través del elemento. De acuerdo con esto los elementos se pueden clasificar como de heterogeneidades simples o heterogeneidades complejas.

Elementos con heterogeneidades simples.

Se consideran como heterogeneidades simples aquellos elementos en los que se cumplen las condiciones siguientes:

- Heterogeneidad queda perfectamente definida y delimitada por dos planos perpendiculares a las caras del elemento;
- El conjunto tiene una constitución tal, que no se producen flujos térmicos laterales de importancia entre la heterogeneidad y el resto del elemento.

El método de cálculo de la transmitancia térmica media de un elemento con heterogeneidades simples viene dado por la siguiente fórmula:

$$\bar{U} = \frac{1}{R_T} = \frac{\sum U_i \times A_i}{\sum A_i}$$

Siendo A_i la superficie de la parte del elemento a la que corresponda una transmitancia termica U_i .

Pisos en contacto con el terreno.

Para pisos en contacto con el terreno, en general, se emplea el concepto de transmitancia termica lineal, K_l , que es igual al flujo de calor que sale del local por metro de perimetro exterior del piso considerado, por cada grado Celsius de diferencia de temperaturas entre el local y el ambiente.

Según la aislacion del piso, se debe considerar para K_l , los valores siguientes:

Transmitancia termica lineal, según aislacion del piso considerado indicado en la Tabla 5.

Tabla 5: Transmitancia térmica lineal, según aislación del piso considerado.

Aislacion del piso o radier	Resistencia térmica total, R_T	Transmitancia térmica lineal, K_l
	$m^2 \times ^\circ C/W$	$W/(m \times K)$
Corriente	0,15 - 0,25	1,4
Medianamente aislado	0,26 - 0,60	1,2
Aislado	> 0,60	1,0

Fuente: Norma chilena NCh 853, (2007).

Para el cálculo teórico, se tiene en cuenta la transmitancia de los distintos muros o paramentos verticales exteriores, suelo, envigado y cubierta de la vivienda, para ello consideramos el cerramiento exterior:

1. Revestimiento exterior SMARTPANEL (descripción sencilla de lo que es) (e=11,1 MM).
2. Barrera de humedad Papel Fieltro N°10.
3. Aislación térmica Lana de Vidrio (e=50 MM), (d=14 Kg/M3).
4. Revestimiento interior Yeso Cartón (e=10MM).

Para cerramientos en contacto con el exterior la transmitancia térmica U ($W/m K$) se aplica la siguiente fórmula:

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

Dónde:

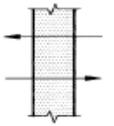
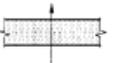
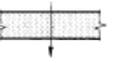
$$R_i = \frac{e}{\lambda}$$

- e: espesor de la capa (m).
- λ : conductividad térmica del material (W/mK).

Para realizar el cálculo de la resistencia térmica se necesitan los datos correspondientes a la conductividad térmica de cada uno de los materiales que componen los paramentos, estos pueden ser facilitados por los fabricantes de cada uno de ellos. En este caso los datos existen en la base de datos del programa de cálculo de limitación de demanda energética CCTE_v2.0 considerados datos validos dado que este programa considera los datos entregados por la NCh 853 of 2007.

Para la capa de aire en contacto con las caras exteriores e interiores tenemos según CCTE_v2.0 en la Tabla 6:

Tabla 6: Resistencias térmicas superficiales de cerramiento en contacto con el aire exterior en m^2K/W .

Resistencias térmicas de superficie en $m^2 \times K/W$							
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
<p>NOTAS</p> <ol style="list-style-type: none"> 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. 							

Fuente: Norma chilena NCh 853, (2007).

En base a estos datos tenemos que para el paramento vertical de la envolvente térmica tiene una transmitancia de 0,529 U (w/m^2K) (ver Tabla 7).

Tabla 7: Configuración paramento vertical de la envolvente térmica, vivienda Icalma.

Elemento	λ (w/mK)	e (m)	R (m ² K/w)
Capa aire exterior			0,05
Revestimiento exterior SMARTPANEL	0,095	0,0111	0,117
Cámara de aire (CCTE_2.0v) Vertical e>20mm			0,37
Aislación térmica Lana de Vidrio	0,042	0,05	1,19
Revestimiento interior Yeso Cartón	0,24	0,01	0,042
Capa aire interior			0,12
RESISTENCIA TOTAL			1,889

Fuente: Elaboración propia.

Utilizando la metodología expuesta, se determinan la transmitancia térmica del resto de los paramentos según se indica en la Tabla 8:

Tabla 8: Resumen de transmitancias, vivienda Icalma.

PARAMENTO	TRANSMITANCIA TERMICA U (w/m ² K)
TABIQUE PERIMETRAL	0,529
CUBIERTA	0,302
PISO	2,916
TABIQUES INTERIORES	1,145
ENTREPISO	1,079

Fuente: Elaboración propia.

3.1.3 Descripción del procedimiento realizado por el programa.

Al igual que en el cálculo teórico descrito en el punto anterior, el cálculo desarrollado por el programa procede de la misma manera, ya que este software contiene las exigencias de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción, y la norma chilena NCh 853, esto implica que los resultados obtenidos por medio de la aplicación de la normativa vigente en torno a la resistencia y/o transmitancia térmica no son distintos a los resultados que arroja el programa señalado.

Para realizar el cálculo de demanda energética para la edificación sometida al estudio, es necesario determinar la zona térmica y climática donde se encuentra emplazada la vivienda, para esto el programa al iniciar un proyecto abre una ventana (ver Figura 8), en ella se completaran los datos

exigidos, es en esta ventana donde se especifica la zona térmica y el tipo de uso de la vivienda, en este caso una vivienda de tipo residencial.

Figura 8: Ventana Descripción CCTE_v2.0.

Fuente: Elaboración propia.

Luego de completar los datos requeridos al inicio del programa se da clic en la pestaña BD como se señala en la Figura 9, en esta sección se describen los distintos paramentos que conforman la vivienda, se definen los materiales, la resistencia y las dimensiones de cada paramento hasta completar toda la envolvente térmica, los materiales utilizados en el diseño de cada paramento y sus resistencias están determinadas según lo señalado en la norma chilena NCh 853.

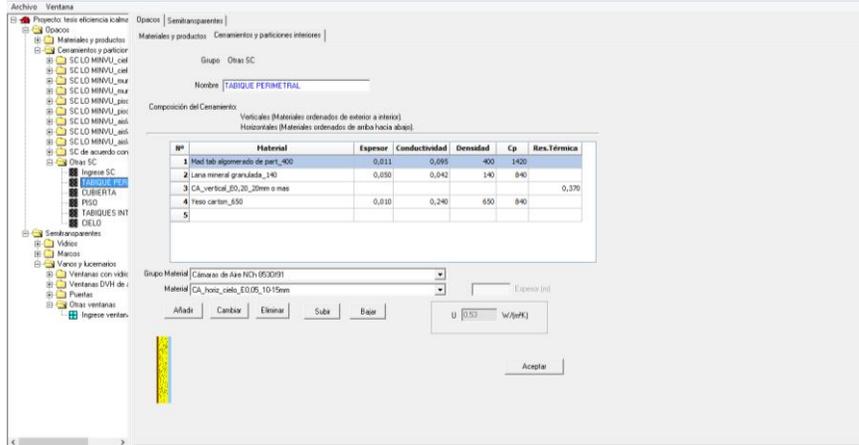


Figura 9: Ventana BD Base de Datos CCTE_v2.0.

Fuente: Elaboración propia.

Una vez establecidos los parámetros en la ventana BD o base de datos del proyecto, se procede a establecer la correspondencia de estos con su disposición en la envolvente térmica de la vivienda, para esto se hace clic en la pestaña o botón “opciones” como se muestra en la Figura 10. Así se determina que para cada paramento corresponderá muro, vano, medianería etcétera, según lo dispuesto en esta ventana.

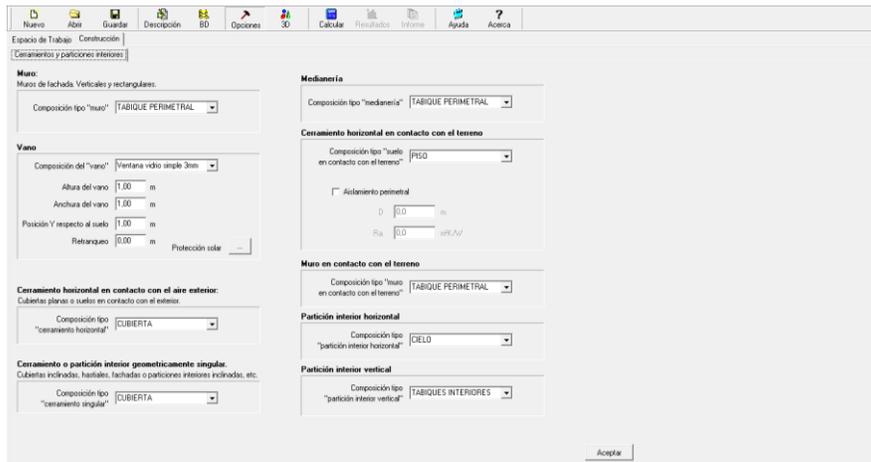


Figura 10: Ventana Opciones CCTE_v2.0.

Fuente: Elaboración propia.

Ya establecidos los elementos antes descritos, se dibujan los distintos puntos que componen la envolvente, estos puntos son en resumen puntos cartesianos, similar a otros programas de diseño (ver Figura 11).

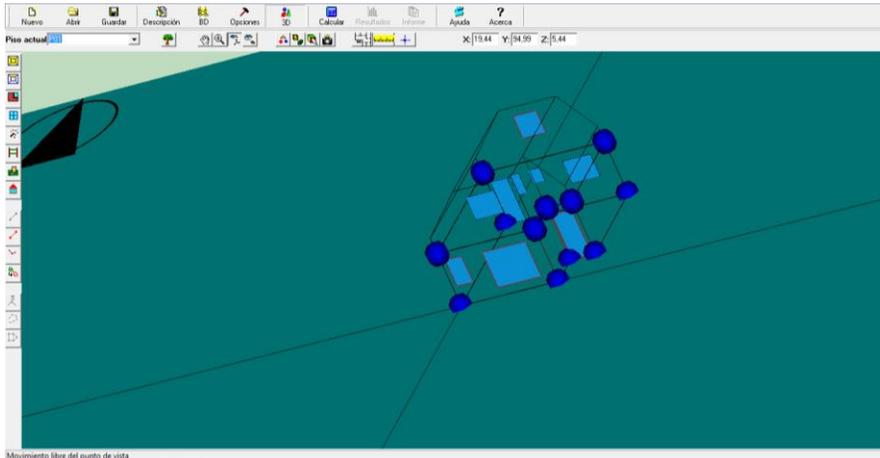


Figura 11: Ventana 3D CCTE_v2.0.

Fuente: Elaboración propia.

Establecidos los puntos y dibujada la vivienda a evaluar, corresponde ejecutar el cálculo de la demanda energética. Para el caso particular del presente estudio, el diseño o dibujo de la vivienda es una aproximación de la vivienda real, donde las divisiones interiores, tabiquería, fue obviada aumentando la superficie en el primer y segundo nivel de la vivienda, según lo indicado en los planos.

La demanda energética obtenida en el siguiente proyecto está calculada según lo dictado en la normativa vigente respectiva. Para este proyecto se obtuvo una demanda de calefacción de 100 KWh/m² siendo la referencial de 134,2 KWh/m², representando un ahorro respecto al referencial de un 25%, y el consumo energético en calefacción del proyecto es de 133,3 KWh/m² y la de referencia de 178,9 KWh/m² como indican la Figura 12.

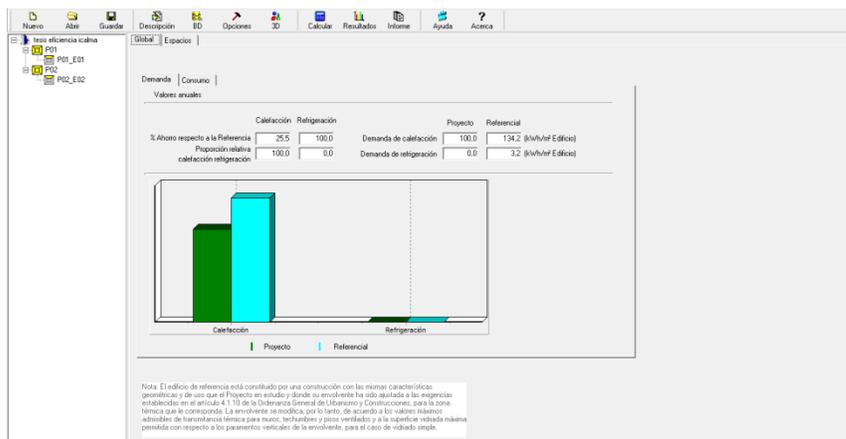


Figura 12: Ventana Resultados CCTE_2.0.

Fuente: Elaboración propia.

La demanda y el consumo energético en calefacción obtenido en el proyecto están por debajo de lo requerido por la normativa vigente, lo que garantiza que la vivienda en estudio cumple las exigencias estipuladas en la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción en su artículo 4.1.1, es así que con la información entregada por el software de cálculo se puede determinar la cantidad de energía que se requiere para calefaccionar la vivienda y con esto determinar el sistema o medio de calefacción más conveniente a instalar (ver Tabla 9).

Tabla 9: Valores anuales entregado por software CCTE_v2.0.

VALORES ANUALES ENTREGADO POR SOFTWARE CCTE_v2.0			
	ENERGÍA KWh/m2	SUPERFICIE VIVIENDA m2	ENERGIA TOTAL KWh
DEMANDA	100	60,53	6053

Fuente: Elaboración propia.

4 CAPÍTULO IV

DESCRIPCIÓN TEÓRICA DEL SISTEMA DE CALEFACCIÓN Y ANÁLISIS DE COSTOS.

4.1 Descripción del sistema de calefacción a pellet.

4.1.1 Combustible.

El pellet es un combustible fabricado de madera virgen y seca además de los residuos de la industria de la madera, los cuales son prensadas en pequeños cilindro cuyas dimensiones son de 10 mm de diámetro y su longitud no mayor a 30 mm. Sin aditivos. El poder calorífico alcanza las 4200 Kcal/Kg, con una densidad energética de 3000 – 3400 KWh/m³ señalado en la Tabla 10. (Forero, Guerrero, & Sierra, 2012).

Tabla 10: Características de pellets según normativa internacional.

Parámetro	Unidad	Pellet
Diámetro (D)	mm	4 a 10
Longitud	mm	< 5 x D
Densidad a Granel	Kg/m ³	>600
Densidad de Partícula	Kg/m ³	>1,12
Poder Calorífico Inferior	Mj/Kg	>18

Fuente: Producción y uso de pellets de biomasa para generación de energía térmica: una revisión a los modelos de gasificación, (2012).

4.1.2 Combustión

El proceso de combustión se basa en la relación entre la biomasa o los pellets con exceso de Oxígeno (O₂) de tal forma que se genera CO₂, H₂O y se produce una gran cantidad de energía, la cual es transferida al aire para el calentamiento residencial, energía térmica para el calentamiento de espacios (Forero, Guerrero, & Sierra, 2012).

4.1.3 Distribución y comercialización:

Los pellets se venden en sacos de 15, 20 Kg o a granel, en Chile la producción de este combustible se ha desarrollado estos últimos años, en 2013 se produjeron 29 mil toneladas, para el 2014 la cantidad de pellets aumento en 6 mil toneladas, lo que produjo que la producción no diera abasto a la demanda del año, ya para el 2015 ECOMAS una de las distribuidoras de este combustible aumentara su producción de 30 mil toneladas a 100 mil toneladas lo que debería cubrir la demanda que ha ido en aumento estos últimos años debido al auge que han tenido los sistemas de calefacción a pellets, incentivado también por el recambio de estufas por parte del gobierno, según un reportaje del mercurio el 22 de julio de 2014. Empresas como Amesti, Bosca, ECOMAS, Es energía del sur entre otras distribuyen a los usuarios este producto, donde los valores varían desde los 180 a 200 pesos el kilogramo de este producto ("Boom del pellet", 2014).

4.1.4 Tecnologías disponibles:

En el país existen distintas marcas que ofertan sistemas de calefacción que funcionan a pellet, dentro de las tecnologías que se pueden encontrar son:

- Las calderas para calefacción central,
- Termo estufas, las que pueden funcionar como caldera y estufa a la vez,
- las estufas a pellets.

Siendo esta variedad de tecnologías las más habituales en Chile.

4.1.5 Características de las estufas a pellets.

Las estufas a pellets no emiten ningún tipo de contaminación intradomiciliaria, de acuerdo a la potencia que posean las estufas es la capacidad de ambientar la vivienda, una estufa de 6 KW de potencia puede calefaccionar ambientes de 140 m². El tiro forzado de la convección, mediante un ventilador asegura que el calor sea efectivamente distribuido por toda la vivienda. El tiro forzado le da una eficiencia sobre un 93% lo que

significa que de un 100% de combustible el 90% se transforma en calor útil (Biomass Technology, 2012).

4.1.6 Funcionamiento del sistema de calefacción a pellet

A causa de la forma cilíndrica, lisa y del tamaño pequeño, el pellet tiende a comportarse como un fluido, lo que facilita el movimiento del combustible y la carga automática de las calderas o estufas especiales para este combustible, su alta densidad energética y la facilidad de movimiento hacen al pellet el combustible indicado para sistemas de calefacción automáticos. El pellet de madera puede utilizarse en las calderas de astillas o en calderas proyectadas especialmente para pellet, como en estufas especiales para este combustible (Lansolar energía solar, 2006).

Principio de funcionamiento de las estufas a pellet.

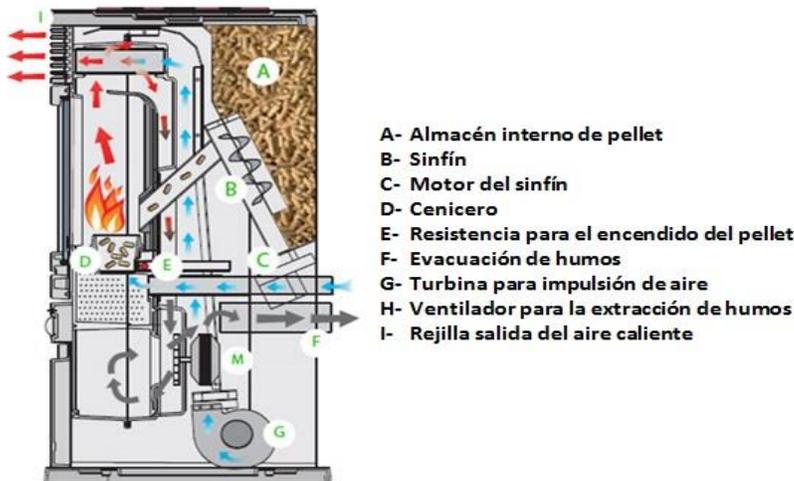


Figura 13: Estufa a pellets.

Fuente: ¿Cómo es el funcionamiento de una estufa a pellet?, (2013).

Las estufas a pellets de madera funcionan con un sistema de tiro forzado de la combustión. Es un ventilador que se encuentra succionando los gases y haciéndolos pasar por el brasero de combustión a alta velocidad, esto es lo que genera un flujo óptimo de aire y oxígeno para obtener una combustión altamente eficiente y limpia, (Zanardi, 2013).

Un tornillo sin fin, es movilizado cada cierto tiempo para suministrar la cantidad de pellets justa en el canasto de combustión (Biomass Technology, 2012).

Los pellets caen de uno en uno en el cenicero, la velocidad de suministro depende de la configuración, y depende de la intensidad de calor que se desee obtener (Paventi, s.f.).

La ignición del fuego es automática y la realiza una resistencia eléctrica que está detrás del brasero de combustión como se observa en la Figura 13. (Biomass Technology, 2012).

La mayor parte de los modelos de estufa de pellet cuentan con masas térmicas de cerámica, que almacenan el calor para así mantenerlo y poder dispersarlo lentamente y de esta manera aprovechar mejor la energía calorífica (Paventi, s.f.).

4.2 Descripción del sistema de calefacción a combustión lenta.

4.2.1 Combustible.

La leña se puede definir como una porción de madera en bruto de troncos, ramas y otras partes de árboles y arbustos, utilizada como combustible sólido residencial e industrial, definiendo en particular como leña seca a aquella que posee un contenido de humedad menor al punto de saturación de la fibra, considerando leña seca aquella que tiene un contenido de humedad menor al 25% (Barros & Errázuriz Abogados, 2006).

La madera libre de agua posee un poder calorífico inferior de hasta 4.400 kcal/kg. Este valor se reduce aproximadamente a 3.500 kcal/kg en la madera secada al aire con 20 % de humedad residual, considerando lo anterior si se aumenta el grado de humedad, se reduce aún más el poder calorífico ("cadena", s.f.).

4.2.2 Comercialización.

La leña es uno de los combustible más barato que actualmente existe en el mercado y junto con el uso de esta, que se encuentra culturalmente muy

arraigado en el sur de Chile, son los principales argumentos para su uso masivo tanto en los sectores residenciales como industriales. En promedio, la leña, es 2 a 3 veces más barato que combustibles como kerosene y gas, lo que también permite que su valor pueda aumentar si se mejora la calidad del producto sin perder el atractivo de ser un combustible económicamente viable (Lobos, 2001).

La leña se vende o comercializa ya sea por canasto, saco o estéreo. La leña se puede vender tanto en kilogramos como en metros cúbicos, donde un metro cubico de leña tiene un peso aproximado de 400 kilogramos, los valores de un metro cubico de leña varían desde los 25 mil pesos hasta los 40 mil pesos, dependiendo de la calidad de la leña (Ecoleña, s.f).

4.2.3 Distribución.

Generalmente la leña se distribuye por algún medio de transporte (camión, camioneta etc.), a domicilio, también se puede obtener desde locales de acopio donde se vende ya trozada y regularmente en sacos.

4.2.4 Tecnologías disponibles.

En el mercado local existen básicamente 6 tipos de estufas o cocinas que utilizan leña como combustible, las cuales se detallan a continuación:

- Chimeneas: Las chimeneas son calefactores que se instalan o bien se construyen con ladrillos refractarios a pedido. Se caracterizan por tener cámaras de combustión de un gran volumen, pueden o no tener compuerta para introducir la leña.
- Salamandras: Estas estufas poseen cámaras de combustión con paredes de fierro fundidos y se caracterizan por la limitada capacidad de control de ingreso de aire de combustión.
- Combustión lenta: Este modelo de calefactor posee una cámara de combustión construida con planchas de acero soldadas y dispone de un visor de vidrio. Posee sellos de aire adecuados en las puertas que permiten regular completamente la cantidad de aire de combustión que ingresa al hogar.

- Combustión lenta con doble cámara: Modelo de calefactor similar al anterior, pero posee una doble cámara de combustión con suministro dosificado de aire secundario. Con esta segunda cámara se logra realizar una combustión completa, reduciendo la emisión de gases y partículas no quemadas. ("cadena", s.f).

A pesar que hay una gran variedad de estufas a leña, suelen clasificarse en, convencionales y herméticas. Las estufas convencionales tienen bajos niveles en la eficiencia de la combustión con un rango de entre 25 y 50%, mientras las herméticas pueden tener una eficiencia superior al 50%. El impacto en la calidad del aire de espacios interiores producido por las estufas a leña suele ser las emisiones de material particulado. Los hogares que cuentan con sistemas de calefacción a leña producen emisiones que incrementan las concentraciones de partículas al interior de las viviendas, aumentando también las concentraciones de hidrocarburos aromáticos policíclicos (Centro Nacional del Medio Ambiente de la Universidad de Chile cenma, 2011).

4.2.5 Características de calefactores de doble combustión del mercado actual.

Según un estudio del DICTUC donde se analizó la contaminación intradomiciliaria menciona que las estufas de doble cámara producen apenas 2 a 9 gramos de partículas por hora. Es decir, contaminan 14 a 20 veces menos que las chimeneas abiertas las cuales devuelven directamente al ambiente los resultados de la combustión de leña (anhídrido carbónico CO₂) y emiten 38 a 120 gramos de partículas por hora (Durán, 2011).

Los calefactores que se han establecido en el mercado chileno corresponden, en su mayoría, al tipo doble combustión y su popularidad se debe principalmente al concepto de “combustión lenta” en relación a calefactores y estufas de tecnologías anteriores.

El principal elemento que distingue estas estufas es el denominado “templador”, que cumple varias funciones. Por una parte, el templador forma una segunda cámara sobre la cámara principal. El templador defleca el flujo de gases provocando un recorrido más largo a través de la segunda cámara.

Por otra parte, el templador alcanza una elevada temperatura al estar en contacto con los gases en combustión y por efecto de la radiación de la llama. De este modo, el templador cumple la función de transferir calor desde la combustión primaria, manteniendo una temperatura más elevada en la etapa de combustión secundaria.

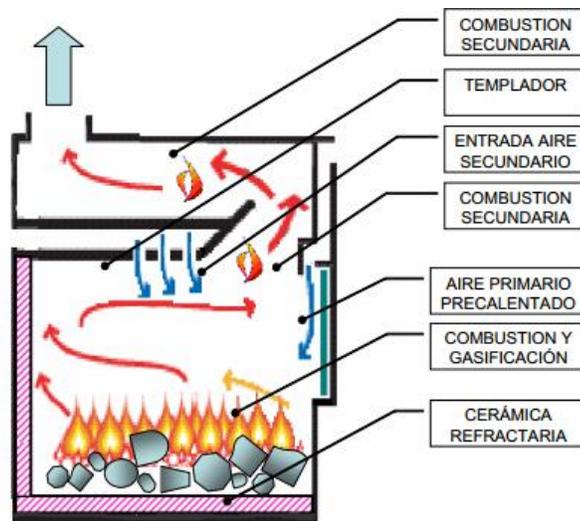


Figura 14: Esquema de una estufa de doble combustión nacional típica.

Fuente: Análisis técnico-económico de la aplicación de una norma de emisión para artefactos de uso residencial que combustionan con leña y otros combustibles de biomasa, (2007).

Las estufas de doble combustión típicas tienen una potencia máxima promedio de 9.000 kcal/hr, equivalente a 10 kW y una tasa de quemado de 2,5 a 3 kg de leña por hora. En su posición “mínimo” o “lenta” la potencia es de 2 a 3 kW y un consumo de 0,6 a 1 kg/hr.

Los factores de emisión típicos de material particulado (en laboratorio y con leña seca) son de aprox. 2 g/kg para máxima potencia y 6 g/kg a baja potencia, con una cantidad de leña moderada.

Generalmente, a máxima potencia el aire primario proporciona un elevado exceso de oxígeno, facilitando una mayor temperatura y mejor combustión, pero reduciendo la eficiencia energética por el mayor flujo y menor tiempo de intercambio térmico. (Ambiente Consultores Ltda., 2007).

4.3 Descripción general de los sistemas de calefacción, a gas, parafina y eléctrico.

Los sistemas de calefacción sin chimenea como el caso de las estufas a parafina y gas, producen gases contaminantes tales como el monóxido de carbono (CO), el dióxido de azufre (SO₂) y los óxidos de nitrógenos (NO_x), además de partículas respirables gruesas y finas denominadas material particulado (PM). (Durán, 2011).

El DICTUC realizó un estudio de los diferentes sistemas de calefacción que no utilizan chimenea en donde se estudiaron las emisiones de material particulado (PM) tanto fino como grueso que estas emiten.

Para el caso del PM fino, en el estudio se compara la concentración con un valor de referencia de 10 ug/m³ y se asigna un valor entre 0 y 10. En este sentido, las estufas a parafina con tecnología tradicional y usadas son las que presentan mayores niveles (3,6) y las siguen las que usan el mismo combustible pero con tecnología moderna, con mecha y también usadas (3,1). Las que menos emiten PM son las estufas convectivas nuevas, ya sea a gas natural o licuado (0,4) (Durán, 2011).

Los sistemas de calefacción eléctricos según estudio del DICTUC son considerados como calefactores que no combustionan al interior de las viviendas y por tanto no descargan contaminantes al interior del hogar.

4.3.1 Sistema de calefacción a gas.

Los sistemas de calefacción a gas licuado de petróleo (GLP), también conocidas como Estufas a Gas Licuado presentan también tres diseños básicos; convección natural, radiante y convección forzada. Los sistemas de convección natural emplean un quemador de acero inoxidable de forma cilíndrica, dotado de perforaciones por donde es liberado el gas licuado que es combustionado. En las estufas radiante el gas es liberado a través de un quemador de placa cerámica con perforaciones, la cual se calienta el rojo vivo, liberando calor infrarrojo o radiante, la zona caliente generada por la placa también ayuda a mantener una alta temperatura en la zona de combustión de la llama, lo que contribuye a una combustión más completa del combustible. Por último los nuevos sistemas de convección forzada funcionan con un sistema de combustión sin llama visible y un ventilador de

impulsión del aire de entrada y salida. (Centro Nacional del Medio Ambiente de la Universidad de Chile cenma, 2011)

- **Características:**

- Además de poco contaminante, actualmente gracias a las conexiones a la red de gas “de ciudad” o “natural” se presenta como una opción ventajosa.
- No tiene más riesgos para la salud que los causados por el mal estado de los equipos y accesorios o por una inadecuada manipulación.
- Cada sistema de calefacción a gas portátil de balón; a gas licuado, catalítico o natural; calefactores murales o conectados a red presenta sus pro y sus contra, en relación al costo del consumo, al suministro y al almacenamiento del gas.

- **Estufas a gas.**

Las estufas a gas usan el oxígeno del interior del recinto para calefaccionar ya sea por radiación o convección lanzando los gases al interior de éste. Dependiendo del modelo, emiten mayor o menor cantidad de gases nocivos al ambiente, es por esto que se recomienda su uso en lugares con constante renovación de aire (living, comedor).

- Estufas a gas catalíticas.

Calefaccionan por radiación, lanzando humedad al ambiente. Producen bajos niveles de CO₂ (monóxido de carbono). El panel requiere ciertos cuidados de mantención para conservarlo en buen estado. Es importante utilizar sólo gas catalítico y guardar la estufa protegida del polvo y la humedad.

- Estufas a gas de llama abierta

Calefaccionan por convección. Producto de la combustión producida en el quemador, el aire se calienta y asciende, desplazando el aire frío hacia abajo, el cual es absorbido por la estufa, iniciando así una circulación de aire que produce bajos niveles de CO₂. No requiere cuidados especiales de mantención. No es adecuada para dormitorios.

➤ Estufas a gas infrarrojas

Calefaccionan por radiación. Producto de la combustión producida en sus placas cerámicas (900°C) estas se tornan incandescentes e irradian calor. Dan mayor sensación de calor, pero secan el ambiente y producen altos niveles de CO₂.

4.3.2 Sistema de calefacción a parafina.

El kerosene es una fracción refinada del petróleo crudo utilizada normalmente para alumbrar, calentar, cocinar, así como combustible para ciertos motores y como base para insecticidas.

Los sistemas de calefacción a kerosene, también conocidos como Estufas a Parafina tienen tres diseños básicos; convección, radiación y de dos etapas. Los sistemas de calefacción a kerosene por convección emplean una mecha cilíndrica combustionada a alta temperatura. Los sistemas a radiación tienen una mecha cilíndrica conectada a una cubierta metálica perforada, que se calienta al rojo vivo, liberando calor infrarrojo o radiante, funcionando a menores temperaturas que los de convección. Finalmente, los sistemas de calefacción de dos etapas funcionan con un diseño similar al radiante, agregando una cámara encima del elemento radiante, para así combustionar Monóxido de Carbono (CO) e hidrocarburos no combustionados por radiación. (Centro Nacional del Medio Ambiente de la Universidad de Chile cenma, 2011).

Algunas características de los sistemas de calefacción a kerosene o parafina:

- Es contaminante y tiene cierto grado de toxicidad que puede, incluso, llegar a provocar alergias e intoxicaciones.
- Su uso es incómodo, pues requiere estar rellenando permanentemente el estanque de parafina.
- Su olor se impregna en ropas y muebles y suele reconocerse a la distancia (en la mayoría de los casos a causa de una inadecuada mantención de la estufa)
- Lo más grave: su manipulación es la más riesgosa. Muy frecuentes son los incendios por derrames en el momento del vaciado o por contacto de la mecha con objetos inflamables.

- **Estufas a parafina**

La mayoría de las estufas a parafina calefaccionan por radiación, a través de su quemador y la pantalla reflectora que rodea el quemador. Es una forma de calefacción económica, tanto por el valor del aparato, como del combustible. Eso sí, produce niveles de contaminantes, razón por la cual se recomienda su uso sólo en lugares con bastante ventilación y una constante renovación de aire (living, comedor, pasillos, etc.). No es adecuada para dormitorios. Es necesario cambiar la mecha cuando empieza a echar olor a parafina. No las mantenga encendidas por más de 2 horas seguidas.

Tecnologías disponibles:

- De mecha: sirven hasta lugares de 140 m². Como además de calefaccionar por radiación lo hacen por convección, tienen un mayor poder de alcance. Por tener la mecha en una cámara cerrada no produce olores.
- Láser: calefaccionan con parafina pero necesitan de electricidad para hacer funcionar el sistema de encendido, termostato y el de ahorro de combustible. Transmiten el calor por medio de la radiación y dependiendo del modelo pueden calentar desde los 40 hasta los 120 m².

4.3.3 Sistema de calefacción a electricidad.

La electricidad, en comparación con el gas natural, gas licuado y el kerosene es el único energético que, al no ser combustible, no genera contaminación ni en el interior ni en el exterior de los hogares.

Las estufas eléctricas y oleo eléctricas son perfectas para calefaccionar rápidamente espacios pequeños entre 15 y 20 m² ya que producen ráfagas de calor constante que calientan el aire contenido en una habitación ("Guía", 2010).

- **Tipos de calefacción eléctrica:**

Existen distintos tipos de calefacción eléctrica a los cuales se puede acceder:

- Óleo eléctrico y convectores eléctricos
- Estufas eléctricas halógenas
- Estufas eléctricas a cuarzo
- Termo ventiladores
- Radiadores infrarrojos

- **Funcionamiento:**

Desde una toma de corriente especial, una estufa toma energía eléctrica para conducirla a través de cables y resistencias eléctricas. Estas estufas requieren una tensión de alimentación de 149 voltios para funcionar.

Las estufas eléctricas toman la energía y la envían a un transformador central. Este es el punto en el que la energía eléctrica se distribuye hacia las resistencias. Cuando un interruptor es abierto, se encenderá entonces una resistencia eléctrica, debido a que la energía eléctrica es conducida a través de ella. Esta conducción producirá calor, elevando de esta manera la temperatura de la resistencia (Paventi, s.f.).

- **Características:**

- Son muy útiles para calefaccionar espacios pequeños, como oficinas y piezas, además de ser portátiles.
- Su principal inconveniente es el alto consumo de electricidad, lo cual la hace menos eficiente si usted la usa por muchas horas durante el día.
- Cada tipo de estufa tiene limitaciones en cuanto a su potencia, lo que guarda directa relación con el calor que emiten: las eléctricas van desde 900 a 2.200 W.

4.4 Análisis de costos de los sistemas de calefacción.

4.4.1 Costo y costos asociados del sistema de calefacción a pellet.

Los sistemas de calefacción a base de pellet ya sea estufas o calderas, se caracterizan por su alta eficiencia además de ser uno de los sistemas más limpios y por tanto con menor impacto ambiental. El alto costo de adquisición que representan este sistema de calefacción y su baja presencia en el mercado nacional, son alguno de los factores que han mermado su masificación en el país lo que debería verse revertido en un par de años según lo expuesto por Sonia Cabello ejecutiva de la cadena de supermercados Walmart Chile en un reportaje del diario la segunda (Aguirre, 2013).

Para el estudio se han seleccionado dos estufas a pellet de las marcas Bosca y Amesti, de potencia y consumo similar, de las cuales se encuentran diferencias de precios que bordean los quinientos mil pesos (ver Tabla 11).

Características de las estufas seleccionadas:

Tabla 11: Características de estufas a pellet seleccionadas para el estudio.

ESTUFA AMESTI A PELLE Italy 6000 Burdeo	ESTUFA ECO PELLE 360
	
Costo: \$1.049.900.-	Costo: \$499.000.-
Potencia: 6,2 KW	Potencia: 7,5 KW
Consumo: 0,6-1,5 Kg/Hra	Consumo: 1,5 Kg/Hra

Fuente: Elaboración Propia.

Para las estufas a pellet se debe considerar el costo de adquisición, de instalación, combustible, de almacenamiento del combustible y así también evaluar la eficiencia de esta tecnología en comparación a las otras alternativas con mayor presencia o incidencia en el país. Los costos de instalación y almacenamiento están descritos en la Tabla 12

Tabla 12: Costo asociado para el sistema de calefacción a pellets.

COSTO ASOCIADO E INSTALACION	
ASPECTO	COSTO
KIT INSTALACIÓN (INTERIOR SALIDA SOBRE TECHO AMESTI)	\$ 74.900
BODEGA DE 2X3.5	\$ 246.456

Fuente: Elaboración propia.

- Costo de instalación: para la elección de un Kit de instalación se debe considerar la forma de la vivienda y un lugar apropiado para ubicar la estufa dentro de ella, para las dos estufas seleccionadas, son los mismos fabricantes quienes recomiendan el kit apropiado para las estufas, los precios de estos están entre los 70 mil y 80 mil pesos.
- Para el costo de almacenamiento se ha considerado una bodega de 2 x 3, 5 metros el cual de acuerdo a la cubicación (anexo v) y el presupuesto, tiene un costo que está en torno a los \$250.000 pesos.
- El pellet tiene un costo que ronda en torno a los 180 y 200 pesos por kilogramo.

Tabla 13: Características estufas a pellets.

COSTO DE ADQUISICION DEL SISTEMA DE CALEFACCION	COSTO	POTENCIA EN WATTS	CONSUMO	COSTO DE COMBUSTIBLE	
				UNIDAD	COSTO
SISTEMA DE CALEFACCION A PELLETT					
ESTUFA AMESTI A PELLETT Estufa a Pellet Italy 6000 Burdeo	\$ 1.049.900	6200	0,6-1,5 KG/H	KG	\$ 193
ESTUFA ECO PELLETT 360	\$ 499.990	7500	1,5 KG/H		

Fuente: Elaboración propia.

Considerando los datos expuestos se estima que las estufas a pellet alcanzan un costo que varía entre un los 700 mil y un millón y medio de pesos (ver Tabla 13), siendo este uno de los sistemas de calefacción de mayor costo en el mercado nacional. Cabe señalar que la masificación de esta tecnología ha ido en aumento según lo expuesto en la Figura 15, pero aun así la penetración en los hogares del país de las estufas a pellet es bajo, por esto que el gobierno ha comenzado iniciativas para que este tipo de estufas se masifiquen en todo el territorio nacional, siendo zonas como Temuco, Padre las casa, Valdivia y Coyhaique las ciudades donde mayor auge se ha dado a estas iniciativas, debido a que las estufas con esta tecnología poseen un bajo impacto ambiental además de presentar un buen rendimiento entre potencia y consumo de energía (Fernández, 2013).

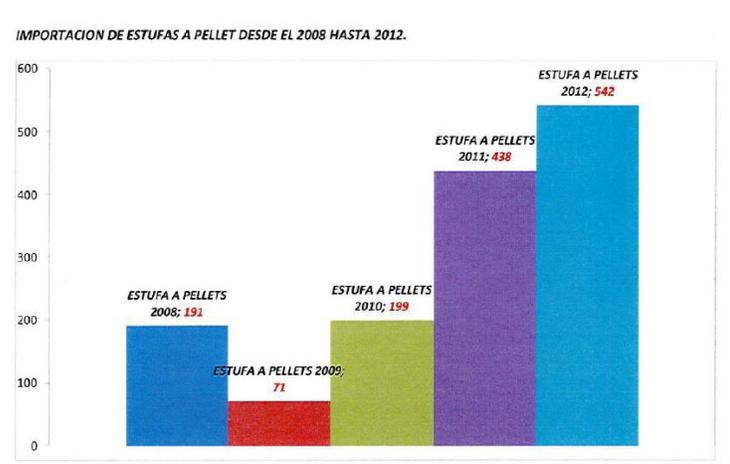


Figura 15: Importación de estufas a pellet desde el 2008 hasta el 2012.

Fuente: Planes de descontaminación en Chile: el pellets como alternativa para reducir emisiones MP_{2,5} en ciudades que usan leña, (2013).

4.4.2 Costo y costos asociados del sistema de calefacción a combustión lenta.

Las estufas a leña son el sistema de calefacción más empleado en el país, y específicamente en el sur del Chile, existiendo una variada gama de estufas a leña, que van desde las estufas de fierro o salamandras a las estufas de doble cámara, siendo estas las de mayor eficiencia y también más amigables con el medioambiente, ya que reducen los niveles de material particulado, en comparación a las antiguas estufas a leña, debido a la tecnología de doble cámara.

Las estufas evaluadas para este estudio pertenecen a la marca Amesti y Bosca, la cuales son las principales marcas que comercializan estufas a leña (ver Tabla 14).

Tabla 14: Características estufas a leña seleccionadas para el estudio.

AMESTI ESTUFA A LEÑA NORDIC 350	BOSCA ESTUFA A LEÑA Eco 350
	
Costo: \$184.900.-	Costo: \$149.900.-
Potencia: 7 KW	Potencia: 7 KW
Consumo: 0,8-1,6 Kg/Hra	Consumo: 0,6-1,6 Kg/Hra

Fuente: Elaboración propia.

Al igual que las estufas a pellet, al costo de adquisición de una estufa a leña se debe considerar también costos de instalación, combustible y almacenamiento, cuyos valores se señalan en la Tabla 15.

Tabla 15: Costo asociado para el sistema de calefacción a leña.

COSTO ASOCIADO E INSTALACION	
ASPECTO	COSTO
KIT INSTALACIÓN (INTERIOR SALIDA SOBRE TECHO BOSCA)	\$ 79.900
BODEGA DE 2X3.5	\$ 246.456

Fuente: Elaboración propia.

- Costo de instalación: tanto para las estufas a pellet como para las estufas a leña se utilizan kit de instalación similares, algunas de las estufas comercializadas en el país vienen con un kit de instalación incorporado en el costo de adquisición, en este caso se ha considerado un kit de instalación similar al de las estufas pellet evaluadas, teniendo en consideración la variación en el diámetro de los cañones a instalar, los cuales deben estar descritos en el manual de uso de cada artefacto. Se considera entonces un costo que va desde los 70 a los 80 mil pesos.
- Costo de combustible: el costo por kilogramo de leña es cercano a los \$150 pesos (ver Tabla 16), considerando que el metro cubico de leña

varía entre \$25.000 a los \$40.000 pesos, esto dependiendo de la calidad de la leña, donde un metro cubico de leña puede entregar hasta 400 Kg de este combustible (Ecoleña, s.f).

Tabla 16: Características estufas a leña.

COSTO DE ADQUISICION DEL SISTEMA DE CALEFACCION	COSTO	POTENCIA EN WATTS	CONSUMO	COSTO DE COMBUSTIBLE	
				UNIDAD	COSTO
SISTEMA DE CALEFACCION A LEÑA					
AMESTI ESTUFA A LEÑA NORDIC 350	\$ 184.900	7000	0,8-1,6 KG/H	KG	\$ 150
BOSCA ESTUFA A LEÑA Eco 350	\$ 149.900	7000	0,6-1,6 KG/H		

Fuente: Elaboración propia.

- Costo de almacenamiento: se considera una bodega de 2 x 3,5 metros, el cual tiene un costo aproximado de 250 mil pesos según presupuesto.

Para las estufas a leña y en general las estufas con ducto de evacuación de gases al exterior, como las estufas a pellet, se deben considerar el costo de instalación lo cual incrementa su valor comercial. Con las estufas a leña también se debe considerar el almacenamiento del combustible que se utilizara en el año, incrementando su costo. La adquisición de un sistema de calefacción debe estar relacionado al rendimiento, en este caso para las estufas de doble cámara presentadas, el rendimiento varía desde 0,6 a 1,6 Kg/ Hora (ver Tabla 16), lo que entrega un costo aproximado de \$240 pesos por hora de funcionamiento, en comparación a otras estufas de similares características, las estufas que funcionan a leña de doble cámara son más económicas, siendo esto un factor importante a la hora de escoger un sistema de calefacción apropiado para el hogar.

4.4.3 Costo y costos asociados de otros sistemas de calefacción, a parafina, gas y eléctricas.

Tanto las estufas a gas como las estufas a parafinas que se exponen son estufas que no necesitan la instalación de ductos para la evacuación de gases al exterior, lo que por una parte reduce su costo en lo que respecta a la adquisición del sistema de calefacción como la instalación de este.

Estufas a gas:

Tabla 17: Características estufas a gas seleccionadas para el estudio.

ESTUFA A GAS SINDELEN SUNNY RED SR 6200	ESTUFA GAS INFRAROJA LIGNUM MGF 1180
	
Costo: \$72.900.-	Costo: \$89.900.-
Potencia: 4,2 KW	Potencia: 4,5 KW
Consumo: 0,269 Kg/Hra	Consumo: 0,327 Kg/Hra

Fuente: Elaboración propia.

La variedad de estufas a gas presentes en el mercado nacional son de bajo costo de adquisición como se expresa en la Tabla 17, además el costo asociado que presentan estas estufas tiene relación con la obtención de un balón de gas para el almacenamiento del combustible, el costo de los balones varían desde los \$15.290 pesos para una capacidad de 5 Kg y de \$26.900 pesos para uno de 15 Kg de capacidad (ver Tabla 18), elevando el costo aproximadamente un 30% más, aun así se mantiene valores que están en torno a los 100 mil pesos.

Tabla 18: Costo asociado para el sistema de calefacción a gas.

COSTO ASOCIADO E INSTALACION	
ASPECTO	COSTO
BALON DE GAS 5 KG	\$ 15.290
BALON DE GAS 15 KG	\$ 26.900

Fuente: Elaboración propia.

- Costo de combustible: el costo del combustible varía según la capacidad del balón de gas, ya que para un balón de 5 Kg el costo es de \$5.800 pesos entregando un valor de \$1.160 pesos el kilogramo de gas, y para un balón de 15 Kg el valor es cercano a los \$1.000 pesos (ver Tabla 19).

Tabla 19: Características estufas a gas.

COSTO DE ADQUISICION DEL SISTEMA DE CALEFACCION	COSTO	POTENCIA EN WATTS	CONSUMO	COSTO DE COMBUSTIBLE	
				UNIDAD	COSTO
SISTEMA DE CALEFACCION A GAS					
ESTUFA A GAS SINDELEN SUNNY RED SR 6200	\$ 72.900	4200	0,269 KG/H	BALON 5KG	\$ 5.800
ESTUFA GAS INFRAROJA LIGNUM MGF 1180	\$ 89.900	4200	0,327 KG/H	BALON 15KG	\$ 14.800

Fuente: Elaboración propia.

Estufas a parafina: Las estufas seleccionadas son las estufas Toyotomi, estas estufas son las que presentan menores niveles de emisión de material particulado fino dentro de las estufas a parafina existentes en el mercado, seleccionando una de tiro forzado y otra laser indicadas en la Tabla 20.

Tabla 20: Características estufas a parafina seleccionadas para el estudio.

ESTUFA TOYOTOMI Tiro Forzado FF-55T	ESTUFA TOYOTOMI Laser LC-43
	
Costo: \$849.990.-	Costo: \$349.990.-
Potencia: 5,5 KW	Potencia: 4,2 KW
Consumo: 0,18-0,622 Lts/Hra	Consumo: 0,11-0,406 Lts/Hra

Fuente: Elaboración propia.

Para las estufas a parafina el principal inconveniente es la contaminación intradomiciliaria es por esta razón que el costo de estas estufas puede llegar a ser varias veces superior dependiendo de la tecnología que emplee, ya que a menor emisión de material particulado el costo de adquisición del equipo se incrementa.

Los costos asociados que presentan las estufas a parafina tienen relación con adquirir el combustible, el que debe ser almacenado en recipientes adecuados, en este caso bidones plásticos, los valores van desde los \$3.000 a los \$6.000 pesos (ver Tabla 21).

Tabla 21: Costo asociado del sistema de calefacción a parafina.

COSTO ASOCIADO E INSTALACION	
ASPECTO	COSTO
BIDON DE 10 LTS PARA COMBUSTIBLE	\$ 2.990
BIDON DE 20 LTS PARA COMBUSTIBLE	\$ 5.990

Fuente: Elaboración propia.

- Costo de combustible: El costo de la parafina o kerosene varía constantemente debido al vaivén de los mercados, en la actualidad ronda los \$600 pesos en los servicentros del país (ver Tabla 22).

Tabla 22: Características estufas a parafina.

COSTO DE ADQUISICION DEL SISTEMA DE CALEFACCION	COSTO	POTENCIA EN WATTS	CONSUMO	COSTO DE COMBUSTIBLE	
				UNIDAD	COSTO
SISTEMA DE CALEFACCION A PARAFINA					
ESTUFA TOYOTOMI Laser LC-43	\$ 349.990	4200	0,11-0,406 LTS/H	LTS	\$ 620
ESTUFA TOYOTOMI Tiro Forzado FF-55T	\$ 849.990	5500	0,18-0,622 LTS/H		

Fuente: Elaboración propia.

Estufas eléctricas:

Tabla 23: Características estufas eléctricas seleccionadas para el estudio.

Estufa Oleoeléctrica SK2000Kaltemp	Estufa Eléctrica BIO-1500 WAKaltemp
	
Costo: \$149.990.-	Costo: \$299.990
Potencia: 2 KW	Potencia: 1,5 KW
Consumo: 2 KWh	Consumo: 1,5 KWh

Fuente: Elaboración propia.

Las estufas que funcionan a electricidad están fabricadas para calefaccionar espacios reducidos, lo que perjudica su uso en espacios amplios, por otra parte las estufas eléctricas son estufas que no generan emisiones de material particulado, ni otros contaminantes, siendo un factor a favor para la elección, sin embargo el costo de funcionamiento es mayor al resto de las estufas debido a que la potencia de calefacción de las estufas eléctricas es menor que otras tecnologías, teniendo que estar en funcionamiento mayor tiempo lo que produce un incremento del costo de calefacción de los usuarios. Las últimas tecnologías en estufas eléctricas son las estufas infrarrojas como la BIO-1500 (ver Tabla 23), este tipo de estufas no calefaccionan el ambiente sino los cuerpos que estén sometidos a la exposición directa según una entrevista a Fabián Hormazábal sub gerente área energía sustentable DICTUC, esto provoca que al apagar las estufas los espacios no se encuentren calefaccionado (Hormazábal, 2012).

- Consumo: el valor de la electricidad varía según las estaciones, es por eso que en la ciudad de Valdivia el valor varía de \$114 pesos a \$159 pesos en meses de invierno.

Tabla 24: Características estufas eléctricas.

COSTO DE ADQUISICION DEL SISTEMA DE CALEFACCION		POTENCIA EN WATTS	CONSUMO	COSTO DE COMBUSTIBLE	
SISTEMA DE CALEFACCION ELECTRICO	COSTO			UNIDAD	COSTO
Estufa Oleoeléctrica SK2000Kalttemp	\$ 149.990	2000	2 KWh	KWh	\$ 114
Estufa Eléctrica BIO-1500 WAKalttemp	\$ 299.990	1500	1,5 KWh	KWh	\$ 159

Fuente: Elaboración propia.

En el aspecto económico las estufas han sido evaluadas por el rendimiento y la potencia que estas entregan como se presenta en la Tabla 25.

Tabla 25: Costo por hora de funcionamiento de las distintas estufas seleccionadas según su consumo.

ESTUFAS EVALUADAS	COSTO X HORA	WATTS
ESTUFA AMESTI A PELLETT Estufa a Pellet Italy 6000 Burdeo	\$116.-\$290.-	6200
ESTUFA ECO PELLETT 360	\$290.-	7500
AMESTI ESTUFA A LEÑA NORDIC 350	\$120.-\$240.-	7000
BOSCA ESTUFA A LEÑA Eco 350	\$90.-\$240.-	7000
ESTUFA A GAS SINDELEN SUNNY RED SR 6200	\$289.-	4200
ESTUFA GAS INFRAROJA LIGNUM MGF 1180	\$351.-	4200
ESTUFA TOYOTOMI Laser LC-43	\$68.-\$252.-	4200
ESTUFA TOYOTOMI Tiro Forzado FF-55T	\$112.-\$386.-	5500
Estufa Oleoeléctrica SK2000Kalttemp	\$228.-\$318.-	2000
Estufa Eléctrica BIO-1500 WAKalttemp	\$171.-\$239.-	1500

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo al rendimiento y la potencia son las estufas a pellet y a leña las que presentan una mejor relación, teniendo más potencia a igual o menor costo que alternativas como las estufas a gas y parafina.

- **Costo de mantenimiento de los sistemas evaluados:**

Tabla 26: Costo de mantenimiento de los distintos sistemas evaluados.

	COSTO DE MANTENIMIENTO
SISTEMA DE CALEFACCION A PELLETT	\$40000.- \$50000.-
SISTEMA DE CALEFACCION A LEÑA	\$40000.- \$50000.-
SISTEMA DE CALEFACCION A GAS	\$15000.- a \$35000.-
SISTEMA DE CALEFACCION A PARAFINA	\$5000.-
SISTEMA DE CALEFACCION ELECTRICO	\$6000.-

Fuente: Mantenimiento y cuidados para las estufas de gas, eléctricas y boscas, (2009).

Los costos de mantenimiento expuestos en la Tabla 26 tienen relación, en el caso de las estufas a biomasa con la limpieza de los ductos de evacuación de gases, además las recomendaciones de mantenimientos vienen descritas en los respectivos manuales de uso, para las estufas a gas, el mantenimiento consta de limpiar el quemador principal y el piloto, chequear los sensores de seguridad y monitorear las emisiones de CO₂. En el caso de las estufas eléctricas el costo está relacionado a la revisión de piezas claves como el enchufe de alimentación, termostatos, selector de temperatura, resistencias eléctricas y nivel de aceite. Las estufas a parafina en este caso las estufas Toyotomi, el valor del servicio técnico es de 5 mil pesos (Portal inmobiliario.com, 2009).

5 CAPÍTULO V

PRESENTACION DE CASOS REALES ATRAVES DE ENCUESTAS REALIZADAS.

5.1 Población y muestras.

En el proyecto inmobiliario Parque torreones es uno de los proyectos más grandes de este tipo en Valdivia, con aproximadamente 200 viviendas hasta la etapa 2-2 de este proyecto, la cual va en aumento por la expansión de terreno que posee la misma inmobiliaria en el sector de las animas de la comuna de Valdivia. Para la elaboración de la encuesta se seleccionó a 20 viviendas de las etapas anteriores.

5.1.1 Delimitación de la población.

Criterios para aceptación de datos: se aceptaran los sistemas de calefacción que cumplan con los siguientes criterios:

- Deben encontrarse en el sector residencial de la zona en estudio, Parque Torreones, por tanto, al interior de los respectivos hogares encuestados.
- Deben ser considerados como sistema de calefacción residencial, es decir, que se utilicen para temperar todo el hogar.

Se excluirán del análisis los sistemas de calefacción que no sean utilizados con el fin de temperar el hogar periódicamente.

5.1.2 Selección de la muestra.

Para el presente estudio la muestra se constituyó de 20 hogares del Parque Torreones, que presentan los sistemas de calefacción que cumplen las condiciones descritas anteriormente. El número de la muestra fue determinada de forma aleatoria debido a la imposibilidad de abarcar a toda la población, además que para los objetivos del presente estudio no es relevante el tamaño muestral por no ser probabilístico ni representativo.

5.1.3 Unidad de análisis.

La unidad de análisis corresponde a los distintos sistemas de calefacción existentes en las viviendas del proyecto inmobiliario Parque Torreones de la ciudad de Valdivia que son utilizados para calefaccionar diariamente y de forma intradomiciliaria. En ellas se analizan su costo ya sea de instalación

como de mantención y las emisiones de material particulado respirable, finalmente se comparan para obtener el más eficiente según lo requerido por el presente estudio.

5.2 Presentación de encuestas.

Como principal instrumento de medición se utilizó una encuesta, la cual responde a los parámetros descritos en el punto anterior, la función de esta encuesta fue recopilar información correspondiente a las características del sistema de calefacción empleado en la vivienda. Además de la disponibilidad del actual sistema de calefacción y variables que inciden en la elección de un equipo de calefacción al momento de comprarlo.

La presente encuesta se le realizó al menos a 20 viviendas.

Nombre:

Propietario:

1. ¿Qué medio sistema de calefacción emplea para calefaccionar su hogar?
2. ¿Qué tipo de combustible utiliza su sistema o medio de calefacción?
3. ¿Cuál es el costo mensual de combustible en meses de invierno?
4. ¿Cuál fue el costo de instalación del sistema de calefacción?
5. ¿Cree usted que el sistema de calefacción que ha escogido es el más conveniente en lo que respecta a su costo?
6. De la siguiente escala ¿qué tan satisfecho se siente con el sistema de calefacción instalado en su hogar en lo que respecta a costo?



7. ¿Qué tan importante es para usted el sistema de calefacción que instale en su vivienda?



8. ¿Estaría dispuesto a buscar otras alternativas al sistema de calefacción ya instalado en su vivienda?

5.3 Análisis y resultados de encuestas.

En las siguientes tablas se hace un resumen de las encuestas efectuadas a las distintas familias que habitan el tipo o modelo de vivienda Icalma, en las encuestas se hace referencia a cuatro sistemas de calefacción, estos son:

- Estufas de combustión lenta.
- Estufas a parafina.
- Estufas eléctricas.
- Estufas a gas.

De lo expuesto se puede apreciar que el sistema a calefacción a pellet, en particular las estufas a pellet no están considerados por la población encuestada, y esto se debe a diversos factores entre ellos se puede mencionar que esta es una tecnología nueva en Chile, además presenta un alto costo de adquisición entre otros.

En la Tabla 27 se observa el costo promedio de inversión, el costo asociado, el costo asociado se entiende como los costos que implica el acopio del combustible y la instalación del sistema, el costo promedio en el año del combustible empleado y la satisfacción de las familias con su actual sistema de calefacción.

Tabla 27: Promedio de las respuestas realizadas por los propietarios de las viviendas.

SISTEMA DE CALEFACCIÓN	INVERSION PROMEDIO	COSTO ASOCIADO PROMEDIO	COSTO COMBUSTIBLE PROMEDIO	SATISFACCION PROMEDIO
ESTUFA DE COMBUSTION LENTA	\$ 275.455	\$ 200.000	\$ 176.295	4,3
ESTUFA A PARAFINA	\$ 200.000	\$ -	\$ 183.020	4,5
ESTUFA ELECTRICA	\$ 55.000	\$ -	\$ 206.250	4
ESTUFA A GAS	\$ 50.000	\$ -	\$ 140.000	5

Fuente: Elaboración propia.

De los resultados se desprende que las estufas de combustión lenta son las que presentan un mayor costo de inversión además de un mayor costo asociado, esto se debe a que las estufas de combustión lenta necesitan de ductos para la evacuación de gases para su correcto funcionamiento y a también de un lugar físico para almacenar el combustible, a diferencia de los otros tres sistemas. En relación al costo promedio del combustible las estufas a gas poseen el menor costo promedio en lo que respecta al combustible a utilizar y también presentan el mayor grado de satisfacción, sin embargo se

debe tener en consideración que las estufas a gas es el sistema de calefacción con menor presencia en los hogares encuestados (ver Tabla 28).

Tabla 28: Resumen de artefactos utilizados en las viviendas encuestadas.

SISTEMA DE CALEFACCIÓN	SISTEMAS ELEGIDOS	PORCENTAJE
ESTUFA DE COMBUSTION LENTA	11	55%
ESTUFA A PARAFINA	4	20%
ESTUFA ELECTRICA	4	20%
ESTUFA A GAS	1	5%

Fuente: Elaboración propia.

Las estufas de combustión lenta a pesar de no ser las mejores evaluadas en lo que respecta a la satisfacción de los usuarios en relación a los costos, ya sea de inversión como asociados, es esta tecnología la que predomina en los hogares encuestados según lo que indica la Tabla 28, esto tiene relación con el arraigo que tiene la leña como combustible en las familias del sur de Chile ("cadena", s.f).

La correcta selección de un sistema de calefacción por parte de los usuarios encuestados representa un factor relevante a la hora de optar por uno u otro (ver Tabla 29), si se considera la pregunta número 8 de la encuesta realizada a los usuarios “¿Estaría dispuesto a buscar otras alternativas al sistema de calefacción ya instalado en su vivienda?” El 55% responde que desea mantener su sistema de calefacción y el 45% desea otra alternativa (ver Tabla 30), lo importante es que el total de los usuarios que desean mantener su actual sistema de calefacción son aquellos que poseen estufas de combustión lenta, y el total de usuarios que desea otra alternativa representan a las estufas sin chimenea, es decir las estufas a gas, parafina y eléctrica.

Tabla 29: Resumen de la importancia para los propietarios en cuanto a la selección de un sistema de calefacción.

IMPORTANCIA PARA SELECCIÓN DE EQUIPOS			
RANGO DE EVALUACION	EVALUACION DE USUARIOS	ANALISIS PORCENTUAL	
1	0	0%	POCO IMPORTANTE
2	0	0%	
3	4	20%	IMPORTANTE
4	9	45%	MUY IMPORTANTE
5	7	35%	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 30: Intención de mantener o cambiar el actual sistema de calefacción por otro.

MANTENER ACTUAL SISTEMA	OTRA ALTERNATIVA
55%	45%

Fuente: Elaboración propia.

5.4 Comparación de resultados con estadísticas nacionales.

En relación a las estadísticas nacionales y en particular a lo que respecta al uso de distintos sistemas de calefacción, la Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT) de la Cámara Chilena de la Construcción (CChC), y el Programa País de Eficiencia Energética del Ministerio de Energía del Gobierno de Chile, desarrollaron un estudio que busca caracterizar los usos finales de la energía en el sector residencial de Chile. Dentro de este estudio se analizan los distintos sistemas de calefacción que predominan en el país y por zona térmica, dando antecedentes relevantes para elaborar una comparación con los datos obtenidos por medio de las encuestas realizadas a los hogares del proyecto inmobiliario Parque Torreones.

Los sistemas de calefacción a biomasa, en particular la leña, son el sistemas más utilizado en la zona térmica de Valdivia (zona 5), alcanzando un 90,2%, seguido de las estufas a gas licuado con un 19,9%. A nivel país los resultados varían siendo las estufas a gas licuado, el sistema más utilizado con un 34,4%, seguido de las estufas a leña con un 31%, las estufas a parafina con un 20,5% a nivel país y un 7,9% en Valdivia, las eléctricas un 11,7% país y un 3,5% para la zona térmica correspondiente a Valdivia (ver Tabla 31).

Al comparar estos resultados de la zona térmica 5, con los resultados de las encuestas realizadas a los distintos hogares del proyecto inmobiliario Parque Torreones, vemos que en términos generales el sistema más utilizado son las estufas a leña, y que tanto las estufas a gas, parafina y eléctrica obtienen una incidencia menor en los hogares encuestados expresado en la Tabla 32.

Tabla 31: Penetración de calefactores o estufas a nivel nacional y en la zona térmica 5.

PENETRACION DE CALEFACTORES O ESTUFAS A NIVEL NACIONAL Y POR ZONA		
CALEFACTOR O ESTUFA	NACIONAL	Zona 5
Gas licuado en balones	34,40%	19,90%
Estufa a leña	31,00%	90,20%
Estufa a parafina	20,50%	7,90%
Estufa eléctrica	11,70%	3,50%
Estufa a carbón	2,50%	4,00%
Gas natural	2,40%	0%
Estufa a pellets	0%	0%

Fuente: Estudio de usos finales y curva de oferta de la demanda de la conservación de la energía como sector residencial, (2010).

Los sistemas de calefacción que combustionan con biomasa representan la principal alternativa para los hogares de la zona térmica 5, la biomasa se puede adquirir como leña, pellets o briquetas. Los pellets como combustible y así también las estufas que emplean esta tecnología no alcanzan a obtener una referencia estadística, por diversos factores, entre ellos lo nuevo de esta tecnología, baja oferta en el mercado y el alto costo que representa su adquisición.

Por otro lado la leña cuenta con alrededor de un 59% del consumo energético del sector residencial, el principal uso de la leña en el sector residencial es la calefacción en proporciones que van desde el 99,4% al 51,4% del consumo total por parte de los hogares. (Comisión Nacional de Energía CNE, 2008).

El consumo de leña, además tiene un componente estacional concentrándose mayormente en los meses de mayo a agosto, periodo de invierno. En los hogares de las comunas de la Región de Los Lagos y hoy también comunas de la Región de Los Ríos, el 34% de estos hogares utiliza estufas de combustión lenta para la calefacción (Corporación de Desarrollo Tecnológico CDT, 2010).

De las encuestas realizadas en el presente estudio, queda en evidencia la tradición que representa los sistemas de calefacción que funcionan a base de

biomasas, en articular las estufas de combustión lenta que funcionan a leña, debido a que en la zona térmica 5 alrededor del 90% de la población utiliza las estufas a leña como medio de calefacción y además en las encuestas realizadas en el proyecto Parque Torreones, su uso alcanza el 55%, pero el 45% también tendría la intención de implementar la combustión lenta como medio de calefacción, como se menciona anteriormente esto se debe a la tradición que representan las estufas a leña en los hogares del sur de Chile, así también otro factor es la durabilidad de los equipos que alcanza los 30 años de vida útil. (Comisión Nacional de Energía CNE, 2008).

Tabla 32: Porcentaje de incidencia de los distintos sistemas de calefacción en las viviendas encuestadas en comparación a la penetración de estos sistemas a nivel nacional y por zona térmica.

SISTEMA DE CALEFACCIÓN ESCOGIDO	PENETRACION DE CALEFACTOR O ESTUFA A NIVEL NACIONAL Y ZONA TERMICA 5		
	TORREONES 2-2	ZONA 5	NACIONAL
ESTUFA DE COMBUSTION LENTA	55%	90,2%	31%
ESTUFA A PARAFINA	20%	7,9%	20,5%
ESTUFA ELECTRICA	20%	3,5%	11,7%
ESTUFA A GAS	5%	19,9%	34,4%

Fuente: Fuente: Estudio de usos finales y curva de oferta de la demanda de la conservación de la energía como sector residencial, (2010).

6 CAPÍTULO VI

ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Los resultados entregados por el programa CTE_v2.0 del MINVU, muestran que la demanda energética de la vivienda Icalma del proyecto inmobiliario Parque Torreones de Valdivia es de 100 KWh/m² en un año. El modelo de casa Icalma como esta descrito en el Capítulo II del presente estudio, tiene una superficie construida de 60,53 m², dando como resultado una demanda energética total de 6053 KWh anual como muestra la Tabla 33.

Tabla 33: Demanda energética de la vivienda Icalma.

VALORES ANUALES ENTREGADO POR SOFTWARE CTE_v2.0			
	ENERGÍA KWh/m²	SUPERFICIE VIVIENDA m²	ENERGIA TOTAL KWh
DEMANDA	100	60,53	6053

Fuente: Elaboración propia

La demanda energética de la vivienda Icalma debe ser cubierta por algún sistema de calefacción, para lo cual se han evaluado distintos equipos de calefacción.

Los sistemas de calefacción evaluados en el estudio presentan una potencia específica de acuerdo al artefacto, las potencias de cada uno se exponen en la Tabla 34. Para cubrir la energía anual demanda y según la potencia de cada equipo, es necesario obtener la cantidad de horas que debe funcionar la estufa, ya que la energía es igual a la potencia por el tiempo, entonces cada artefacto según su potencia tendrá una cantidad de horas de funcionamiento anual determinado.

Tabla 34: Horas de funcionamiento necesario para satisfacer la demanda energética de la vivienda Icalma.

SISTEMA DE CALEFACCION A PELLETT	POTENCIA EN KW	HORAS DE FUNCIONAMIENTO ANUAL
ESTUFA AMESTI A PELLETT Estufa a Pellet Italy 6000 Burdeo	6,2	976,29
ESTUFA ECO PELLETT 360	7,5	807,07
SISTEMA DE CALEFACCION A LEÑA		
SISTEMA DE CALEFACCION A LEÑA	POTENCIA EN KW	HORAS DE FUNCIONAMIENTO ANUAL
AMESTI ESTUFA A LEÑA NORDIC 350	7	864,71
BOSCA ESTUFA A LEÑA Eco 350	7	864,71
SISTEMA DE CALEFACCION A GAS		
SISTEMA DE CALEFACCION A GAS	POTENCIA EN KW	HORAS DE FUNCIONAMIENTO ANUAL
ESTUFA A GAS SINDELEN SUNNY RED SR 6200	4,2	1441,19
ESTUFA GAS INFRAROJA LIGNUM MGF 1180	4,2	1441,19
SISTEMA DE CALEFACCION A PARAFINA		
SISTEMA DE CALEFACCION A PARAFINA	POTENCIA EN KW	HORAS DE FUNCIONAMIENTO ANUAL
ESTUFA TOYOTOMI Laser LC-43	4,2	1441,19
ESTUFA TOYOTOMI Tiro Forzado FF-55T	5,5	1100,55
SISTEMA DE CALEFACCION ELECTRICO		
SISTEMA DE CALEFACCION ELECTRICO	POTENCIA EN KW	HORAS DE FUNCIONAMIENTO ANUAL
Estufa Oleoeléctrica SK2000Kalttemp	2	3026,50
Estufa Eléctrica BIO-1500 WAKalttemp	1,5	4035,33

Fuente: Elaboración propia.

Según el estudio del cenma titulado “Evaluación de impacto atmosférico de sistemas de calefacción domiciliaria”, ha considerado los siguientes supuestos relativos a las horas de funcionamiento de los distintos sistemas de calefacción intradmiciliarios:

- Operación de sistemas de calefacción a gas licuado y kerosene por periodos de 4 horas por día.
- Operación de sistemas de calefacción a leña por periodo mínimo de 8 horas por día, correspondiente a la operación en periodos de meses cálidos, en periodo de meses fríos este valor puede llegar a las 14 horas de operación diaria.

Se ha estudiado los distintos artefactos en lo que respecta a la energía que estos pueden aportar en un año para cubrir la demanda, para lo cual se han hecho dos supuesto:

- 24 horas de funcionamiento diario para los distintos artefactos.
- Las horas de funcionamiento diarias supuestas en el estudio del cenma, es decir 4 horas de funcionamiento para estufas a parafina y

gas, y 8 horas de funcionamiento en clima cálido y 14 en meses fríos para las estufas a leña, en este caso también se ha aplicado para estufas a pellet (ver Tabla 35).

Tabla 35: Verificación de los sistemas de calefacción para cumplir la demanda energética según supuestos del estudio del cenma.

SISTEMA DE CALEFACCION A PELLE	POTENCIA EN WATTS	KW	KWh anual 24hrs	CUMPLE	KWh anual promedio	CUMPLE
ESTUFA AMESTI A PELLE Estufa a Pellet Italy 6000 Burdeo	6200	6,2	54312	VERDADERO	22630	VERDADERO
ESTUFA ECO PELLE 360	7500	7,5	65700	VERDADERO	27375	VERDADERO
SISTEMA DE CALEFACCION A LEÑA	POTENCIA EN WATTS	KW	KWh anual 24hrs	CUMPLE	KWh anual promedio	CUMPLE
AMESTI ESTUFA A LEÑA NORDIC 350	7000	7	61320	VERDADERO	25550	VERDADERO
BOSCA ESTUFA A LEÑA Eco 350	7000	7	61320	VERDADERO	25550	VERDADERO
SISTEMA DE CALEFACCION A GAS	POTENCIA EN WATTS	KW	KWh anual 24hrs	CUMPLE	KWh anual 4hrs	CUMPLE
ESTUFA A GAS SINDELEN SUNNY RED SR 6200	4200	4,2	36792	VERDADERO	6132	VERDADERO
ESTUFA GAS INFRAROJA LIGNUM MGF 1180	4200	4,2	36792	VERDADERO	6132	VERDADERO
SISTEMA DE CALEFACCION A PARAFINA	POTENCIA EN WATTS	KW	KWh anual 24hrs	CUMPLE	KWh anual 4hrs	CUMPLE
ESTUFA TOYOTOMI Laser LC-43	4200	4,2	36792	VERDADERO	6132	VERDADERO
ESTUFA TOYOTOMI Tiro Forzado FF-55T	5500	5,5	48180	VERDADERO	8030	VERDADERO
SISTEMA DE CALEFACCION ELECTRICO	POTENCIA EN WATTS	KW	KWh anual 24hrs	CUMPLE	KWh anual promedio	CUMPLE
Estufa Oleoeléctrica SK2000Kaltemp	2000	2	17520	VERDADERO	7300	VERDADERO
Estufa Eléctrica BIO-1500 WAKaltemp	1500	1,5	13140	VERDADERO	5475	FALSO

Fuente: Elaboración propia.

El resultado de la evaluación de los distintos artefactos es satisfactorio, salvo la estufa eléctrica infrarroja la cual solo alcanza una potencia de 1,5 KW, la cual es insuficiente para cumplir con la demanda energética de la casa basándose en el supuesto entregado por el estudio del cenma, pero de no ser así se cumpliría, además hay que indicar que una de las características de las estufas eléctricas, es calefaccionar recintos reducidos y en particular este tipo de estufas no están diseñadas para calefaccionar espacios sino los cuerpos que estén en esos espacios.

6.1 Evaluación económica de los sistemas de calefacción estudiados.

Según las encuestas realizadas a los propietarios de las viviendas Icalma plasmadas en la Tabla 36, las estufas a leña son las que presentan los valores de inversión más alta, siendo de \$275 mil pesos aproximadamente, seguida por las estufas a parafina con un valor de \$200 mil pesos y para las estufas a gas con un costo promedio de \$50 mil pesos. Estos valores son similares a los expuestos en el capítulo V, donde las estufas a leña tienen valores en torno a los \$200 mil pesos y las estufas a gas de 70 mil pesos.

Tabla 36: Inversión promedio de los sistemas de calefacción presentes en las viviendas encuestadas.

SISTEMA DE CALEFACCIÓN	INVERSION PROMEDIO
ESTUFA DE COMBUSTION LENTA	\$ 275.455
ESTUFA A PARAFINA	\$ 200.000
ESTUFA ELECTRICA	\$ 55.000
ESTUFA A GAS	\$ 50.000

Fuente: Elaboración propia.

La relación que existe entre el costo promedio de combustible obtenido por parte de los propietarios según la Tabla 37, y los datos expuestos en relación al consumo de las estufas evaluadas en el presente estudio expuesto en la Tabla 38, son similares para las estufas a parafina y leña, cuyas diferencias no superan el 20 %, para las estufas a gas los valores alcanzan diferencias de hasta 4 veces entre lo expuesto por los usuarios y los datos obtenidos en el estudio.

Tabla 37: Costo promedio del combustible de los sistemas de calefacción presentes en las viviendas encuestadas.

SISTEMA DE CALEFACCIÓN	COSTO COMBUSTIBLE PROMEDIO
ESTUFA DE COMBUSTION LENTA	\$ 176.295
ESTUFA A PARAFINA	\$ 183.020
ESTUFA ELECTRICA	\$ 206.250
ESTUFA A GAS	\$ 140.000

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 38: Resultados mínimos para cubrir demanda energética de la vivienda.

SISTEMA DE CALEFACCION A PELLE	HORAS DE USO MIN	CONSUMO MIN KG	CONSUMO MAX KG	VALOR MIN	VALOR MAX
ESTUFA AMESTI A PELLE Estufa a Pellet Italy 6000 Burdeo	976,29	585,77	1464,44	\$ 113.054,42	\$ 282.636,05
ESTUFA ECO PELLE 360	807,07	1210,60	1210,60	\$ 233.645,80	\$ 233.645,80
SISTEMA DE CALEFACCION A LEÑA					
SISTEMA DE CALEFACCION A LEÑA	HORAS DE USO MIN	CONSUMO MIN KG	CONSUMO MAX KG	VALOR MIN	VALOR MAX
AMESTI ESTUFA A LEÑA NORDIC 350	864,71	691,77	1383,54	\$ 103.765,71	\$ 207.531,43
BOSCA ESTUFA A LEÑA Eco 350	864,71	518,83	1383,54	\$ 77.824,29	\$ 207.531,43
SISTEMA DE CALEFACCION A GAS					
SISTEMA DE CALEFACCION A GAS	HORAS DE USO MIN	CONSUMO MIN KG	CONSUMO MAX KG	VALOR MIN	VALOR MAX
ESTUFA A GAS SINDELEN SUNNY RED SR 6200	1441,19	387,68	387,68	\$ 416.097,20	\$ 416.097,20
ESTUFA GAS INFRAROJA LIGNUM MGF 1180	1441,19	471,27	471,27	\$ 505.813,32	\$ 505.813,32
SISTEMA DE CALEFACCION A PARAFINA					
SISTEMA DE CALEFACCION A PARAFINA	HORAS DE USO MIN	CONSUMO MIN LTS	CONSUMO MAX LTS	VALOR MIN	VALOR MAX
ESTUFA TOYOTOMI Laser LC-43	1441,19	158,53	585,12	\$ 98.289,19	\$ 362.776,47
ESTUFA TOYOTOMI Tiro Forzado FF-55T	1100,55	198,10	684,54	\$ 122.820,87	\$ 424.414,35
SISTEMA DE CALEFACCION ELECTRICO					
SISTEMA DE CALEFACCION ELECTRICO	HORAS DE USO MIN	CONSUMO MIN	CONSUMO MAX	VALOR MIN	VALOR MAX
Estufa Oleoeléctrica SK2000Kaltemp	3026,50	-	-	\$ 345.021,00	\$ 481.213,50
Estufa Eléctrica BIO-1500 WAKaltemp	4035,33	-	-	\$ 460.028,00	\$ 641.618,00

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 38 se muestra la cantidad de horas mínimas de funcionamiento de las distintas estufas para cubrir la demanda energética de la vivienda, estos horarios resultan ser menores que los supuestos establecidos por el estudio del cenma, salvo para las estufas eléctricas donde debido a su potencia la cantidad de horas es mayor. Se puede observar que tanto las estufas a pellet como las estufas a leña son las más eficientes en lo que respecta al rendimiento de combustible y potencia de cada artefacto.

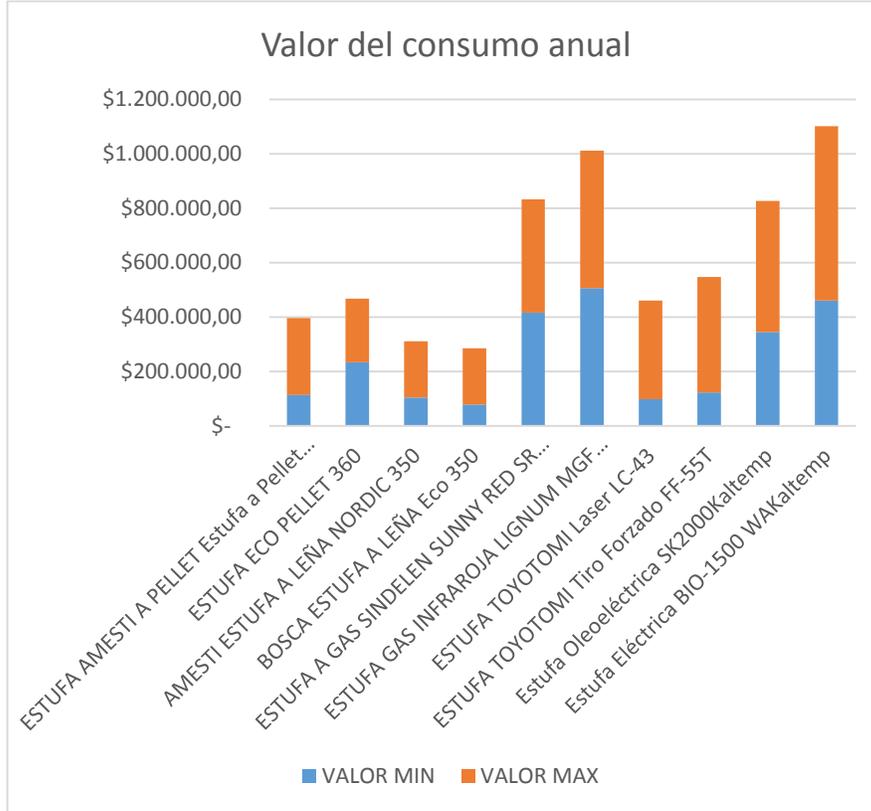


Figura 16: Valores máximos y mínimos del consumo anual según demanda de la vivienda Icalma.

Fuente: Elaboracion propia.

Dentro de los resultados se observa en la Figura 16 que las estufas a leña y a pellet resultan ser las más económicas en el aspecto del rendimiento y costo del combustible, llegando a ser aproximadamente la mitad de lo que representan las estufas a parafina, eléctricas y a gas.

En lo que respecta a las estufas a leña, se puede indicar que son estas las más convenientes en el costo del combustible y el rendimiento, aunque en este punto son las estufas a pellet las que representan los mejores rendimientos, aun así el valor del pellet es superior al valor de la leña, ya que un kilogramo de leña tiene un costo aproximado de \$150 pesos y el kilogramo de pellet varía entre los \$180 y \$200 pesos.

Tabla 39: Características de los combustibles pellets y leña.

Comparación pellets v/s leña		
Características	Pellets de madera	Astillas de eucaliptus
Poder calorífico inferior [kcal/kg]	4.100 - 4.300	2.500 – 3.800
Humedad [%]	6% - 10%	15% - 40%
Costo [\$/kWh]	44 – 48	23 – 30 [1]

Fuente: Fuente: Estudio de usos finales y curva de oferta de la demanda de la conservación de la energía como sector residencial, (2010).

El poder calorífico de los pellet es superior al poder calorífico de la leña, siendo la única diferencia el costo del combustible. Las estufas a pellet se han ido masificando en los últimos años pero aun así no logran un nivel de penetración en el país cercano al de otras estufas, lo cual puede ser un factor en el costo del combustible como de los equipos (ver Tabla 39).

6.2 Evaluación medio ambiental de los sistemas de calefacción estudiados.

Las ciudades de la zona centro-sur del país presentan altas concentraciones de material particulado PM en el periodo otoño-invierno debido al uso intensivo de leña como sistema de calefacción residencial. (Pereira, 2012).

El material particulado (PM) es una compleja mezcla de pequeñas partículas sólidas y líquidas, tales como ácidos, compuestos orgánicos, metales, polvo, entre muchos otros. (Durán, 2011).

El material particulado suele dividirse según la longitud del diámetro aerodinámico. Una definición clasifica el material particulado con diámetro aerodinámico menor a 10 μm (MP10) y menor a 2,5 μm (MP2,5), afectando los primeros principalmente a las vías aéreas altas y el tronco respiratorio, y las segundas a las ramificaciones de sistema respiratorio llegando a los sacos alveolares. (Centro Nacional del Medio Ambiente de la Universidad de Chile cenma, 2011).

Los efectos nocivos para la salud de las personas se presentan en la Tabla 40, en la cual se diferencian aquellos efectos que presentan suficiente evidencia para determinar que el material particulado es el causante, como efectos sin la suficiente evidencia científica pero que se determina como un factor la exposición al material particulado fino.

Tabla 40: Efectos de la exposición a material particulado fino sobre la salud de las personas (EPA).

Efectos con suficiente evidencia	Efectos sin suficiente evidencia
Mortalidad en adultos mayores	Inducción de asma
Mortalidad infantil	Efectos de desarrollo fetales
Mortalidad neonatal	Mayor sensibilidad de vías respiratoria
Bronquitis crónica y aguda	Enfermedades respiratorias crónicas
Ataques de asma	Cáncer
Admisiones hospitalarias respiratorias	Cáncer pulmonar
Admisiones hospitalarias cardiovasculares	Efectos conductuales
Visitas a salas de urgencia	Desórdenes neurológicos
Enfermedades respiratorias inferiores	Exacerbación de alergias
Enfermedades respiratorias superiores	Alteración de mecanismos de defensa
Síntomas respiratorios	Daño a células respiratorias
Días de ausentismo laboral y escolar	Menor tiempo de desarrollo de angina
Días con actividad restringida	Cambios morfológicos en el pulmón
Irritación de ojos	Arritmia cardiovascular

Fuente: DICTUC presento inédito estudio de la contaminación intradomiciliaria, (2011).

Los monitoreos de calidad del aire registrados durante el periodo 2004-2011 indican que por lo menos en las ciudades de Rancagua, Talca, Chillan, Temuco, Osorno, Valdivia y Coyhaique se sobrepasa la norma diaria y anual de MP10 expuesto en la Figura 17. (Pereira, 2012).

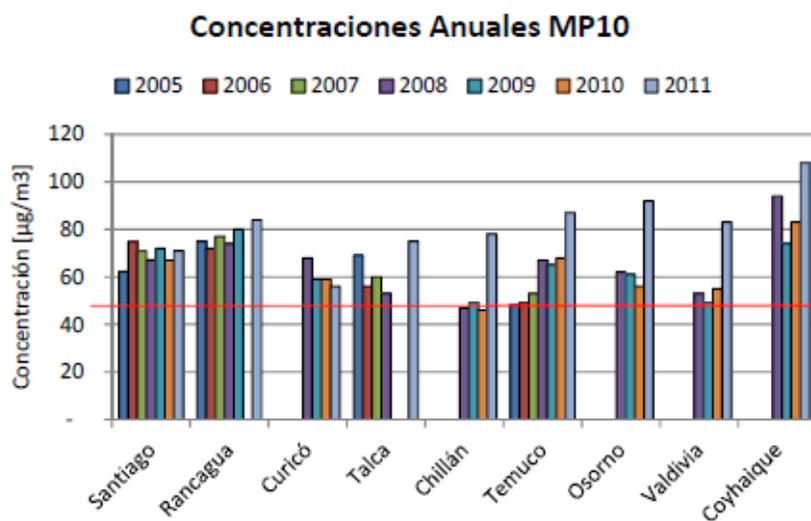


Figura 17: Concentraciones anuales de MP10 y superación de la norma ambiental en distintas ciudades del país.

Fuente: Evaluación técnico-económica de calefacción residencial a la leña en ciudades de la zona centro-sur de Chile (Tesis de pregrado), (2012).

La actual norma primaria de calidad del aire establece para MP10 respirable un límite de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como concentración anual. En el caso del MP2.5 la norma establece un límite de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como concentración anual, registrándose dos emergencias ambientales por episodios críticos por MP2,5 el año 2012 en la ciudad de Valdivia (ver Figura 18).

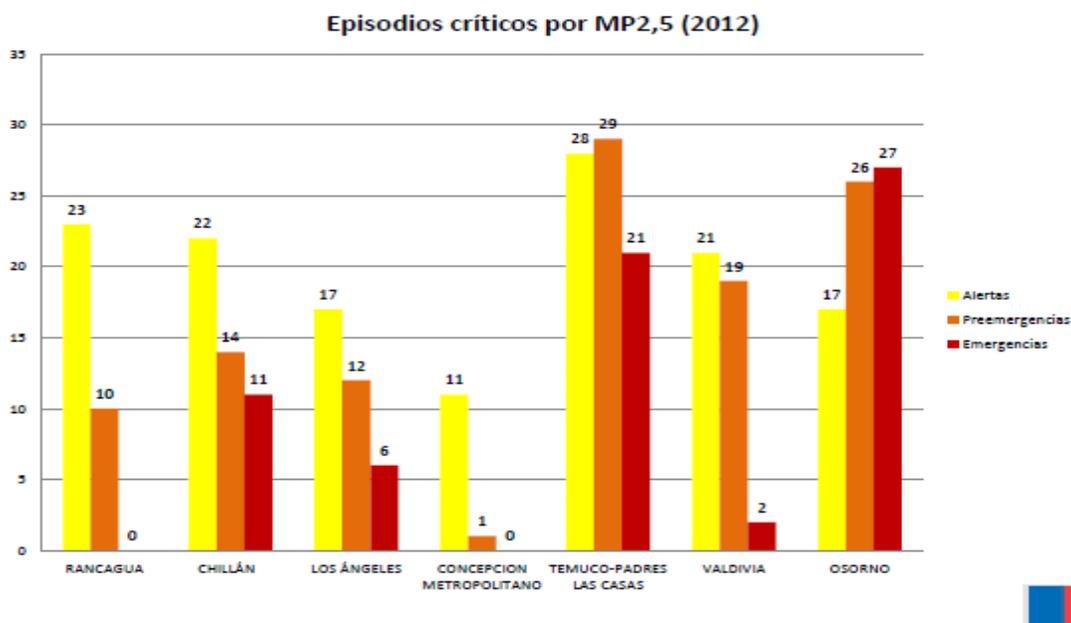


Figura 18: Episodios críticos por emisiones de MP2.5 en ciudades del país.

Fuente: Planes de descontaminación en Chile: el pellets como alternativa para reducir emisiones MP2,5 en ciudades que usan leña, (2013).

Durante el año 2010 el DICTUC realizó un estudio sobre la contaminación intradomiciliaria producida por diversos artefactos de calefacción que combustionan dentro del hogar, y que no tiene ducto de evacuación de gases del cual se desprenden las siguientes conclusiones:

- Todos los artefactos de calefacción a combustión, sin ducto de evacuación de gases al exterior, contaminan los ambientes interiores.
- Entre los artefactos a gas y parafina más utilizados, las estufas con mecha son las que presentan las mayores emisiones de CO y PM fino.
- Las estufas a parafina, independiente de su tecnología, son las que generan las mayores emisiones de SO₂.

Los sistemas de calefacción analizados en el presente estudio, sin considerar las estufas eléctricas debido a que estas no generan emisiones, han sido evaluados las emisiones que generan además del impacto atmosférico de los sistemas de calefacción domiciliarios por parte del cenma.

A continuación se presentan los diferentes resultados de los sistemas de calefacción evaluados, en los que se encuentran:

- Estufa a parafina, convectivas.
- Estufa a parafina, radiante.
- Estufa a gas.
- Estufa a leña.

Tabla 41: Emisiones de estufas en función del tiempo.

Emisión de Estufas en Función del Tiempo			
TECNOLOGIA	MP10 (mg/min)	MP2.5 (mg/min)	HAPs (mg/min)
Gas radiante	ND	ND	ND
Parafina mecha tecnología	0,19	0,14	23,21
Parafina laser	0,15	0,15	ND
Leña doble cámara	0,05	0,05	248,62

Fuente: Evaluación de impacto atmosférico de sistema de calefacción domiciliario, (2011).

Se puede observar que las emisiones de material particulado por parte de las tecnologías evaluadas, son las estufas a gas la que menores emisiones tienen seguida de las estufas a leña de doble cámara.

Otro elemento importante para el análisis son los HAPs o hidrocarburos aromáticos poli cíclicos, los cuales abarcan una amplia gama de compuestos que en general incluyen estructuras orgánicas de dos o más anillos aromáticos. Las estructuras contienen carbono C e hidrogeno H. los HAPs son considerados muy peligrosos para la salud humana pudiendo producir cáncer y mutaciones del ADN.

Los HAPs son contaminantes formados durante procesos de combustión de materiales de alta temperatura. Las fuentes más importantes en ambiente intradomiciliarias, son tabaco, cocinas, estufas, chimeneas, así como incienso y velas. (Centro Nacional del Medio Ambiente de la Universidad de Chile cenma, 2011).

Dentro de las emisiones descritas en la Tabla 41 queda en evidencia que las estufas a leña son las que mayor emisiones tiene de este contaminante, así como también emiten este contaminante las estufas a parafina de mecha (ver Figura 19).

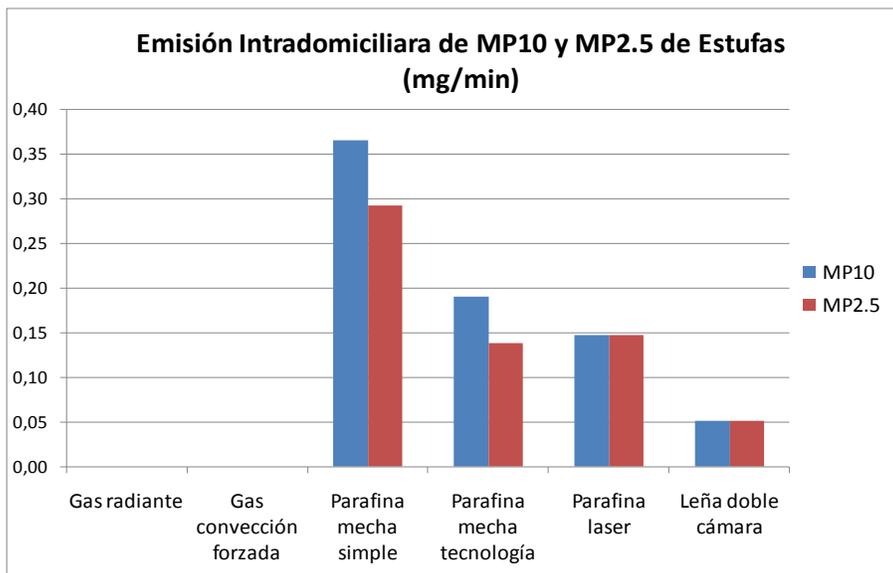


Figura 19: Emisiones intradomiciliarias de MP10 y MP2.5 de estufas.

Fuente: Evaluación de impacto atmosférico de sistema de calefacción domiciliario, (2011).

En el estudio descrito no evalúa el sistema de calefacción a pellet, en este caso las estufas a pellet, según la EPA (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos), presentan menores emisiones de material particulado MP2,5 que las estufas a leña según lo mostrado en la Tabla 42. (Wood Heat Concerns, s.f.).

Tabla 42: Emisiones de MP2.5 en función del tiempo de estufas a pellet y a leña.

	DIVISION DE PLANIFICACION DE CALIDAD DEL AIRE, EPA
	PM2,5 EMISIONES EN FUNCION DEL TIEMPO
ESTUFAS CERTIFICADAS A LEÑA	2-4 G/HRA
ESTUFAS A LEÑA CATALITICAS	4,1 G/HRA
ESTUFAS A PELLET	2,5 G/HRA

Fuente: Wood Heat Cocerns, (s.f.).

Con estos antecedentes se puede apreciar que las estufas que menos emisiones de material particulado intradomiciliario son las estufas a gas, seguido de las estufas a leña, considerando que según estudios de la EPA las estufas a pellets generan menos emisiones.

Las emisiones de material particulado MP2,5 para las distintas estufas están presentados en la Tabla 43 del estudio de la factibilidad de un sistema eficiente de calefacción para la ciudad de Temuco, (Molina, 2013).

Tabla 43: Emisiones de MP2.5 en función del tiempo de las distintas tecnologías evaluadas en el estudio.

TECNOLOGIA	EMISIONES (MP2,5) ug/hra
GAS	0,000019
ELECTRICIDAD	N/A
PELLETS	0,0000045
LEÑA	0,0000333
PARAFINA	0,000038

Fuente: Estudio de la factibilidad de un sistema eficiente de calefacción para la ciudad de Temuco, (2013).

Si bien en el estudio del DICTUC todas las estufas intradomiciliarias generan emisiones de material particulado, serían las estufas a gas las que menos emisiones generan en el ambiente, señalando que en este aspecto la tecnología más eficiente para reducir las emisiones de material particulado serían las estufas que funcionan a electricidad.

Además el gobierno de Chile ha iniciado planes de descontaminación ambiental, para lo cual han desarrollado una estrategia para los años 2014 al 2018, donde los principales objetivos son:

- El establecimiento de 14 nuevos planes de descontaminación que presentan medidas efectivas en la reducción de emisiones en las zonas declaradas como saturadas o latentes de Chile.
- Implementar medidas de corto plazo en zonas donde no hay planes y existe información de monitoreo que arroja altas concentraciones de material particulado.

Para la Región de los Ríos se presenta un proceso de declaratoria de zona saturada para la ciudad de Valdivia en etapa final cuyo procedimiento se indica en la Tabla 44. (Ministerio Del Medio Ambiente , 2014).

Tabla 44: Declaración de zona saturada, Valdivia.

Nombre del DZS	1) Declaración de zona Saturada de Valdivia por MP10 norma diaria y anual y por MP2.5 norma diaria.
Etapa Actual	El día 7 de marzo de 2014, el Decreto Supremo de Declaración de Zona Saturada ingresa a Contraloría para toma de razón.
Ámbito de aplicación.	Comuna de Valdivia.
Principal Fuente Emisora	Combustión de biomasa para calefacción domiciliaria.

Fuente: Planes Descontaminación Atmosférica: Estrategia 2014-2018, (2014).

- Acciones futuras: Una vez publicado el D.S. de declaración de zona, corresponderá iniciar el proceso de elaboración del Plan de Descontaminación de Valdivia.
- Recambio de calefactores año 2014: \$147 mil millones en Valdivia financiado con recursos del ministerio del medio ambiente.

Con esto se ve la voluntad por parte del gobierno para avanzar en planes de descontaminación que mitiguen las emisiones de material particulado en el país como en la Región de los Ríos.

6.3 Evaluación de satisfacción de los sistemas de calefacción estudiados.

La evaluación de satisfacción del medio de calefacción de los usuarios u habitantes del modelo de vivienda Icalma, se presentan satisfechos en primer lugar con las estufas a gas, parafina, leña y por ultimo las eléctricas (ver Tabla 27).

A la hora de evaluar que tan importante es la selección de un buen sistema de calefacción o estufa el 80% cree que es “muy importante”, lo que demuestra que los usuarios buscan las mayores garantías a la hora de adquirir una estufa (ver Tabla 29).

Según la Tabla 30, los usuarios que poseen estufas a leña optaron por mantener sus sistemas de calefacción, y los que usan estufas a gas, parafina y eléctricas optarían por cambiar de sistema de calefacción, lo que en general más allá de la encuesta de satisfacción, el grueso de los usuarios prefiere instalar un sistema de calefacción a leña, en lugar de otras alternativas, considerando además que la alternativa de las estufas a pellets aun es poco viable por lo escaso de los artefactos y el combustible, y también considerando el alto costo de adquirir una estufa con esta tecnología.

6.4 Proponer solución más conveniente al problema planteado.

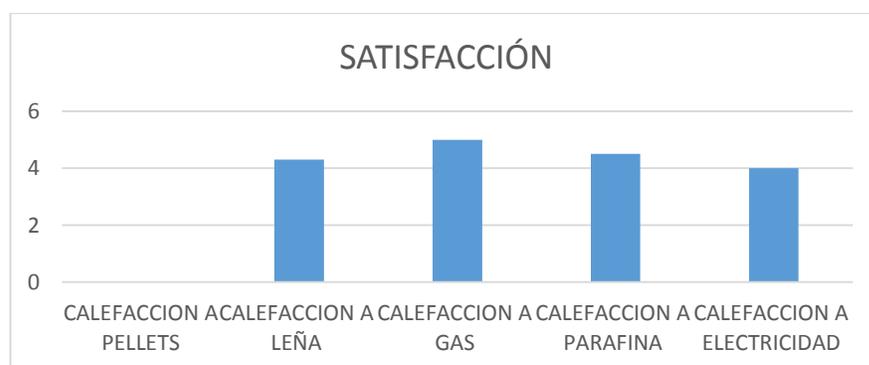


Figura 20: Satisfacción de propietarios.

Fuente: Elaboración propia.

La satisfacción de los usuarios entrevistados tiene relación con el costo que para ellos significa el uso de uno u otro sistema, en el gráfico se muestra que el sistema mejor evaluado es la calefacción a gas, seguido de las estufas a parafina, pero más allá de estos resultados, la población entrevistada ha mostrado interés por cambiar estos sistemas de calefacción por un sistema de combustión lenta, lo cual significa que en la subjetividad de los encuestados se encuentra arraigado el uso de las estufas que funcionan a leña, como un sistema de calefacción eficiente (ver Figura 20).

Las estufas a pellet por otra parte no han sido evaluadas por los propietarios, debido a que este sistema no es conocido por el grueso de la población, así lo muestran las estadísticas nacionales, en lo que respecta al nivel de penetración que tiene esta tecnología, la cual por parte del estado ha sido impulsada como una alternativa para el recambio de estufas antiguas, esto por las características medioambientales que poseen las estufas a pellet,

siendo el alto costo y poca masificación alguno de los factores que van en contra de su masificación.

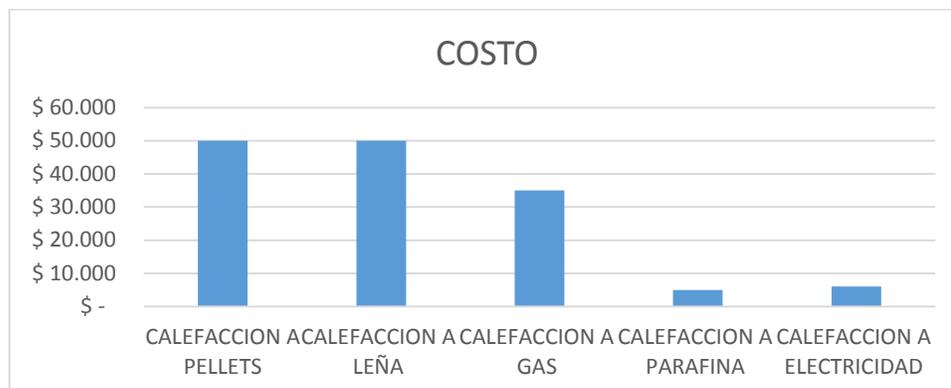


Figura 21: Costo de mantenimiento de los distintos sistemas de calefacción evaluados.

Fuente: Mantenimiento y cuidado para estufas de gas, eléctricas y boscas, (2009).

Tanto las estufas a leña, como las estufas a pellet representan un alto costo en lo relacionado con la adquisición, mantenimiento e instalación denominado costo asociado, a diferencia de las otras tecnologías analizadas, estos factores están relacionados con el tipo de tecnología empleado, debido a que las estufas que presentan mayores costos asociados, pellets y leña, necesitan de la instalación de ductos de evacuación de gases, esto significa también que la mayor parte de los gases de combustión generados por estas estufas son expulsados al medioambiente, disminuyendo los contaminantes al interior de las viviendas, tomando en consideración las mejoras que han tendido las estufas que funcionan a leña, similares a las de las estufas a pellet en lo que respecta a los residuos entregados al exterior, estos son mínimos comparados con las estufas antiguas y las chimeneas, es por esto su impulso por parte del gobierno (ver Figura 21).

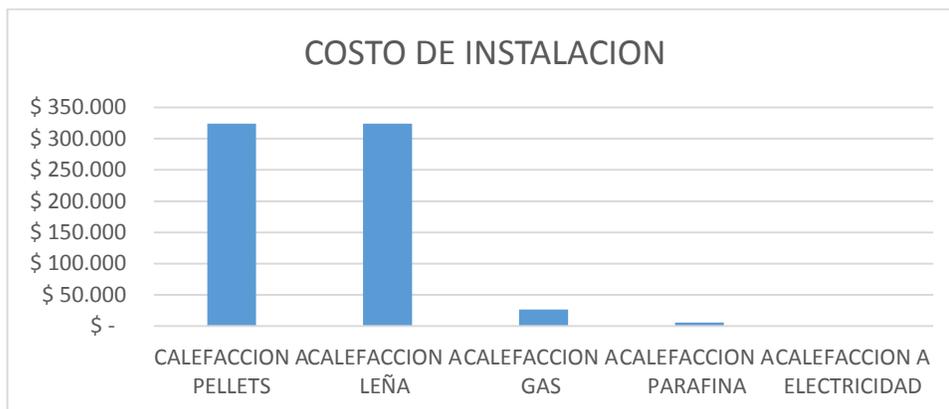


Figura 22: Costo de instalación y/o asociado de los distintos sistemas de calefacción evaluados.

Fuente: Elaboración propia.

A la instalación de los sistemas de calefacción a pellet y leña, se debe sumar los costos que genera la construcción de un espacio de almacenamiento de estos combustibles, en este caso la construcción de una bodega, que si bien no solo está hecha con el fin de almacenar el combustible, representa una de sus principales características. Para las estufas a gas, eléctricas y a parafina, estos costos son menores (ver Figura 22).

Lo que se refiere al valor de calefacción y según la demanda energética de la vivienda Icalma, las tecnologías que obtiene mejores resultado en este parámetro son las estufas a leña y pellet, como muestra el grafico de la figura 28, el costo de adquisición que representan los sistemas de calefacción a biomasa, pellet y leña, resulta ser superior en un principio al de los demás sistemas de calefacción considerando a estos sistemas como una inversión al mediano plazo, ya que el costo del combustible y su rendimiento son superiores al de los otros sistemas, lo que produce que el costo de inversión inicial sea absorbido en un mediano plazo (ver Figura 23).

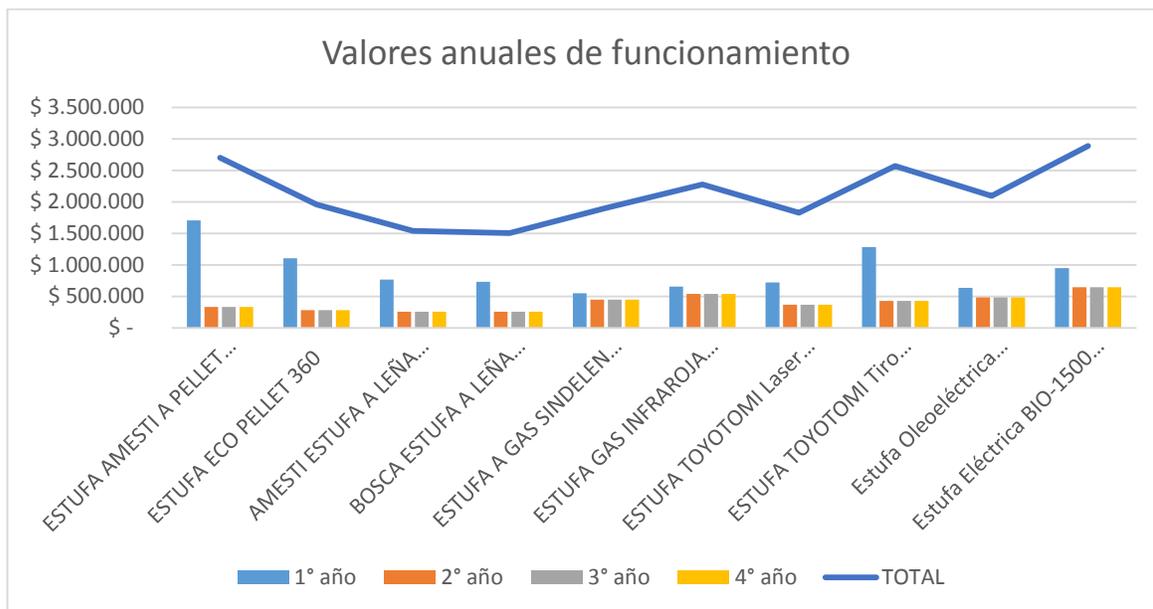


Figura 23: Valores anuales de funcionamiento de las estufas seleccionadas, evaluado a cuatro años de funcionamiento.

Fuente: Elaboración propia.

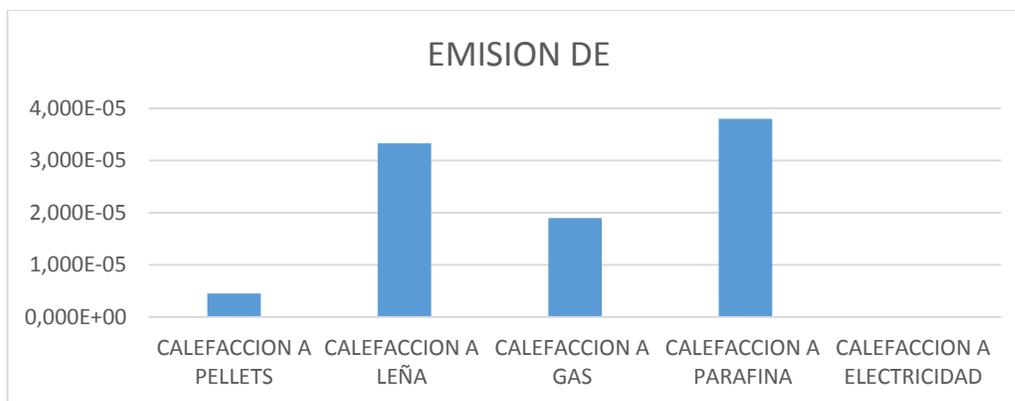


Figura 24: Emisión de MP2.5 en función del tiempo de los distintos sistemas de calefacción.

Fuente: Elaboración propia.

Considerando que un aspecto fundamental es la salud de las personas y la contaminación de Valdivia, considerada una zona saturada, es entonces que las emisiones generadas por los sistemas evaluados son relevantes a la hora de seleccionar una estufa. En este aspecto las estufas más amigables con el medioambiente son las estufas eléctricas, las cuales no generan emisiones,

ahora dentro de las estufas que combustionan dentro de la vivienda, las estufas a pellet con las estufas a gas presentan los mejores índices en disminuir la generación de emisiones de material particulado (ver Figura 24).

En relación a los aspectos planteados, costo de adquisición, funcionamiento, mantenimiento, instalación y costo asociado, al corto plazo es decir a lo largo de un año, son las estufas sin ducto de evacuación de gases las más convenientes, pero si se refiere a un periodo superior proyectado a 4 a 5 años son las estufas que funcionan con biomasa las más recomendadas, ya que el costo de funcionamiento y la durabilidad de estas tecnologías son superiores a las otras estufas evaluadas, lo cual queda reflejado en el gráfico de la Figura 23, además si se considera la generación de emisiones de material particulado al interior de la vivienda, son estas estufas junto con las estufas a gas y eléctricas las que producen un menor impacto ambiental al interior de los hogares.

En las encuestas realizadas se refleja por parte de los usuarios el interés por obtener un nuevo sistema de calefacción o mantener su actual sistema de calefacción, el total de los encuestados opta por las estufas a leña, esto tiene relación con el arraigo que posee este tipo de estufas en las familias del sur de Chile, como queda plasmado también en la penetración que tienen las estufas a leña en la zona térmica 5, donde el 90% de la población opta por este tipo de estufas.

En lo que respecta al impacto ambiental tanto para las familias como para la comunidad valdiviana, las estufas a leña más amigables con el medio ambiente son las estufas con tecnología de doble cámara, debido a que esta tecnología tiene una mejor combustión de los gases generados por la ignición de la biomasa en su interior, por otra parte están las estufas a pellet, las cuales poseen características similares en confort que las estufas a leña, pero estas poseen mejores características en el plano medioambiental, debido a que la generación de material particulado es menor que las estufas a leña, es menester también acotar que las estufas a pellet representan una alternativa más amigable con el medioambiente y son impulsadas por los planes de descontaminación del gobierno, el cual se encarga de dar subsidios para el recambio de estufas en zonas del país con carácter de zona saturada, calificación en la que entra la ciudad de Valdivia, como una inversión a largo plazo representan un ahorro tanto por su eficiencia en el consumo de

combustible como en la potencia que poseen, además que el volumen del combustible es menor al que representa la leña.

CONCLUSIONES.

La demanda energética para calefacción del modelo de vivienda Icalma del proyecto inmobiliario Parque Torreones es de 100KWh/m², siendo la demanda de referencia 134KWh/m², esto representa un ahorro del 25% respecto al referencial, según los datos obtenidos del software de cálculo CCTE_v2.0 Certificación del Comportamiento Térmico para Edificios en Chile, el que se considera una forma de cumplir con los requerimientos de la reglamentación térmica para viviendas en conformidad a lo señalado en el artículo 4.1.10 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción, en base de esto es que se puede determinar el sistema de calefacción más eficiente para el modelo de vivienda Icalma.

Los sistemas de calefacción más eficientes para el modelo de vivienda Icalma, son las estufas que funcionan a biomasa en este caso las estufas a leña y pellet, siendo estas últimas las más eficientes, pero debido a su baja masificación en el mercado nacional y la escases de su combustible, resultan ser las estufas de doble cámara las que presentan características más convenientes en la actualidad, aun así el gobierno de Chile en lo que respecta a los planes de descontaminación de la ciudades de zonas saturadas, clasificación a la cual pertenece la ciudad de Valdivia, ha estado impulsando la masificación de las estufas a pellet. Considérese también que los usuarios o propietarios del modelo de vivienda Icalma optan en su totalidad por las estufas de combustión lenta, lo que tiene relación con la incidencia y arraigo de las estufas en la zona térmica 5 donde el 90% de la población opta por esta tecnología, y en las viviendas encuestadas representan el 45%, además que el 55% restante piensa en obtener este sistema de calefacción.

El costo de adquisición de las estufas varía según la tecnología que emplean, por lo general las estufas que funcionan con pellets, son las que tienen un mayor costo en comparación a los otros sistemas de calefacción evaluados, su costo de adquisición va desde \$499 mil pesos a valores que están por sobre el millón de pesos, comparado con las estufas que calefaccionan a base de leña, estas se encuentran en valores cercanos a los \$200 mil pesos, siendo las estufas a gas las que presentan un menor costo de adquisición con valores entre los \$70 mil y \$90 mil pesos, si se hace un análisis global de los costos que inciden en la obtención de un sistema de calefacción, al corto plazo, un año, son las estufas a gas las que poseen un menor costo en lo que

implica costo de adquisición, instalación, asociado, mantención y consumo de combustible. Si el análisis se hace al mediano y largo plazo, por sobre el año de uso, son las estufas que funcionan a biomasa las más convenientes y en particular las estufas a leña, ya que el valor del combustible resulta ser menor que el costo del pellet, en la actualidad el valor de un kilogramo de pellets varia en torno a los \$200 pesos, mientras que el kilogramo de leña es cercano a los \$150 pesos, lo cual debiese cambiar si se logra masificar la oferta de estufas a pellets.

Las estufas que funcionan a pellets presentan bajos índices de generación de emisiones de material particulado, el cual es nocivo para la salud de la población, siendo este uno de los argumentos por el cual se promueve el uso o aplicación de esta tecnología en zonas consideradas saturadas, es este aspecto y sumado a la potencialidad que tiene esta tecnología de incrementar su oferta, incentivado por los planes de descontaminación del gobierno de Chile y con planes subsidiarios para el reemplazo de estufas, factores que reducirían los costos en lo que respecta a la adquisición de estufas y del pellet como combustible, lo cual posicionaría a las estufas a pellets como la alternativa más viable y eficiente para la viviendas modelo Icalma del proyecto inmobiliario Parque Torreones de Valdivia, como de las viviendas en general de la ciudad de Valdivia y de la zona sur del país con altos índices de contaminación, como las ciudades de Chillan, Temuco, Padre Las Casas, Osorno y Coyhaique.

BIBLIOGRAFÍA

- ¿Cómo elegir? Calefacción del hogar.* (s.f.). Obtenido de www.hagaloustedmismo.cl:
http://www.hagaloustedmismo.cl/data/pdf/fichas/ai-ec02_elegir%20calefaccin.pdf
- Aguirre, A. (31 de Mayo de 2013). "Las armas" con que las estufas eléctricas le están ganando la guerra a las de parafina y gas. Santiago.
- Almacenes Paris C.S.A. (s.f.). *Conoce los tipos de estufas.* Obtenido de Paris.cl: <http://www.paris.cl/guias/calefaccion/>
- Ambiente Consultores Ltda. (2007). *Análisis técnico-económico de la aplicación de una norma de emisión para artefactos de uso residencial que combustionan con leña y otros combustibles de biomasa.*
- Barros & Errázuriz Abogados. (2006). *Contratación de consultoría en el área jurídica para apoyar la formulación atmosférica de Temuco y Padre Las Casas.* Temuco.
- Biomass Technology. (Enero de 2012). *Estufas a pellets.* Obtenido de Biomass Technology: <http://www.biomass.cl/estufaspellets.asp>
- Bustamante, W. (Abril de 2009). *Guía de diseño para la eficiencia energética en la vivienda social.* Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Santiago.
- Cadena de consumo de leña.* (s.f.). Obtenido de Sistema Nacional de Información Ambiental SINIA: http://www.sinia.cl/1292/articles-28474_recurso_2.pdf
- Centro Nacional del Medio Ambiente de la Universidad de Chile cenma. (2011). *Evaluación de impacto atmosférico de sistemas de calefacción domiciliario.* Santiago.
- Comisión Nacional de Energía CNE. (2008). *Estudio de "Análisis del Potencial Estratégico de la Leña en la Matriz Energética Chilena"* . Santiago .
- Contaminación ambiental: Cinco ciudades han presentado peores índices de calidad que en 2013. (5 de Agosto de 2014). Santiago, Chile.
Recuperado el 6 de Enero de 2014, de Emol.com:
<http://www.emol.com/noticias/nacional/2014/08/05/673369/conta>

minacion-ambiental-cinco-ciudades-han-presentado-peores-indices-que-en-2014.html

- Corporación de Desarrollo Tecnológico CDT. (2010). *Estudio de usos finales y curva de oferta de la demanda de la conservación de la energía en el sector residencial*. Santiago .
- Dunker, A., Brunet, M., Muñoz, M., Madrid, H., Pascual, J., Moreno, E., . . . Suncio, D. (2007). *Acondicionamiento térmico - Envolvente térmica de edificios - Cálculo de resistencia y transmitancias térmicas (Norma NCh853)*. Santiago.
- Durán, E. (5 de Mayo de 2011). DICTUC presentó inedito estudio de contaminación intradomiliaria. Santiago, Chile.
- Ecoleña. (s.f). Leña en saco. Obtenido de Ecoleña leña confiable:
http://www.ecolena.cl/index.php?option=com_content&view=article&id=61:lana-en-saco&catid=39:lana-en-saco&Itemid=77
- El boom del pellet para calefacción: demanda se duplica en un año. (20 de julio de 2014). Santiago, Chile. Obtenido de Economía y Negocios online Emol.cl:
<http://www.economiaynegocios.cl/noticias/noticias.asp?id=121578>
- Fernández, M. (15 de Octubre de 2013). *Planes de Descontaminación en Chile: El pellet como alternativa para reducir emisiones de MP2,5 en ciudades que usan leña*. Obtenido de www.mma.gob.cl:
http://www.mma.gob.cl/1304/articles-55266_PPT_MFernandez_Temuco.pdf
- Forero, C., Guerrero, C., & Sierra, F. (2012). Producción y uso de pellets de biomasa para la generación de energía térmica: una revisión a los modelos del proceso de gasificación. *Iteckne Innovación e Investigación en Ingeniería*, 22-24.
- Guía para escoger la estufa perfecta*. (20 de Mayo de 2010). Obtenido de [minuevohogar.cl](http://www.minuevohogar.cl): <http://www.minuevohogar.cl/2010/05/20/guia-para-escoger-la-estufa-perfecta/>
- Hormazábal, F. (30 de Mayo de 2012). Resurgen las estufas eléctricas de bajo consumo. (S. Mosjos, Entrevistador)

- Lansolar energía solar. (2006). *Lansolar energía solar, Calefacción con pellets*.
Obtenido de Lansolar energía solar:
<http://www.lansolar.com/indexr.php>
- Lobos, M. (Julio de 2001). *Estudio preliminar sobre producción, comercialización y consumo de leña en la ciudad de Temuco*. Obtenido de WWF.cl :
http://awsassets.panda.org/downloads/estudio_preliminar_sobre_produccion_comercializacion_y_co.pdf
- Ministerio Del Medio Ambiente . (2014). *Planes Descontaminación Atmosférica: Estrategia 2014 - 2018*. Santiago.
- Molina, V. (2013). *Estudio de la factibilidad de un sistema eficiente de calefacción para la ciudad de Temuco (Tesina de pregrado)*. Puerto Montt.
- Paventi, J. (s.f.). *¿Cómo funcionan las estufas eléctricas?* Obtenido de ehow en español: http://www.ehowenespanol.com/funcionan-estufas-electricas-como_149434/
- Pereira, A. (2012). *Evaluación técnico - económica de alternativas de calefacción residencial a la leña en ciudades de la zona centro-sur de Chile (Tesis de pregrado)*. Santiago.
- Portalinmobiliario.com. (23 de Junio de 2009). *Mantenimiento y cuidados para las estufas de gas, eléctricas y boscas*. Obtenido de Portalinmobiliario.com:
<http://www.portalinmobiliario.com/diario/noticia.asp?NoticiaID=12037>
- Russo, H., Rodríguez, G., Behm, H., Pavez, H., Mac Donald, J., & Morris, T. (1977). *Arquitectura y construcción - Zonificación climático habitacional para Chile y recomendaciones para el diseño arquitectónico (norma NCh1079)*. Santiago: Instituto Nacional de Normalización.
- Wood Heat Concerns. (s.f.). Obtenido de Alliance for green heat clean, renewable & local:
<http://www.forgreenheat.org/concerns/emissions.html>
- Zanardi, P. (15 de Mayo de 2013). *¿Cómo es el funcionamiento de una estufa a pellet?* Obtenido de Blog Todo Chimeneas:
<http://www.todochimeneas.com/blog/estufas/funciona-estufa-de-pellet/>

ANEXOS

Presentación de vivienda Icalma.

Fachada vivienda inmobiliaria modelo Icalma.



Fuente: Elaboración propia.

Fachada vivienda en proceso de construcción.



Fuente: Elaboración propia.

Disposición de la aislación térmica, lana mineral, en tabiques perimetrales de la vivienda, primer nivel.



Fuente: Elaboración propia.

Disposición de la aislación térmica, lana mineral, en tabiques perimetrales de la vivienda, segundo nivel.



Fuente: Elaboración propia.

Evaluación económica a 4 años plazo de las estufas seleccionadas para el presente estudio.

	VALORES ANUALES DE FUNCIONAMIENTO				
	1° año	2° año	3° año	4° año	TOTAL
CALEFACCION A PELLETS					
ESTUFA AMESTI A PELLET Estufa a Pellet	\$ 1.706.396	\$ 332.636	\$ 332.636	\$ 332.636	\$ 2.704.304
ESTUFA ECO PELLET 360	\$ 1.107.496	\$ 283.646	\$ 283.646	\$ 283.646	\$ 1.958.433
CALEFACCION A LEÑA					
AMESTI ESTUFA A LEÑA NORDIC 350	\$ 766.291	\$ 257.531	\$ 257.531	\$ 257.531	\$ 1.538.886
BOSCA ESTUFA A LEÑA Eco 350	\$ 731.291	\$ 257.531	\$ 257.531	\$ 257.531	\$ 1.503.886
CALEFACCION A GAS					
ESTUFA A GAS SINDELEN SUNNY RED	\$ 550.897	\$ 451.097	\$ 451.097	\$ 451.097	\$ 1.904.189
ESTUFA GAS INFRAROJA LIGNUM MGR	\$ 657.613	\$ 540.813	\$ 540.813	\$ 540.813	\$ 2.280.053
CALEFACCION A PARAFINA					
ESTUFA TOYOTOMI Laser LC-43	\$ 723.756	\$ 367.776	\$ 367.776	\$ 367.776	\$ 1.827.086
ESTUFA TOYOTOMI Tiro Forzado FF-557	\$ 1.285.394	\$ 429.414	\$ 429.414	\$ 429.414	\$ 2.573.637
CALEFACCION A ELECTRICIDAD					
Estufa Oleoeléctrica SK2000Kaltemp	\$ 637.204	\$ 487.214	\$ 487.214	\$ 487.214	\$ 2.098.844
Estufa Eléctrica BIO-1500 WAKaltemp	\$ 947.608	\$ 647.618	\$ 647.618	\$ 647.618	\$ 2.890.462

Fuente: Elaboración propia.

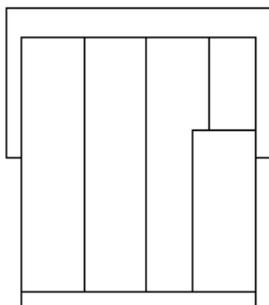
Cubicación de la bodega para el almacenamiento de combustible biomasa evaluada en el estudio.

CUBICACION BODEGA		
PARTIDA	UNIDAD	CANTIDAD
FUNDACIONES		
CIMIENTO	M3	0,256
SOBRECIMIENTO	M3	0,3
ENFIERRADURA		
12x17cm x4.5m Cadena 1520 Acma	UNI	2
ALMABRE NEGRO N° 14	ROLLO	1
TABIQUERIA		
PIEZA DE MADERA 3X3 3,2	PIEZAS	9
PIEZA DE MADERA 2X2 3,2	PIEZAS	13
PIEZA DE MADERA 5X2 3,2	PIEZAS	5
CUBIERTA		
PLANCHAS DE ZIN ACANALADA	UNI	3,5
PLNCHA 5V ZINC	UNI	10
CLAVOS		
CLAVOS DE 4	UNI	220
CLAVOS DE 5	UNI	40
CLAVO HELICOIDAL	UNI	35

Fuente: Elaboración propia.

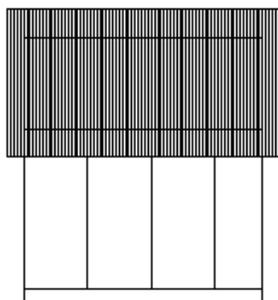
Presentación del bosquejo de la bodega evaluada para el almacenamiento del combustible biomasa.

Elevación frontal.



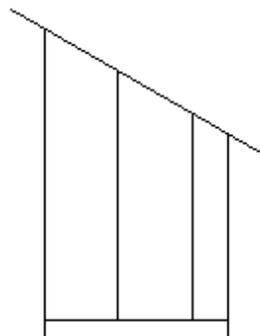
Fuente: Elaboración propia.

Elevación posterior.



Fuente: Elaboración propia.

Elevación lateral.



Fuente: Elaboración propia.

Cuadro resumen de las encuestas realizadas a los propietarios del modelo de vivienda Icalma.

NOMBRE PROPIETARIO(A)	SISTEMA DE CALEFACCION	INVERSION	COSTO ASOCIADO	COSTO COMBUSTIBLE	SATISFACCION	IMPORTANCIA	OTRA ALTERNATIVA
RUBEN VENEGAS	ESTUFA DE COMBUSTION LENTA	\$ 310.000	\$ 100.000	\$ 138.000	3	5	NO
ANGELA SEPULVEDA VILCHES	ESTUFA A PARAFINA	\$ 130.000		\$ 200.000	5	3	COMBUSTION LENTA
ROSA DELGADO LEAL	ESTUFA A PARAFINA	\$ 280.000		\$ 147.800	5	5	COMBUSTION LENTA
HANS SAVIA TRONCOSO	ESTUFA DE COMBUSTION LENTA	\$ 50.000	\$ 40.000	\$ 450.000	5	4	NO
ELIANA CARRASCO MESAS	ESTUFA ELECTRICA	\$ 30.000		\$ 250.000	4	5	NO
FRANSISCO SILVA NABARRETE	ESTUFA ELECTRICA	\$ 70.000		\$ 150.000	5	4	COMBUSTION LENTA
NICOLE HENRICHGEN TRIVIÑOS	ESTUFA DE COMBUSTION LENTA	\$ 350.000	\$ 500.000	\$ 230.000	4	4	NO
MARIA MUÑOZ PEREZ	ESTUFA A GAS	\$ 50.000		\$ 140.000	5	4	COMBUSTION LENTA
CAROLINA SEPULVEDA DELGADO	ESTUFA DE COMBUSTION LENTA	\$ 370.000	\$ 200.000	\$ 138.000	4	5	NO
ROXANA CHAVEZ AGUAYO	ESTUFA DE COMBUSTION LENTA	\$ 280.000	\$ 150.000	\$ 138.000	4	4	NO
CESAR STUARDO NAVARRO	ESTUFA A PARAFINA	\$ 210.000		\$ 177.360	3	4	COMBUSTION LENTA
LORETTO BARRIENTOS REYES	ESTUFA DE COMBUSTION LENTA	\$ 300.000	\$ 250.000	\$ 149.500	5	5	NO
OSCAR SALINAS CHABOUTY	ESTUFA DE COMBUSTION LENTA	\$ 250.000	\$ 200.000	\$ 126.500	5	4	NO
ARTURO NORAMBUENA	ESTUFA DE COMBUSTION LENTA	\$ 310.000	\$ 180.000	\$ 161.000	4	3	NO
SONIA ZENCOVICH RUIZ	ESTUFA ELECTRICA	\$ 70.000		\$ 225.000	3	4	COMBUSTION LENTA
GISELA DUQUE SANCHEZ	ESTUFA DE COMBUSTION LENTA	\$ 210.000	\$ 200.000	\$ 155.250	4	4	NO
CARLOS CONEJEROS ACUÑA	ESTUFA DE COMBUSTION LENTA	\$ 280.000	\$ 300.000	\$ 138.000	4	5	COMBUSTION LENTA
MAURICIO LEFIPAN	ESTUFA ELECTRICA	\$ 50.000		\$ 200.000	4	5	COMBUSTION LENTA
GUILLERMO CASTILLO FERNANDEZ	ESTUFA A PARAFINA	\$ 180.000		\$ 206.920	5	3	COMBUSTION LENTA
GABRIEL REYES	ESTUFA DE COMBUSTION LENTA	\$ 320.000	\$ 80.000	\$ 115.000	5	3	NO

Fuente: Elaboración propia.

Configuración detallada de los paramentos que componen la envolvente térmica de la vivienda modelo Icalma.

TABIQUE PERIMETRAL			
Elemento	λ (w/mK)	e (m)	R (m²K/w)
Capa aire exterior			0,050
Revestimiento exterior SMARTPANEL	0,095	0,0111	0,117
Camara de aire (CCTE_2.0v) Vertical e>20mm			0,370
Aislación térmica Lana de Vidrio	0,042	0,05	1,190
Revestimiento interior Yeso Cartón	0,24	0,01	0,042
Capa aire interior			0,12
RESISTENCIA TOTAL			1,889
		U (w/m²K)	0,529

Fuente: Elaboración propia.

CUBIERTA			
Elemento	λ (w/mK)	e (m)	R (m²K/w)
Capa aire exterior			0,050
Aislacion termica lana mineral	0,042	0,12	2,857
Camara de aire horizontal cielo e>80mm			0,350
Revestimiento interior Yeso Cartón	0,24	0,01	0,042
Capa aire interior			0,017
RESISTENCIA TOTAL			3,316
		U (w/m²K)	0,302

Fuente: Elaboración propia.

PISO			
Elemento	λ (w/mK)	e (m)	R (m²K/w)
Capa aire exterior			0,050
Hormigon armado normal	1,63	0,07	0,043
Moquetas, alfombras	0,05	0,008	0,160
Capa aire interior			0,090
RESISTENCIA TOTAL			0,343
		U (w/m²K)	2,916

Fuente: Elaboración propia.

TABIQUES INTERIORES			
Elemento	λ (w/mK)	e (m)	R (m²K/w)
Capa aire exterior			0,120
Revestimiento interior Yeso Cartón	0,24	0,01	0,042
Camara de aire (CCTE_2.0v) Vertical e>20mm			0,550
Revestimiento interior Yeso Cartón	0,24	0,01	0,042
Capa aire interior			0,120
RESISTENCIA TOTAL			0,873
		U (w/m²K)	1,145

Fuente: Elaboración propia.

ENTREPISO			
Elemento	λ (w/mK)	e (m)	R (m²K/w)
Capa aire exterior			0,050
Revestimiento interior Yeso Cartón	0,24	0,01	0,042
Camara de aire horizontal cielo e>80mm			0,400
Tablero aglomerado OSB	0,095	0,01	0,105
Moquetas, alfombras	0,05	0,008	0,160
Capa aire interior			0,170
RESISTENCIA TOTAL			0,927
		U (w/m²K)	1,079

Fuente: Elaboración propia.

Resumen comparativo de los distintos aspectos evaluados para determinar el sistema de calefacción más eficiente para la vivienda inmobiliaria modelo Icalma, del proyecto inmobiliario Parque Torreones, Valdivia.

CUADRO RESUMEN									
SISTEMA DE CALEFACCIÓN	COSTO	COSTO DE INSTALACION	COSTO	TIPO	POTENCIA W	CONSUMO COMBUSTIBLE DE		EMISION DE	SATISFACCIÓN
	DE	Y/O	DE	DE		ACUERDO A DEMANDA ENERGETICA		MP 2,5	DE
	ADQUISICIÓN	ASOCIADO	MANTENCIÓN	COMBUSTIBLE		MINIMO	MAXIMO	ug/hra	PROPIETARIOS
CALEFACCION A PELLETS		\$ 323.860	\$ 50.000	PELLETS				4,500E-06	0
ESTUFA AMESTI A PELLET Estufa a Pellet Italy 6	\$ 1.049.900				6200	\$ 113.054,42	\$ 282.636,05		
ESTUFA ECO PELLET 360	\$ 499.990				7500	\$ 233.645,80	\$ 233.645,80		
CALEFACCION A LEÑA		\$ 323.860	\$ 50.000	LEÑA				3,330E-05	4,3
AMESTI ESTUFA A LEÑA NORDIC 350	\$ 184.900				7000	\$ 103.765,71	\$ 207.531,43		
BOSCA ESTUFA A LEÑA Eco 350	\$ 149.900				7000	\$ 77.824,29	\$ 207.531,43		
CALEFACCION A GAS		\$ 26.900	\$ 35.000	GAS				1,900E-05	5
ESTUFA A GAS SINDELEN SUNNY RED SR 6200	\$ 72.900				4200	\$ 416.097,20	\$ 416.097,20		
ESTUFA GAS INFRAROJA LIGNUM MGF 1180	\$ 89.900				4200	\$ 505.813,32	\$ 505.813,32		
CALEFACCION A PARAFINA		\$ 5.990	\$ 5.000	PARAFINA				3,800E-05	4,5
ESTUFA TOYOTOMI Laser LC-43	\$ 349.990				4200	\$ 98.289,19	\$ 362.776,47		
ESTUFA TOYOTOMI Tiro Forzado FF-55T	\$ 849.990				5500	\$ 122.820,87	\$ 424.414,35		
CALEFACCION A ELECTRICIDAD		-	\$ 6.000	ELECTRICIDAD				0,000E+00	4
Estufa Oleoeléctrica SK2000Kalttemp	\$ 149.990				2000	\$ 345.021,00	\$ 481.213,50		
Estufa Eléctrica BIO-1500 WAKalttemp	\$ 299.990				1500	\$ 460.028,00	\$ 641.618,00		

Fuente: Elaboración propia.