



UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

**INCORPORACIÓN DE CRITERIOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA A LAS  
TASACIONES DE VIVIENDAS: TASACIONES VERDES**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

GONZALO ANDRÉS CORREA FUENTES

PROFESOR GUÍA:  
CRISTIAN YAÑEZ OTAROLA

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:  
MAURICIO TOLEDO VILLEGAS  
JUAN FELIPE BETRÁN MORALES

SANTIAGO DE CHILE  
2013

RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR  
AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL  
POR: GONZALO CORREA FUENTES  
FECHA: 2013  
PROF. GUÍA: SR. CRISTIÁN YAÑEZ O.

## “INCORPORACIÓN DE CRITERIOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA A LAS TASACIONES DE VIVIENDAS: TASACIONES VERDES”

El objetivo de este trabajo es generar una metodología que permita al tasador, mediante un procedimiento matemático simple, incorporar al valor de tasación habitual los beneficios que se generan por la implementación de mejoras a la eficiencia energética.

El beneficio económico se estima como el valor presente de los ahorros en consumo de energía que se generan respecto a una vivienda convencional. Para determinar dicho valor el costo de los energéticos debe ser proyectado y ponderado por los porcentajes de consumo correspondientes, el periodo de recuperación de los ahorros en consumo debe ser la cantidad de años de vida útil remanente de la mejora y la tasa de descuento debe ser el promedio de las tasas de crédito hipotecario ofrecidos en el mercado a la fecha de tasación. Luego para obtener una tasación verde se suma esta cifra al valor de tasación determinado por el tasador mediante su proceso habitual de valoración.

Para estudiar el impacto de la metodología propuesta se analizan 8 casos: viviendas ya tasadas, de tipología pareada y aislada, de albañilería, estructura de madera y estructura metálica, ubicadas en tres zonas térmicas diferentes (1, 3 y 6). Se supone la implementación de mejoras en la envolvente térmica y uso de colector solar, que impactan los consumos calefacción y agua caliente sanitaria (ACS) respectivamente. Para ello se utilizan las herramientas CCTE\_v2 (software que permite conocer la demanda de energía para el acondicionamiento térmico del edificio) y f\_chart (algoritmo para verificación del cumplimiento de la Contribución Solar Mínima (CSM) de sistemas solares térmicos).

Finalmente observando los resultados de todas las viviendas analizadas los porcentajes de aumento en el valor de tasación de las viviendas debido a la aplicación de las distintas mejoras estudiadas varía entre 3,4% y 18,0%.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a la Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT) de la Cámara Chilena de la Construcción (CChC), a través de su Área de Eficiencia Energética en la persona de Cristián Yañez, quien fuera mi profesor guía, por permitirme desarrollar el tema. También mis agradecimientos a los profesores Carlos y Mauricio por aportar con sus comentarios al documento; y al profesor Beltrán por participar en la revisión del documento, debido a la contingencia en la etapa final. Además agradecer a Santiago Sánchez por la información entregada. A todos, muchísimas gracias.

A mis compañeros de trabajo, por la buena onda, en especial a Fernando y Ale por otorgarme sin apuros los tiempos libres cuando fue necesario; muchísimas gracias a todos.

A mis padres por darme la posibilidad de hacer lo que me gusta y darme las herramientas para ello. A mis hermanas por ser mis hermanas; y por regalarnos a Vicente, Joaquín, Lucas, Rosario y Agustina. A Manolo por su infinita alegría. A Karina por ser mi apoyo fundamental durante todo este proceso. A mi familia en general, abuelos, tíos, primos, etc., por su constante preocupación. A todos, gracias por entenderme, regalarme, soportarme, etc., muchísimas gracias.

Finalmente, pero no por eso menos importante, a mis amigos, por ser mi válvula de escape, por ser quienes son, por estar siempre, gracias por compartir conmigo sus risas y llantos. A ustedes estimados, muchísimas gracias.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>CAPÍTULO 1 – INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>7</b>
1.1. MOTIVACIÓN .....	9
1.2. OBJETIVOS .....	9
1.2.1. OBJETIVO GENERAL .....	9
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	9
1.3. METODOLOGÍA .....	10
<b>CAPÍTULO 2 – ESTADO DEL ARTE: ANÁLISIS DE ESTUDIOS EXTRANJEROS .....</b>	<b>12</b>
2.1. ESTUDIOS ENTRE 1981-1998 .....	12
2.2. ESTUDIOS RECIENTES (AÑO 2008 EN ADELANTE) .....	16
2.2.1. CASO AUSTRALIANO .....	16
2.2.2. CASO EARTH ADVANTAGE INSTITUTE (EEUU) .....	18
2.3. PROCEDIMIENTO PARA VALORIZAR ELEMENTOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN TASACIONES NORTEAMERICANAS .....	19
2.4. DISCUSIÓN DE ANTECEDENTES .....	21
<b>CAPÍTULO 3 – EFICIENCIA ENERGÉTICA EN VIVIENDAS .....</b>	<b>24</b>
3.1. ESCENARIO ENERGÉTICO ACTUAL Y CONSUMO DE ENERGÍA EN VIVIENDAS	24
3.2. EFICIENCIA ENERGÉTICA .....	29
3.2.1. BENEFICIOS DE VIVIENDAS EFICIENTEMENTE ENERGÉTICAS .....	33
3.2.2. ELEMENTOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA .....	36
3.3. SISTEMA DE CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE VIVIENDAS EN CHILE .....	42
3.3.1. ESTADO ACTUAL DEL SISTEMA DE CALIFICACIÓN ENERGÉTICO EN CHILE	52
3.4. ANÁLISIS DE LAS VIVIENDAS ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES EN CHILE .....	55
3.5. DISCUSIÓN DE ANTECEDENTES .....	61
<b>CAPÍTULO 4 – FINANCIAMIENTO DE VIVIENDAS .....</b>	<b>65</b>
4.1. MERCADO HIPOTECARIO EN CHILE .....	65
4.2. EXPERIENCIA INTERNACIONAL, HIPOTECAS PARA LA EFICIENCIA ENERGÉTICA, CASO DE EEUU .....	68
4.3. DISCUSIÓN DE ANTECEDENTES .....	72
<b>CAPÍTULO 5 – PROCESO DE VALORACIÓN: ANÁLISIS DE LA TASACIÓN .....</b>	<b>74</b>
5.1. CONCEPTOS GENERALES .....	74
5.1.1. CONTEXTO NACIONAL .....	74
5.1.2. DEFINICIÓN DEL CONCEPTO TASACIÓN .....	75

5.1.3.	PRINCIPIOS DE TASACIÓN.....	76
5.2.	PROCESO DE VALORACIÓN.....	77
5.2.1.	IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA .....	79
5.2.2.	RECOLECCIÓN DE DATOS Y DESCRIPCIÓN DE LA PROPIEDAD.....	79
5.2.3.	METODOLOGÍAS DE TASACIÓN.....	80
5.2.3.1.	MÉTODO DE SUSTITUCIÓN (O DE COSTO).....	81
5.2.3.1.1.	ANÁLISIS DEL MÉTODO DE SUSTITUCIÓN Y SU RELACIÓN CON EE.....	82
5.2.3.2.	MÉTODO VALOR DE MERCADO (O COMPARACIÓN DE VENTAS) .....	83
5.2.3.2.1.	ANÁLISIS DEL MÉTODO DE VALOR DE MERCADO Y SU RELACIÓN CON EE	84
5.2.3.3.	MÉTODO DE CAPITALIZACIÓN DE INGRESOS .....	86
5.2.3.3.1.	ANÁLISIS DEL MÉTODO DE CAPITALIZACIÓN DE INGRESOS Y SU RELACIÓN CON EE.....	87
5.2.4.	RECONCILIACIÓN Y VALOR FINAL.....	90
5.3.	DISCUSIÓN DE ANTECEDENTES .....	91
<b>CAPÍTULO 6 – PROCEDIMIENTO PARA LA ESTIMACIÓN DEL VALOR DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA TASACIÓN DE VIVIENDAS .....</b>		<b>94</b>
6.1.	ETAPAS EN LA OBTENCIÓN DE UNA TASACIÓN VERDE.....	94
6.1.1.	IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	95
6.1.2.	CÁLCULO CONSUMO DE ENERGÍA .....	96
6.1.3.	ESTIMACIÓN DEL VALOR PRESENTE DE LOS AHORROS.....	96
6.1.3.1.	ESPECIFICACIÓN ÍTEMS PLANILLA VALOR PRESENTE AHORROS ENERGÉTICOS.....	99
6.1.4.	EJEMPLO VALOR PRESENTE DE LOS AHORROS .....	100
6.2.	DISCUSIÓN DE ANTECEDENTES .....	105
<b>CAPÍTULO 7 – APLICACIÓN DE METODOLOGÍA PARA LA TASACIÓN VERDE: ANÁLISIS DE CASOS.....</b>		<b>108</b>
7.1.	PROCEDIMIENTO DE ELECCIÓN VIVIENDAS.....	109
7.1.1.	DEFINICIÓN DE CASOS.....	110
7.1.1.1.	Características de viviendas a analizar .....	110
7.1.1.2.	Resumen solicitud de viviendas.....	113
7.1.2.	SELECCIÓN DE VIVIENDAS .....	114
7.2.	ELEMENTOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA SUPUESTOS .....	117
7.2.1.	ENVOLVENTE TÉRMICA.....	118
7.2.2.	COLECTORES SOLARES .....	119
7.3.	ANÁLISIS DE CASOS: DETERMINACIÓN DE LA TASACIÓN VERDE .....	119

7.3.1.	IDENTIFICACIÓN ELEMENTOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	120
7.3.2.	AHORROS ENERGÉTICOS DE VIVIENDAS .....	120
7.3.2.1.	Ahorro en consumo de energía por mejoras en envolvente térmica.....	121
7.3.2.2.	Ahorro consumo de energía por colectores .....	122
7.3.2.3.	Costo energía .....	123
7.3.2.4.	Tasas de descuento y valores de vida útil.....	125
7.3.3.	RESULTADOS APLICACIÓN METODOLOGÍA TASACIÓN VERDE.....	127
7.3.4.	DISCUSIÓN ANTECEDENTES TASACIÓN VERDE .....	135
<b>CAPÍTULO 8 – CONCLUSIONES Y COMENTARIOS .....</b>		<b>141</b>
<b>CAPÍTULO 9 – BIBLIOGRAFÍA .....</b>		<b>146</b>
<b>ANEXO A – CARACTERÍSTICAS VIVIENDAS SEGÚN INFORME DE TASACIÓN.....</b>		<b>150</b>
<b>ANEXO B – PLANILLA IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA .....</b>		<b>159</b>
<b>ANEXO C – ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS.....</b>		<b>183</b>
<b>ANEXO D – AHORROS ENERGÉTICOS.....</b>		<b>189</b>
<b>ANEXO E – VALOR PRESENTE AHORROS .....</b>		<b>203</b>

## CAPÍTULO 1 – INTRODUCCIÓN

El precio de los energéticos en Chile ha sufrido en los últimos 14 años un aumento considerable, además de estar entre los más altos de la región<sup>1</sup>. Aproximadamente el 20% de la energía consumida en el país corresponde a uso residencial, y de ese porcentaje aproximadamente el 56% corresponde a consumo en calefacción y aproximadamente el 18% corresponde a consumo en agua caliente sanitaria<sup>2</sup> (ACS). Iniciativas como la reglamentación térmica de viviendas estipulada en el punto 4.1.10 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC), la Franquicia Tributaria para Sistemas Solares Térmicos y el Sistema de Calificación Energético de Viviendas son ejemplo de políticas impulsadas por el gobierno para enfrentar dicho escenario energético. Luego, dado el escenario energético actual y la necesidad de disminuir los consumos de energía a nivel residencial, es que cada vez se hace más necesario contar con una vivienda energéticamente eficiente; y el mercado así lo está empezando a reconocer.

Por otro lado, la importancia del mercado inmobiliario en Chile<sup>3</sup> hace cada vez más oportuno contar con procesos de valoración de vivienda adecuados, que den cuenta de todos los factores que usualmente son considerados por los tasadores y aquellos nuevos elementos que los usuarios están solicitando de manera creciente debido a la urgencia energética, como son los elementos de eficiencia energética.

La unión de ambos conceptos, viviendas energéticamente eficientes y mejores procesos de tasación de viviendas, converge en el concepto denominado “tasaciones verdes”, cuyo propósito es dar respuesta a la incorporación de elementos de eficiencia energética al proceso de valoración de viviendas.

Para ello, en primera instancia, se analiza el estado del arte de la literatura en base a la experiencia extranjera, es decir, se analiza como se ha hecho en otros países

---

<sup>1</sup> Según estudio de OCDE, AIE y Montamat y Asociados

<sup>2</sup> Balance de Energía 2011, Ministerio de Energía

<sup>3</sup> Idrovo y Lennon (2011).

(puntualmente Australia y EEUU) la incorporación de los elementos de eficiencia energética al valor de la vivienda, y qué factores consideran para dicha incorporación.

La eficiencia energética genera un beneficio económico a los usuarios de las viviendas debido al ahorro en consumo de energía. Respecto a los elementos de eficiencia energética que se pueden incorporar a una vivienda se encuentran, entre otros, los siguientes: aislación envolvente térmica, uso de equipos que utilizan ERNC, elementos de arquitectura bioclimática, etiqueta de eficiencia energética, etc.

Según Ventolo y Williams (1997) una tasación es una estimación sustentable del valor de una propiedad, que incluye su descripción, la opinión del tasador acerca de las condiciones en que se encuentra, su disponibilidad para un propósito dado y su valor expresado en dinero a precios de mercado libre. Además señala que el avalúo de todos los bienes raíces se basan en datos que se obtienen del mercado. El proceso de valoración, según el International Valuation Standards Council (IVSC), consta de los siguientes pasos: identificación del problema, alcance del trabajo, recolección de datos y descripción de la propiedad, análisis de datos, opinión sobre el valor del sitio, aplicación de los enfoques de valoración (costos, comparación de mercado y capitalización de ingresos), reconciliación del valor final y finalmente la confección de un informe de valor definitivo.

Para incorporar los beneficios de las mejoras en eficiencia energética al valor de la vivienda se propone sumar al valor de tasación habitual de una vivienda (obtenido en el proceso de reconciliación) el valor presente de los ahorros en consumo de energía que una vivienda eficiente genera respecto a una vivienda convencional<sup>4</sup> con la cual puede ser comparada en el mercado. Para estudiar dicha metodología se reúnen datos de viviendas tasadas entregadas por la empresa TRANSSA, específicamente se analizan 8 casos de viviendas (de tipología aislada y pareadas) distribuidas en 3 de las 7 zonas térmicas del país, zonas 1, 3 y 6. Los casos analizados no poseen elementos de eficiencia energética según lo descrito en los informes de tasación, por lo cual es necesario suponer conjuntos de mejoras que permitan aplicar la metodología propuesta,

---

<sup>4</sup> Se entiende por vivienda convencional aquella que no posee elementos de eficiencia energética y/o posee un consumo de energía promedio a nivel nacional

así se puede cuantificar el impacto que genera la inclusión de los elementos de eficiencia energética sobre el valor original de la vivienda.

## **1.1. MOTIVACIÓN**

La importancia del mercado inmobiliario en la economía nacional y por ende los precios de mercado de las viviendas hacen necesario realizar el procedimiento de tasación con máxima rigurosidad, incorporando todos los elementos que el mercado actual demanda. Es este contexto, y dado el actual escenario energético, los distintos actores del mercado inmobiliario requieren procedimientos simples que permitan incorporar al valor de tasación habitual de la vivienda aquellos beneficios que se derivan de la implementación de los elementos de eficiencia energética en la vivienda.

## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.2.1. OBJETIVO GENERAL**

El principal objetivo de este trabajo es proponer una metodología que permita al tasador incorporar al valor de tasación habitual, de una vivienda que posee elementos de eficiencia energética, los beneficios económicos que la vivienda genera debido a dichas mejoras, utilizando para esto la información disponible de la vivienda (tipología, materialidad, año de construcción, etc.), estimaciones del precio de la energía, tasas de interés, etc.

### **1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Generar un instrumento simple, que permita al tasador identificar los elementos de eficiencia energética que posee una vivienda.
- Generar, a partir del instrumento de identificación de elementos de eficiencia energética, un procedimiento que permita estimar el valor de aumento en el precio de la vivienda debido a dichas características.
- Identificar los factores que influyen en la variabilidad del valor de tasación de la

vivienda, dadas las mejoras en eficiencia energética.

- Aplicar la herramienta de cuantificación del valor de los beneficios de eficiencia energética, a un conjunto determinado de viviendas.
- En base a los resultados obtenidos, determinar la variación en el valor de tasación habitual que se genera en cada vivienda analizada debido a las mejoras implementadas.

### **1.3. METODOLOGÍA**

El presente trabajo posee la siguiente estructura:

- En primera instancia se analiza la experiencia extranjera con el fin de observar el estado del arte y cómo aprovechar dicha información en el estudio en desarrollo.
- Luego se analiza el mercado de la eficiencia energética y de las mejoras implementadas en viviendas, específicamente aquellos elementos que se implementan en las viviendas en estudio, y cómo dichas mejoras generan beneficios a las viviendas.
- Se analiza el tratamiento de los elementos de eficiencia energética en el mercado de créditos hipotecarios de EEUU, específicamente el estudio de las EEM (Energy Efficient Mortgage) y como sus características influyen en el presente estudio.
- Luego se estudia el concepto tasación y todas sus aristas que permiten establecer en qué etapa del proceso de valoración se deben sumar los beneficios económicos de las viviendas energéticamente eficientes.
- Posteriormente, a partir de los antecedentes estudiados, se genera un procedimiento que permite al tasador identificar los elementos de eficiencia energética en una vivienda, para posteriormente incorporar, mediante una metodología propuesta, al valor de tasación los beneficios que de dichas mejoras se desprenden.
- Finalmente se aplica retrospectivamente la metodología propuesta a un conjunto de viviendas ya tasadas por la empresa TRANSSA. Para ello se suponen conjuntos de mejoras en eficiencia energética que se incorporan a la vivienda, se

estudia el comportamiento en base a la metodología propuesta y se analiza el impacto que tienen los resultados obtenidos sobre el valor de tasación original.

## **CAPÍTULO 2 – ESTADO DEL ARTE: ANÁLISIS DE ESTUDIOS EXTRANJEROS**

En el siguiente capítulo se discuten los principales aspectos de diversos estudios cuyo tema de análisis está relacionado con la valoración de elementos de eficiencia energética y su incorporación a la tasación de la vivienda, realizados en países como EEUU y Australia. Además se analiza la forma en que dichos estudios pueden ser adaptados a la realidad nacional y/o ser útiles al desarrollo del presente trabajo.

### **2.1. ESTUDIOS ENTRE 1981-1998**

Halvorsen y Pollakowski (1981) realizan un estudio en el que se analiza la relación entre la energía utilizada en una vivienda y el impacto que tiene en su valor. En este estudio se analizó una muestra de 269 casas que fueron vendidas en un vecindario en Seattle, Washington entre 1970 y 1975. Sólo se escogieron viviendas que utilizaban ya sea gas natural o petróleo como medio energético para entregar calor a la vivienda. La conclusión de dicho estudio fue que las viviendas que utilizaban calefacción a gas natural en lugar de calefacción por petróleo tenían un valor de mercado mayor, estimado en USD 761 en 1974, y aumentaba a USD 4.597 en la primera mitad de 1975.

Posteriormente un estudio realizado por Corgel et al. (1982), determinó que el valor de casas energéticamente eficientes (con pocas pérdidas de calor estructural) eran USD 3.248 mayor que casas ineficientes (energéticamente hablando). Este estudio utilizó un modelo de precios hedónicos<sup>5</sup> basado en una muestra de 100 residencias familiares vendidas en Lubbock, Texas, entre 1978 y 1979.

Johnson y Kaserna (1983), concluyeron que el valor total de una vivienda aumentaba en USD 20,73 por cada USD 1 que disminuyera la cuenta anual de energía. Ellos

---

<sup>5</sup> El análisis hedónico se explica como un proceso analítico que permite la descomposición del precio de una vivienda en sus partes componentes para determinar cómo cada componente individual contribuye al valor total. Cada atributo es valorado independientemente y contribuye su valor individual al valor total del producto, haciendo más fácil observar el valor de mercado de cada atributo por sí solo. Por ejemplo, un tasador puede utilizar un modelo hedónico para determinar el valor de los atributos de una casa, tales como características estructurales (metros cuadrados, número de habitaciones, número de baños, defectos, etc.), características del vecindario (calidad de las escuelas y el vecindario), ubicación, etc. (Sopranozetti 2010).

utilizaron un modelo de precios hedónicos en su estudio basados en una muestra de 1.317 viviendas vendidas en Knoxville, Tennessee.

Longstreth (1986) determinó que el aumento en 2,54 cm en aislación de muro, aumentaba el valor de la vivienda en 10,56 USD/m<sup>2</sup>; el aumento en 2,54 cm en aislación de techo, aumentaba el valor de la vivienda en 18,7 USD/m<sup>2</sup>; colocar ventanas eficientes aumentaba el valor de la vivienda en 9,1 USD/m<sup>2</sup>.

Laquatra (1986) realizó un estudio basado en un modelo de precios hedónicos, en el que se definió una variable continua llamada “Thermal Integrity Factor” (TIF) (Factor de Integridad Térmica), para representar los diversos niveles de eficiencia energética, expresado en Btu<sup>6</sup> por grados días por pie cuadrado. Dentro del modelo, Laquatra especificó la TIF como variable independiente y encontró que el valor de las casas aumentaba en USD 2.510 por cada unidad de decrecimiento de la variable TIF. La muestra utilizada por Laquatra correspondía a 81 casas construidas a través de un programa del gobierno en el estado de Minnesota y vendidas en 1980.

Dinan y Miranowski (1989) utilizaron una muestra de 234 viviendas vendidas entre Enero y Junio de 1982, para concluir que por cada USD 1 que se disminuyen los gastos de energía (en la temporada de calefacción promedio) el precio total de la vivienda aumenta en USD 11,63 (manteniendo la temperatura de la casa en 65°F<sup>7</sup> promedio). Para esto ellos desarrollaron un modelo de precios hedónicos que incluía variables como precio de venta, características estructurales, variables del vecindario y ubicación de la vivienda; y para incluir la variable de eficiencia energética ellos construyeron una variable denominada F, la cual obtenía los gastos en energía de las casas de la muestra y ajustaba esta información para los distintos períodos de facturación de la cuentas.

Horowitz y Haeri (1990) determinaron que el valor total de la vivienda aumenta aproximadamente en USD 12,52 por cada USD 1 de reducción en la cuenta anual de electricidad. Dichos valores fueron obtenidos de descontar los ahorros en energía

---

<sup>6</sup> BTU (British Thermal Unit). Medida de energía inglesa. 1 Btu equivale a 250 calorías.

<sup>7</sup> Aproximadamente 18°C.

esperados debido a los elementos de eficiencia energética, a la misma tasa de interés a la que el comprador obtuvo su hipoteca.

Nevin y Watson (1998) realizaron un estudio cuya hipótesis era que un comprador racional debería ofrecer más por casas energéticamente eficientes, siempre que el costo incremental de la vivienda eficiente no exceda el valor presente de los ahorros esperados en combustibles. Para el cálculo del valor presente de los ahorros esperados debido a los elementos de eficiencia energética incorporados a la vivienda, utilizaron la misma tasa ocupada para el cálculo de la hipoteca del comprador de la vivienda. Según estos investigadores en un mercado competitivo, racional, el valor de la eficiencia energética, como el valor de cualquier otra característica de la vivienda, debería reflejar el valor marginal de la vivienda a los compradores. El estudio se basó en la confección de un modelo hedónico, en el que se utilizaron dos fuentes de información: la American Housing Survey (AHS) (Encuesta de vivienda americana) para obtener datos de viviendas de los años 1991, 1993 y 1995, y de Metropolitan Statistical Area (MSA) (Estadísticas del área metropolitana) para obtener datos entre los años 1992 a 1996. En su modelo hedónico la variable dependiente era el valor de mercado de la vivienda estimado por los ocupantes. Entre las variables independientes que definen el modelo se encuentran las siguientes: tamaño del terreno, antigüedad de la propiedad, superficie construida de la vivienda, número de habitaciones, total de gastos en combustibles, superficie del terreno por el total de gastos en servicios energéticos, número de habitaciones por el total de gastos en servicios energéticos, variables artificiales (también denominada variable dummy o dicotómicas, variables que indican la presencia o ausencia de un atributo en particular, que sólo pueden tomar dos valores posibles) para cuantificar la presencia de garage, porch y aire acondicionado, además de variables artificiales para la ubicación regional en U.S., y variables artificiales para identificar la ubicación urbana o rural de la vivienda. Como se dijo anteriormente ellos utilizaron las tasas hipotecarias obtenidas por propietarios en los años 90 para capitalizar los ahorros de energía que alcanzaba la vivienda, cuyos valores fluctuaron entre 4% y 10%. Con ese rango de tasas se obtuvo que por cada USD 1 de ahorro en la cuenta anual de energía se generaban aumentos en el precio de las viviendas entre un USD 10 y USD 25.

Tomando en cuenta los estudios expuestos anteriormente, se pueden resumir los resultados de aquellos que utilizan la misma presentación de entrega de datos, en este caso aquellos que determinan el valor de aumento de la vivienda relacionado con la disminución de USD 1 en la cuenta anual de energía, como en la figura 2.1:

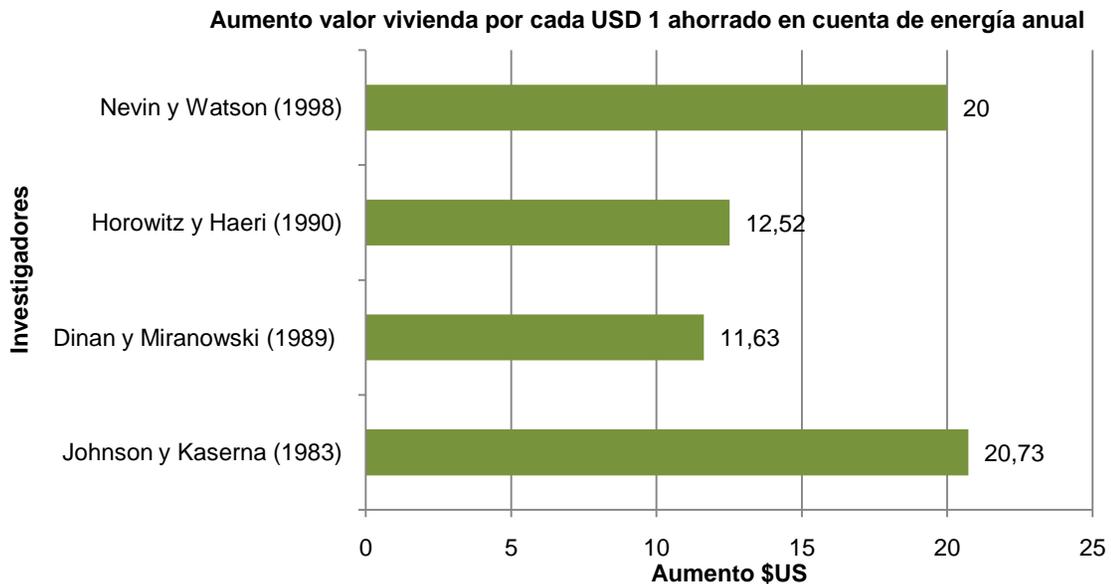


Figura 2.1- Aumento en valor de la vivienda por cada USD 1 de ahorro en la cuenta anual de energía según antecedentes.

La figura 2.1 muestra los resultados obtenidos por cuatro estudios basados en modelos hedónicos; en ellos se observa el aumento en el valor de una vivienda asociado a la disminución en la cuenta de energía anual, debido a sus características de eficiencia energética. En dichos modelos se representa la eficiencia energética como una variable más, y con ello se determina el valor de aumento de las viviendas debido a esa característica puntual. Luego con los datos recogidos del mercado (es decir, el valor adicional que los usuarios le otorgan a las viviendas energéticamente eficientes) se obtienen indicadores como los entregados en la figura 2.1, cuya variabilidad se explica porque los estudios fueron realizados en distintos años, los modelos hedónicos eran específicos para cada estudio, los casos analizados eran distintos, los elementos de eficiencia energética eran específicos para cada estudio, etc.

## 2.2. ESTUDIOS RECIENTES (AÑO 2008 EN ADELANTE)

### 2.2.1. CASO AUSTRALIANO

El el Departamento de Agua, Patrimonio, Medio Ambiente y Arte de Australia (2008), realizó una investigación en la cual mediante un modelo estadístico se intentó buscar la relación entre el Sistema de Calificación de Eficiencia Energética Australiano (denominado EER, por sus siglas en inglés) y el valor de venta de las viviendas que son calificadas bajo los parámetros de este sistema. El estudio analizó el vínculo entre el EER de una casa y su precio de venta, a partir de datos de 2005 y 2006; y encontró que existe una relación estadísticamente significativa. Esto significa que si una casa tiene un EER más alto que otra, pero en todos los demás aspectos las casas son iguales, la casa con la EER más alto puede tener un valor de venta más alto. El EER utilizado en la ley Australiana se limita a una calificación del desempeño térmico de la envolvente del edificio. Está diseñada para proporcionar información precisa y estandarizada sobre la construcción de la eficiencia energética (excluyendo el agua caliente y el sistema de iluminación, aparatos fijos o móviles y los requisitos de los ocupantes para el control de temperatura). El EER es medido por un asesor acreditado y capacitado profesionalmente por el programa de gobierno de calificación energética de viviendas australiano, el cual mide la eficiencia energética de una casa con un software térmico (denominado FirstRate). En esta evaluación se tienen en cuenta características tales como: la estructura del edificio, el diseño de ventanas, la orientación, la fuga de aire y ventilación cruzada. El sistema australiano EER se define a grandes rasgos y de forma simplificada, como sigue: posee un total de 5 estrellas, que se va componiendo de 0,5 estrellas en la medida que se alcanza cierto nivel superior de eficiencia energética, lo que genera un total de 10 puntos, como se ejemplifica en la siguiente figura:



Figura 2.2- Ejemplificación del Sistema de Calificación de Eficiencia Energética Australiano<sup>8</sup>

<sup>8</sup> La figura N°4 corresponde a un ejemplo de confección propia adaptado del sistema de calificación de eficiencia energética de Australia, y corresponde a 3,5 estrellas.

Así un número de estrellas igual a 0 es muy pobre y significa que la envolvente del edificio no ayuda a reducir la incomodidad del frío o del calor. Una calificación de 5 estrellas indica un buen, pero no excepcional, rendimiento térmico. Las personas que viven en un hogar con el total de 10 mitades de estrella es poco probable que requieran ventilación artificial o calefacción, según este sistema de calificación.

Para establecer la relación entre el rendimiento de la energía y el precio de la vivienda, el estudio utiliza un modelo de precios hedónicos. Los precios de viviendas aisladas vendidas en 2005 y 2006 fueron modelados en relación principalmente a las siguientes variables:

- Variables estructurales, las que se refieren a características de diseño y construcción.
- Variables de distancia, la que describe la ubicación relativa a centros comerciales, hospitales y centros de negocios.
- Variables relativas al vecindario, las que describen las principales condiciones sociales y económicas que rodean a la vivienda.
- Variables de localización, las que se refieren a la dirección del código postal, está íntimamente relacionada con las variables de distancia y del vecindario.
- Variables de eficiencia energética.

Luego tomando en cuenta el sistema de calificación energético y el modelo de precios hedónicos diseñado para este estudio se obtuvieron los siguientes resultados:

- que 2.385 casas ganaron en promedio un valor adicional de 1,23%<sup>9</sup> por cada 0,5 estrellas EER en el año 2005; y
- que 2.791 casas se vendieron por un 1,9%<sup>10</sup> adicional por cada 0,5 estrella EER en el año 2006.

---

<sup>9</sup> Esto quiere decir que la máxima diferencia en valor entre una vivienda que posea un índice EER de 5 estrellas y una vivienda similar, pero que no posee estrellas según dicho sistema es 12,3%.

<sup>10</sup> Esto quiere decir que la máxima diferencia en valor entre una vivienda que posea un índice EER de 5 estrellas y una vivienda similar, pero que no posee estrellas según dicho sistema es 19%.

## **2.2.2. CASO EARTH ADVANTAGE INSTITUTE (EEUU)**

El Earth Advantage Institute es una organización norteamericana sin fines de lucro que ofrece un conjunto de programas de construcción verde, educación, y servicios técnicos de investigación. En el año 2009 realizaron un estudio en el que relacionan el mercado inmobiliario con el mercado de las etiquetas de eficiencia energética.

Para ello se basaron en algunas etiquetas de eficiencia energética existentes en el mercado norteamericano como las siguientes:

- **Certificación Earth Advantage:** etiqueta de eficiencia energética impulsada por los mismos autores del estudio. Dicha etiqueta está enfocada a viviendas de nueva construcción y su aplicación es de carácter voluntario. La etiqueta del Earth Advantage incorpora su Nivel de Desempeño de Energía, el cual entrega una estimación del actual consumo energético de la vivienda y las clasifica según el uso de energía frente a otras casas de la región y de la nación.
- **Built Green:** etiqueta de eficiencia energética impulsada por el Master Builders Association of King and Snohomish Counties, cuyo mercado de etiquetado son viviendas unifamiliares nuevas, viviendas remodeladas, multifamiliares y comunidades, y su aplicación es de carácter voluntario.
- **Energy Star:** etiqueta de eficiencia energética impulsada por la Environmental Protection Agency (EPA), cuyo mercado de etiquetado está enfocado a viviendas de nueva construcción y su aplicación es de carácter voluntario.

Para relacionar los resultados de estos sistemas de etiquetado de vivienda y el valor de la vivienda los investigadores del Earth Advantage Institute utilizaron un método de análisis distinto al modelo de precios hedónicos. Ellos utilizaron un enfoque denominado Método de Control de Grupo Pareado que se basa en tomar un miembro de un grupo de bienes (por ejemplo casas etiquetadas), y compararla con un gran número de potenciales objetos de control (por ejemplo casas no etiquetadas), esto basado en características que pueden tener impacto en el precio de venta (por ejemplo ubicación, superficie construida). Los investigadores a menudo utilizan este método cuando hay un

grupo relativamente pequeño de objetos tratados y un grupo mucho mayor de objetos de control no expuestos al tratamiento. Debido a que las características de las viviendas varían enormemente, los investigadores del Earth Advantage desarrollaron un grupo de control pequeño de 3 a 4 casas sin etiqueta por cada casa etiquetada, permitiéndoles usar los datos promediados de precios para el grupo de control de objetos correspondiente.

De esta forma utilizando dicho método de análisis y considerando las etiquetas antes mencionadas los investigadores llegaron a los siguientes resultados: se encontró que 92 nuevas viviendas en Portland Oregon, que poseían alguna de estas certificaciones se vendieron en promedio 3% - 5% más y en promedio eran vendidas 18 días más rápido comparados con las viviendas no certificadas. Ellos también encontraron que en Seattle, Washington, 68 nuevas viviendas con estas certificaciones se vendieron en promedio 9,6% más comparadas con las casas no certificadas, pero en este caso la venta fue un poco más lenta.

En este caso el estudio no se refiere al aumento en el valor de las viviendas debido a las características de eficiencia energética, sino que muestra que las viviendas que poseen etiquetas de eficiencia energética se venden en mayor cantidad que aquellas que no la poseen, de lo cual se desprende de forma indirecta que al haber una mayor demanda por dichas viviendas el usuario estaría dispuesto a pagar más por dichos bienes.

### **2.3. PROCEDIMIENTO PARA VALORIZAR ELEMENTOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN TASACIONES NORTEAMERICANAS**

Adomatis (2010) describe un proceso utilizado por los tasadores norteamericanos para evaluar las características de eficiencia energética que posee una vivienda. Según este documento los pasos para evaluar estas características son los siguientes:

**Obtener documentación apropiada;** el tasador debe consultar al cliente sobre cualquier certificado, emitido por un tercero independiente (por ejemplo HERS Index<sup>11</sup>, ENERGY STAR), que acredite a la vivienda como energéticamente eficiente. Además consultar sobre cualquier documento relacionado con incentivos disponibles (generalmente económicos en base a subsidios, tasas de descuento menores, baja en pago de impuestos, etc.) para este tipo de viviendas. Esto básicamente para acreditar que la vivienda posee elementos de eficiencia energética, certificado por terceras partes independientes.

**Describir las mejoras;** una vez obtenidos los documentos anteriores el tasador debe describir las mejoras (relativas a eficiencia energética) que posee la vivienda. Para ello cuenta con el documento Uniform Residential Appraisal Report (URAR)<sup>12</sup> en el cual se deben señalar, entre otras, las siguientes características: paneles solares, pinturas con bajos compuesto orgánico, certificación de eficiencia energética por parte de un tercero independiente, envolvente térmica, aire central energéticamente eficiente, etc.

**Seleccionar comparables;** en este paso el tasador debe buscar en el mercado viviendas similares a la vivienda objeto, que posean las mismas (o similares) características de eficiencia energética.

**Elementos de comparación;** como no todas las viviendas comparables serán idénticas a la vivienda objeto es necesario determinar cuáles elementos son los que hacen la diferencia, y así mediante ajustes lograr hacer las viviendas lo más similares posible. Esta información se añade al documento URAR para continuar con el proceso de tasación.

**Medir la contribución de valor;** finalmente para obtener el valor de los elementos de eficiencia energética que posee la vivienda, Adomatis menciona las siguientes técnicas:

---

<sup>11</sup> Home Energy Rating Systems, índice norteamericano que califica en una escala, la eficiencia energética relativa de cualquier casa, sin importar la antigüedad, la eficiencia o el uso de combustible. La calificación se basa en la eficiencia de la envolvente térmica y la calefacción, la ventilación y aire acondicionado (HVAC, por sus siglas en inglés) y se obtiene por cálculos e inspección en terreno. Los cálculos HERS incluyen las estimaciones de rendimiento anual de energía y los costos y recomendaciones para mejoras rentables de eficiencia energética.

<sup>12</sup> Fannie Mae, March 2005.

- Conversión a valor de la clasificación del índice HERS: el índice HERS, entre otros antecedentes, entrega el valor de ahorro mensual en energía que tiene la vivienda, luego según esta técnica es posible convertir estos ahorros mensuales en una contribución al valor de la vivienda. Esto se logra usando el valor presente del ahorro en energía (anual), la tasa de descuento hipotecario tipo vigente y estimando la vida útil de las medidas de eficiencia energética. Así con estos datos es posible, utilizando formulas de matemáticas financieras, obtener el valor presente que significan dichos ahorros.
- Ahorros de energía mensual \* multiplicador de renta bruta (GRM<sup>13</sup>): el multiplicador de renta bruta es la relación entre el valor de mercado de la vivienda y la renta mensual que paga el inquilino por dicha vivienda. Luego para utilizar este método es necesario obtener el GRM de viviendas similares a la vivienda objeto y multiplicar dicho valor por sus ahorros mensuales.
- Análisis de ventas similares: bajo este enfoque se compara el valor de viviendas que son similares entre sí excepto por las características de eficiencia energética, la diferencia en valor es atribuida a dichas características. Luego se obtiene el valor de la vivienda objeto mediante los métodos usuales de tasación y se suma la diferencia encontrada que representa lo que el mercado está dispuesto a pagar por tener esas características en viviendas similares.

**Enfoque de costos;** es posible utilizar de manera adicional el enfoque de costos, de manera de cuantificar el valor de la inversión necesaria para obtener las características de eficiencia energética que posee la vivienda. Para ello se basan en manuales de constructores que poseen gran experiencia en la comercialización de estos elementos.

## 2.4. DISCUSIÓN DE ANTECEDENTES

Se observa de los datos analizados que los mercados en los que se realizaron los estudios reconocen el valor adicional de una vivienda energéticamente eficiente.

---

<sup>13</sup> Por sus siglas en inglés Gross Rent Multiplier

La diversidad de los resultados entre un estudio y otro se debe a la utilización de distintos métodos y/o modelos de cálculo, a la variabilidad de zonas térmicas en que se realizaron cada uno de los estudios y los diferentes elementos de eficiencia energética que fueron considerados en cada caso. Sin embargo, un patrón común que se observa de los estudios descritos anteriormente, es que la incorporación de elementos de eficiencia energética a las viviendas aumenta el precio de venta de las mismas. Este resultado es fundamental en el sentido que valida el supuesto de que elementos de eficiencia energética incorporados al hogar incrementan el valor de la vivienda.

Gran parte de los estudios documentados en esta sección utilizaron como método de cálculo un modelo de precios hedónicos, gracias a que contaban con un número considerable de muestras, lo que permitía ajustar las distintas variables. En dichos modelos se incorporan las variables comunes de caracterización de viviendas, tales como tamaño, antigüedad de la vivienda, materialidad, ubicación geográfica (vecindario), etc.; y para introducir el concepto de consumo energético se crearon variables que daban cuenta del gasto total en energía que poseía la vivienda. En todos esos modelos se observa que la variable correspondiente al gasto energético posee un comportamiento inverso al valor comercial de la vivienda, es decir, si disminuye el valor de las cuentas de energía aumenta el precio total de la vivienda. Esta metodología (modelos hedónicos) no es adecuada a la realidad nacional debido a que no existe en la actualidad un mercado inmobiliario de viviendas energéticamente eficientes que den cuenta del aumento del valor de una vivienda al poseer estas características.

Algunos estudios relacionan directamente el sistema de calificación y certificación energética de viviendas de su país con el valor de la vivienda. Esto indica que estos sistemas de certificación al ser información de terceros, son altamente aceptados por el mercado y su objetividad les otorga seriedad que es valorada por los consumidores. En este sentido el Sistema de Calificación Energética de las Viviendas en Chile aparece como una alternativa válida para incorporar los ahorros producidos por la eficiencia energética en la tasación de viviendas.

Este hecho lo ratifica Adomatis (2010), en cuya metodología de valuación de viviendas energéticamente eficientes se incorpora la solicitud de antecedentes de terceras partes independientes, que certifiquen a la vivienda en cuestión como tal; por lo cual los índices obtenidos del sistema de calificación energética de viviendas chileno serían aceptados para cuantificar el aumento de valor de la vivienda en el caso de ser requerido.

Otro punto importante de dicho estudio tiene relación con las técnicas de medición que utilizan para convertir estos elementos de eficiencia energética en valores, que posteriormente se incorporan al precio de la vivienda. La técnica del índice HERS podría ser adaptada a la realidad nacional mediante la utilización de los índices obtenidos del sistema calificación energético chileno. La técnica del GRM (multiplicador de renta bruta) no es aplicable, actualmente, ya que para obtener el GRM es necesario conocer los arriendos y valores de venta de viviendas similares que posean elementos de eficiencia energética. Por último la técnica de ventas similares tampoco es aplicable en Chile en la actualidad, por el mismo concepto que fue descartada la técnica anterior.

Un último comentario respecto a los estudios internacionales tiene relación con la tasa de interés a la cual se deben descontar los flujos futuros de ahorros de energía para obtener el valor presente de dichos flujos. De acuerdo a la bibliografía (Horowitz y Haeri (1990), Nevin y Watson (1998) y Adomatis (2010)) la tasa que se debe utilizar en este tipo de cálculos es la misma tasa de descuento que obtienen los usuarios al momento de suscribir un crédito hipotecario. Este supuesto es fundamental para el desarrollo del trabajo y los cálculos que se realizarán de acuerdo a la metodología propuesta, por lo cual se analizará en detalle en el capítulo 4.

## **CAPÍTULO 3 – EFICIENCIA ENERGÉTICA EN VIVIENDAS**

En el siguiente capítulo se analiza el actual escenario energético en Chile y cómo éste se relaciona con las viviendas que poseen elementos de eficiencia energética. En cuanto a estas últimas se describen las características que la componen y como dichas características generan beneficios, tanto tangibles como intangibles a los habitantes del inmueble, los cuales en el fondo son el elemento diferenciador, que el comprador debería observar al momento de escoger entre una vivienda convencional y una que hace un uso eficiente de la energía.

Finalmente se entrega un compendio de resultados que dan cuenta del estado actual de las viviendas energéticamente eficientes en el mercado chileno y como se vinculan con el valor de tasación de la vivienda.

### **3.1. ESCENARIO ENERGÉTICO ACTUAL Y CONSUMO DE ENERGÍA EN VIVIENDAS**

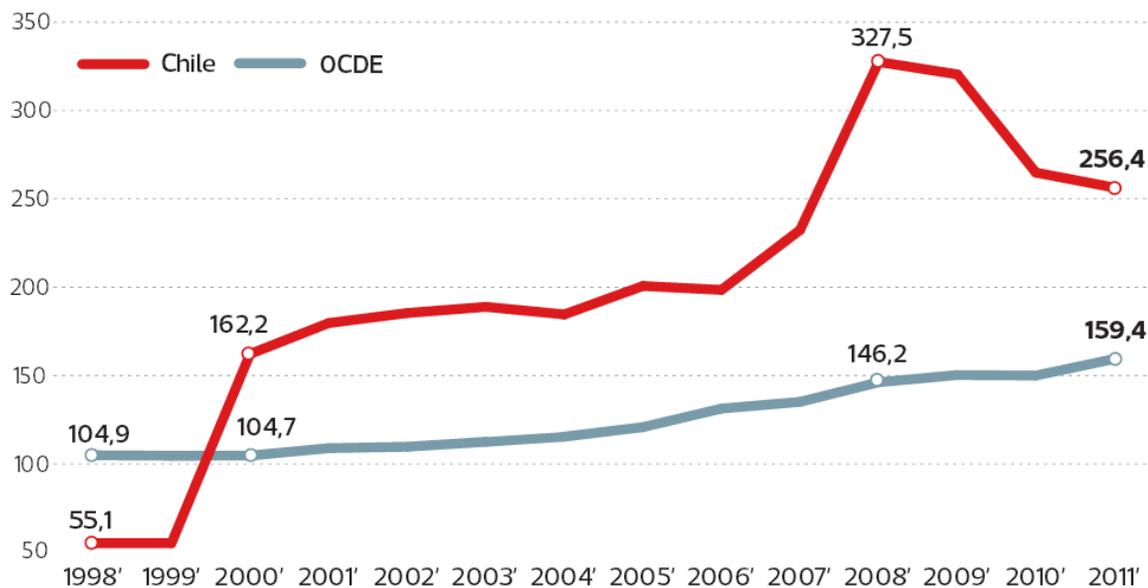
Según datos de la OCDE (Organisation for Economic Co-operation and Development) (2012)<sup>14</sup> el precio de la energía en Chile en los últimos 14 años ha sufrido un alza que alcanza el 365% (pasando de 55,1 \$US/MWh en el año 1998 a 256,4 \$US/MWh en el año 2011), tal como se muestra en la figura 3.1:

---

<sup>14</sup>Estudio conjunto con la Agencia Internacional de Energía (AIE).

### Precio de electricidad para hogares

US\$/MWH (usando PPP)



FUENTE: Gráfico diario La Tercera<sup>15</sup> con datos OCDE y AIE.

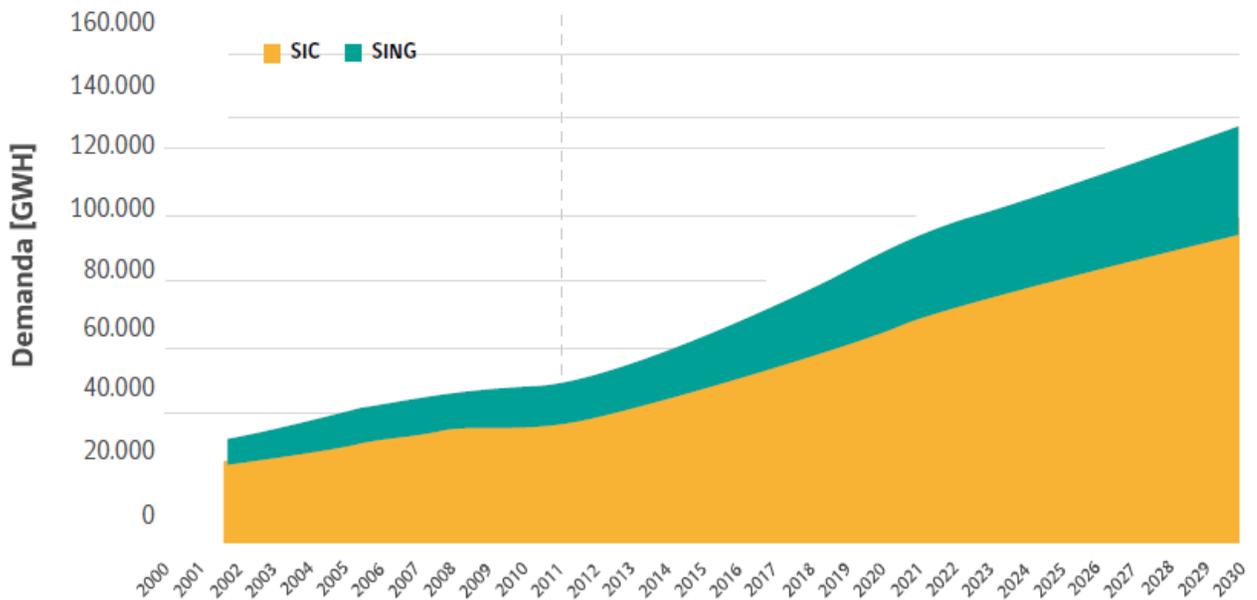
Figura 3.1 - Precio electricidad hogares chilenos

Por otro lado, de la misma publicación se tiene que el precio de la energía en Chile comparado con países de la región es de los más altos, sólo superado por Uruguay.

De acuerdo al Ministerio de Energía (2012)<sup>16</sup> la demanda energética proyectada para los próximos años en Chile en el Sistema Interconectado Central (SIC) y el Sistema Interconectado del Norte Grande (SING) tiene una tendencia notoria al alza, como se muestra en la figura 3.2:

<sup>15</sup> Publicación del Jueves 7 de Junio de 2012, pag. 23. <http://papeldigital.info/lt/2012/06/07/01/paginas/023.pdf>

<sup>16</sup> Estrategia Nacional de Energía 2012-2030.



FUENTE: Gráfico Ministerio de Energía<sup>17</sup>.

Figura 3.2 - Demanda SIC y SING 2000-2030.

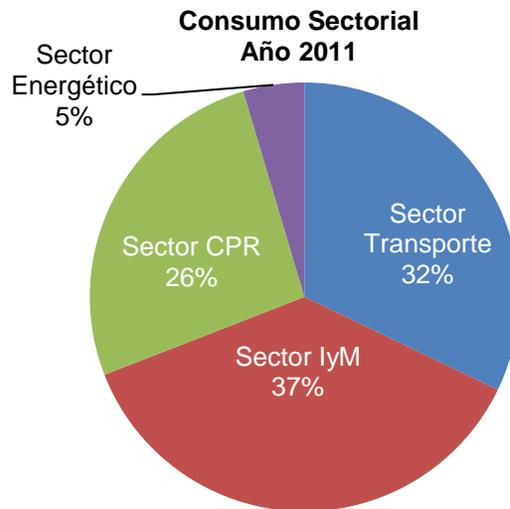
Este alto consumo proyectado, sumado a que si se considera que Chile es un país principalmente importador de recursos energéticos y que depende particularmente de los combustibles fósiles<sup>18</sup> (cuyo alto valor han incrementado los costos marginales de generación de energía), generan una inestabilidad energética que conlleva a una volatilidad en los precios de la energía, y es ahí donde radica la importancia de tomar medidas para remediar esta situación, dentro de las cuales se encuentra la eficiencia energética.

Por otro lado el Balance Energético 2011 del Ministerio de Energía entrega la distribución del consumo de energía secundaria<sup>19</sup> de manera sectorial como se indica en la figura 3.3:

<sup>17</sup> Estrategia Nacional de Energía 2012-2013, pag. 7

<sup>18</sup> Estrategia Nacional de Energía 2012-2013.

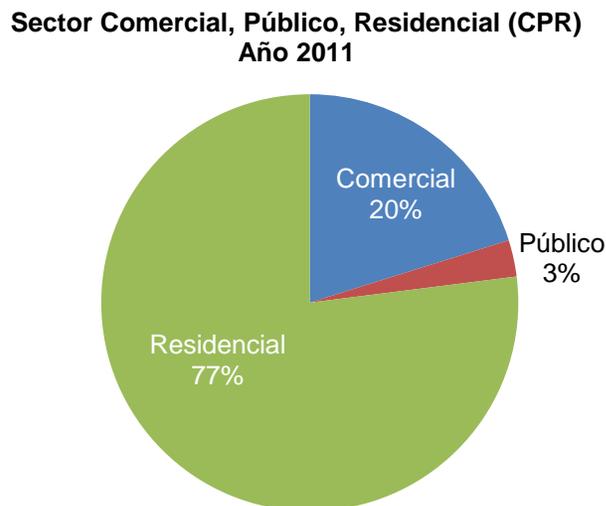
<sup>19</sup> Se denomina energía secundaria a los productos resultantes de las transformaciones o elaboración de recursos energéticos naturales (primarios) o en determinados casos a partir de otra fuente energética ya elaborada (por ej. Alquitrán). El único origen posible de toda energía secundaria es un centro de transformación y, el único destino posible un centro de consumo. (...). Son fuentes energéticas secundarias la electricidad, toda la amplia gama de derivados del petróleo, el carbón mineral, y el gas manufacturado (o gas de ciudad). (CNE, Comisión Nacional de Energía).



FUENTE: Elaboración propia con datos del BNE 2011, Ministerio de Energía.

Figura 3.3 - Consumo Sectorial energía secundaria.

De la figura 3.3 se observa que el mayor consumo lo posee el sector IyM (Industria y Minería) con un 37%, seguido del sector Transporte con un 32% y luego en el tercer mayor consumo se ubica el sector CPR (Comercial, Público y Residencial) con un consumo equivalente al 26% del total. Si se desglosa el consumo energético de este último sector, CPR, se obtiene el siguiente resultado:

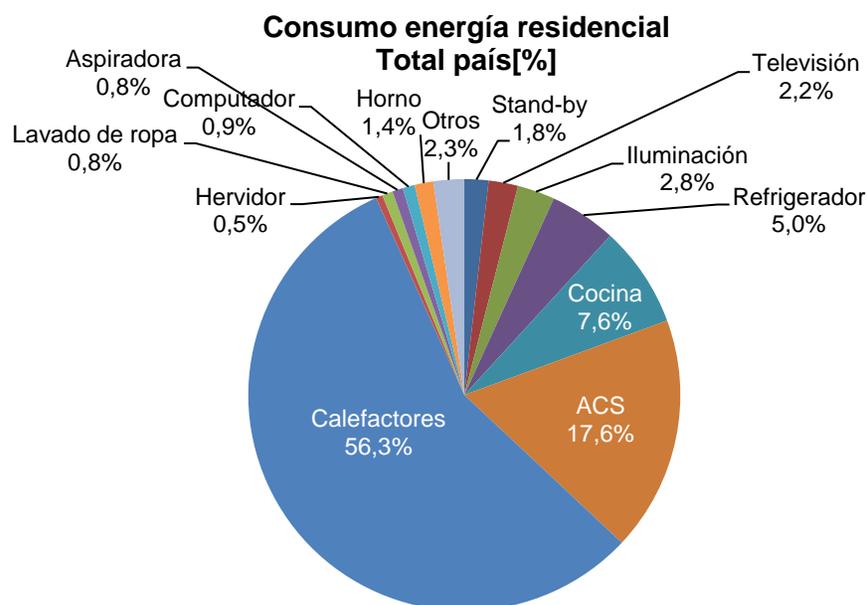


FUENTE: Elaboración propia con datos del BNE 2011, Ministerio de Energía.

Figura 3.4 - Consumo energía secundaria Sector CPR.

Se observa que dentro del 26% del consumo total de energía secundaria en el país asociado al sector CPR, el 77% es atribuido exclusivamente a consumo Residencial, lo que en términos globales corresponde aproximadamente al 20% del consumo total de energía secundaria en Chile.

En cuanto a consumo de energía a nivel residencial el Ministerio de Energía entrega el siguiente desglose a nivel país, considerando todos los combustibles:



FUENTE: Estudio de usos finales y curva de oferta de conservación de la energía en el sector residencial de Chile (Ministerio de Energía, 2010)

Figura 3.5 - Consumo energía residencial.

Se observa de la figura anterior que el mayor consumo a nivel residencial es atribuido a calefacción con aproximadamente un 56,3% del total.

Dados los antecedentes anteriores, alto precio de la energía, alto consumo energético a nivel residencial y especialmente en calefacción y ACS, y aumento del consumo energético según proyecciones futuras, es que se deben implementar distintos tipos de iniciativas enfocadas en las viviendas con el fin de mitigar los efectos de este escenario energético adverso.

Una de las medidas que se deben adoptar para enfrentar este problema a nivel residencial, principalmente enfocado en los altos consumos como calefacción y ACS, es la eficiencia energética, tema que es tratado a continuación.

### **3.2. EFICIENCIA ENERGÉTICA**

De acuerdo con World Energy Council (WEC) 2004, el término eficiencia energética se refiere a todos los cambios que se traducen en la disminución de la cantidad de energía utilizada para producir una unidad de actividad económica (por ejemplo, energía utilizada por unidad de PIB o valor agregado) o para satisfacer las necesidades energéticas residenciales manteniendo un determinado nivel de confort. Por lo tanto, la eficiencia energética está asociada con la eficiencia económica e incluye cambios tecnológicos, económicos y en el comportamiento de la población<sup>20</sup>.

Cabe destacar que eficiencia energética no es lo mismo que confort térmico. Esto debido a que con sistemas de calefacción y refrigeración es posible obtener confort térmico, pero la idea es conseguirlo mediante un mínimo gasto de energía<sup>21</sup>.

Según Comunian (2011) es posible lograr un grado de eficiencia energética siguiendo alguno de los siguientes pasos:

- Disminuir la demanda de energía
- Optimizar sistemas existentes
- Incorporar sistemas y tecnologías eficientes que satisfagan la demanda con la mayor eficiencia energética
- Sustituir fuentes convencionales de suministro de energía por fuentes renovables

En el caso chileno, el gobierno ha puesto en marcha algunas iniciativas que tienen como objetivo impactar en el mercado de la vivienda en cada uno de los puntos anteriores, como por ejemplo:

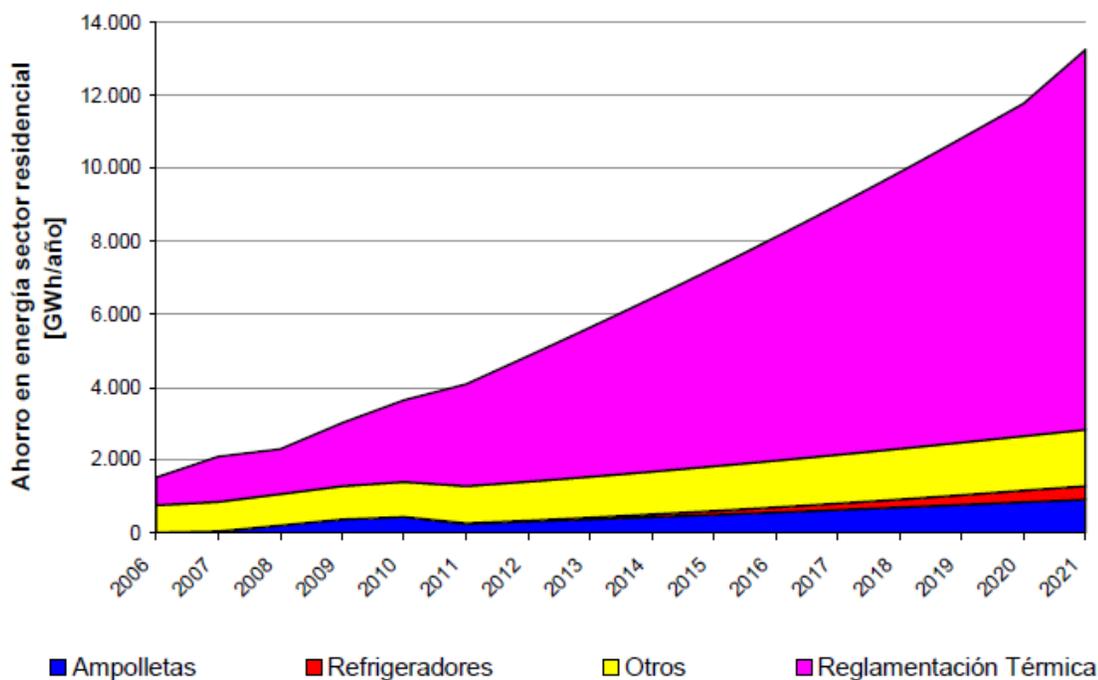
---

<sup>20</sup> Programa de Estudios e Investigaciones en Energía (PRIEN); "Estimación del Potencial de Ahorro en Energía, mediante Mejoramientos de la Eficiencia Energética de los distintos Sectores"; 2008.

<sup>21</sup> Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT); Reacondicionamiento Térmico de Viviendas en Uso, 2010.

- Programa de reglamentación sobre acondicionamiento térmico de viviendas
- Subsidio para el acondicionamiento térmico de la vivienda
- Subsidios para la reparación y mejoramiento de la vivienda<sup>22</sup>
- Franquicia tributaria a sistemas solares térmicos

La importancia de los programas de gobierno radica en el impacto que tienen sobre el consumo de energía a nivel residencial, por ejemplo, respecto al programa de acondicionamiento térmico de viviendas en Chile, se señala que su importancia se basa en el potencial de ahorro de energía a nivel residencial que se puede lograr, tal como lo proyecta el PRIEN (2008) según se observa en la figura 3.6:



FUENTE: Estimación del potencial de ahorro en energía, mediante mejoramientos de la eficiencia energética de los distintos sectores (PRIEN, 2008)

Figura 3.6 - Potencial de ahorro para el sector residencial.

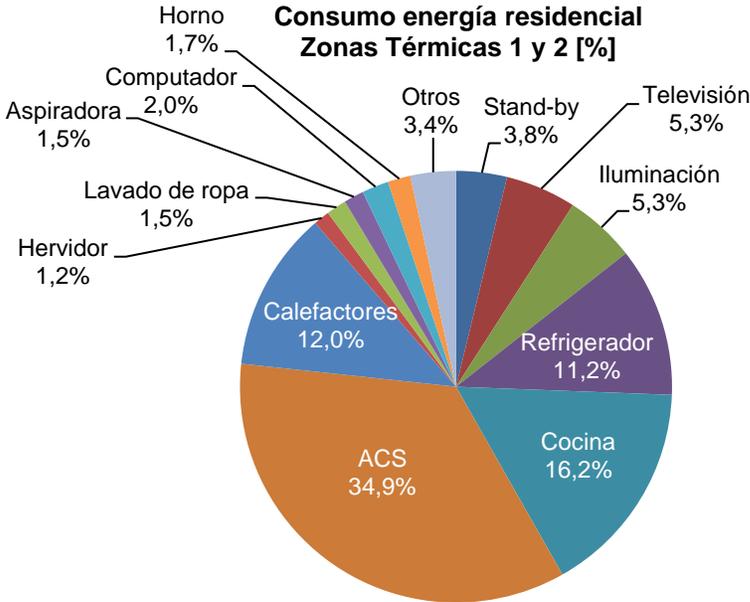
El ahorro en energía proyectado debido a la implementación de la reglamentación térmica, mostrado en la figura anterior, es bastante considerable en comparación a los ahorros de las otras medidas evaluadas en el mismo análisis. Dados estos beneficios

<sup>22</sup> De acuerdo a este subsidio se apoya el financiamiento de diversas obras entre las que se encuentra: "De Innovaciones de Eficiencia Energética: Colectores solares, iluminación solar, tratamientos de separación de aguas u otras similares". MINVU.

energéticos para el país es factible que el gobierno siga fomentando el uso de este tipo de elementos, por ejemplo mediante incentivos económicos.

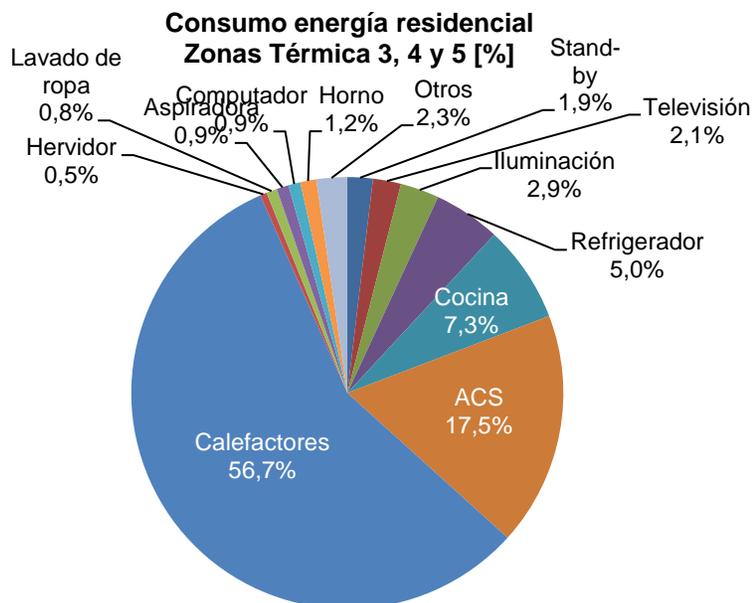
Las medidas de eficiencia energética que se deben implementar en Chile tienen que estar enfocadas en mitigar los mayores consumos a nivel nacional, que de acuerdo a la figura 3.5 corresponden a Calefacción y Agua Caliente Sanitaria (ACS).

Los consumos de energía a nivel residencial en las distintas zonas térmicas de Chile son diferentes, como se muestra en la figura 3.7:



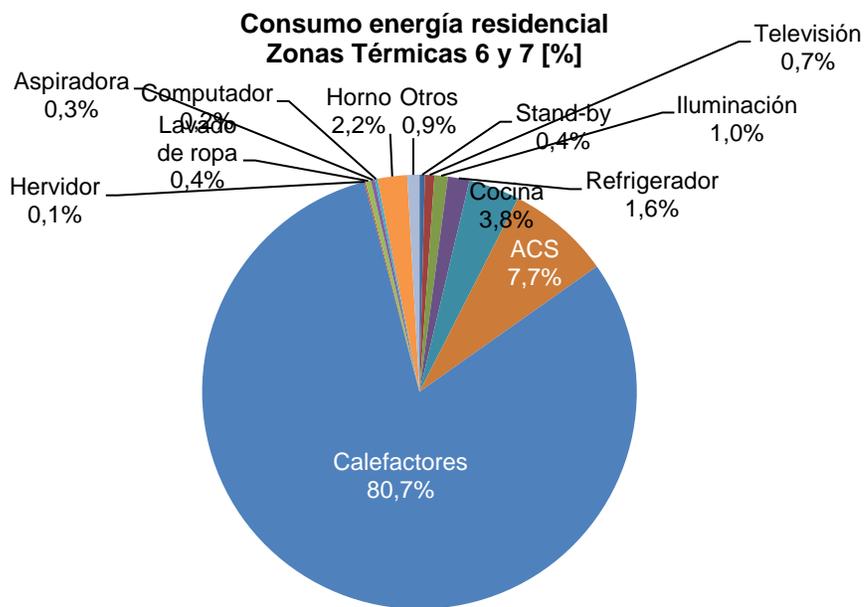
FUENTE: Estudio de usos finales y curva de oferta de conservación de la energía en el sector residencial de Chile (Ministerio de Energía, 2010)

Figura 3.7 - Consumo energía residencial, Zonas Térmicas 1 y 2.



FUENTE: Estudio de usos finales y curva de oferta de conservación de la energía en el sector residencial de Chile (Ministerio de Energía, 2010)

Figura 3.8 - Consumo energía residencial, Zonas Térmicas 3, 4 y 5.

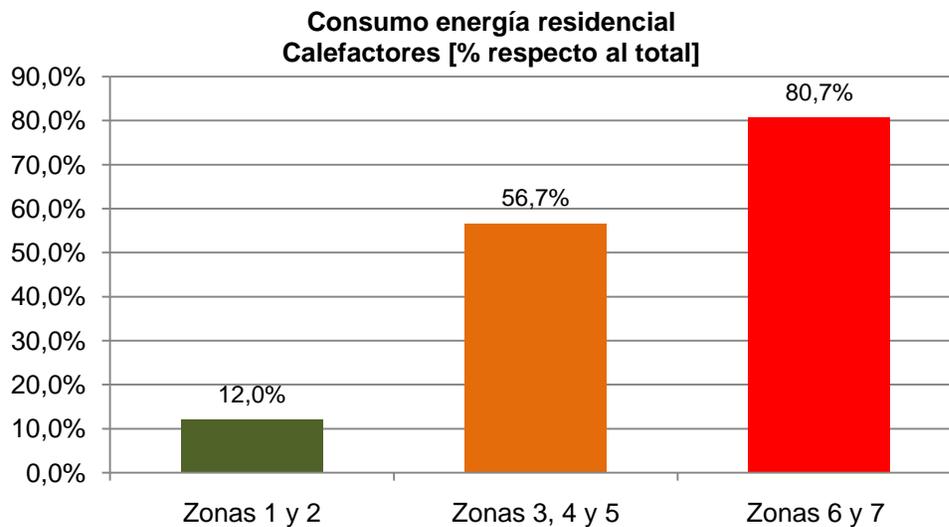


FUENTE: Estudio de usos finales y curva de oferta de conservación de la energía en el sector residencial de Chile (Ministerio de Energía, 2010)

Figura 3.9 - Consumo energía residencial, Zonas Térmicas 6 y 7.

Se observa que el porcentaje de consumo de cada ítem varía entre las distintas zonas térmicas del país. Así por ejemplo el consumo de energía en calefactores respecto al

consumo total de energía de la vivienda en las distintas agrupaciones de zonas térmicas es el siguiente:



FUENTE: Elaboración propia con datos del Ministerio de Energía. (Ministerio de Energía, 2010)

Figura 3.10 - Consumo energía residencial, Calefactores.

La variabilidad climática a lo largo y ancho de nuestro país intensifica el hecho de buscar distintas soluciones de eficiencia energética específicas para cada rincón de Chile, ya que una solución energéticamente eficiente no necesariamente tiene el mismo desempeño en la zona térmica 1 que en la zona térmica 7 de nuestro país<sup>23</sup>. En este sentido, a la hora de valorar este tipo de elementos se debe conocer la zonificación térmica de Chile y tener claro los requerimientos energéticos mínimos que se especifican en cada una de ellas.

### 3.2.1. BENEFICIOS DE VIVIENDAS EFICIENTEMENTE ENERGÉTICAS

La industria inmobiliaria influye y/o se ve influenciada por variados “agentes”; entre ellos se encuentran los inversionistas, propietarios de viviendas, constructores, inmobiliarias, entidades bancarias, etc. Cada uno de estos, en sus respectivos análisis, evalúa en qué forma cada elemento del proyecto afecta su evaluación. Y los elementos de eficiencia

<sup>23</sup> Tal como lo indicado por el Ministerio de Energía, 2010; “El impacto de las medidas de eficiencia energética además de depender de la tipología de la vivienda (...) depende de las condiciones climáticas del lugar de emplazamiento de la vivienda como por ejemplo el ahorro en energía de una medida termopanel, es diferente en Arica que en Punta Arenas”

energética no deberían quedar fuera de dicho análisis. Para lograr una correcta evaluación de los elementos de eficiencia energética es necesario conocer los diversos alcances que poseen. Es por ello que a continuación se analizan los beneficios que conllevan los elementos de eficiencia energética incorporados en la vivienda.

Cuando se habla de eficiencia energética generalmente se asocia a los ahorros energéticos futuros y el confort ambiental. Es más, la mayoría de los programas energéticos solamente son evaluados por los ahorros y el desempeño que tienen estos comparado con los costos de su implementación. El análisis comparativo que habitualmente hacen los evaluadores de estas medidas, que son incorporadas en viviendas, sigue el siguiente esquema:

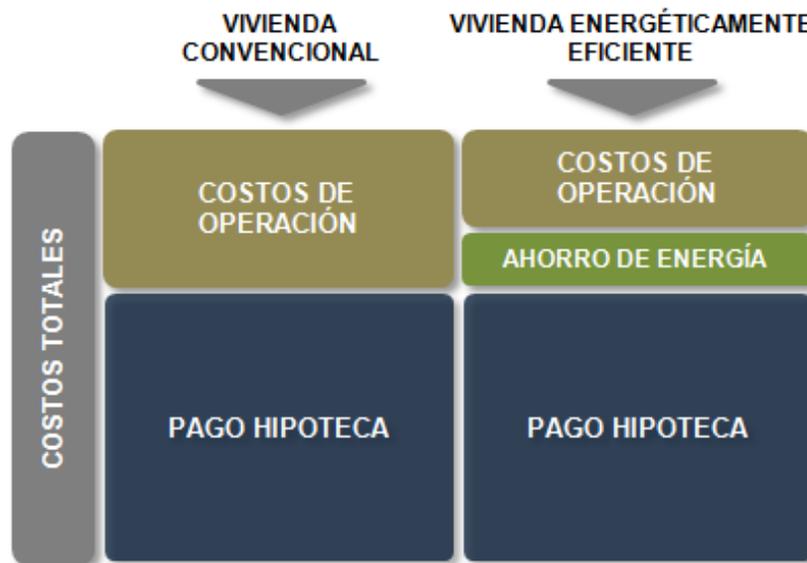


Figura 3.11 - Desglose costos totales de una vivienda, según Sven Bienert (2010).

\*Dentro de los costos de operación se consideran gastos comunes, cuentas de energía, gastos de mantención, etc.

De acuerdo al comportamiento usual de los inversionistas, el valor máximo que debería estar dispuesto a pagar por una vivienda energéticamente eficiente, siguiendo la nomenclatura anterior, es “Ahorro de Energía”. Sin embargo si sólo los ahorros energéticos son considerados dentro de la evaluación de un proyecto de este tipo, se subestiman las características “adicionales” que otorgan los elementos de eficiencia energética a la vivienda. Además siempre existe la posibilidad de que los ahorros energéticos efectivos sean menores a los proyectados por la evaluación o que estos

ahorros de energía produzcan el denominado “efecto rebote”<sup>24</sup>, perjudicando la “inversión”.

La International Energy Agency (IEA)<sup>25</sup>, clasifica el impacto de las mejoras en eficiencia energética en cuatro niveles: individual, sectorial, nacional e internacional, los que a su vez se vinculan a los siguientes beneficios:

Tabla 3.1 - Nivel de impacto y beneficios de las mejoras en eficiencia energética, según IEA.

Nivel	Beneficio
<b>Nivel Individual (individuos, propietarios, empresas)</b>	Impactos en salud y bienestar
	Alivio de la pobreza: poder costear y acceso a la energía
	Mayor ingreso disponible
<b>Nivel Sectorial (sector económico-industrial, transporte, residencial, comercial)</b>	Productividad industrial y competitividad
	Beneficios al proveedor de energía
	Aumento en el valor de activos
<b>Nivel Nacional</b>	Creación de trabajos
	Reducción del gasto público relacionado con energía
	Seguridad energética
	Efectos macroeconómicos
<b>Nivel Internacional</b>	Reducción de emisiones de GEI
	Moderación de los precios de la energía
	Administración de los recursos naturales
	Desarrollo de objetivos

De acuerdo al mismo estudio, hay muchas razones por las cuales las políticas de eficiencia energética habitualmente no consideran la mayoría de los beneficios que estos elementos conllevan. En primer lugar se refiere a la falta de mercado, y que su naturaleza socioeconómica intangible los hace difíciles de cuantificar. Segundo, el efecto debido sólo a la eficiencia energética puede ser complejo de aislar y determinar su causalidad. Tercero, los evaluadores o formulador de políticas que trabajan en la esfera de la eficiencia energética, usualmente son profesionales que trabajan para un ministerio o agencia de energía, con poca experiencia de cómo la eficiencia energética debe impactar otros sectores no energéticos. Como resultado de no tomar en cuenta

<sup>24</sup> Efecto Rebote: se refiere al fenómeno que se produce cuando las mejoras en eficiencia energética aumentan el consumo de energía incluso sobre el nivel que debería haber tenido sin estas mejoras.

<sup>25</sup> IEA, Spreading the net: The multiple benefits of energy efficiency improvements, 2012.

estos beneficios, se produce una subestimación y una subinversión en eficiencia energética.

Pengfei (2011), habla de los beneficios tangibles (disminución en las cuentas de energía, reducción en los costos de mantención, etc.) y de los beneficios intangibles (mejora de la productividad, bienestar térmico, etc.), para luego discutir la forma en que se deben valorizar dependiendo de la situación en particular.

En resumen, independiente de la forma en que se les llame o la clasificación que se haga de ellos, existen múltiples beneficios derivados de las viviendas energéticamente eficientes, que deben comenzar a estudiarse para su mejor identificación y entendimiento, así como la forma en que serán evaluados.

La inclusión de los beneficios “intangibles” en el valor, se dará en la medida que el marketing inmobiliario sea capaz de transmitir con claridad dichos beneficios a los consumidores y en la medida que el mercado los acepte, ya que de otro modo es muy complejo cuantificarlos.

### **3.2.2. ELEMENTOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA**

Existe una gran variedad de elementos de eficiencia energética que se pueden encontrar en el mercado en la actualidad. Sin embargo en este documento se estudiarán aquellos que sean propios de la vivienda, es decir, los que vienen incorporadas a la vivienda, tales como medidas relativas al diseño arquitectónico y al uso de energías renovables no convencionales, y no aquellas que dependan del comportamiento del usuario y/u otra variable (por ejemplo: cambio a ampolletas eficientes, compra de electrodomésticos eficientes, etc.). De esta forma algunas de las medidas concretas que se consideran como energéticamente eficientes en viviendas son las siguientes:

Tabla 3.2 - Medidas de eficiencia energéticas consideradas

Tipo	Medida
Arquitectura Bioclimática	Orientación de la vivienda
	Aislación muros, techo y suelo <sup>26</sup>
	Acristalamiento: termopanel, vidrio selectivo, invernaderos
Elementos que usan Energías Renovables No Convencionales	Colectores solares
	Bombas de calor
	Paneles solares fotovoltaicos
Calificación Energética	Etiqueta de calificación energética según el nuevo sistema de calificación energética de viviendas en Chile

Las medidas entregadas en la tabla 3.2 son sólo algunas de las múltiples que se dispone en el mercado, pero sirven para ejemplificar el tipo de elementos que serán considerados en este estudio para ser evaluados por la herramienta que se desprenda de este trabajo. A continuación se describen las principales características de cada una de las medidas señaladas en la tabla anterior.

#### a) Orientación viviendas

De acuerdo a Bustamante (2009)<sup>27</sup>, respecto a la orientación de la vivienda, en Chile la mejor orientación es hacia el norte (eje mayor este-oeste), en cuya fachada se diseñan ventanas de mayor tamaño que al sur, esto con el fin de obtener el máximo acceso al sol en períodos fríos del año. Se recomienda que los recintos que son utilizados en la mayoría del tiempo (como por ejemplo estar-comedor y dormitorio) sean ubicados de preferencia en la fachada norte.

#### b) Aislación envolvente térmica

En cuanto a aislamiento térmico de la envolvente se deben distinguir tres casos, aquellas viviendas construidas antes del año 2001, aquellas construidas entre los años

<sup>26</sup> En este documento se refiere a aquellas superior al mínimo considerado en el Artículo 4.1.10 de la OGUC.

<sup>27</sup> Bustamante, Waldo; Guía de Diseño para la Eficiencia Energética en la Vivienda Social, 2009.

2001 y 2007, y aquellas cuyo permiso de edificación es aprobado posterior a enero de 2007.

Para el primer grupo, aquellas construidas antes de 2001, se considera medida de eficiencia energética cualquier elemento<sup>28</sup> de aislación térmica en la envolvente, debido a que para ese entonces no existía una normativa al respecto.

Para el segundo grupo, aquellas construidas entre los años 2001 y 2007, se consideran medidas de eficiencia energética cualquier elemento de aislación térmica en muros y pisos ventilados como en las viviendas construidas antes del 2001, además de cualquier tipo de aislación en el complejo techumbre que sobrepase los requerimientos mínimos impuestos en el Artículo N°4.1.10 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción respectivo. Es decir este grupo de viviendas debe poseer en el complejo de techumbre materiales constructivos que hagan exceder los mínimos impuestos en la normativa de la época, valores que se muestran en la tabla 3.3:

Tabla 3.3 - Valores mínimos de U y R<sub>T</sub> complejo techumbre, según artículo 4.1.10 de la OGUC.

Zona	Techumbre	
	U W/m <sup>2</sup> K	m <sup>2</sup> K/W
1	0,84	1,19
2	0,60	1,67
3	0,47	2,13
4	0,38	2,63
5	0,33	3,03
6	0,28	3,57
7	0,25	4,00

Para el tercer grupo, aquellas viviendas construidas posterior al año 2007, el Art. N°4.1.10 de la OGUC señala los requisitos mínimos de acondicionamiento térmico que deben cumplir las viviendas en cada una de las zonas térmicas de Chile. En este sentido de acuerdo a este estudio, una vivienda que posee elementos de eficiencia energética es aquella que presenta una aislación térmica superior al mínimo impuesto por este artículo. Dicho artículo señala los siguientes valores mínimos de transmitancia

<sup>28</sup> Por elemento se refiere a materiales constructivos que sean capaces de entregar mejores desempeños energéticos que materiales comunes. Ejemplos de estos tipos de materiales, más utilizados, se encuentran en el capítulo Soluciones Constructivas Genéricas, del Manual de Aplicación Reglamentación Térmica OGUC Art. 4.1.10.

térmica<sup>29</sup> “U” y resistencia térmica total<sup>30</sup> “R<sub>T</sub>” para una vivienda dependiendo de la zona térmica en que se ubique:

Tabla 3.4 - Valores mínimos de U y R<sub>T</sub>, según artículo 4.1.10 de la OGUC.

Zona	Techumbre		Muros		Pisos Ventilados	
	U W/m <sup>2</sup> K	R <sub>T</sub> m <sup>2</sup> K/W	U W/m <sup>2</sup> K	R <sub>T</sub> m <sup>2</sup> K/W	U W/m <sup>2</sup> K	R <sub>T</sub> m <sup>2</sup> 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	1,15
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

Por ejemplo, una vivienda que se considera tiene un comportamiento energéticamente eficiente en cuanto a techumbre, según este estudio, que se encuentre en la zona térmica 5, es aquella que presenta un valor “U” en la techumbre inferior a 0,33 W/m<sup>2</sup>K o un valor “RT” en techumbre superior a 3,03 m<sup>2</sup>K/W.

Otra alternativa para cumplir las exigencias térmicas definidas por el artículo 4.1.10 de la OGUC, es mediante la incorporación de un material aislante etiquetado con el R100 correspondiente, como se indica en la tabla 3.5:

Tabla 3.5 - Valores R100 mínimos, según artículo 4.1.10 de la OGUC.

Zona	Techumbre	Muros	Pisos Ventilados
	R100 (*)	R100 (*)	R100 (*)
1	94	23	23
2	141	23	98
3	188	40	126
4	235	46	150

<sup>29</sup> Transmitancia térmica, U: flujo de calor que pasa por unidad de superficie del elemento y por grado de diferencia de temperatura entre los dos ambientes separados por dicho elemento. Corresponde al inverso de la resistencia térmica total R<sub>T</sub> de un elemento y se expresa en W/m<sup>2</sup>K. se determina experimentalmente según la norma NCh 851 o bien por cálculo como se señala en la norma NCh 853.

<sup>30</sup> Resistencia térmica total de elementos compuestos por varias capas homogéneas, R<sub>T</sub>: para un elemento formado por una serie de capas o placas planas y paralelas de materiales distintos entre sí, la resistencia total, queda dada por:  $R_T = \frac{1}{U} = R_{Si} + \sum \frac{e}{\lambda} + R_{Se}$  en que  $\sum \frac{e}{\lambda}$  es la sumatoria de las resistencias térmicas de las capas que conforman el elemento. Esta resistencia térmica total, R<sub>T</sub>, se expresa en m<sup>2</sup>K/W.

Zona	Techumbre	Muros	Pisos Ventilados
	R100 (*)	R100 (*)	R100 (*)
5	282	50	183
6	329	78	239
7	376	154	295

(\*) Según la NCh 2251: R100 = valor equivalente a la Resistencia térmica ( $m^2K/W$ )x100.

### c) Ventanas

Para analizar las ventanas de una vivienda y su relación con la eficiencia energética también es necesario mencionar las disposiciones establecidas en el artículo 4.1.10 de la OGUC. Según este se considera complejo ventana a los elementos constructivos que constituyen los vanos vidriados de la envolvente de la vivienda. De acuerdo al procedimiento establecido en dicho artículo, la superficie máxima de ventanas respecto a elementos verticales de la envolvente, según zona térmica y tipo de vidrio, es el que se entrega en la tabla 3.6:

Tabla 3.6 - % Máximo de superficie vidriada respecto a parámetros verticales de la envolvente, según artículo 4.1.10 de la OGUC.

Zona	VENTANAS		
	Vidrio Monolítico	DVH Doble Vidriado Hermético	
		3,6 W/m2K > U > 2,4 W/m2K	U < 2,4 W/m2K
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%

Al igual que en los casos de aislación térmica de la envolvente, serán considerados elementos de eficiencia energética todos aquellos complejos de techumbre que superen los valores mínimos considerados en la tabla 3.6 según corresponda.

Respecto a las ventanas del tipo doble vidrio hermético (DVH) es necesario tener ciertas consideraciones en relación a la orientación que se les da. Esto porque una orientación inadecuada puede provocar efecto invernadero, debido a un exceso de radiación. Es por ello que se aconseja proteger estas fachadas con sombreaderos, aleros, persianas, etc<sup>31</sup>.

#### **d) Elementos que utilizan ERNC**

De acuerdo a la ley N° 20.257<sup>32</sup>, se definen los medios de generación renovables no convencionales, como aquellos cuya fuente de energía primaria sea: energía de la biomasa, energía hidráulica (inferior a 20 MW), energía geotérmica, energía solar, energía eólica, etc.

Las energías renovables se caracterizan porque, en sus procesos de transformación y aprovechamiento en energía útil, no se consumen ni se agotan en una escala humana de tiempo<sup>33</sup>. Respecto a los elementos que utilizan energías renovables no convencionales, estos permiten, dependiendo de su función, transformar el potencial de los recursos no convencionales en energía calorífica útil o en energía eléctrica, consiguiendo así ahorros en energías convencionales. En el caso particular de este estudio se analizará la implementación de un colector solar. Dichos sistemas utilizan energía solar y el diseño de estos sistemas debe considerar, para un mejor desempeño las variables de ubicación, orientación e inclinación.

#### **e) Sistema de calificación energética de viviendas en Chile**

Dada la importancia de este punto, y su posible utilidad en la cuantificación de los elementos de eficiencia energética en el valor de la vivienda, es que los detalles de su alcance son tratados exclusivamente en el punto siguiente.

---

<sup>31</sup> Villanueva, J, Estudio de aprovechamiento energético en viviendas habitacionales DFL-2 para tres zonas térmicas de Chile, 2009.

<sup>32</sup> Artículo 225, letra aa).

<sup>33</sup> ENDESA, 2006

### 3.3. SISTEMA DE CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE VIVIENDAS EN CHILE

El Sistema de Calificación Energético de Viviendas en Chile forma parte de la tercera etapa de un conjunto de medidas que tienen como objetivo principal entregar al país una reglamentación sobre acondicionamiento térmico adecuado para sus zonas térmicas. El sistema de calificación, en particular, tiene como objetivo la promoción de la eficiencia energética mediante la entrega de información objetiva por parte de los propietarios a los posibles compradores sobre el comportamiento energético de sus viviendas. Esta calificación, además, constituye un estándar de medición de las características energéticas de las viviendas en Chile. También puede ser entendido como un instrumento creado para motivar el uso eficiente de la energía a través de un incentivo dado por una mayor calificación energética; esta calificación aumenta en la medida que se reducen los requerimientos energéticos de calefacción, agua caliente sanitaria e iluminación respecto a una vivienda de referencia<sup>34</sup>, por la mejora de los elementos constructivos que conforman la envolvente de las viviendas, de los equipos y sistemas de calefacción y/o por la incorporación del uso de energías renovables.

La Calificación Energética de una vivienda actualmente es un proceso de carácter voluntario y en un comienzo aplicable a viviendas de nueva construcción o sea aquellas que hayan obtenido permiso de edificación posterior a enero de 2007; sin embargo la Asociación Chilena de Eficiencia Energética (AChEE) tiene dentro de sus estudios en ejecución (2012) el programa de certificación de edificaciones existentes, cuyo objetivo es diseñar una metodología para la calificación energética de viviendas existentes.

A continuación se describen los principales conceptos que definen el sistema de calificación energético chileno<sup>35</sup>.

---

<sup>34</sup> Vivienda de referencia: Corresponde a la vivienda evaluada idéntica en forma, dimensiones, ubicación geográfica, ganancias internas y superficie vidriada. Difiere en los siguientes aspectos: posee una orientación promedio (Norte, Sur, Este, Oeste). La envolvente cumple en forma exacta con los requerimientos de transmitancia térmica "U" establecidos en el art. 4.1.10 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones del año 2007, excepto para la zona térmica 1, donde el valor de "U" del muro toma el valor de 3 W/m<sup>2</sup>K. Considera ventanas de vidrio simple con valor de "U" de 5,8 W/m<sup>2</sup>K. Además, considera sistemas de calefacción y agua caliente sanitaria cuyos valores también son definidos para efectos del Sistema de Calificación Energética de Viviendas.

<sup>35</sup> Basado en Fissore y Colonelli, 2009.

## **i. Calificación y Certificación energética**

La calificación energética de una vivienda corresponde a la expresión de eficiencia energética necesaria para satisfacer los requerimientos de calefacción, iluminación y agua caliente sanitaria en condiciones normales de funcionamiento y ocupación, se expresa con indicadores energéticos mediante una Etiqueta de Eficiencia Energética.

El proceso de certificación consiste en la determinación de la calificación energética de una vivienda, que conduce a un Certificado de Eficiencia Energética. Se realiza sobre el Proyecto de Arquitectura como certificación provisoria y también sobre la Vivienda Terminada como certificación definitiva.

## **ii. Certificados**

Se desprenden del proceso de certificación, dos certificados en base a las etapas de diseño y construcción de la vivienda: el del proyecto de arquitectura y el de vivienda terminada, los que se resumen a continuación:

1. Certificado Proyecto de Arquitectura: indicará la calificación energética obtenida por el Proyecto de Arquitectura de pre obra, determinado en base a planos, especificaciones técnicas de arquitectura y especialidades correspondientes a climatización y agua caliente sanitaria (ACS). Tiene un carácter provisorio mientras se ejecuta la obra con un máximo de 2 años.
2. Certificado de Eficiencia Energética de la Vivienda Terminada: corresponde al certificado final y definitivo de la vivienda. En él se indica la calificación energética obtenida finalmente por la obra terminada. Para determinar la calificación es necesario que el evaluador energético califique nuevamente el proyecto de acuerdo a los planos y especificaciones técnicas finales (tal como quedo construido) y documentación adicional. Además del detalle del proyecto, el propietario le entregará al evaluador energético un documento en el cual indica las especificaciones técnicas de los materiales que conforman la envolvente, la

superficie de ventanas por tipo, y los equipos de climatización y ACS. El evaluador energético, por su parte, debe realizar una inspección técnica de la vivienda terminada para avalar la veracidad de la información que se le ha entregado. Este certificado posee una vigencia máxima de 10 años.

### **iii. Indicadores y Escalas**

Los certificados de eficiencia energética del sistema de calificación energética de viviendas se basan en la entrega de parámetros que evalúan la eficiencia energética de la vivienda y comparan su desempeño energético respecto a un estándar determinado. Es así como se definen indicadores y escalas de eficiencia energética, los que son detallados a continuación.

#### **a. Indicadores**

Dentro del sistema de calificación energética de viviendas se define a un indicador como un índice con el que se evalúa la eficiencia energética de una vivienda para los requerimientos de calefacción, agua caliente sanitaria e iluminación, en condiciones normales de funcionamiento y ocupación en relación a una vivienda de referencia. En el sistema de certificación chileno se definieron dos tipos de indicadores: los principales y los secundarios.

Los indicadores principales que forman parte del certificado son Demanda de Energía y Consumo de Energía Primaria<sup>36</sup>.

El indicador de demanda de energía es una medida comparativa respecto a una referencia, de la cantidad efectiva de energía utilizada por la vivienda en calefacción e iluminación. Este indicador está relacionado con la calidad del diseño de la vivienda y de los materiales utilizados, sin considerar la eficiencia del sistema de calefacción,

---

<sup>36</sup> Se denomina energía primaria a los recursos naturales disponibles en forma directa (como la energía hidráulica, biomasa, leña, eólica y solar) o indirecta (después de atravesar por un proceso minero, como por ejemplo la extracción de petróleo crudo, gas natural, carbón mineral, etc) para su uso energético, sin necesidad de someterlos a un proceso de transformación. Se refiere al proceso de extracción, captación o producción (siempre que no conlleve transformaciones energéticas) de portadores energéticos naturales, independientemente de sus características. (CNE, Comisión Nacional de Energía).

iluminación y el tipo de combustible. Existen dos metodologías para el cálculo de demanda de energía en calefacción, estas son: mediante el uso de un software que permite realizar un modelo dinámico de la vivienda denominado CCTE\_CL\_v2, disponible en la página del MINVU, y la otra corresponde a una metodología simplificada de análisis estático que se resume en la planilla de cálculo CE\_Chile.xls que aún no es de uso público.

El indicador de consumo de energía primaria es una medida comparativa, respecto a una referencia, del consumo total de energía utilizada por la vivienda en calefacción, iluminación y agua caliente sanitaria. Este indicador considera el diseño de la vivienda, la eficiencia de los sistemas y el tipo de energía utilizada, considerando sus transformaciones y pérdidas desde su origen hasta el lugar de consumo final. El cálculo del consumo energético para cada una de las demandas se realiza en función de los diferentes equipos y sistemas.

Estos dos indicadores se expresan en % respecto a la vivienda de referencia, y además se incluye el valor en [kWh/m<sup>2</sup>año] para cada caso.

Los indicadores secundarios que forman parte del certificado son: Consumo de energía expresado en [kWh/m<sup>2</sup>año], Índice de Riesgos de Sobrecalentamiento y Porcentaje de Aporte de Energías Renovables desglosado para cada tipo de consumo energético de la vivienda.

## **b. Escalas**

Las escalas dentro del sistema de calificación chileno son valores que sirven para comparar el desempeño energético de la vivienda que está siendo evaluada, respecto a un consumo estándar. Se utilizan dos metodologías en forma complementaria para determinar las escalas que definen el sistema de calificación.

La primera se basa en un análisis técnico económico, en cuya confección se estudiaron las medidas de eficiencia energética que eran económicamente rentables bajo

diferentes escenarios de aumento del costo de la energía. Así de este análisis se desprenden según los escenarios diferentes letras de evaluación: desde la A de mayor eficiencia energética hasta la G de menor eficiencia energética.

La segunda metodología se basó en un análisis que considera un gran número de simulaciones sobre diferentes tipos de vivienda a las que se les aplican diferentes criterios para cada una de las calificaciones. Así por ejemplo según esta metodología de escala se diferencian claramente las viviendas que son eficientes de las que no, las viviendas que presenten mejoras, respecto al caso base según el punto 4.1.10 de la OGUC 2007, deberían ser reconocidas con un nivel de calificación superior, etc.

Utilizando ambas metodologías de manera complementaria como se dijo anteriormente, se definieron los siguientes objetivos de cada una de las clases:

Tabla 3.7 - Objetivo para cada clase

Clase	Objetivos
<b>A</b>	Esta clase corresponde a la mayor eficiencia que se pudiera lograr en una vivienda, sin considerar los costos de inversión.
<b>B</b>	Vivienda de alta eficiencia energética.
<b>C</b>	Vivienda Eficiente sin un excesivo costo de inversión. Generalmente no considera termopanel.
<b>D</b>	Se obtiene este nivel con pequeñas mejoras a la envolvente.
<b>E</b>	Caso Base.
<b>F</b>	Viviendas que incluyen aislación en techumbre.
<b>G</b>	Viviendas que no incluyen ningún tipo de aislación.

Para determinar en qué clase se ubica cada vivienda evaluada, se define el nivel de eficiencia energética de una vivienda a través de un coeficiente C, este corresponde al % de energía que requiere la vivienda respecto a su referencia. Matemáticamente se define como:

$$C = \frac{\text{Re querimiento de energía de vivienda objeto}}{\text{Re querimiento de energía de vivienda de referencia}} \times 100$$

Luego de acuerdo a los valores obtenidos para el coeficiente C del análisis de la vivienda se definen las siguientes escalas, separado por zona térmica:

Escalas de calificación energética para el indicador de Demanda de Energía:

Tabla 3.8 - Calificación Energética: Indicador de Demanda de Energía

Calificación	Zona 1 y 2	Zona 3, 4 y 5	Zona 6 y 7
<b>A</b>	- < C < 30	0 < C < 40	0 < C < 55
<b>B</b>	30 ≤ C < 40	40 ≤ C < 50	55 ≤ C < 65
<b>C</b>	40 ≤ C < 55	50 ≤ C < 65	65 ≤ C < 85
<b>D</b>	55 ≤ C < 75	65 ≤ C < 85	85 ≤ C < 95
<b>E</b>	75 ≤ C < 110	85 ≤ C < 110	95 ≤ C < 110
<b>F</b>	110 ≤ C < 135	110 ≤ C < 135	110 ≤ C < 135
<b>G</b>	135 ≤ C <	135 ≤ C <	135 ≤ C <

Sí sólo son graficados los consumos superiores respectivos para cada zona, se obtiene la figura 3.12:

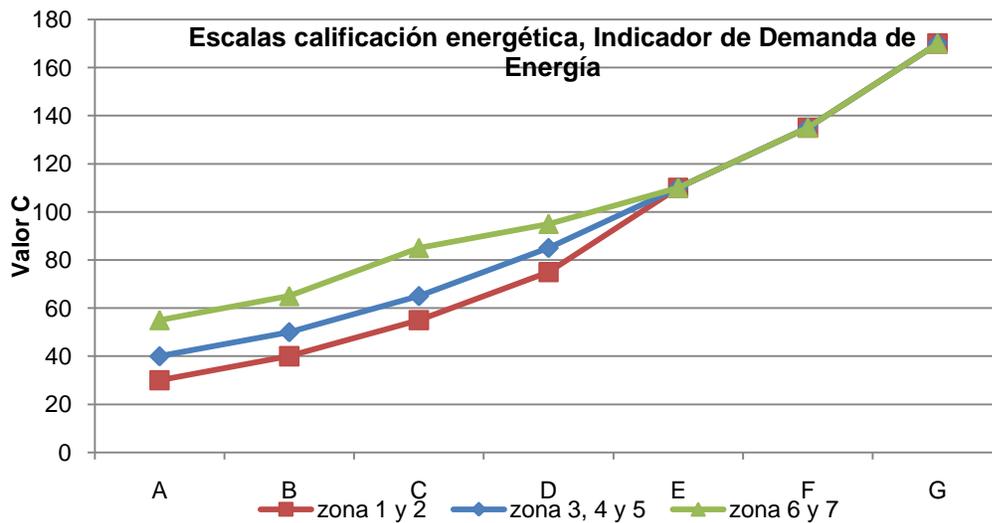


Figura 3.12 - Indicador Demanda de Energía, límite superior

Se observa que para zonas de mayor numeral, el coeficiente C es mayor, esto dado a las condiciones climáticas de cada zona, ya que es necesario un mayor consumo energético en zonas de condiciones más adversas para mantener el mismo confort térmico.

Escalas de calificación energética para el indicador de Consumo de Energía Primaria:

Tabla 3.9 - Calificación Energética: Indicador Consumo de Energía Primaria

Calificación	Todas las zonas
<b>A</b>	$0 < C < 30$
<b>B</b>	$30 \leq C < 45$
<b>C</b>	$45 \leq C < 60$
<b>D</b>	$60 \leq C < 80$
<b>E</b>	$80 \leq C < 110$
<b>F</b>	$110 \leq C < 135$
<b>G</b>	$135 \leq C <$

Sí sólo son graficados los consumos superiores respectivos se obtiene la figura 3.13:

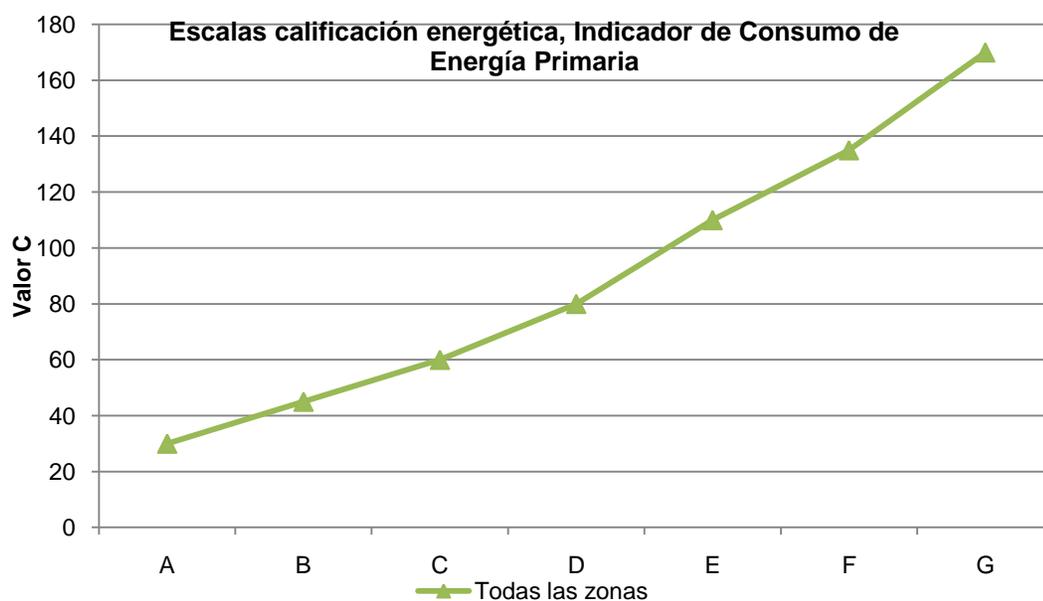


Figura 3.13 - Indicador Consumo de Energía Primaria: límite superior

La curva graficada muestra el consumo de energía primaria máximo para cada clasificación en todas las zonas térmicas del país, un consumo superior para cada clasificación supone una letra de calificación menos eficiente.

#### iv. Certificado de Eficiencia Energética

Como resultado final del sistema de calificación de la vivienda en Chile se emite el certificado de eficiencia energética de la vivienda, el cual contiene: identificación y características de la vivienda, etiqueta de eficiencia energética, indicadores primarios y secundarios, información respecto a la certificación, etc.

Un resumen de la información que entrega en el certificado de eficiencia energética para obra terminada es el que se entrega en la figura 3.14:



FUENTE: Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Seminario “La Ciudad y su Valoración”, Biental de Arquitectura, Diciembre 2012.

Figura 3.14 - Etiqueta de Eficiencia Energética, Edificio Terminado, indicadores primarios.

La etiqueta de eficiencia energética mostrada anteriormente indica que la escala de calificación para el indicador de demanda de energía es la letra D, lo que indica que la vivienda requiere dependiendo de la zona térmica en que se ubique entre un 55% - 85% (zonas térmicas 1 y 2) o 65% - 85% (zonas térmicas 3, 4 y 5) o 85% - 95% (zonas térmicas 6 y 7) menos de energía que la vivienda de referencia con la cual es comparada. También se indica que la escala de calificación para el indicador de consumo de energía primaria es la letra E, lo que indica que la vivienda consume entre 80% - 110% de energía respecto a la vivienda de referencia (independiente de la zona térmica en que se ubique la vivienda). Además se debe indicar (en el ejemplo de la figura 3.14 no se indica, pero en un documento oficial si debería estar) los requerimientos de energía, medidos en kWh/m<sup>2</sup>año, para cada indicador y acompañado del porcentaje de ahorro en energía respecto a la vivienda de referencia.

Respecto al indicador de consumo de energía, se entrega en el certificado de eficiencia energética, el desglose de la cantidad de energía por cada uno de los consumos considerados en el indicador, como se muestra en la tabla 3.10:

Tabla 3.10 – Desglose del Indicador Consumo de Energía Primaria<sup>37</sup>.

Requerimientos de Energía		Calefacción	Iluminación	Agua Caliente Sanitaria	Total
	(kWh/m <sup>2</sup> año)	429,2	10,9	37,8	478
(%)	89,8%	2,3%	7,9%	100,0%	

FUENTE: Gobierno de Chile, Informe Etapa 3: “Aplicación de piloto de la certificación energética de viviendas”, Septiembre 2010.

También se incluyen en la primera página del certificado los indicadores secundarios, desglosados como en la figura 3.15:

<sup>37</sup> La tabla indica los valores obtenidos del certificado de eficiencia energética de la vivienda piloto ubicada en Coihaique, zona térmica 7, cuya escala de clasificación para el indicador de consumo de energía primaria es la letra E, correspondiente a un requerimiento de energía igual a 478 kWh/m<sup>2</sup>año.



FUENTE: Sistema de certificación energética en Chile, Informe Final (2009).

Figura 3.15 - Etiqueta de Eficiencia Energética, Edificio Terminado, indicadores secundarios.

Según se desprende de los puntos anteriores, es posible obtener el ahorro en consumo energético que posee una vivienda con los indicadores entregados en la etiqueta de eficiencia energética, específicamente con el indicador de consumo de energía primaria, el desglose por consumos de dicho indicador y el porcentaje de ahorro respecto a la vivienda de referencia. Este valor de ahorro energético relacionado con los valores del costo de la energía en el mercado nacional permite obtener el ahorro en términos monetarios que una vivienda energéticamente eficiente posee respecto a una vivienda convencional.

#### v. Costo Etiqueta

Según Resolución Exenta n° 3429 aprobada el 2 de mayo de 2012 por el MINVU, los costos referenciales ya sea para la precalificación o para la calificación de viviendas son los que se resumen en la tabla 3.11:

Tabla 3.11 - Costos referenciales para la Calificación Energética.

Tipo de vivienda	Tipo del proyecto	Superficie	Método Estático (Uso sólo de la planilla Excel)		Método dinámico (CTE para obtención de la demanda de energía en calefacción)	
			Fijo (UF)	Variable (UF/m <sup>2</sup> )	Fijo (UF)	Variable (UF/m <sup>2</sup> )
Condominios y edificios	Pre calificación	0 a 1500 m <sup>2</sup>	23	0,0350	36	0,0520
		1500 a 6000 m <sup>2</sup>	55	0,0130	83	0,2100
		Mayor a 6000 m <sup>2</sup>	79	0,0090	130	0,0130
	Calificación	0 a 1500 m <sup>2</sup>	23	0,0425	38	0,0630
		1500 a 6000 m <sup>2</sup>	58	0,0185	98	0,0230
		Mayor a 6000 m <sup>2</sup>	93	0,0125	158	0,0130
Vivienda unitaria	Pre calificación	Todas	9,5	0	13,5	0
	Calificación	Todas	13,5	0	17	0

FUENTE: Resolución exenta n° 3429. (Ministerio de Vivienda y Urbanismo)

De acuerdo al mismo documento el costo se calcula como:

$$\text{Costo} = \text{Fijo} + \text{Variable} * (\text{Superficie del proyecto}) \quad UF$$

Donde la superficie del proyecto se calcula como la suma de la superficie de todas las viviendas del proyecto. En los edificios no se consideran ni las circulaciones ni los recintos que no son residenciales (Hall de acceso, of. conserje, etc.)

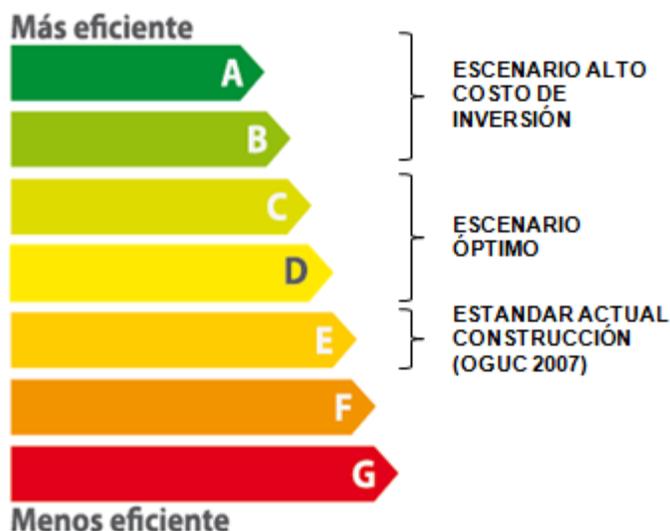
### **3.3.1. ESTADO ACTUAL DEL SISTEMA DE CALIFICACIÓN ENERGÉTICO EN CHILE**

El Sistema de Calificación Energético en Chile se encuentra actualmente en un proceso de “marcha blanca” esto porque el día 5 de marzo de 2012 fue publicado en el diario oficial el Manual de procedimientos del sistema de calificación energética de viviendas en Chile, el día 8 de mayo de 2012 fue publicado un llamado a postulación nacional para la selección de profesionales que actúen como evaluadores energéticos del sistema, en esta instancia se seleccionó a 48 interesados los cuales participaron del primer proceso de capacitación, también el día 8 de mayo de 2012 fue publicado un llamado a postulación nacional para la selección de proyectos que deseen calificarse a través del sistema de calificación, de cuya selección se obtuvieron 28 proyectos lo que genera un total de 3.500 viviendas aproximadamente. Según datos entregados por personal de la DITEC<sup>38</sup> en el Seminario: La Ciudad y Su Valoración se estima que la información de viviendas calificadas por el nuevo sistema de calificación energética de viviendas estará disponible a mediados del año 2013.

Como se ha mencionado anteriormente el sistema de calificación energética chileno entrega como resultado final del proceso una etiqueta de calificación energética que compara el desempeño energético que posee la vivienda respecto a una vivienda de referencia. Mientras mejor sea el desempeño de la vivienda objeto, mejor será su calificación. Las etiquetas de este sistema van desde la A (más eficiente) a la G (menos eficiente). En este sentido, el gobierno clasifica estas categorías según los costos de inversión necesarios para su obtención según se muestra en la figura 3.16:

---

<sup>38</sup> División Técnica de Estudios y Fomento Habitacional



FUENTE: Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Seminario “La Ciudad y su Valoración”, Bial de Arquitectura, Diciembre 2012.

Figura 3.16 - Clasificación de la inversión según etiqueta de eficiencia energética.

Concretamente el mismo documento menciona un conjunto de mejoras típicas necesarias para obtener calificación sobre el mínimo:

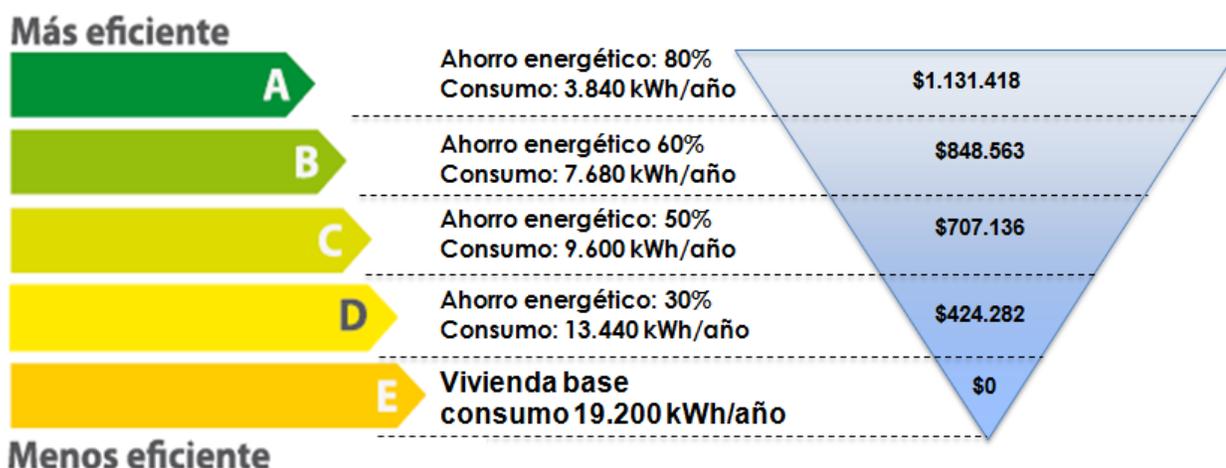
Tabla 3.12 - Mejoras en el diseño sobre el mínimo para obtener las respectivas calificaciones.

CALIFICACIÓN	MEJORAS EN EL DISEÑO
<b>A</b>	Ventanas DVH, U inferior a 3 10 cm de aislación térmica en muro por sobre la O.G.U.C. 5 cm de aislación térmica en techumbre por sobre la O.G.U.C Aislación de piso sobre terreno con Kl = 1
<b>B</b>	Ventanas DVH, U inferior a 3.6 5 cm de aislación térmica en muro por sobre la O.G.U.C. 5 cm de aislación térmica en techumbre por sobre la O.G.U.C Aislación de piso sobre terreno con Kl = 1
<b>C</b>	5 cm de aislación térmica de muro por sobre la O.G.U.C. 5 cm de aislación térmica de techumbre por sobre la O.G.U.C Aislación de piso sobre terreno con Kl = 1
<b>D</b>	5 cm de aislación térmica de muro por sobre la O.G.U.C.

FUENTE: Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Seminario “La Ciudad y su Valoración”, Bial de Arquitectura, Diciembre 2012.

La tabla 3.12 entrega recomendaciones en diseño de la envolvente térmica de la vivienda que probablemente permitirían obtener una determinada calificación energética.

Según datos del gobierno el consumo promedio de una vivienda en Chile es 192 kWh/m<sup>2</sup>año<sup>39</sup>. Asociando estos datos y los posibles ahorros obtenidos según cada etiqueta del sistema de calificación energético, se proyectan los siguientes ahorros anuales en consumo de energía:



FUENTE: Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Seminario “La Ciudad y su Valoración”, Biental de Arquitectura, Diciembre 2012.

Figura 3.17 - Ahorro energético anual<sup>40</sup>.

Para obtener viviendas de alta eficiencia energética, como las A o B según la etiqueta energética, es necesario realizar una inversión, calificada por el gobierno como “alta”, sin embargo los ahorros energéticos obtenidos por estas altas calificaciones se traducen en grandes ahorros monetarios para el inquilino. Es lógico pensar que con el tiempo los usuarios de este tipo de viviendas (calificadas) comiencen a tomar en cuenta dentro de sus decisiones de inversión la relación entre las dos variables analizadas anteriormente, costos y ahorros.

<sup>39</sup> Según Colonelli y Fissore, 2009, con fluctuaciones máximas y mínimas de 341 y 64 kWh/m<sup>2</sup>año, respectivamente, en consumo de calefacción, iluminación y ACS.

<sup>40</sup> Análisis considerando una vivienda de 100 m<sup>2</sup> con consumo energético promedio de 192 kWh/m<sup>2</sup> año (80% calefacción, 19 % ACS y 1% iluminación), que utiliza gas licuado (\$73/kWh) como energético para calefacción y ACS, y electricidad (\$139/kWh) para iluminación.

### **3.4. ANÁLISIS DE LAS VIVIENDAS ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES EN CHILE**

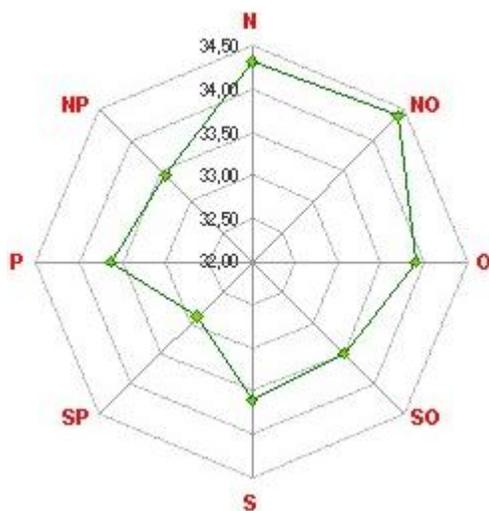
A continuación se entrega información de algunas viviendas energéticamente eficientes en Chile, según datos encontrados en sitios web, estudios y empresas de tasación. Esta información tiene como objetivo observar el estado actual de la incorporación de los elementos de eficiencia energética en las viviendas chilenas y como están siendo valoradas por el mercado nacional.

Según el Ministerio de Energía (Estudio de usos finales y curva de oferta de conservación de la energía en el sector residencial de Chile (2010)) el 86% del total de viviendas en Chile fue construido antes del año 2001, año en que comienza a regir la primera etapa de la reglamentación térmica de viviendas (aislación techumbre), es decir, no poseen, a menos que el propietario lo haya remediado, ningún tipo de aislación. Un 12,8% de las viviendas en Chile debería poseer al menos aislación térmica en la techumbre por ser construidas entre los años 2001 y 2007; y un pequeño 1,6% debería cumplir con la aislación completa de la envolvente como indica el artículo 4.1.10 de la OGUC. De acuerdo a estos datos el mayor potencial de acción en medidas de eficiencia energética está en las viviendas existentes. Además dados estos resultados es importante evaluar en todo el parque inmobiliario como impactan las medidas de eficiencia energética en el precio de la vivienda.

Una de las características que poseen las viviendas, que en términos de eficiencia energética fue explicado anteriormente (3.2.2 Elementos de Eficiencia Energética, a) Orientación), que tiene repercusión en el valor final de la misma, es la orientación. De ello dan cuenta los resultados encontrados por el sitio web portalinmobiliario.com.

Según publicación del 27 de marzo de 2007, de una muestra de 4.972 departamentos de la comuna de Santiago se obtuvo que las orientaciones nororiente y norte fueron aquellas de mayor valor UF/m<sup>2</sup>, como se muestra en la figura 3.18.

### Valor UF/m<sup>2</sup> según orientación

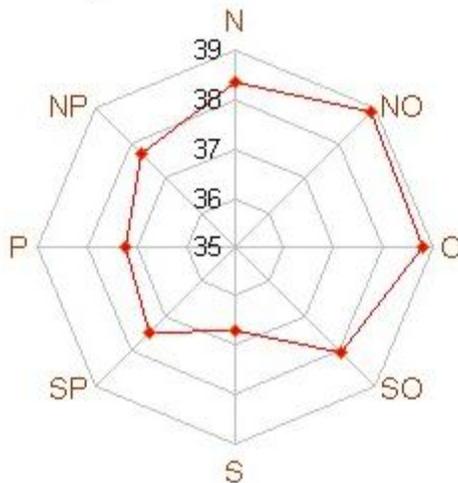


FUENTE: Portal inmobiliario: Valor UF/m<sup>2</sup> según orientación en la comuna de Santiago, 27/03/2007.

Figura 3.18 - Valor promedio UF/m<sup>2</sup> según orientación, Santiago 2007.

En publicación del día 15 de mayo de 2007 se encontró, analizando una muestra de 4.624 departamentos en la comuna de Ñuñoa, que las orientaciones nororiente y oriente tenían un mayor precio promedio UF/m<sup>2</sup>, como se muestra en la figura 3.19:

### Promedio UF/m<sup>2</sup> de departamentos nuevos según orientación en Ñuñoa



FUENTE: Portal inmobiliario: Valor UF/m<sup>2</sup> según orientación en la comuna de Ñuñoa, 15/05/2007.

Figura 3.19 - Valor promedio UF/m<sup>2</sup> según orientación, Ñuñoa 2007.

Si bien la orientación de la vivienda tiene dos aristas, tanto vista como uso eficiente de la energía, es un hecho de que en ambas comunas existe un segmento que demanda departamentos con “buena” orientación, lo que se ve reflejado en un mayor precio.

En publicación del 21 de septiembre de 2008, del diario el Mercurio<sup>41</sup>, se señala que en Santiago la orientación favorita es nororiente, ya sea por las vistas a la cordillera o por el calor abrasador del verano que se siente en los departamentos que miran hacia el poniente. En Viña del Mar la orientación preferida es norponiente, “esto se debe a que el sol poniente aquí es más débil. Además, en los compradores de segunda vivienda, las decisiones están influenciadas por la vista al mar, (...)”. En Antofagasta una orientación muy codiciada es la sur, “por la vista y la alta radiación solar, que hace que muchos eviten el norte”. En el sur, en Puerto Montt y Puerto Varas, las orientaciones preferidas son aquellas que captan la mayor cantidad de horas de sol posible. En Temuco la orientación norponiente es muy demandada, pues permite aprovechar mayor cantidad de horas de asoleamiento al día, lo cual es especialmente valorado durante el invierno.

Como se mencionó anteriormente, si bien la orientación de la vivienda no es característica exclusiva de eficiencia energética, el mercado chileno cada vez más reconoce este elemento como un diferenciador positivo y están dispuestos a pagar más por una vivienda que la posea, como se observó puntualmente en los departamentos de las comunas de Santiago y Ñuñoa. En términos económicos al haber más demanda por la misma cantidad de oferta, el precio debería subir.

Según Christian Stollsteimer<sup>42</sup> para determinar la repercusión que tiene la eficiencia energética en el precio de la vivienda es importante considerar, en primera instancia, los costos de construcción. De acuerdo a un análisis realizado por Valuaciones S.A., basado en el detalle de presupuestos para vivienda con los que se han aprobado créditos de autoconstrucción en los principales bancos de Chile, por ejemplo para una vivienda de 140 m<sup>2</sup> construida en base a albañilería de ladrillo reforzado, con

---

<sup>41</sup> Demanda de orientaciones: en el sur prefieren norponiente.  
<http://diario.elmercurio.com/detalle/index.asp?id={4f572cad-9173-49cb-8846-816e630974ef}>

<sup>42</sup> Eficiencia energética eleva valores de venta en viviendas, publicación diario El Mercurio, 27 de mayo de 2012.

terminaciones estándar se estiman rangos de costo de construcción entre UF/m<sup>2</sup> 16,5 y UF/m<sup>2</sup> 18,0; para la misma vivienda pero que incluye un sistema de panel solar para calentamiento de aguas, ventanas tipo termopanel con marcos de PVC y con artefactos sanitarios de bajo consumo y descargas diferenciadas, dicho costo puede subir entre UF/m<sup>2</sup> 18,5 y UF/m<sup>2</sup> 21, esto sin considerar algún tipo de aislamiento en la envolvente. De esta forma, considerando los costos de construcción se obtienen diferencias entre un 12% y un 16% aproximadamente. Dicha situación se esquematiza en las figuras 3.20 y 3.21:



FUENTE: Elaboración propia con datos de Valuaciones S.A., publicados en El Mercurio 27/05/2012.

Figura 3.20 - Costo de construcción promedio UF/m<sup>2</sup> viviendas 140 m<sup>2</sup> estándar.



FUENTE: Elaboración propia con datos de Valuaciones S.A., publicados en El Mercurio 27/05/2012.

Figura 3.21 - Costo de construcción promedio UF/m<sup>2</sup> viviendas 140 m<sup>2</sup> con elementos de eficiencia energética.

Además, según comenta Stollsteimer en la misma publicación<sup>43</sup>, las viviendas que publicitan tecnologías y usos de materiales diseñados para el aprovechamiento energético poseen valores de venta cercanos a un 25% más alto que viviendas similares que no poseen dichas características. De esta forma, descontando los costos de construcción, el mercado reconoce entre un 10% y un 13% de “valor adicional” a las viviendas comprometidas con el medio ambiente.

Siguiendo con el análisis de costos de medidas de eficiencia energética, un estudio<sup>44</sup> de la CChC (Cámara Chilena de la Construcción) concluye que el costo que debiera realizarse para que una vivienda social cumpla con la reglamentación térmica se estima entre UF 20 y UF 30. Si se considera el valor de tasación máximo de una vivienda social UF 400, definido por la OGUC<sup>45</sup>, se obtiene que en términos de costos una adaptación de las viviendas sociales a la reglamentación térmica signifique un aumento porcentual entre 5% y 7,5%. Lógicamente al considerar valores de viviendas sociales aún menores estos porcentajes aumentan.

Dentro de las actividades necesarias para la obtención del sistema de calificación energética de viviendas en Chile se contempló la aplicación del sistema en viviendas piloto. Una de estas viviendas piloto pertenece a la inmobiliaria Altas Cumbres S.A., seleccionada al azar de un conjunto habitacional ubicado en la comuna de Puerto Varas, cuyo resultado para el indicador demanda de energía fue 123 kWh/m<sup>2</sup>año correspondiente a la categoría B, y cuyo resultado para el indicador consumo de energía primaria fue 254 kWh/m<sup>2</sup>año, correspondiente a la categoría D. Según reportaje de la revista SustentaBit<sup>46</sup>, la principal condición de estas viviendas es el sistema de aislación y ventilación, donde se incorporan elementos y materiales en fibras, lanas minerales, poliuretano, poliestireno expandido y placas de madera. En cuanto a costos, en el caso puntual de dicha inmobiliaria, una casa con mayor eficiencia energética es entre un 10% a un 13% más costosa.

---

<sup>43</sup> Basado en tasaciones de propiedades que ha realizado la empresa Valuaciones S.A.

<sup>44</sup> Fundamenta N°10, Reglamentación Térmica, 2003.

<sup>45</sup> Vivienda Social: “la vivienda económica de carácter definitivo cuyas características técnicas se señalan en este título, cuyo valor de tasación no sea superior a 400 unidades de fomento, salvo que se trate de condominios de vivienda sociales en cuyo caso podrá incrementarse dicho valor hasta en un 30%”. Fuente: Ministerio de vivienda y Urbanismo, OGUC, Título 6. Cap. 1. Art. 6.1.2.

<sup>46</sup> Publicación del 15 de diciembre de 2012.

En el año 2008 inmobiliaria Eurocorp buscó una mejor tecnología para sus proyectos que permitiera disminuir el valor de los gastos comunes a sus clientes. La opción que se evaluó fue la implementación de un sistema que permite la generación de agua caliente sanitaria (ACS), que considera paneles solares con respaldo a través de bombas de calor.

En el año 2009 firman un acuerdo para implementar esta tecnología en dos proyectos ubicados en Santiago: edificios habitacionales Punto Norte y Alto San Isidro. Si bien al momento de la presentación la experiencia real en el ahorro de gastos comunes, en particular en el costo asociado al funcionamiento de la central de agua caliente sanitaria no era muy amplia, se pudieron apreciar ahorros en torno a un 30%.

De acuerdo a dichas experiencias, Cristián Retamal<sup>47</sup> comenta que “en términos generales los clientes valoran el acceder a proyectos con tecnologías de punta, que en definitiva se traduzca en un ahorro en sus “costos” de gasto común.” Además comentan “que un proyecto cuente con apoyo de paneles solares, no es por si solo un gancho comercial, este igualmente debe ir acompañado de políticas de precio y/o comerciales que hagan que el proyecto sea competitivo con el resto de la oferta del sector donde este emplazado.”

Respecto al consumidor, es importante analizar el comportamiento que tendrían frente a viviendas energéticamente eficientes. En este sentido Orlando Muñoz<sup>48</sup> señala que mucho dependerá del segmento a que la inmobiliaria o vendedor apunte, también el sector influirá. Según Muñoz los segmentos más acomodados (ABC1) siempre están interesados por innovación, eficiencia y calidad en la elección de sus productos de consumo. La clase media emergente (C2), por otro lado, se interesa en estos temas pero no lo suficiente. Además señala que al adelantarse a las exigencias de los futuros consumidores, estas viviendas podrán tener una mayor reventa y rentabilidad.

---

<sup>47</sup> Gerente Comercial Eurocorp S.A., PDT Solar 2010. Seminario Inaugural.

<sup>48</sup> Jefe del Departamento de Asesoría Enacte, entrevista El Mercurio: “Eficiencia energética eleva valores de venta en viviendas”, 27 mayo 2012.

Esto nos indica que si bien las características de eficiencia energética son valoradas por los consumidores, el impacto no es el mismo en todos los segmentos socioeconómicos.

### **3.5. DISCUSIÓN DE ANTECEDENTES**

#### **Respecto a los elementos de eficiencia energética**

De los antecedentes analizados se observa que los mayores consumos a nivel residencial en el país se tienen en calefacción y ACS; es por ello que para efectos de este estudio se analizarán elementos de eficiencia energética que tienen directa relación con dichos consumos, como son la aislación de la envolvente térmica y la implementación de un colector solar térmico.

Es importante tener claro que los elementos de eficiencia energética tienen distintos comportamientos dependiendo de la tipología de la vivienda y de la zona térmica en que se ubica; por lo tanto se evaluarán las mismas medidas de eficiencia energética en distintas zonas térmicas y tipologías para observar como impacta en el valor final de cada vivienda según el caso.

Respecto a la orientación de la vivienda, se observa, dados los antecedentes del mercado inmobiliario chileno, que existe un aumento en el valor de las viviendas, aunque su incremento no necesariamente es de exclusividad del aporte energético (sino que muchas veces el mercado demanda más dicha característica por su ventaja visual). Luego para evaluar su incorporación al valor de la vivienda es necesario evaluar el desempeño energético que implica dicha característica en la vivienda mediante un modelo energético.

En cuanto a las mejoras relacionadas a la envolvente térmica es necesaria la identificación de aquellos elementos, que permitan a la vivienda tener un desempeño energético superior al de la normativa vigente, ya que una vivienda que posea estas mejoras será energéticamente superior a una vivienda convencional con la cual es comparada.

En cuanto al uso de tecnologías que hacen uso de ERNC, lo importante es, en una primera instancia, saber reconocer las distintas características que definen a dicho sistema, como por ejemplo, marca, capacidad, dimensiones, antigüedad, estado, etc., y con estos antecedentes poder evaluar el comportamiento energético a la vivienda con dicho elemento.

La naturaleza intangible de algunos beneficios de los elementos de eficiencia energética hace compleja su cuantificación en términos económicos y por ende su incorporación al valor de la vivienda. Luego una primera forma de asociar el valor de los elementos de eficiencia energética en una vivienda es mediante su costo constructivo (como lo indica Stollsteimer), y una segunda forma, más relacionada con los beneficios económicos que generan los elementos de eficiencia energética (beneficios tangibles), es mediante los ahorros energéticos mensuales. El procedimiento de incorporación del valor que deben tener los elementos de eficiencia energética en la vivienda que se propone en este estudio tiene relación con el valor presente de los ahorros energéticos y será analizado en detalle en el capítulo 6.

### **Respecto al Sistema de Calificación Energético de Viviendas en Chile**

El Sistema de Calificación Energético chileno constituye un estándar de medición de las características energéticas de las viviendas en Chile, por lo que en una eventual obligatoriedad de la etiqueta debería servir como parámetro de comparación entre una vivienda y otra. Por ejemplo resulta intuitivo pensar que entre dos viviendas similares, ambas calificadas energéticamente, se debería pagar más por aquella cuya calificación energética es mejor.

Al ser el Sistema de Calificación Energético de Viviendas en Chile un proceso realizado por terceros independientes, le otorga una alta objetividad y sólida base para ser parte de la cuantificación del ahorro energético que puede llegar a tener una vivienda, y de una posible incorporación al valor de la vivienda. La importancia de este punto se ve reflejada por ejemplo en Australia donde “el mercado responde a la clasificación Green

Star<sup>49</sup> en general, más que los diseños individuales y las técnicas utilizadas para lograr la calificación<sup>50</sup>. Por otra parte un estudio enfocado en analizar la posición que deberían tener los inversionistas respecto a los criterios de sustentabilidad presente en viviendas<sup>51</sup> señala que: hay algunos inversionistas que sí reconocen los elementos de eficiencia energética que poseen las viviendas a pesar de que no posean certificado o etiqueta. Estos dos puntos refuerzan la idea de que la calificación energética juega un rol fundamental a la hora de cuantificar el costo que deberían tener las viviendas energéticamente eficientes; y además confirma el hecho de analizar tanto las viviendas que poseen la calificación como aquellas que no la poseen.

Como se mencionó anteriormente, los indicadores entregados por el sistema de calificación energética permiten cuantificar el ahorro en consumo de energía respecto a una vivienda de referencia. En este sentido el indicador que se debe utilizar para determinar el ahorro de energía, y que sirve para estimar el ahorro económico mensual en gastos de energía, es el indicador primario consumo de energía, además del porcentaje de ahorro respecto a la referencia y el desglose porcentual de la energía consumida según los distintos consumos considerados (Calefacción, Iluminación y ACS). La etiqueta de eficiencia energética para viviendas construidas con anterioridad al año 2007, que actualmente se encuentra bajo estudio, debería entregar los mismos antecedentes, lo que permite utilizar la metodología de tasación verde en todo tipo de viviendas calificadas.

### **Respecto al actual parque de viviendas energéticamente eficientes en Chile**

Considerando que el sistema de calificación energético de viviendas en Chile aún no entra en funcionamiento, y por ende no hay viviendas calificadas oficialmente, se tiene que no existe un parque de viviendas que sea eficientemente energéticas que permitan evaluar, usando la etiqueta energética, el valor “extra” que debieran poseer estas viviendas.

---

<sup>49</sup> Green Star corresponde al símil de la calificación energética chilena en Australia

<sup>50</sup> Green Building Council of Australia (2008), Valuing Green, how green buildings affect property values and getting the valuation method right, pag. 21.

<sup>51</sup> Basado en Muldivan, Scott; Value Beyond Cost Savings, how to underwrite sustainable properties, pag. 16.

Según los datos entregados para algunas comunas de Santiago y análisis de otras regiones, por Portalinmobiliario y El Mercurio, se reconoce en el mercado nacional, el valor “extra” de la orientación de la vivienda, ya sea por un tema energético o de vista.

Además se reconoce como de gran importancia dentro del proceso de incorporación de elementos de eficiencia energética en el precio de la vivienda, los costos de construcción o implementación, lo que constituye un punto de partida a la forma en que los tasadores deben tomar en cuenta estos elementos. En este sentido, analizando algunos casos puntuales se observa que el impacto en el valor de la vivienda que tienen los elementos de eficiencia energética dependerá de la cantidad en que estos se encuentren. En particular al analizar los costos constructivos de los elementos de eficiencia energética incorporados a las viviendas se tiene que las viviendas que poseen estos elementos presentan mayor costo en un rango de valores entre un 10% y 16% (según los datos de Stollsteimer (según publicación de El Mercurio 27/05/2012) y vivienda piloto sujeta a certificación respectivamente).

Por otro lado según Stollsteimer además de los costos constructivos de dichos elementos el mercado ha reconocido, en viviendas que promueven tecnologías de eficiencia energética, entre un 10% a un 13% de valor adicional. Este porcentaje de aumento de valor de la vivienda es el que se debería explicar como el máximo valor al que un usuario racional está dispuesto a pagar por una vivienda de estas características (en el fondo, debido a los beneficios que estas viviendas conllevan) y es el propósito de este estudio identificar la forma de valorizar este porcentaje.

Si bien se presentan antecedentes puntuales en los que se reconoce como característica diferenciadora de viviendas a los elementos de eficiencia energética, no es posible concluir que existe un parque de viviendas energéticamente eficientes actualmente en Chile que permita hacer comparaciones entre distintos tipos de viviendas y/o hacer análisis de precios hedónicos que den cuenta del aumento del valor de una vivienda por el hecho puntual de poseer este tipo de características.

## **CAPÍTULO 4 – FINANCIAMIENTO DE VIVIENDAS**

El siguiente capítulo describe las principales características de los créditos hipotecarios en Chile. Se analizan los instrumentos de financiamiento de vivienda que otorgan las distintas instituciones financieras del país y cómo se relacionan con la eficiencia energética. Además se estudian instrumentos de financiamiento norteamericanos y como podrían estos instrumentos influir en el mercado hipotecario chileno y en la tasación de la vivienda.

### **4.1. MERCADO HIPOTECARIO EN CHILE**

De acuerdo a Parrado, Cox y Fuenzalida (2009) en Chile, la vivienda constituye la principal riqueza familiar y la principal garantía de los créditos otorgados por el sistema financiero. De acuerdo a los resultados de la Encuesta Financiera de Hogares (EFH) 2009, el 16,6% de los hogares tiene deuda vigente por la compra de la vivienda principal, o sea, un alto porcentaje de chilenos posee créditos hipotecarios con alguna institución financiera, por lo cual resulta interesante analizar las distintas aristas de este tipo de instrumentos financieros y como se relacionan con el mercado de las viviendas energéticamente eficientes.

Según el artículo 2432 del Código Civil la hipoteca “es un derecho de prenda<sup>52</sup> constituido sobre inmuebles que no dejan por eso de permanecer en poder del deudor“. Para Cayo (2012) las hipotecas están constituidas por bienes inmuebles, es decir, aquellos que no se pueden trasladar de un lugar a otro, ya sea por su naturaleza, adherencia o destinación. Dentro de éste tipo de garantía, necesarios para garantizar una obligación crediticia, se encuentran las viviendas. Así el crédito hipotecario, según la Superintendencia de Bancos e Instituciones Financieras de Chile (SBIF), “es un préstamo a mediano o largo plazo que se otorga para la compra, ampliación, reparación o construcción de una vivienda, compra de sitios, oficinas o locales comerciales, o para

---

<sup>52</sup> “En el derecho chileno existe una institución denominada “Derecho de Prenda General”, que consiste en que cuando cualquier persona (deudor) asume una obligación a favor de otra persona (acreedor) este último tiene derecho a ejecutar (rematar judicialmente) todos los bienes del deudor para pagarse de su obligación.” Luis Felipe Mendía, abogado U. Chile, Portalinmobiliario, publicación 14 febrero 2012.

libre disponibilidad. La propiedad adquirida queda en garantía a favor del Banco<sup>53</sup> para asegurar el cumplimiento del crédito. Los plazos a los cuales se otorgan estos créditos son de varios años, lo cual debe ser informado dentro de las características del crédito, debido a que hacen variar los costos y tasas de interés.”

En Chile los créditos hipotecarios son otorgados por cuatro tipos de instituciones: Bancos, Compañías de Seguros, Cooperativas de Ahorro y Crédito y Cajas de Compensación. Estas a su vez otorgan los préstamos a través de tres instrumentos de financiamiento hipotecario: letras de crédito hipotecario, mutuos hipotecarios endosables y mutuos hipotecarios no endosables.

Cada institución financiera establece sus propios requisitos para que una persona sea considerada como cliente, requisitos que tienen que ver principalmente con ingreso, origen social, historial financiero, etc.

Según González (2012) en la evaluación crediticia se combinan aspectos técnicos y morales, produciendo una evaluación de la persona. Dado que los créditos hipotecarios en Chile por lo general son a muy largo plazo, no sólo se evalúa la capacidad de pagar sino que también la proyección o más generalmente el proyecto de vida del postulante. Esta evaluación considera principalmente aspectos económicos (renta y ahorros), ocupacionales y educacionales (tipo de contrato, empresa donde trabaja, nivel educacional y lugar donde estudió), como también de tipo familiar (principalmente estado civil).

Además cada uno de los instrumentos crediticios posee diferentes formas de regulación, las que generan restricciones para los clientes. Por ejemplo las letras de crédito hipotecario están sujetas, entre otras disposiciones normativas, a una relación loan-to-value<sup>54</sup> (LTV o valor del crédito sobre la garantía) máxima de 75% y un límite

---

<sup>53</sup> La definición de la SBIF considera los préstamos otorgados por Bancos, pero existen otras entidades financieras que también están autorizadas para realizar este tipo de préstamos.

<sup>54</sup> Loan to Value (LTV) se define como: la razón entre el préstamo entregado por la institución financiera y el valor de tasación más bajo de la vivienda. Matemáticamente es:

$$LTV = \frac{\text{Préstamo}}{\text{Valor Vivienda}}$$

sobre el dividendo equivalente al 25% de la renta del sujeto de crédito para créditos inferiores a UF 3.000. Por su parte, los mutuos hipotecarios endosables tienen la exigencia de mantener una relación LTV máxima de 80%. Los mutuos hipotecarios no endosables respecto a una relación LTV no están sujetos a regulaciones específicas. En el siguiente cuadro se resumen algunos aspectos de la regulación de estos instrumentos financieros:

Tabla 4.1 - Regulación de instrumentos hipotecarios

Regulación/Instrumento	Letras*	MHE**	MH***
<b>Regulador</b>	BCCh/SBIF	SBIF	Sin regulación específica
<b>Relación crédito-garantía</b>	75%	80%	Sin restricciones
<b>Plazo</b>	Más de un año	1-30 años	Sin restricciones
<b>Dividendo</b>	25% renta sujeto de crédito	Sin restricciones	
<b>Securitización</b>	No securitizables	Sin restricciones	
<b>Seguros</b>	Incendios y desgravamen	Sin restricciones	

FUENTE: Tabla V.3, Recuadro V.1: Aspectos de la regulación del mercado de créditos hipotecarios en Chile, Informa de Estabilidad Financiera, segundo semestre 2008, Banco Central de Chile.

\*Letras de crédito hipotecario, \*\*Mutuos hipotecarios endosables, \*\*\*Mutuos hipotecarios no endosables

Se observa que las instituciones financieras califican a sus clientes principalmente observando su capacidad de pago, que se cuantifica, entre otras medidas, mediante índices que relacionan el valor del dividendo, el valor total de la vivienda a financiar y el salario del potencial cliente. En ninguno de los casos hipotecarios analizados en Chile es posible establecer un vínculo entre el crédito hipotecario y el nivel de eficiencia energética que posee la vivienda que se quiere financiar. Es decir, las instituciones a cargo del mercado de créditos hipotecarios en Chile no consideran dentro de los parámetros de clasificación de sus ofertas los beneficios económicos que se generan del ahorro energético de una vivienda que posee mejoras.

Es por ello que resulta interesante analizar la experiencia norteamericana al respecto y como podría influir en el mercado de tasaciones y financiamiento de viviendas en Chile, y al estudio en desarrollo.

---

Este valor se expresa en porcentaje y es utilizado como una forma de estimar el riesgo de un crédito hipotecario. Un bajo valor del LTV es visto como de bajo riesgo para el prestamista.

## **4.2. EXPERIENCIA INTERNACIONAL, HIPOTECAS PARA LA EFICIENCIA ENERGÉTICA, CASO DE EEUU.**

En el capítulo 2 dedicado a estudios similares y en los casos puntuales analizados en el punto 3.4 dedicado a eficiencia energética (de experiencias chilenas de viviendas energéticamente eficientes), se observó que el valor comercial de las viviendas que poseen elementos de eficiencia energética es superior al valor de viviendas convencionales. Además como se analizó, el mercado de créditos hipotecarios chileno no considera los beneficios que se vinculan a las mejoras en eficiencia energética. Ambos antecedentes, convergen en una distorsión del índice LTV de aquellos clientes que demandan este tipo de viviendas. Esto porque el índice LTV al no considerar una tasación que incorpore los criterios de eficiencia energética, estima un valor de tasación convencional (como si la vivienda no tuviese mejoras) que como se observó es menor al de una vivienda eficiente; sin embargo el vendedor (y el mercado así lo ha demostrado) consideran un precio mayor. Esto conlleva a índices LTV inferiores al máximo considerado por las instituciones financieras, lo que perjudica al cliente.

En EEUU, debido a un fenómeno similar al citado anteriormente, Fannie Mae y Freddie Mac<sup>55</sup> en los años 70's establecieron las denominadas hipotecas para eficiencia energética (EEM: Energy Efficient Mortgage) a raíz de la crisis petrolera, pero no fue hasta 1995 que se extendió como un programa nacional, y cuyas principales características se resumen a continuación.

En EEUU existen índices que permiten clasificar a las personas que solicitan un crédito hipotecario; dentro de estos están incluidos los índices de ingresos front-end, back-end, y el índice LTV (loan to value)<sup>56</sup>.

El índice front-end es el gasto mensual asociado a la vivienda (dividendo, intereses, impuestos y seguros) dividido por el sueldo mensual del cliente. O sea:

---

<sup>55</sup> Federal National Mortgage Association y Federal Home Loan Mortgage Corporation respectivamente, son instituciones financieras que compiten por el Mercado secundario de hipotecas, liberando de este modo a los generadores de préstamos primarios y así generar más préstamos.

<sup>56</sup> Basado en Nevin y Watson, "Evidence of Rational Markets Valuations for Home Energy Efficiency", 1998.

$$Front - end = \frac{\text{dividendo, seguro, impuesto}}{\text{sueldo}} \quad (5.1)$$

El índice back-end es el total de las obligaciones mensuales del hogar (incluidos préstamos por un auto, por ejemplo) divididas por el sueldo mensual. Matemáticamente se define como:

$$Back - end = \frac{\text{total deudas del hogar}}{\text{sueldo}} \quad (5.2)$$

Para suscribir una hipoteca a 30 años a una tasa fija en EEUU los índices anteriores estaban restringidos a 28% para el índice front-end y 36% para el índice back-end. Ninguno de estos criterios considera los gastos de energía como parte de los gastos mensuales de las viviendas. Por lo tanto el costo de las mejoras de eficiencia energética para nuevas viviendas puede aumentar los gastos mensuales más allá de las restricciones, incluso cuando los ahorros mensuales de energía compensan los altos intereses de la hipoteca. Ahí es donde comienzan a funcionar las ya mencionadas EEM, que permiten un aumento de un 2% en los índices sobre el normal establecido para los criterios de suscripción de hipotecas. El 2% significa que el indicador front-end para una EEM aumenta a 30%, y el indicador back-end aumenta a 38%, es decir se aumenta la capacidad de endeudamiento del cliente de viviendas energéticamente eficientes.

Según el Ministerio de Energía (2010)<sup>57</sup> este tipo de programas de hipotecas de eficiencia energética se basan en la idea de que las viviendas más eficientes en su consumo energético generarán un gasto mucho menor. Este ahorro se traduce a un mayor ingreso disponible de los individuos lo cual les permite calificar a un mayor crédito para la vivienda del que regularmente podría calificar dada su nueva capacidad de pago.

Según Donohue y Estes (2012) las Hipotecas de Eficiencia Energética (EEM's) entregan al propietario o al futuro propietario (cliente de préstamo), la oportunidad para

---

<sup>57</sup> Ministerio de Energía, Programa País de Eficiencia Energética, Dalberg, 2010, Formulación de Instrumentos de Incentivo para la Eficiencia Energética en Chile.

financiar el “costo efectivo”, medido en ahorro energético como parte de una sola hipoteca. La EEM expandirá el índice debt-to-income<sup>58</sup> (DTI), permitiendo así a los clientes calificar para una cantidad de préstamo mayor, y sobre todo a una vivienda más energéticamente eficiente. La EEM es un préstamo hipotecario que acredita la eficiencia energética de una vivienda en la propia hipoteca. La EEM reconoce que al reducir los costos de energía y bajar las cuentas de energía, un propietario podrá ser capaz de pagar una hipoteca más alta para cubrir el costo de las inversiones en energía sobre el máximo de lo aprobado para la hipoteca. Para calificar, un cliente debe tener un certificado de eficiencia energética presentado por una auditoría externa de eficiencia energética de la vivienda antes de que el financiamiento sea aprobado.

La Federal Housing Administration<sup>59</sup> (FHA por sus siglas en inglés) ofrece un programa de EEM<sup>60</sup> que está disponible para cualquier persona que cumpla con los requisitos de ingreso y sea capaz de hacer los pagos mensuales del dividendo. Esta EEM permite incluir el costo incremental de la eficiencia energética, es decir, permite que el costo efectivo de las mejoras en eficiencia energética sea incorporado directamente a la hipoteca. De acuerdo a la FHA el costo de las mejoras en eficiencia energética elegido para ser financiado dentro de la hipoteca es el menor de los siguientes casos:

- El costo de las mejoras en energía más el costo del informe de inspección energética requerido,
- El menor del 5% de:
  - El valor de la propiedad
  - El 115% del valor medio de viviendas de la zona, o
  - El 150% del límite de acuerdo a Freddie Mac.

Para que sean incluidos en la vivienda las mejoras en eficiencia energética deben ser rentables, eso significa que el costo total de las mejoras tiene que ser menor que el valor presente de la energía ahorrada durante la vida útil de la mejora.

---

<sup>58</sup> Estos son front-end y back-end ratios.

<sup>59</sup> Federal Housing Administration (FHA) es una entidad gubernamental de EEUU encargada de garantizar préstamos realizados por los bancos y entidades de créditos para la compra o construcción de inmuebles destinados a vivienda.

<sup>60</sup> Basado en la descripción de las EEM de la página de FHA. [http://www.fha.com/energy\\_efficient.cfm](http://www.fha.com/energy_efficient.cfm)

El costo de las mejoras en energía y el ahorro estimado de la energía deben ser determinados por un informe preparado por un consultor usando el sistema HERS<sup>61</sup>. El costo de esta asesoría debe ser financiado como parte del conjunto de costos de las mejoras en eficiencia energética.

Las mejoras son instaladas en la vivienda posterior al cierre del acuerdo hipotecario. El prestador colocará el dinero en una cuenta de garantía bloqueada. El dinero será liberado al cliente después de una inspección donde se verifique que las mejoras han sido instaladas y el ahorro en energía es logrado.

En la siguiente figura se presenta el ejemplo de una EEM, donde se pueden identificar las distintas variables que se consideran en este tipo de instrumentos financieros:

**Sample EEM:**

	Without EEM	With EEM
<b>Loan Amount</b>	\$160,000	\$160,000
<b>Improvements</b>	0	8,000
<b>Total Loan Amount</b>	160,000	168,000
<b>Interest Rate</b>	4.75%	4.75%
<b>Monthly Payment</b>	1,301.30	1,366.37
<b>Average Utility Bills</b>	265.00	135.00
<b>Total Payments</b>	1,566.30	1,501.37
<b>Monthly Savings</b>		\$64.93
<b>Yearly Savings</b>		\$779.16

FUENTE: Energy Efficient Mortgage Training<sup>62</sup>.

Figura 4.1: Ejemplo Energy Efficient Mortgage.

<sup>61</sup> Home Energy Rating Systems, índice norteamericano que califica en una escala, la eficiencia energética relativa de cualquier casa, sin importar la antigüedad, la eficiencia o el uso de combustible. La calificación se basa en la eficiencia de la envolvente térmica y la calefacción, la ventilación y aire acondicionado (HVAC, por sus siglas en inglés) y se obtiene por cálculos e inspección en terreno. Los cálculos HERS incluyen las estimaciones de rendimiento anual de energía y los costos y recomendaciones para mejoras rentables de eficiencia energética.

<sup>62</sup> <http://www.eemtraining.com/energy-efficient-mortgages>, visitada el día 02 Agosto 2013.

De la figura 4.1 se observa que la cantidad total del préstamo solicitado mediante una EEM es mayor al solicitado para una vivienda convencional a la que no se le pretende incorporar elementos de eficiencia energética (USD 168.000 > USD 160.000). Sin embargo, al hacer el ejercicio de sumar el dividendo y sus impuestos más los costos asociados a consumo de energía se observa un ahorro anual de la vivienda con EEM respecto a la vivienda convencional (USD 779,16).

### **4.3. DISCUSIÓN DE ANTECEDENTES**

A diferencia de la experiencia internacional, los créditos hipotecarios ofrecidos por instituciones financieras nacionales no consideran, dentro de sus parámetros de caracterización de clientes, las características de eficiencia energética que pueda poseer la vivienda objeto del préstamo.

Dado que no existen beneficios hipotecarios a las viviendas energéticamente eficientes en Chile, se observaron las principales características de las denominadas “Hipotecas verdes” implementadas en el mercado hipotecario norteamericano, con el fin de determinar en qué medida estos instrumentos podrían influir en la tasación de una vivienda que posea este tipo de mejoras.

En este sentido, del análisis de las EEM es importante señalar tres aspectos relevantes y como se relacionan con la realidad nacional:

- El mercado norteamericano reconoce, a través de estos instrumentos, un valor adicional de las viviendas energéticamente eficientes, y existen instituciones financieras dispuestas a financiar este tipo de mejoras. Para acceder a este tipo de instrumentos es necesario que el valor presente de los ahorros energéticos proyectados que tendrá la vivienda sean mayores al costo de implementación de dichas mejoras.
- Para optar a este tipo de beneficios, se requiere de un certificado de eficiencia energética, que acredite a la vivienda como tal, y que garantice a la institución financiera que la vivienda posee un comportamiento energético suficiente para

optar al beneficio. Respecto a este punto, en el contexto nacional, el nuevo Sistema de Calificación Energética de Viviendas en Chile es la herramienta a utilizar para acreditar el comportamiento energético de la vivienda por parte de las instituciones financieras que lo requieran a través de expertos en la materia.

- En el caso de la EEM se menciona que el costo de las mejoras en eficiencia energética no debiese superar al valor presente de los ahorros de energía que obtiene la vivienda objeto durante la vida útil de sus elementos de eficiencia energética. En el contexto de las tasaciones de viviendas verdes, esto es interesante, debido a que entrega indirectamente una metodología de cuantificación del aumento del valor de las viviendas energéticamente eficientes, estimado como una cota máxima. Además se desprende entonces que al evaluar los ahorros energéticos dentro de los créditos hipotecarios el procedimiento lógico para calcular el valor presente de dichos ahorros tiene que considerar la misma tasa de descuento utilizada para estimar el crédito hipotecario, tal como lo señalado por Nevin y Watson (1998), ya que bajo esta modalidad se incluye dentro del mismo monto de la hipoteca.

## **CAPÍTULO 5 – PROCESO DE VALORACIÓN: ANÁLISIS DE LA TASACIÓN**

En el siguiente capítulo se entregarán los fundamentos del concepto tasación, sus alcances, limitaciones, procedimientos básicos y las principales metodologías, basados en documentos oficiales del gobierno (específicamente documentos del MINVU y del Ministerio de Bienes Nacionales) y bibliografía de autores nacionales e internacionales, así como también normas internacionales de valuación.

El objetivo de este capítulo es analizar en qué forma es posible la incorporación de elementos de eficiencia energética al proceso de valoración, y en qué etapa de dicho proceso podría ser efectiva.

### **5.1. CONCEPTOS GENERALES**

A continuación se entrega un conjunto de antecedentes que permiten configurar el marco en el cual se desenvuelven las tasaciones inmobiliarias.

#### **5.1.1. CONTEXTO NACIONAL**

La inversión inmobiliaria tiene gran importancia en la economía nacional; de ello da cuenta el estudio de Idrovo y Lennon (2011) en el cual se analiza que dicha inversión representa el 29% del total en la economía del país y el 2,4% del PIB agregado. Debido a esto ellos fundamentan que el mercado inmobiliario no sólo juega un rol importante en la formación bruta de capital y de consumo, sino también en el sistema financiero, por lo cual variaciones en los precios de las viviendas pueden impactar tanto a la demanda agregada como a la estabilidad financiera. Además la valuación de los bienes inmuebles tiene un efecto importante en el consumo vía cambios en la riqueza inmobiliaria de los hogares, ya que según Parrado, Cox y Fuenzalida (2009), cuando el valor de la vivienda aumenta, el hogar puede extender su endeudamiento usando la apreciación de la vivienda como garantía para financiar el consumo de otros bienes (equity withdrawal effect).

De acuerdo a Ventolo y Williams (1997) en el mercado inmobiliario los actores involucrados son múltiples, entre ellos destacan vendedores, compradores, bancos, seguros, instituciones gubernamentales etc., los que interactúan en distintos grados. Las razones por las cuales se busca una estimación confiable del valor de una vivienda son diversas y tienen relación con los actores involucrados en el mercado inmobiliario. Por ejemplo el vendedor desea conocer el valor de su propiedad (independiente de que este sea libre de escoger el precio que estime conveniente); el comprador se apoya en una estimación precisa para estar seguro de que el vendedor ha fijado un precio justo por la propiedad; el corredor de propiedades, por su parte, desea obtener la máxima comisión sobre la venta; los bancos insisten en contar con una tasación para determinar la cantidad de dinero que deben prestar a un solicitante de crédito; además se usan tasaciones con el fines de tributación y seguros, así como para procesos legales (por ejemplo: expropiaciones y subastas).

Dado el amplio abanico de involucrados en el proceso de valoración y los efectos que esta tiene sobre la economía, es fundamental contar con procedimientos que permitan incluir dentro del valor de la vivienda todas las características que éstas posean.

Luego, de la necesidad de cuantificar con mayor precisión todas las características que una vivienda posee dentro del valor final de la misma, en particular, los elementos de eficiencia energética, es que nace el concepto de tasación verde.

### **5.1.2. DEFINICIÓN DEL CONCEPTO TASACIÓN**

**Tasación**<sup>63</sup>: “es una opinión sobre el valor de un objeto<sup>64</sup> basada en cálculos técnicos, lo que determina que debe ser fundamentada en antecedentes comprobados, producto de una cuidadosa inspección y estudio de todos los factores que influyen en dicho valor en una determinada fecha”.

---

<sup>63</sup> Manual de Tasaciones, SERVIU, aprobado mediante Res. N° 278 del 07/11/86.

<sup>64</sup> En el caso puntual de este trabajo se refiere a viviendas.

Es posible complementar dicha definición con el siguiente antecedente obtenido del Ministerio de Bienes Nacionales<sup>65</sup>: “el valor de tasación sólo debe responder a los mecanismos técnicos de evaluación del tasador y, por ningún motivo, deberá ser influenciado o responder a requerimientos que tengan relación con el peticionario del inmueble”.

### 5.1.3. PRINCIPIOS DE TASACIÓN

Existen ciertos principios básicos que determinan y sustentan el valor de un bien en cualquier mercado. Estos principios suelen variar dependiendo del autor, luego acá se presentan los enumerados por Cayo (2012), que son los siguientes:

- i. **Principio de Sustitución:** “Bajo este principio se establece que la evaluación deberá considerar si el valor de un inmueble es equivalente al de otros de similares características sustitutivas de aquel, igualmente deseables, que dan igual rendimiento o prestan los mismos servicios o utilidad y de valor equivalente”.
- ii. **Principio de Mayor y Mejor Uso:** “Al momento de evaluar un bien se deberá tener presente el valor de un inmueble susceptible de ser dedicado a diferentes usos, es el que resulta de destinarlo, dentro de las posibilidades legales y físicas, al uso más razonable, probable y financieramente aconsejable, con la intensidad que permita obtener el mayor valor de este, habida consideración que exista una demanda evidente”.
- iii. **Principio de Contribución:** “Es fundamental para la correcta valoración de un bien considerar que no en pocos casos el valor de una parte o componente del bien, dependerá de la contribución que dicha parte hace al valor total del bien por tanto no siempre será constitutivo un aumento de valor el hecho que existan mas m<sup>2</sup> construidos”<sup>66</sup>.

---

<sup>65</sup> Ministerio de Bienes Nacionales, Junio 2007.

<sup>66</sup> Es posible complementar este principio con uno que tiene relación con las mejoras, según Ventolo y Williams en su libro Técnicas del Avalúo Inmobiliario, que dice lo siguiente: “Una mejora a un bien raíz puede ayudar a aumentar el

- iv. **Principio de Anticipación:** “Este principio nos hace presente que el valor de un inmueble podría corresponder al valor presente, anticipado, de la totalidad de los beneficios (renta) que previsiblemente proporcionará en el futuro”.
  
- v. **Principio de Temporalidad:** “(...), este principio nos recuerda que el valor de un inmueble, podría variar a lo largo del tiempo, especialmente si ese bien está destinado a segunda residencia o de temporada (...)”.
  
- vi. **Principio de Finalidad:** “La finalidad condiciona el método y las técnicas de valoración a seguir. Es por esto que incluso antes de partir tasando, será fundamental tener plena claridad respecto al objetivo o finalidad que se busca con la valoración”.

## 5.2. PROCESO DE VALORACIÓN

Una vez establecido el marco teórico general en el cual se desarrolla la disciplina de tasación se define el proceso de valoración, que consiste en una secuencia de pasos necesarios para obtener una tasación. La nomenclatura adoptada por el International Valuation Standards Council (IVSC) para describir estos pasos es la que se muestra en la figura 5.1:

---

valor de mercado de una propiedad. Sin embargo, el incremento en el valor de la vivienda no necesariamente será proporcional a la cantidad de dinero gastada en la mejora. La contribución de una mejora al valor de mercado de un inmueble se mide por su efecto sobre toda la propiedad, más que por el costo intrínseco de la mejora.”

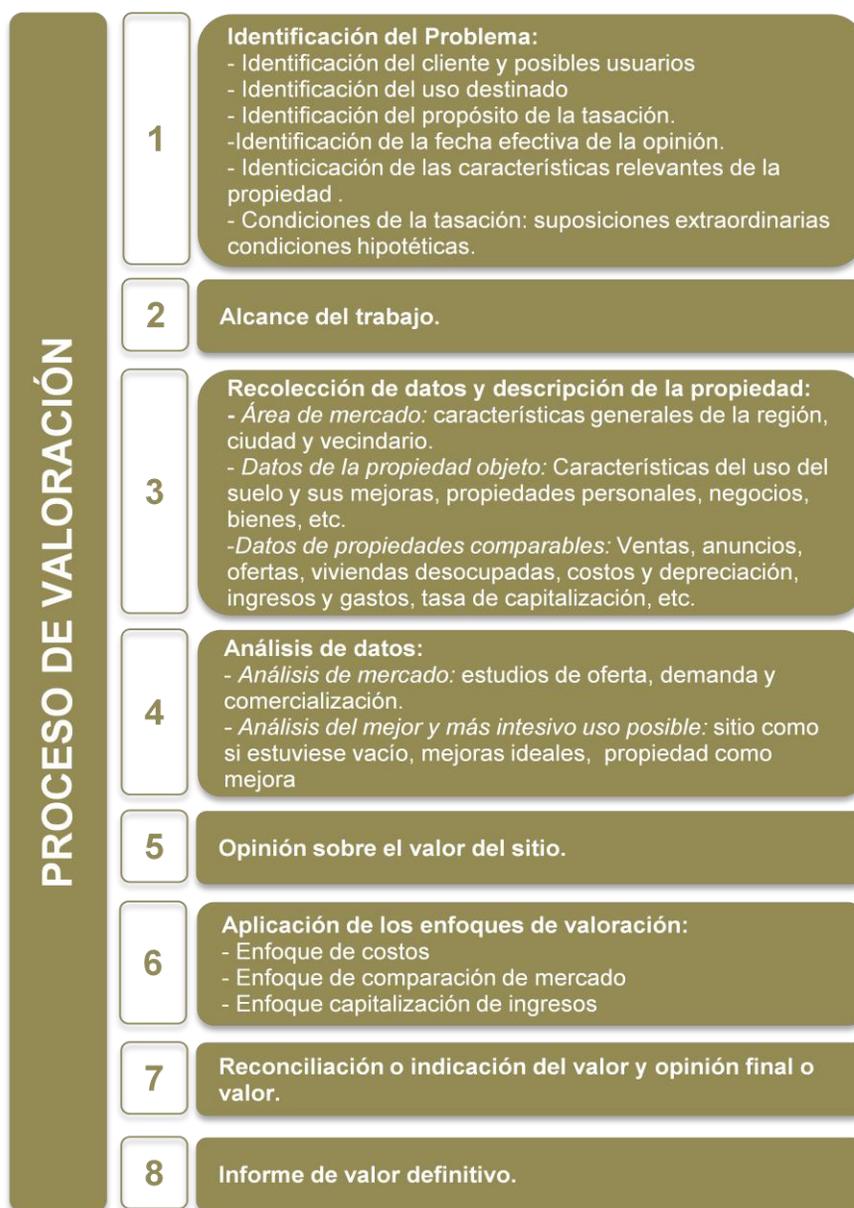


Figura 5.1 - Proceso de Valuación, según IVSC (2008).

Siguiendo el conjunto de pasos detallados en la figura 5.1 se obtiene el valor de una tasación, cuyo desarrollo es presentado formalmente al cliente en un informe final en el cual son entregados un resumen de los datos analizados, los métodos usados y los criterios empleados en la estimación de valor final de la propiedad por parte del tasador. Los contenidos mínimos que debería tener un informe de tasación, de acuerdo Ventolo y Williams (1997), son los siguientes:

- Nombre de la persona para la que se elabora el informe

- Fecha del avalúo
- Identificación y descripción de la propiedad
- Propósito del avalúo
- Conclusión de valor
- Certificación y firma del valuador

A continuación se describen en detalle los puntos de la figura 5.1 que interesan a este estudio.

### **5.2.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA**

En este paso, como se señala en la figura 5.1, se debe identificar la propiedad sujeto y todas las características que permitan hacer una idea general de la vivienda que se analizará. Por ejemplo es propio de esta etapa la identificación del cliente, fecha a la que debe referirse la tasación, el propósito de la tasación (compra/venta, alquiler, objetivo hipotecario, fiscal, expropiatorio, etc.), estado de ocupación actual, dirección, principales características, etc.

En caso de realizar una tasación en la cual se pretende incluir el valor de la eficiencia energética (sus costos y/o beneficios) es necesario tener presente desde un comienzo esta cualidad y tratarla durante el proceso de valoración como tal, de manera de no perder de vista cada detalle que involucra tasar una vivienda con este tipo de elementos. Es decir, un nuevo punto de identificación dentro de este paso debería ser: identificar la vivienda como energéticamente eficiente.

### **5.2.2. RECOLECCIÓN DE DATOS Y DESCRIPCIÓN DE LA PROPIEDAD**

Luego de identificar el problema, el tasador debe determinar el tipo de datos que se debe reunir y las fuentes de dichos datos. Cabe destacar que el nivel de confiabilidad y minuciosidad que se tenga respecto de cada una de las fuentes de información hará más o menos robusta la aplicación de cada metodología de tasación y sus resultados,

en base a los cuales el tasador finalmente entrega su opinión respecto al valor de la vivienda.

En relación a una vivienda identificada como energéticamente eficiente, es importante en esta etapa del proceso de valoración, recopilar toda la información que acredite a la vivienda como tal. Por ejemplo, planos de la vivienda, tanto de estructuras como de terminaciones, especificaciones técnicas, informe de recepción municipal, documentación de equipos eficientes, certificado de calificación energética (en caso de poseerlo), etc.

### **5.2.3. METODOLOGÍAS DE TASACIÓN**

La finalidad de un proceso de valoración es obtener el valor de un bien de manera más objetiva posible y para ello es necesario analizarla de acuerdo a la aplicación de alguno de los tres métodos comúnmente utilizados por la comunidad de tasadores; estos son los siguientes:

- Método de sustitución (o de costo)
- Método valor de mercado (o comparación de ventas)
- Método de capitalización de ingresos

La utilización de cada uno de estos métodos (o más de uno de ellos a la vez) depende de la experiencia del tasador, el tipo de bien analizado, la finalidad del análisis, el cliente que solicita el análisis, la información que se dispone, la normativa del lugar, etc.

Luego para analizar la incorporación de algún factor (en este caso eficiencia energética) al proceso de valoración de viviendas es necesario analizar cada uno de los métodos por separado y determinar la factibilidad de su inclusión, como se muestra en el siguiente desarrollo.

### 5.2.3.1. MÉTODO DE SUSTITUCIÓN (O DE COSTO)

Según el IVSC (International Valuation Standart Council) este método “comparativo considera la posibilidad de que, como sustituto de la compra de cierta propiedad, uno podría construir otra propiedad que sea o una réplica de la original o una que proporcionaría una utilidad equivalente. En el contexto de los bienes raíces, generalmente no habría de justificarse pagar más por cierta propiedad que el costo de adquirir un terreno similar y construir una estructura alterna, a menos que el tiempo no sea el debido, que existan inconvenientes o riesgo. En la práctica, el enfoque también tiene que ver con la estimación de depreciación de propiedades más antiguas y/o menos funcionales en donde el nuevo costo estimado excede de manera poco usual, el precio probable que se pagaría por la propiedad evaluada.”

Según Roca Cladera (1989) este método es útil para la tasación de viviendas de nueva construcción debido a que en estas es posible determinar con precisión los costos de construcción; no así en inmuebles viejos (o de relativa antigüedad) que poseen “acusada depreciación”, que independiente de la técnica utilizada para su estimación, es de una compleja aplicación.

De acuerdo a la definición del IVSC es posible enunciar una relación matemática simple que explica el concepto del método de sustitución:

$$\text{Valor propiedad} = \text{Valor terreno} + \text{Costo sustitución o reposición mejoras} - \text{Depreciación acumulada}$$

Tomando en cuenta esta definición se tiene el siguiente procedimiento necesario para obtener una estimación bajo sus condiciones<sup>67</sup>:

---

<sup>67</sup> Adaptado al procedimiento del Manual de tasaciones para el subsidio habitacional, Ministerio de Vivienda y Urbanismo

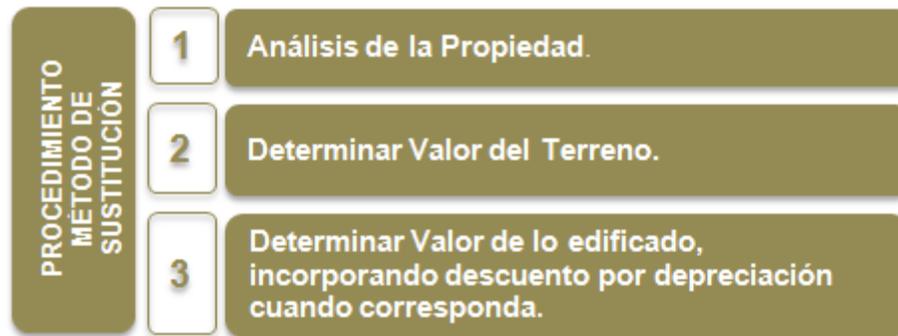


Figura 5.2 - Procedimiento Método de Sustitución

### 5.2.3.1.1. ANÁLISIS DEL MÉTODO DE SUSTITUCIÓN Y SU RELACIÓN CON EE

Dado que este método se basa principalmente en el análisis de costos de la propiedad y que según Ventolo y Williams (1997) “en condiciones normales de mercado, los compradores de bienes raíces no desean comúnmente pagar más por un terreno, con una estructura existente, que lo que tendrían que desembolsar para construir una estructura idéntica en un terreno baldío”, es factible, como se analizó en los puntos anteriores, incorporar los costos extras<sup>68</sup> que representan las medidas de eficiencia energética consideradas en la vivienda. Es decir, es posible reconocer los costos de inversión de los elementos necesarios para llevar a una vivienda a una eficiencia energética, ya sea mediante el cálculo de superficie (o precio unitario) o por cálculo de presupuesto; para ello se debería contar con una base de datos que incluya dentro de su itemizado los valores de distintos elementos de eficiencia energética. En el caso de que la vivienda posea una calificación de acuerdo al nuevo sistema de calificación chileno, es posible también incorporar el costo del proceso para la obtención de dicha calificación, dentro del presupuesto de sustitución de la vivienda.

En resumen, la incorporación de los elementos de eficiencia energética bajo los supuestos de esta metodología tiene que ver básicamente con estimar de manera más precisa su valor constructivo; sin embargo en la práctica es difícil obtener la información necesaria de los materiales de construcción utilizados en la vivienda, muchas veces los tasadores ni siquiera registran la vivienda, por lo tanto obtener un detalle de todos los

<sup>68</sup> Costos extras se refiere a un valor de inversión superior al que se debe realizar si sólo se consideran las especificaciones mínimas de comportamientos térmicos de la vivienda exigidos por la normativa y/o similares en cuanto a eficiencia energética.

elementos constructivos, en especial los relacionados a eficiencia energética no es viable en todos los casos.

Respecto a la depreciación y sus distintas formas es necesario tener en cuenta principalmente la obsolescencia física de los elementos de eficiencia energética y como ésta influye en la depreciación final del inmueble. Al respecto cabe destacar que según RICS (2009) “un edificio con integridad estructural y uso de materiales duraderos, reutilizables o reciclables serán menos propensos a sufrir prematuramente obsolescencia”. Este último punto hace aún más compleja la cuantificación exacta de los elementos de eficiencia energética incorporados a la vivienda bajo los supuestos de esta metodología.

Cabe destacar, como comentario final de este método, que el reconocimiento de los costos constructivos de los elementos de eficiencia energética dentro del valor de la vivienda, no implica una cuantificación y/o reconocimiento de los beneficios (de los que se habló en el capítulo anterior) que dichos elementos conllevan.

#### **5.2.3.2. MÉTODO VALOR DE MERCADO (O COMPARACIÓN DE VENTAS)**

Según el IVSC este método “(...) considera la venta de activos similares (sustitutos) e información de mercado relativa y establece una estimación de valor por proceso de comparación. (...). La suposición de base es que un inversionista no pagaría más por una propiedad que lo que él o ella tendría que pagar por una propiedad similar con una utilidad comparable”

De acuerdo a Ventolo y Williams (1997) este método de cálculo es el que se usa más ampliamente para evaluar propiedades habitacionales. Se basa principalmente, como se menciona en su definición, en el principio de sustitución. Este método se utiliza generalmente cuando existen suficientes datos de compra-venta confiables de viviendas comparables a la vivienda objeto, que hayan sido transadas en un periodo cercano al de tasación.

El procedimiento para obtener tasaciones bajo los principios de este método, según el MINVU, es el siguiente:



Figura 5.3 - Procedimiento Método Valor de Mercado

Así siguiendo los pasos anteriores se resume este método en la siguiente fórmula matemática, según Ventolo y Williams (1997):

$$\text{Valor propiedad objeto} = \text{Valor propiedad comparable} \pm \text{Ajustes}$$

#### 5.2.3.2.1. ANÁLISIS DEL MÉTODO DE VALOR DE MERCADO Y SU RELACIÓN CON EE

De acuerdo a los procedimientos de cálculo de este método es posible identificar los elementos de eficiencia energética mediante la inspección de la vivienda o el análisis de su documentación, los cuales sirven como parámetro para la comparación con viviendas similares que también posean elementos de eficiencia energética.

Si se obtienen viviendas similares a la vivienda objeto, que también posean elementos de eficiencia energética, se puede estimar el valor de la vivienda una vez que el mercado haya reconocido el valor de estos elementos. Esto se realiza mediante ajustes por diferencias de características, como se indica en el desarrollo de este método ya

que se observa que es posible dentro de las características ajustables considerar los elementos de eficiencia energética, y establecer los niveles de comparación.

De acuerdo a Ventolo y Williams (1997) respecto a los artículos especiales de uso de eficiencia energética: “Se debe tomar nota de la existencia de materiales aislantes de alto factor R, unidades de calefacción solar y otros sistemas de conservación de energía. Al igual que para todos los ajustes de precio, cualquiera que se haga por la presencia de sistemas de conservación de energía deberá reflejar la suma que pagará el mercado por la propiedad en razón de la existencia de dicho sistema”.

De acuerdo a este punto se reconoce que es posible incorporar el valor de la eficiencia energética mediante ajustes por diferencias (homogeneización) y es el tasador el que debe describir cada uno de estos elementos para poder cuantificarlos. Sin embargo como es la tónica de este método las viviendas comparables que sirven para estimar el valor de la vivienda objeto también deben poseer este tipo de características. Es importante destacar que en el comentario de Ventolo y Williams se hace referencia a que el precio de estos elementos debe “reflejar la suma que pagará el mercado por la propiedad en razón de la existencia de dicho sistema”.

En estricto rigor incorporar el valor de los elementos de eficiencia energética mediante esta metodología en un mercado como el chileno no es adecuado, evidencia de ello se observa en Australia<sup>69</sup> y España<sup>70</sup>, donde la falta de viviendas con estas características impide la utilización de este método de tasación.

Es por ello que para incorporar el valor de los beneficios que se derivan de los elementos de eficiencia energética al valor de tasación es necesario estimar el valor de tasación mediante esta metodología como se hace para una vivienda convencional

---

<sup>69</sup> Según el Green Council of Australia, Valuing Green, How Green Buildings Affect Property Values and Getting the Valuation Method Right (2008): “rara vez es aplicada esta metodología para tasar viviendas ‘especiales’ debido a que pocas propiedades similares han sido vendidas en el mercado” y también señala que: “El enfoque de comparación de mercado tiene limitada aplicación para edificios Green Star hoy debido a la dificultad de encontrar viviendas comparables” (Green Star corresponde al símil de la calificación energética chilena en Australia).

<sup>70</sup> Según Ruá Aguilar, Método de Valoración de Viviendas desde la Perspectiva Medioambiental y Análisis de Costes (2011), “(...), aunque a las nuevas viviendas ya es posible asignarles una determinada calificación energética, de acuerdo a la normativa vigente en el sector de la construcción, no existe todavía un mercado suficientemente representativo, que permita estimar el valor de los inmuebles por comparación en función de su eficiencia energética.”

(considerando todas las metodologías como en un proceso habitual de tasación) e incorporar el valor “extra” (beneficios económicos).

Una vez que el mercado de la etiqueta de eficiencia energética de viviendas en Chile se masifique probablemente se podrá utilizar una adaptación del método de ajustes por comparables descrito por Popescu et al (2009) que utiliza información de etiquetas similares.

### **5.2.3.3. MÉTODO DE CAPITALIZACIÓN DE INGRESOS**

Según el IVSC, este método “comparativo considera los datos de ingresos y egresos relativos a la propiedad que se está valuando, y estima el valor mediante el proceso de capitalización. La capitalización relaciona el ingreso (normalmente una cifra de ingreso neto) y a un tipo de valor definido, convirtiendo una cantidad de ingreso en un estimado de valor. Este proceso puede considerar relaciones directas (conocidas como tasas de capitalización), tasas de rendimiento o de descuento (que reflejan medidas de retorno sobre la inversión), o ambas. Por lo general, el principio de sustitución sostiene que la corriente de ingreso que produce el mayor retorno proporcional a cierto nivel de riesgo, da lugar a la cifra de valor más probable.”

Este método se utiliza mayoritariamente en propiedades que se adquieren por su capacidad para producir ingresos (rentas). De acuerdo a esto, este método se adecua más a la tasación de locales comerciales, edificios de oficina, propiedades industriales, departamento, etc., básicamente aquellos inmuebles que un inversionista adquiere con el fin de obtener beneficios futuros. La filosofía matemática que sigue se basa en contabilizar en el presente todos los beneficios futuros que se pueden obtener del inmueble, descontando dichos flujos de ingreso futuro a una determinada tasa de descuento.

Siguiendo el esquema de los métodos anteriores se presenta a continuación, de acuerdo a Roca Cladera (1989), un conjunto de procedimientos necesarios para obtener una tasación mediante sus principios:

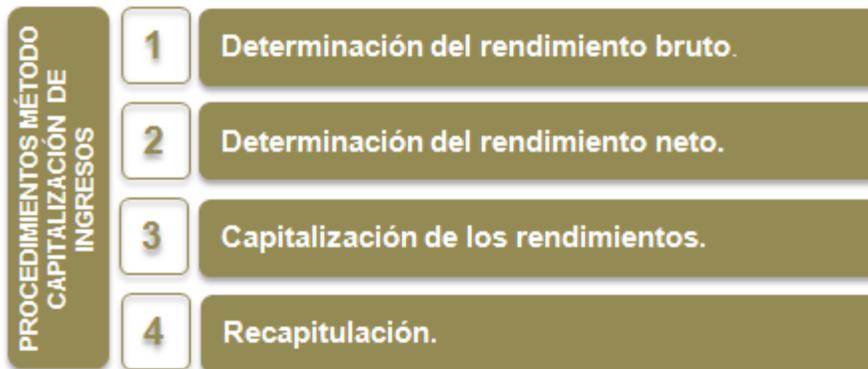


Figura 5.4 - Procedimiento Método Capitalización de Ingresos

El método de capitalización de ingresos se resume matemáticamente, según Ventolo y Williams (1997), como:

$$\text{Valor} = \frac{\text{Ingreso neto de operación}}{\text{Porcentaje de capitalización}}$$

#### 5.2.3.3.1. ANÁLISIS DEL MÉTODO DE CAPITALIZACIÓN DE INGRESOS Y SU RELACIÓN CON EE

Según los procedimientos de este método no es posible obtener una tasación adecuada de viviendas eficientemente energéticas por la falta de uno de los datos claves para su utilización, los ingresos. Esto debido a que no hay evidencia en el mercado inmobiliario chileno en que se reconozca el aumento en los valores de los arriendos debido a estas características. Además, según Schuman (2010), en un mercado en donde las características de eficiencia energética son reconocidas, los inquilinos deberían estar dispuestos a pagar más por este tipo de viviendas debido a los “beneficios intangibles” que poseen estas viviendas. “No obstante puede ser difícil para los tasadores justificar una renta más alta para edificios sustentables cuando no tienen la capacidad para encontrar propiedades comparables”.

Si bien se mencionó que mediante este método no es posible obtener ingresos de viviendas comparables, más adelante cuando el mercado evolucione y sea posible

obtener estos datos, este punto de obtención de los rendimientos netos será clave para distinguir qué vivienda es “más” o “menos” eficiente desde el punto de vista energético, ya que considera las variables principales que afectan el valor de este tipo de viviendas (periodos de desocupación, mantenimiento, gastos operacionales, etc.).

En este sentido según Schuman (2010), Green Building Council of Australia (2008), Muldivan (2010) se recomienda como metodología de tasación de viviendas “verdes” una variante de este método, el llamado Flujo de Caja Descontado (DCF, por sus siglas en inglés). Este método alternativo al de capitalización de ingresos, básicamente permite modelar el valor del dinero en el tiempo y permite incorporar los ingresos y egresos a los que está afecta la vivienda. Dentro de las principales variables que utiliza este método para reflejar las características sustentables en el valor se cuentan las siguientes<sup>71</sup>:

- Nivel de renta del mercado: los ocupantes deben estar dispuestos a pagar más como resultado de beneficios tangibles e intangibles.
- Gastos: los futuros ahorros en costos de operación, reparación y mantenimiento así como también los reducidos gastos de capital serán explícitamente reflejados en el respectivo periodo del flujo de caja.
- Probabilidad de renovación del inquilino: debido a los beneficios indirectos, será más probable la renovación del arriendo de los inquilinos en edificios sustentables.
- Vacancia (periodos de desocupación): debido a la alta demanda por viviendas eficientemente energéticas se generarán bajas tasas de desocupación de este tipo de viviendas.
- Tasa de descuento: más características sustentables deben ser percibidas como de bajo riesgo, lo que disminuye las tasas de descuento.

---

<sup>71</sup> Basado en Schuman, Impact of Sustainability on Property Values, pag. 27.

- Valor residual<sup>72</sup>: bajos índices de depreciación y obsolescencia deben ser anticipados para contribuir al valor de este tipo de viviendas.

Es posible entonces mediante esta metodología incorporar algunos elementos de eficiencia energética que describen a las viviendas objeto de este estudio. Sin embargo como se explica en el documento Valuing Green: “los tasadores tendrán que hacer sus propios juicios sobre el tamaño de los futuros movimientos de estas variables hasta que los datos del mercado estén disponibles”. Luego, para aplicar este método, aún con falta de información, es necesario tener tasadores con un amplio conocimiento en el tema, o simplemente esperar a que el mercado comience a dar indicios acerca de la cuantificación de estos factores.

La elección de la tasa de descuento se define según la experiencia del tasador, el cliente propietario de la vivienda y las características del mercado. En el caso de viviendas eficientemente energéticas la elección de la tasa de descuento resulta compleja al no poseer viviendas de las mismas características que la vivienda objeto. En relación a este punto el documento Valuing Green, del Green Council of Australia, señala que dados los datos de entrada que se requieren: “hace que el método sea de uso limitado para la valoración de edificios verdes en ausencia de evidencia extensa de viviendas comparables. Pequeños cambios en la tasa de capitalización pueden dar lugar a grandes cambios en el valor”.

Si bien se cuenta con una metodología alternativa a este método, DCF, que permite incorporar algunos elementos de la eficiencia energética a la cuantificación del valor de las viviendas, este tiene limitada aplicabilidad, ya que depende en cierta magnitud del comportamiento del mercado y la habilidad del tasador para determinar precisamente algunos factores.

Por lo tanto, al igual que lo comentado en el caso de las metodologías de tasación de sustitución y por comparación de mercado, para incorporar el valor de los beneficios que se derivan de los elementos de eficiencia energética, al valor de tasación es

---

<sup>72</sup> Basado en Green Building Council of Australia (2008), pg. 23.

necesario estimar el valor de tasación mediante esta metodología como se hace para una vivienda convencional e incorporar el valor “extra” como se explicará en el próximo capítulo.

#### **5.2.4. RECONCILIACIÓN Y VALOR FINAL**

Es el último paso antes de la confección del informe final. Aquí se produce la “conciliación” de los valores obtenidos mediante la aplicación de las tres metodologías de tasación estudiadas anteriormente.

Dado que las tres metodologías de tasación se basan en principios diferentes, es lógico que se obtengan valores de tasación diferentes, esto independiente de que el tasador haya tenido a la vista todos los datos pertinentes y no se hayan cometido errores en los cálculos. Según Ventolo y Williams (1997) “el valuador nunca calcula simplemente un promedio de las estimaciones de valor que difieren entre sí. El método más pertinente, basado en el análisis minucioso de datos y criterios, recibe más peso para determinar el valor de mercado de la propiedad sujeto”. Para realizar la conciliación de los datos obtenidos el tasador revisa su trabajo y considera al menos los siguientes factores:

- La definición del valor que se busca
- La cantidad y confiabilidad de los datos recolectados en cada método
- Los aciertos y debilidades de cada método
- La validez de cada método respecto a la propiedad sujeto y al comportamiento del mercado

Así como se expuso anteriormente, el proceso de reconciliación no es el promedio de los valores obtenidos por las tres metodologías de tasación, sino que consiste en que el tasador debe determinar que método es más pertinente al caso en estudio y asignarle mayor porcentaje dentro de su opinión final de valor.

### 5.3. DISCUSIÓN DE ANTECEDENTES

Los elementos de eficiencia energética poseen dos aristas desde el punto de vista económico: costos constructivos de implementación y beneficios (tangibles e intangibles, según lo mencionado en el capítulo 3). Para analizar en qué medida dichos conceptos determinan una tasación verde se analizaron los pasos del proceso de valoración de una vivienda y se establecen las siguientes ideas.

Queda claro que la tasación es una opinión fundamentada respecto al valor comercial de una vivienda, que depende de la habilidad, experiencia y buen juicio de la persona que lo realiza. Al respecto parece evidente que si se quiere incorporar un elemento extra de análisis al proceso de valoración, en este caso elementos de eficiencia energética, el tasador debe conocer en profundidad este tema. Luego un primer comentario que se debe señalar es que los tasadores deben perfeccionar sus conocimientos en la disciplina de la eficiencia energética en viviendas, lo que involucra identificar las mejoras y analizar los distintos beneficios que estas conllevan. Esto porque dado el posible escenario de aumento en el precio de la energía, estas características, serán cada vez más solicitadas por los usuarios y por lo tanto será necesario una adecuada cuantificación de su valor dentro de una tasación.

Otro punto importante es que se debe tener presente al realizar una tasación de este tipo es identificar a la vivienda en cuestión como energéticamente eficiente, para ello el tasador debe conocer, como se mencionó en el párrafo anterior, de manera acabada el tema.

Luego se debe describir la vivienda y su entorno de manera exhaustiva, identificando todas las características que posteriormente se utilizaran en los métodos de tasación, haciendo énfasis en aquellas mejoras en eficiencia energética que posea la vivienda.

Posteriormente se aplican las metodologías de tasación tal como se aplica hoy en día, es decir, como si la vivienda fuese una vivienda convencional. Luego mediante la

aplicación del proceso de reconciliación el tasador, en base a los valores obtenidos de las metodologías de tasación utilizadas, obtiene el valor final de tasación de la vivienda.

Para incorporar el concepto de los beneficios debido a las mejoras en eficiencia energética, al valor de tasación final es necesario tener presente el siguiente comentario según Ventolo y Williams (1997): “(...) cualquier ajuste que se haga por la presencia de sistemas de conservación de energía deberá reflejar la suma que pagará el mercado por la propiedad en razón de la existencia de dicho sistema”<sup>73</sup>. Al respecto, del análisis de los estudios extranjeros y del financiamiento de viviendas, específicamente el estudio de las EEM (entregados en los capítulos 3 y 4 respectivamente) un usuario racional no pagaría más por una vivienda energéticamente eficiente que el valor presente de los ahorros generados por la vivienda mejorada, es decir, ese debe ser el valor que refleja la suma que el mercado debería como máximo estar dispuesto a pagar por estos elementos en el valor comercial de la vivienda.

A raíz del análisis anterior a continuación se presenta un esquema (figura 5.5) que resume de manera conceptual la forma de obtener una tasación verde:

---

<sup>73</sup> Para complementar la idea Nevin y Watson (1998) señalan que: “en un mercado competitivo, racional, el valor de la eficiencia energética como el valor de cualquier otra característica de la vivienda, debería reflejar el valor marginal a la vivienda por los compradores”.

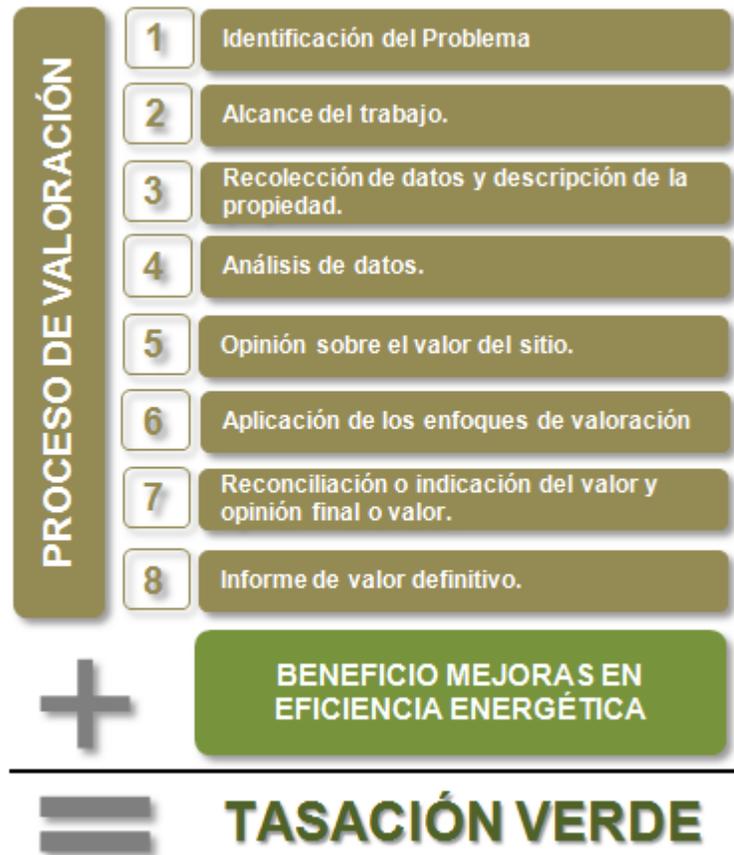


Figura 5.5 - Procedimiento Tasación Verde.

De la figura 5.5 se desprende que para obtener una tasación verde es necesario al valor de tasación habitual sumar el valor que el mercado estaría dispuesto a pagar por los beneficios debido a la incorporación de elementos de eficiencia energética en la vivienda. Luego en este capítulo se deja estipulada, de acuerdo a la figura 5.5, la forma de incorporación de los beneficios de los elementos de eficiencia energética al valor de la vivienda. El cómo se calcula el valor de los beneficios es materia del próximo capítulo, sin embargo, algo se habló de ello en capítulos anteriores y en este: el valor presente de los ahorros energéticos.

## **CAPÍTULO 6 – PROCEDIMIENTO PARA LA ESTIMACIÓN DEL VALOR DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA TASACIÓN DE VIVIENDAS**

Del capítulo anterior, dedicado a analizar el concepto tasación, se concluyó que el valor de los beneficios derivados de las mejoras en eficiencia energética debe ser sumado al valor final de tasación, aquel entregado como opinión última del tasador en el informe de tasación posterior al proceso de reconciliación.

En el siguiente capítulo se entrega el procedimiento propuesto en este estudio para incorporar los beneficios derivados de la eficiencia energética en la tasación de una vivienda. Para ello se entrega una planilla que permite al tasador identificar los elementos que significan una diferencia en cuanto al comportamiento energético de la vivienda respecto a una vivienda convencional. Además se explica cómo cuantificar el valor presente de los ahorros en consumo de energía, entregando para ello todos los supuestos que deben ser considerados en este tipo de cálculos y entregando finalmente una planilla que permite ordenar todos los factores que determinan una tasación verde.

### **6.1. ETAPAS EN LA OBTENCIÓN DE UNA TASACIÓN VERDE**

La figura 5.5 resume el concepto de una tasación verde, que básicamente consiste sumar al valor de tasación habitual el valor del beneficio económico que se deriva de las mejoras en eficiencia energética incorporadas a la vivienda. A continuación se describen los pasos necesarios para identificar los elementos de eficiencia energética y cuantificar el valor presente de los ahorros generados:

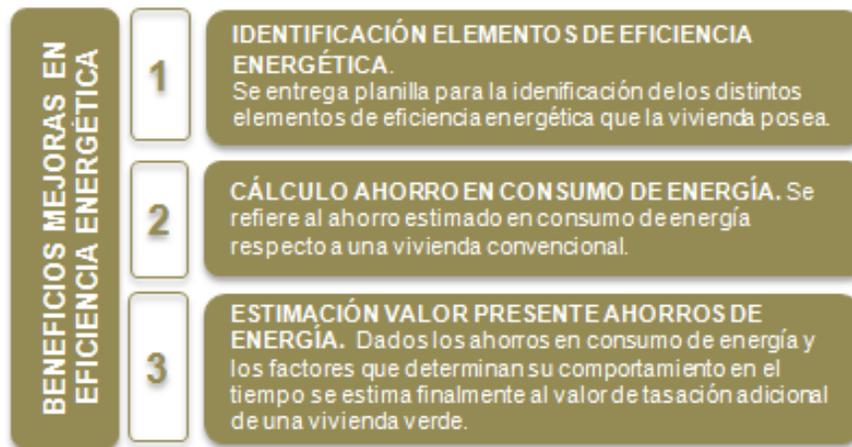


Figura 6.1 – Resumen procedimiento de obtención del valor de los beneficios en eficiencia energética.

### 6.1.1. IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

El primer paso necesario para obtener una tasación verde es la identificación de los elementos de eficiencia energética que posee la vivienda. Para ello el tasador debe tener a la vista documentos tales como: planos, especificaciones técnicas, certificado de recepción final, etiqueta de eficiencia energética (en caso de poseerla), etc., es decir, todos aquellos documentos que permitan al tasador identificar las mejoras y obtener sus características, que posteriormente permitan estimar el consumo de energía de la vivienda en cuestión. Para facilitar la clasificación y ordenar dichos elementos se propone la planilla entregada en la figura B.1 del anexo B de este documento.

Dicha planilla permite identificar los elementos de eficiencia energética que posee la vivienda y que fueron analizados en este estudio. Además, sirve en el caso de que el tasador realice posteriormente el cálculo de ahorro en consumo de energía mediante la modelación de la vivienda y sus mejoras como se indicará en el siguiente punto, en caso contrario sólo es necesario considerar la opinión del experto energético u obtener los indicadores de la etiqueta de eficiencia energética.

Con la identificación específica de los elementos considerados como mejoras a la eficiencia energética de la vivienda es posible determinar el comportamiento energético que posee la vivienda y establecer comparaciones respecto a una vivienda referencial como se indica en el siguiente punto.

### **6.1.2. CÁLCULO CONSUMO DE ENERGÍA**

Una vez identificados los elementos de eficiencia energética que la vivienda posee, de acuerdo a lo especificado en el punto anterior, se debe estimar el consumo energético de la vivienda en cuestión para determinar, en caso que corresponda, el ahorro energético respecto a una vivienda convencional. Dicho valor se puede obtener siguiendo alguno de los siguientes pasos:

- En caso de que la vivienda posea etiqueta de eficiencia energética, se debe identificar el valor correspondiente al indicador primario de consumo de energía y el ahorro expresado en porcentaje respecto a una vivienda de referencia. Además en el certificado de calificación energética es posible identificar los consumos de energía desglosados por Calefacción y ACS, los cuales posteriormente permiten realizar los cálculos de ahorro económico.
- En caso de que la vivienda no posea etiqueta de eficiencia energética, se debe realizar una evaluación por un especialista o personal del equipo tasador calificado en eficiencia energética. Esta asesoría energética debe entregar como resultado el consumo de energía de la vivienda y el ahorro generado respecto a una vivienda de referencia.

En este estudio se estimará el consumo de energía en calefacción mediante la herramienta denominada CCTE\_v2 (software confeccionado por el gobierno en el marco de la creación del sistema de calificación energética) y para la estimación del consumo de energía en ACS se utiliza el algoritmo f\_chart\_v3 (planilla confeccionada por el gobierno para determinar el cumplimiento de la contribución mínima solar dentro del marco de la Ley 20.365 que regula la franquicia de sistemas solares térmicos).

### **6.1.3. ESTIMACIÓN DEL VALOR PRESENTE DE LOS AHORROS**

Con el valor del consumo de energía de la vivienda y el ahorro generado respecto a una vivienda convencional se debe estimar el valor presente de los ahorros anuales de

energía, cifra que se suma al valor final de tasación para obtener una tasación verde. El valor presente de los ahorros energéticos se determina según la siguiente relación matemática:

$$VP = \sum_{i=0}^n \frac{A_i}{(1+r)^i} \quad (6.1)$$

Donde:

VP: valor presente de los ahorros energéticos

A<sub>i</sub>: corresponde al Ahorro económico por concepto de consumo de energía en el periodo i

r: corresponde a la tasa de descuento

n: corresponde al número de periodos en que los ahorros energéticos se estiman

El ahorro económico (A<sub>i</sub>) se obtiene de multiplicar el ahorro en consumo de energía (obtenido según las indicaciones del punto 6.1.2) por el costo de la energía en el período i. Cabe señalar que el ahorro en energía se debe separar por cada consumo (ACS y calefacción) para posteriormente multiplicar por el valor del energético que corresponda de acuerdo a los consumos y porcentajes de uso de energético característicos de cada zona térmica.

La tasa de descuento (r) debe ser, como se concluyó en los capítulos 3 y 4 de este documento, la misma tasa utilizada para solicitar el crédito hipotecario. El tasador en este caso debe obtener las tasas de interés promedio utilizadas en el mercado hipotecario en la fecha de confección del informe de tasación.

El periodo de recuperación de los ahorros energéticos (n) se determina a partir de la vida útil de los elementos de eficiencia energética incorporados a la vivienda. Para ello se considera que los elementos correspondientes a la envolvente térmica tienen la misma vida útil que la vivienda (valor determinado a partir de SII) y los elementos que funcionan en base a ERNC se debe determinar su vida útil en cada caso particular dependiendo del equipo instalado.

Para ayudar en el proceso de cálculo del valor presente de los ahorros de energía, se presenta a continuación una planilla que permite identificar los distintos factores que determinan dicho valor:

<b>PLANILLA TASACIÓN VERDE</b>	
<b>1. Características vivienda</b>	
Año construcción	<input style="width: 100px;" type="text"/>
Fecha tasación	<input style="width: 100px;" type="text"/>
Valor tasación	<input style="width: 100px;" type="text"/> UF
<b>2. Factores Valor Presente ahorros energía</b>	
Tasa de descuento	<input style="width: 100px;" type="text"/>
$n_{\text{envolvente}}$	<input style="width: 100px;" type="text"/>
$n_{\text{equipos}}$	<input style="width: 100px;" type="text"/>
<b>3. Ahorro en Consumo</b>	
$A_{\text{calefacción}}$	<input style="width: 100px;" type="text"/> kWh/año
$A_{\text{ACS}}$	<input style="width: 100px;" type="text"/> kWh/año
$A_{\text{electricidad}}$	<input style="width: 100px;" type="text"/> kWh/año
<b>4. Tasación Verde</b>	
$VP_{\text{ahorros}}$	<input style="width: 100px;" type="text"/> UF
Valor Tasación	<input style="width: 100px;" type="text"/> UF
<b>TASACIÓN VERDE</b>	<input style="width: 100px;" type="text"/> UF

Figura 6.2 - Planilla cálculo valor presente ahorros energía.

### 6.1.3.1. ESPECIFICACIÓN ÍTEMS PLANILLA VALOR PRESENTE AHORROS ENERGÉTICOS

Con el fin de entender mejor los conceptos anteriores y obtener por parte del tasador una mejor aplicabilidad de la herramienta, se describen a continuación cada uno de los puntos de la figura 6.2:

- El año de construcción permite al tasador estimar los periodos en que son considerados los flujos de ahorro de energía.
- La fecha de tasación de la vivienda permite al tasador estimar los periodos en que son considerados los flujos de ahorro de energía, además de ser la referencia para determinar la tasa de descuento que se debe utilizar.
- El valor de tasación corresponde al valor obtenido por el tasador mediante el proceso de valoración habitual.
- La tasa de descuento corresponde a la tasa promedio que obtienen los consumidores de créditos hipotecarios en el mercado chileno a la fecha de confección del informe de tasación.
- El  $n_{\text{envolvente}}$  corresponde a la vida útil remanente de las mejoras que posee la vivienda asociadas a la envolvente térmica.
- El  $n_{\text{equipos}}$  corresponde a la vida útil remanente de las mejoras que posee la vivienda asociadas a equipos que utilizan ERNC.
- El  $A_{\text{calefacción}}$ ,  $A_{\text{ACS}}$ ,  $A_{\text{electricidad}}$  corresponden a los respectivos ahorros en consumo de energía (kWh/año) que posee la vivienda objeto, dadas las mejoras en eficiencia energética, respecto a una vivienda convencional.
- El  $VP_{\text{ahorros}}$  corresponde al valor presente de los ahorros energéticos determinado mediante la fórmula entregada en este capítulo, teniendo en cuenta que es necesario separar los consumos y multiplicar por los energéticos que se utiliza en forma habitual en cada zona térmica.
- Como resultado final se obtiene la **TASACIÓN VERDE** que corresponde a la suma de  $VP_{\text{ahorros}}$  más valor tasación entregado en el tercer punto.

## 6.1.4. EJEMPLO VALOR PRESENTE DE LOS AHORROS

Para ejemplificar y dar entendimiento al procedimiento descrito en el punto anterior paso a paso, se utilizan los resultados obtenidos de las viviendas piloto calificadas por el nuevo sistema de calificación energético de viviendas en Chile y los supuestos en cada caso para finalmente obtener el valor presente de los ahorros de energía.

1. *Calificación energética de la vivienda y estimación de los ahorros.* Como se observó en las EEM, para acreditar el comportamiento energético de la vivienda es necesario contar con un documento emitido por un tercero externo, experto en el tema; en el caso chileno el informe emitido por el nuevo sistema de calificación energético de viviendas (específicamente los indicadores que este entrega) debe ser suficiente para obtener los datos de ahorro energético. Luego, para ejemplificar este punto, se utilizan las estimaciones realizadas por el MINVU para las viviendas utilizadas como piloto en el desarrollo del sistema de calificación energético, de las cuales se presenta la calificación energética obtenida (letra), estimación del ahorro en consumo de energía (desglosado por calefacción, iluminación y ACS) y finalmente se estima el valor de estos ahorros. Las viviendas analizadas pertenecen a ciudades de las zonas térmicas 5, 6 y 7, y el recuadro con los valores utilizados es el siguiente:

Tabla 6.1 - Ahorros estimados en casos pilotos calificados<sup>74</sup>.

Tipología vivienda	Sup. (m <sup>2</sup> )	Ciudad	Zona térmica	Calificación Energética		Ahorro en consumo de energía (kWh/año)			Ahorro en consumo de energía al año (\$)			
				Arquitectura	Arquitectura + Equipos + Tipo de Energía	Calefacción	Iluminación	ACS	Calefacción	Iluminación	ACS	TOTAL
Casa aislada 2 pisos	102,4	Puerto Varas	6	B	D	13517	1229	4506	986.726	0	0	986.726
Casa aislada 2 pisos	182,63	Valdivia	5	A	C	68778	1461	584	1.650.683	203.085	42.662	1.896.430
Casa aislada 1 piso	120,17	Coyhaique	7	C	E	2812	793	853	67.487	110.244	62.284	240.016

FUENTE: Tabla presentación Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Seminario “La Ciudad y su Valoración”, Bienal de Arquitectura, Diciembre 2012.

<sup>74</sup> En todos los casos el energético utilizado para iluminación es la electricidad (\$139/kWh) y para ACS es el gas licuado (\$73/kWh). En la vivienda de Puerto Varas el energético utilizado para calefaccionar es el gas licuado, mientras que en Valdivia y Coyhaique es leña (\$24/kWh).

El valor entregado en la última columna de la tabla anterior corresponde al valor ahorrado anualmente por concepto de gasto en consumo de energía (en un determinado año) por una vivienda respecto a una vivienda de referencia debido a las mejoras en eficiencia energética que posee la vivienda objeto que se relacionan con la calificación energética respectiva. En estricto rigor para calcular el valor económico de los ahorros energéticos se debe considerar el valor ahorrado para cada año proyectado, sin embargo, para este ejemplo se consideraran los valores entregados en la tabla 6.1 como valor fijo en cada año de capitalización de los ahorros.

2. *Elección tasa de interés.* La tasa de interés utilizada para estimar el valor presente de los ahorros energéticos debe ser la misma que se utiliza para calcular el crédito hipotecario. Para efectos de este ejemplo se utilizará una tasa de tipo fija, que será igual al interés corriente<sup>75</sup> para operaciones reajustables en moneda nacional de un año o más, superiores al equivalente de UF 2.000 a la fecha del 31 de diciembre de 2012, cuyo valor es 4,4%.
3. *Cuantificación valor presente de los ahorros energéticos.* En estricto rigor se debe realizar el cálculo del valor presente de los ahorros energéticos considerando la vida útil de los elementos de eficiencia energética. Para ello se considera que la vida útil de las mejoras en eficiencia energética relacionadas a la envolvente térmica tienen la misma vida útil que la vivienda, lo que depende según el SII de su materialidad. La vida útil de los equipos y otro tipo de mejoras dependerá de cada caso en particular de acuerdo a las especificaciones técnicas. Para obtener el número de años de capitalización efectivo de los ingresos se debe tomar la diferencia entre el año de construcción de la vivienda y la vida útil remante que le queda a la fecha de tasación de la vivienda. Los valores de vida útil corresponden al valor entregado por las tablas del Servicio de Impuestos Internos (SII), según el tipo de materialidad de la vivienda en cuestión.

---

<sup>75</sup> El interés corriente es el interés promedio cobrado por los bancos y sociedades financieras establecidas en Chile en las operaciones que realicen en el país, salvo ciertas exclusiones que enumera la ley, y corresponde a la SBIF determinar las tasas de interés corriente, pudiendo distinguir entre operaciones en moneda nacional o extranjera, reajustables o no reajustables.

El cálculo del valor presente de los ahorros se debe hacer mediante la fórmula de matemáticas financieras 6.1 indicada en párrafos anteriores. Se debe tener en cuenta, eso sí, que existen tipos de consumos diferentes que utilizan energéticos diferentes dependiendo de la zona térmica, y además que los periodos de capitalización de los ahorros pueden ser diferentes dependiendo del tipo de mejora.

Como se dijo anteriormente para este ejemplo el valor del ahorro en consumo de energía es constante y es el que se obtiene de la última columna de la tabla 6.1: Ahorros estimados en casos pilotos calificados; la tasa de interés como se dijo en el punto 2 es igual a 4,4% y el valor n dependerá de la materialidad de la vivienda, el valor de vida útil asignado por el SII asociado a dicha materialidad y los años de ocupación de la vivienda entre el año de construcción y el año en que se hacen las estimaciones energéticas; para efectos prácticos en este estudio se utilizará el valor n igual al entregado por la tabla de vidas útiles del SII<sup>76</sup>, cuyo extracto se entrega a continuación.

Tabla 6.2 - Vida útil de los bienes físicos del activo inmovilizado.

NOMINA DE BIENES SEGUN ACTIVIDADES	NUEVA VIDA UTIL NORMAL	DEPRECIACION ACELERADA
<b>A.- <u>ACTIVOS GENERICOS</u></b>		
1) Construcciones con estructuras de acero, cubierta y entresijos de perfiles acero o losas hormigón armado.	80	26
2) Edificios, casas y otras construcciones, con muros de ladrillos o de hormigón, con cadenas, pilares y vigas hormigón armado, con o sin losas.	50	16
3) Edificios fábricas de material sólido albañilería de ladrillo, de concreto armado y estructura metálica.	40	13
4) Construcciones de adobe o madera en general.	30	10
5) Galpones de madera o estructura metálica.	20	6
6) Otras construcciones definitivas (ejemplos: caminos, puentes, túneles, vías férreas, etc.).	20	6
7) Construcciones provisionarias.	10	3

FUENTE: Servicio Impuestos Internos (SII)<sup>77</sup>.

<sup>76</sup> Esto implica que no existe diferencia entre el año de construcción y el año de tasación.

<sup>77</sup> [http://www.sii.cl/pagina/valores/bienes/tabla\\_vida\\_enero.htm](http://www.sii.cl/pagina/valores/bienes/tabla_vida_enero.htm)

Las materialidades de las viviendas ejemplificadas se obtienen del Informe Etapa 3 del estudio del Sistema de Certificación Energético de Viviendas en Chile, denominado: “Aplicación de piloto de la certificación energética de viviendas”.

Caso 1: Casa Puerto Varas 102,4 m<sup>2</sup>, muros de estructura Metalcón con lana mineral y poliestireno expandido en su interior. Posee un revestimiento vinílico por el exterior. Dado esto el valor de n se asocia a los activos genéricos tipo 3, cuyo valor es 40 años.

Casa Valdivia 182,63 m<sup>2</sup>: en primer piso muros exteriores dobles, la parte exterior de éstos está compuesta por un muro de Hormigón Armado (15 cm) con aislación exterior de poliestireno expandido (50 mm), la parte interior corresponde a una estructura tipo Metalcón rellena con lana mineral (50mm) en su interior. En segundo y tercer piso los muros son de estructura tipo Metalcón con aislación interior compuesta por lana mineral de 90 mm de espesor y por el exterior del muro Isopol de Instapanel el cual incorpora poliestireno expandido (100 mm) en su interior. Dado esto el valor de n se asocia a los activos genéricos tipo 3, cuyo valor es 40 años.

Casa Coihaique 120,17 m<sup>2</sup>: los muros exteriores corresponden al tipo Metalcón con aislación térmica de lana mineral (60 mm) en su interior. Dado esto el valor de n se asocia a los activos genéricos tipo 3, cuyo valor es 40 años.

Así con los datos anteriores (datos tabla 5.3, estimación tasa de descuento y estimación vida útil viviendas) se calcula el valor presente de los ahorros energéticos de las tres viviendas pilotos del sistema de calificación energético:

Tabla 6.3 - Cálculo valor presente de ahorros energéticos.

Tipología vivienda	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Zona térmica	Ahorro anual [\$]	n	Tasa interés %	VP [\$]
Casa aislada 2 pisos	102,4	6	986.726	40	4,4	19.229.928
Casa aislada 2	182,63	5	1.896.430	*	4,4	35.535.955

Tipología vivienda	Superficie [m2]	Zona térmica	Ahorro anual [\\$]	n	Tasa interés %	VP [\\$]
pisos						
Casa aislada 1 pisos	120,17	7	240.016	*	4,4	3.678.662

Para los cálculos de la figura anterior se desglosaron los consumos de calefacción (atribuidos a mejoras en la envolvente térmica) de los consumos de iluminación y ACS (atribuidos a equipos que utilizan ERNC). Los ahorros en consumo de los primeros son capitalizados en la misma cantidad de años que la vida útil de la vivienda, y a los segundos se consideró un periodo de retorno de 20 años. Cabe destacar que para efectos de este ejemplo no se consideró el costo de mantención de los equipos en dicho periodo.

Así finalmente, los valores señalados en la última columna de la tabla 6.3 indican el valor que se debe sumar al valor de tasación final de la vivienda por concepto de eficiencia energética.

Además si se utilizan los valores de ahorro energético anual de la figura 3.17 del capítulo 3, asociado a las distintas categorías del sistema de calificación energética de viviendas, basado en análisis del MINVU considerando una vivienda de 100 m<sup>2</sup> con consumo energético promedio de 192 kWh/m<sup>2</sup> año (80% calefacción, 19 % ACS y 1% iluminación), que utiliza gas licuado (\$73/kWh) como energético para calefacción y ACS, y electricidad (\$139/kWh) para iluminación, y los valores de tasa de interés de 4,4% y el valor n (considerando vivienda nueva) asociado a la vida útil de 40 años para el consumo en calefacción y 20 años para los consumos asociados a iluminación y ACS, se obtienen las siguientes cifras de valor presente de los ahorros energéticos:

Tabla 6.4 - Cálculo valor presente de ahorros energéticos asociado a calificación energética.

Calificación	Valor Presente \$
<b>A</b>	20.739.618
<b>B</b>	15.554.708
<b>C</b>	12.962.257
<b>D</b>	7.777.354

Se observa de la tabla anterior que mientras mejor sea el comportamiento energético de la vivienda, mayores serán los ahorros energéticos y por lo tanto mayor será el valor presente de dichos ahorros proyectados, lo que finalmente se traduce en un mayor porcentaje de aumento en el valor de tasación de la vivienda en cuestión.

Los valores entregados en la tabla 6.4 corresponden al valor máximo que los usuarios deberían estar dispuestas a financiar por elementos de eficiencia energética dentro de un hipotético programa de crédito hipotecario “verde” o financiamiento de la vivienda cualquiera sea, asegurando que el cliente pueda pagar la hipoteca convenida dado su nivel de gastos; o también puede ser visto como el máximo valor que una persona racional estaría dispuesta a pagar por elementos de eficiencia energética incorporados al hogar. Por esto es posible asociar el valor presente de los ahorros energéticos con el valor que deben tener los elementos de eficiencia energética en el proceso de tasación de una vivienda.

## **6.2. DISCUSIÓN DE ANTECEDENTES**

En el desarrollo del presente capítulo se presenta el procedimiento para cuantificar el valor presente de los ahorros de energía de una vivienda para incorporarlos al valor de tasación.

Para ello se analizaron tres pasos: Identificación de los elementos de eficiencia energética, cálculo del consumo de energía y valor presente de los ahorros energéticos; los cuales se comentan a continuación.

Del proceso de identificación de los elementos de eficiencia energética cabe destacar el documento propuesto en este estudio, la planilla de eficiencia energética. Esta tiene como propósito clasificar los elementos y describirlos detalladamente para posteriormente poder simular el comportamiento energético que poseen en la vivienda.

Una vez identificados las mejoras se debe obtener el ahorro en consumo de energía (kWh) que estos generan respecto a una vivienda de referencia. Dicho valor relacionado con los costos de la energía en cada periodo de análisis representan el ahorro energético (\$). Cabe señalar que en este proceso es necesario considerar: el valor proyectado de los energéticos, también se debe considerar los consumos desglosados (ACS y calefacción) por separado para relacionar con el energético correspondiente.

Respecto al cálculo del valor presente de los ahorros energéticos cabe señalar que se debe tener presente que la tasa para descontar los flujos futuros de ahorro energético es la tasa de interés de los créditos hipotecarios ofrecidas en el mercado por las instituciones financieras competentes registrados en la fecha de tasación de la vivienda. Respecto al periodo de capitalización de estos ahorros se debe separar aquellos ahorros en consumo derivados de la envolvente térmica de aquellos derivados de equipos que hacen uso de ERNC, puesto que dependiendo del caso presentan distintos valores de vida útil.

Respecto al valor del ahorro en consumo de energía se señalaron tres formas para su obtención, mediante la etiqueta de eficiencia energética (en caso de poseerla), asesoría energética de un experto o el cálculo de personal idóneo del equipo tasador. En relación a la etiqueta de eficiencia energética cabe destacar que el mercado de dicha calificación es aún muy prematuro para ser considerado, pero en caso de poseerla debe ser utilizada. Respecto a la asesoría energética externa se debe señalar que sus altos costos (comparados con el servicio de tasación misma) hacen muy compleja su aplicación, debido a que el cliente probablemente no estará dispuesto a asumir ese costo. Por último la alternativa del cálculo por personal del equipo tasador se debe señalar que los tasadores deben comenzar a adquirir las competencias necesarias para desarrollar este tipo de asesorías y poder ofrecerla dentro de sus servicios habituales de tasación.

A modo de resumen en la figura 6.4 se representa el procedimiento que se utilizará para determinar el valor de las mejoras en eficiencia energética en el precio de la vivienda:

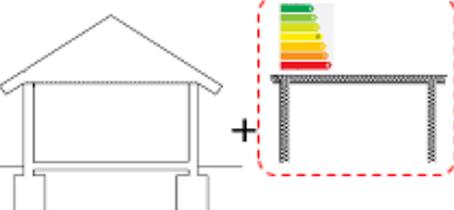
TIPO VIVIENDA	CONSUMO ENERGÍA [kWh/año]	PRECIO [UF]
<b>CONVENCIONAL</b> 	<b>X</b>	<b>P</b>  Valor final de informe de tasación
<b>ENERGETICAMENTE EFICIENTE</b> 	<b>Y</b>  <small>Estimado con software CCTE_v2 y algoritmo f_chart</small>	<b><math>P + VP(X-Y)</math></b>  <small>VP(X-Y): función valor presente ahorro de energía según capítulo 6</small>

Figura 6.4 - Resumen procedimiento tasaciones verdes.

Se observa de la figura 6.4 que para obtener una tasación verde es necesario sumar al valor final de tasación (P, obtenido mediante una tasación convencional) el valor obtenido de acuerdo a los supuestos del valor presente de los ahorros energéticos (VP(X-Y), según lo descrito en este capítulo).

## **CAPÍTULO 7 – APLICACIÓN DE METODOLOGÍA PARA LA TASACIÓN VERDE: ANÁLISIS DE CASOS**

En el siguiente capítulo se entrega la aplicación del procedimiento propuesto en el capítulo 6 y los principales resultados obtenidos.

Para ello se determina el conjunto de viviendas que serán objeto de estudio mediante la definición de características como: ubicación, tipología, materialidad, año de construcción y superficie.

Con estas características ya definidas se seleccionan, de los informes de tasación entregados por la empresa TRANSSA, las viviendas que mejor representen el conjunto de viviendas que se desea estudiar.

Posteriormente se aplica la metodología propuesta a cada una de las viviendas seleccionadas, que consiste en sumar al valor final de tasación, los beneficios económicos derivados de las mejoras en eficiencia energética actualizados. Las viviendas analizadas no presentan, de acuerdo a los informes de tasación, elementos de eficiencia energética, por lo cual es necesario realizar algunos supuestos. Al respecto se suponen dos conjuntos de elementos de eficiencia energética relativos a la envolvente térmica y un elemento de eficiencia energética relacionado al uso de ERNC cuyo impacto está relacionado con el consumo de ACS. Luego se determinan los ahorros energéticos que se obtienen de las mejoras, es decir, mediante la modelación de las viviendas en el software CCTE\_v2 se calcula cuanto es el ahorro energético en el consumo de cada mejora relacionada a la envolvente térmica y mediante el algoritmo de cálculo f-chart se determina el ahorro energético en consumo relacionado a la incorporación de la mejora que utiliza ERNC. Con los ahorros obtenidos junto a los valores de la energía, tasas de créditos hipotecarios y vidas útiles asociados a cada vivienda es posible obtener el valor presente de los ahorros energéticos que se suman al valor de tasación de la vivienda.

Al respecto cabe destacar que los resultados obtenidos mediante la aplicación de esta metodología son meramente teóricos, en el sentido de que se supone la estimación del ahorro en calefacción considerando un nivel de confort ideal, supuesto que en el caso chileno no es necesariamente correcto. Por lo cual los resultados corresponderían a una cota máxima del porcentaje de aumento en el valor de tasación de una vivienda.

Finalmente se entregan los resultados de las tasaciones verdes, desglosadas por cada tipo de mejora (A, C y colector); además se discute el impacto que tiene cada metodología en las distintas viviendas, diferenciando por zona térmica en que se ubican, tipología y el año de construcción de las viviendas.

## **7.1. PROCEDIMIENTO DE ELECCIÓN VIVIENDAS**

El objetivo principal de este capítulo es aplicar el procedimiento propuesto en el capítulo 6, a 8 viviendas mediante la ayuda de una empresa de tasaciones que esté dispuesta a implementar dichos procedimientos en su proceso habitual de tasación. Desde el comienzo de este trabajo la empresa de tasaciones TRANSSA comprometió su ayuda en el desarrollo del estudio y en el traspaso de información. De acuerdo a lo establecido con Santiago Sánchez<sup>78</sup>, se definió que esta alternativa, de aplicar las metodologías propuestas en un proceso real de tasaciones, no era del todo viable debido a múltiples factores, entre ellos: el nivel de detalle del análisis de tasaciones inmobiliarias es mínimo debido a que “no es un servicio bien remunerado”, luego tratar de incorporar un elemento extra de análisis resulta impracticable por ahora; otro factor es la dificultad para encontrar viviendas que posean elementos de eficiencia energética que actualmente sean encomendadas para tasar por TRANSSA y que permita aplicar la metodología propuesta.

Debido a estas limitaciones, la alternativa que se barajó entonces fue solicitar informes de tasación a TRANSSA, y a esas viviendas, ya tasadas, suponerles la incorporación de elementos de eficiencia energética para luego aplicar la metodología propuesta de cálculo de estimación del valor de los elementos de eficiencia energética que se plantea

---

<sup>78</sup> Director de Tasaciones Especiales TRANSSA.

en capítulo 6, y así emular los procedimientos que se deberían seguir en una tasación habitual como si la vivienda incluyera los elementos de eficiencia energética.

Así con esta alternativa de análisis es posible combinar los datos de viviendas tasadas entregados por TRANSSA con la metodología para el tratamiento de la eficiencia energética propuesta en este estudio y así obtener una tasación verde.

### **7.1.1. DEFINICIÓN DE CASOS**

A continuación se detalla el procedimiento que se utilizó para solicitar los datos a la empresa de tasaciones TRANSSA. Primero se especifica cuáles son los parámetros característicos que deben tener las viviendas que serán objeto de estudio. Luego se exponen las viviendas que fueron entregadas por TRANSSA y posteriormente se seleccionan las viviendas cuyos informes de tasación cumplen de manera más completa con los parámetros que se desea estudiar.

#### **7.1.1.1. Características de viviendas a analizar**

A continuación se detallan los parámetros que se utilizarán para caracterizar las viviendas que serán objeto de este estudio:

*Zona Térmica:* se definen para analizar viviendas en tres zonas térmicas diferentes del país con el fin de observar el comportamiento de los elementos de eficiencia energética en el precio de la vivienda, dados los distintos requerimientos térmicos necesarios para cada zona. Las zonas térmicas escogidas son 1, 3 y 6, de manera de representar las zonas norte, centro y sur de Chile. Luego se escogieron comunas que fueran representantes de dichas zonas térmicas y que sirvieran a TRANSSA para discriminar en su base de datos. Las comunas escogidas son:

Tabla 7.1 - Comunas y sus respectivas zonas térmicas<sup>79</sup>.

Comuna	Zona Térmica
Antofagasta	1
Puente Alto	3
Puerto Montt	6

En el caso de las ciudades de Antofagasta y Puente Alto es necesario considerar la ubicación de las viviendas debido a que estas ciudades presentan en su clasificación más de una zona térmica. En el caso específico de Antofagasta las viviendas escogidas deben ubicarse a una altura menor a los 3.000 msnm para pertenecer a la zona térmica 1; y en el caso de Puente Alto las viviendas escogidas deben ubicarse a una altura menor a los 1.000 msnm para pertenecer a la zona térmica 3.

*Tipología:* para definir la tipología de las viviendas a analizar se utiliza la información entregada por el Estudio de Usos Finales y Curva de Oferta de la Conservación de la Energía en el Sector Residencial. En dicho estudio se agrupan zonas térmicas de similares características climáticas, para definir distintos grupos de zonas térmicas los cuales son: GTZB que agrupa a las zonas térmicas 1 y 2, GTZC que agrupa a las zonas térmicas 3, 4 y 5, y GTZD que agrupa a las zonas térmicas 6 y 7. Luego se estima el porcentaje de cada tipología de vivienda para cada uno de estos grupos de zonas térmicas como se desglosa en la siguiente tabla:

Tabla 7.2 - Grupo de zonas térmicas y tipologías de viviendas asociadas.

Nombre	Zonas	C. Aislada	C. Fila	C. Pareada	Depto.
GTZB	1 y 2	9,9%	3,8%	6,6%	3,1%
GTZC	3, 4 y 5	23,4%	5,5%	30,7%	10,9%
GTZD	6 y 7	4,4%	0,1%	1,4%	0,2%
<b>TOTAL</b>		37,7%	9,4%	38,7%	14,2%

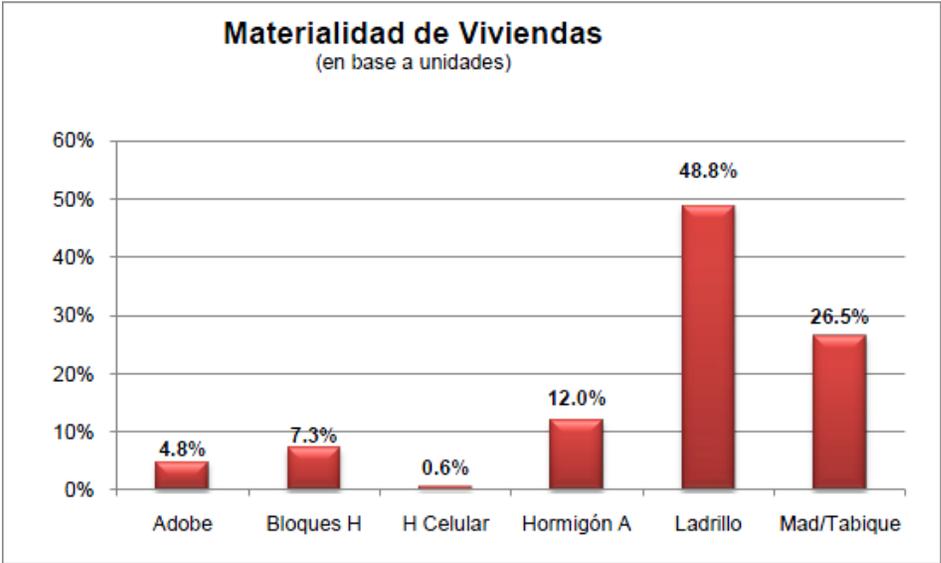
FUENTE: Estudio de Usos Finales y Curva de Oferta de la Conservación de la Energía en el sector Residencial, Septiembre 2010.

Se observa que las tipologías de viviendas más comunes son: pareadas y aisladas, luego se consideran estas tipologías para solicitar información a TRANSSA.

<sup>79</sup> Las comunas fueron escogidas por ser las más densamente pobladas de las respectivas zonas térmicas según Resultados Preliminares Censo de Población y Vivienda 2012, INE 2012.

*Año de construcción viviendas:* como se explicó en capítulos anteriores, la adopción de las distintas etapas de la reglamentación térmica en Chile fue temporalmente gradual. En el año 2000 se adoptan los requerimientos mínimos de aislación térmica en el complejo techumbre. En el año 2007 entra en vigencia la segunda etapa de la reglamentación térmica que regula la aislación térmica de muros, ventanas y pisos ventilados. Luego para efectos de este estudio se solicitan viviendas cuyo año de construcción sea antes del año 2000 y viviendas posteriores al 2007, para reflejar el impacto en el precio de la vivienda de los elementos de eficiencia energética en cada categoría de vivienda.

*Materialidad:* de acuerdo al Estudio de Usos Finales y Curva de Oferta de la Conservación de la Energía en el Sector Residencial la materialidad de viviendas en Chile se distribuye de acuerdo a la siguiente figura:



FUENTE: Estudio de Usos Finales y Curva de Oferta de la Conservación de la Energía en el sector Residencial, Septiembre 2010.

Figura 7.1 - Materialidad viviendas.

Dados los resultados de la figura anterior se solicitan viviendas de albañilería.

*Dimensiones viviendas objeto:* de acuerdo al Estudio de Usos Finales y Curva de Oferta de la Conservación de la Energía en el Sector Residencial la superficie de las viviendas en Chile según la tipología de la vivienda es la que se muestra en la siguiente figura:

<b>Tipo de vivienda</b>	<b>Superficie promedio [m<sup>2</sup>]</b>
Casa aislada	84
Casa pareada	72
Casa en fila	71
Departamento	76
<b>Total general</b>	<b>77</b>

FUENTE: Estudio de Usos Finales y Curva de Oferta de la Conservación de la Energía en el sector Residencial, Septiembre 2010.

Figura 7.2 - Dimensiones viviendas.

Luego las dimensiones de las tipologías solicitadas serán del orden de los valores entregados en la tabla anterior.

#### 7.1.1.2. Resumen solicitud de viviendas

Reuniendo todos los criterios descritos anteriormente se resume a continuación las características de las viviendas a solicitar a la empresa TRANSSA:

Tabla 7.3 - Características viviendas tipología pareada.

Comuna	m.s.n.m	Tipo	Materialidad	Área m <sup>2</sup>	Año construcción
Antofagasta	< 3000	Pareada	Ladrillo	Aprox. 72	antes de 2000
					después de 2007
Puente Alto	< 1000	Pareada	Ladrillo	Aprox. 72	antes de 2000
					después de 2007
Puerto Montt	-	Pareada	Ladrillo	Aprox. 72	antes de 2000
					después de 2007

Tabla 7.4 - Características viviendas tipología aislada.

Comuna	m.s.n.m	Tipo	Materialidad	Área m <sup>2</sup>	Año construcción
Puente Alto	< 1000	Aislada	Ladrillo	Aprox. 84	después de 2007
Puerto Montt	-	Aislada	Ladrillo	Aprox. 84	después de 2007

En resumen se estudia una vivienda que cumpla con las características de cada fila de las tablas anteriores, es decir, 8 casos.

### **7.1.2. SELECCIÓN DE VIVIENDAS**

La información que manejan las empresas de tasación tiene un carácter altamente confidencial por lo cual para obtener los informes de tasación, necesarios para el estudio, se debieron seguir los pasos que se describen a continuación.

El sistema de búsqueda de informes de tasación en la base de datos de TRANSSA, considera, entre otros, los siguientes ítems:

- Código
- Nombre calle
- Numeración
- Comuna
- Tipo
- m<sup>2</sup> terreno
- UF/m<sup>2</sup> terreno
- m<sup>2</sup> construcción
- UF/m<sup>2</sup> construcción
- Tasación \$
- Tasación UF
- Año construcción

El concepto “Tipo” se refiere a la clasificación entre viviendas tipo “Casa-habitación” u “Departamento”, siendo una nomenclatura interna de la empresa de tasación; y las viviendas calificadas como Casa-habitación no distinguen entre aisladas, pareadas o en fila. Además tampoco es posible distinguir a priori en el filtro de la base de datos la materialidad de la vivienda. Luego escoger viviendas de estas planillas que posean las

características que se quiere estudiar no es directo. Es por ello que el procedimiento utilizado para seleccionar los informes de tasación fue el siguiente:

1. La empresa TRANSSA envía tres planillas, una para cada comuna en estudio, con los ítems antes mencionados (Código, nombre calle, numeración, comuna, etc). En promedio cada planilla posee 200 datos de viviendas tasadas. Cabe destacar que todas las viviendas que conforman estas planillas corresponden al mismo cliente (de TRANSSA), con ello se logra de que todos los informes de tasación tengan la misma estructura e información.
2. Luego mediante los filtros se escogieron viviendas que cumplieran al menos con los requisitos que era posible observar de la planilla, es decir, que el ítem Tipo correspondiera a: Casa-Habitación, que el ítem m<sup>2</sup> construcción estuviera en el rango promedio entre 72-84 m<sup>2</sup> y que el año construcción estuviese, dependiendo del caso, antes del 2000 o posterior al 2007. En este ejercicio se seleccionaron 24 viviendas, 8 de cada comuna, cuyos Códigos (de informe de tasación) fueron enviados a TRANSSA para que estos posteriormente facilitaran los informes de tasación correspondientes.
3. De los 24 códigos seleccionados para solicitar el informe de tasación correspondiente, la empresa TRANSSA envió 23 informes debido a que uno de los informes solicitados no se encontraba temporalmente en la base de datos. Las características de las 23 viviendas de las cuales la empresa de tasaciones envió el respectivo informe de tasación se resumen a continuación:

Tabla 7.5 - Resumen características viviendas seleccionadas según informes de tasación<sup>80</sup>.

	N°	Tipología	Año construcción	Valor [UF]	m <sup>2</sup> construidos
ANTOFAGASTA	1	Pareada	1996	1759	89,8
	2	Pareada	1997	1533	79,88
	3	Pareada	1996	2215	90,52
	4	Pareada	1997	2007	83,5
	5	Pareada	2007	2282	89,5
	6	Pareada	2008	2552	83,6
	7	Pareada	2009	2391	75,4
	8	Depto.	2008	2091	75,1

<sup>80</sup> Se observa de la numeración que la vivienda de la cual no se pudo obtener el informe de tasación correspondiente es la 11.

	N°	Tipología	Año construcción	Valor [UF]	m <sup>2</sup> construidos
PUENTE ALTO	9	Pareada	1994	1508	84,9
	10	Pareada	1993	1237	84,7
	12	Pareada	1992	1588	85,6
	13	Aislada	2008	2268	90
	14	Aislada	2009	2668	95
	15	Pareada	2008	1858	86,5
	16	Pareada	2008	1708	77,1
PUERTO MONTT	17	Pareada	1994	1482	89,9
	18	Aislada	1989	1016	74,1
	19	Pareada	1999	1727	84,7
	20	Pareada	1988	867	92
	21	Aislada	2007	1544	86
	22	Pareada	2007	1716	73,3
	23	Aislada	2009	5582	138,9
	24	Aislada	2008	1302	68

4. De las 23 viviendas entregadas anteriormente se escogen 8, las cuales representan de mejor forma<sup>81</sup> los parámetros descritos en la solicitud de viviendas. Otro criterio, no menos importante, de selección de las 8 viviendas que se estudian, fue el nivel de información que entrega el respectivo informe de tasación; esto debido a que algunos informes de viviendas presentan mayor nivel de detalle que otros, específicamente en cuanto a datos de materialidad, terminaciones y detalle general de planos de la respectiva vivienda, elementos que permiten entender de mejor forma las viviendas para su posterior análisis. Cabe destacar que todas las viviendas seleccionadas de la comuna de Puerto Montt están constituidas por dos tipos de materialidad: en base a perfiles metálicos (tipo Metalcon y Volcometal) y en base a madera. Es decir, ninguna de las viviendas seleccionadas para esta comuna posee materialidad en base a ladrillos que era el tipo de material que se pretendía estudiar; luego en esta comuna se estudian las viviendas a pesar de la materialidad descrita.

<sup>81</sup> Se refiere a cumplir con los criterios definidos en el punto 7.1.1.2, es decir, se escoge a las viviendas que poseen las características que se definió a estudiar, que además su informe de tasación presente el mayor desglose de información y que el valor de tasación no difiera en demasía del resto de las viviendas consideradas.

El resumen de las principales características de las 8 viviendas escogidas para ser analizadas mediante las dos metodologías propuestas en este estudio se entrega en la tabla 7.6:

Tabla 7.6 - Resumen principales características viviendas escogidas

Comuna	Zona	Identificación Vivienda <sup>82</sup>	Tipología	Año de construcción	Materialidad	Superficie total [m <sup>2</sup> ]
Antofagasta	1	Vivienda 1	Pareado	1997	Albañilería reforzada	79,88
		Vivienda 2	Pareado	2009	Albañilería reforzada	74,88
Puente Alto	3	Vivienda 3	Pareado	1994	Albañilería armada	84,50
		Vivienda 4	Aislado	2008	Albañilería reforzada	90,18
		Vivienda 5	Pareado	2008	Albañilería reforzada	77,13
Puerto Montt	6	Vivienda 6	Pareado	1994	Estructura de madera	89,42
		Vivienda 7	Pareado	2007	Volcometal	74,50
		Vivienda 8	Aislado	2008	Metalcon	66,90

Para las mismas viviendas descritas en la tabla 7.6 se entrega el valor de tasación entregado en el informe final:

Tabla 7.7 - Valor de tasación viviendas.

Comuna	Vivienda	Año tasación	Valor Tasación UF
Antofagasta	Vivienda 1	2005	1.533
	Vivienda 2	2009	2.391
Puente Alto	Vivienda 3	2007	1.508
	Vivienda 4	2009	2.268
	Vivienda 5	2009	1.708
Puerto Montt	Vivienda 6	2007	1.482
	Vivienda 7	2008	1.716
	Vivienda 8	2008	1.302

En el Anexo A se entrega con mayor detalle la información de cada una de las viviendas analizadas, información extraída de los informes de tasación facilitados por TRANSSA:

## 7.2. ELEMENTOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA SUPUESTOS

Como las viviendas entregadas ya fueron tasadas y no es posible distinguir en los informes de tasación algún ítem relacionado a eficiencia energética es necesario, suponer la incorporación de mejoras para posteriormente poder aplicar la metodología

<sup>82</sup> De aquí en adelante las viviendas serán identificadas por el número respectivo que se les entrega en esta columna

propuesta como si las viviendas hubiesen tenido originalmente dichas mejoras. En el capítulo 3 se estableció que los mayores consumos de energía a nivel nacional provienen del consumo en calefacción (56,3%) y el consumo en ACS (17,6%). En este sentido se definen a continuación elementos de eficiencia energética que permiten disminuir dichos consumos y que serán las mejoras supuestas para cada vivienda.

### 7.2.1. ENVOLVENTE TÉRMICA

Las medidas de eficiencia energética que impactan sobre el consumo en calefacción de la vivienda y que serán analizadas en este estudio son materiales constructivos que aíslan la envolvente térmica.

Para determinar cuáles son las mejoras que serán consideradas para el análisis, en la tabla 3.12 se entrega un conjunto de recomendaciones de mejoras en diseño de las viviendas que, según estimaciones del gobierno, se debieran implementar para obtener una determinada calificación de acuerdo a los parámetros del nuevo sistema de calificación energético de viviendas en Chile.

De los conjuntos de mejoras descritos en la tabla mencionada se analizarán por separado aquellas que entregarían una clasificación tipo A y tipo C, cuyo desglose se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 7.8 - Mejoras seleccionadas para incorporar en viviendas analizadas

CALIFICACIÓN	MEJORAS EN EL DISEÑO
<b>A</b>	Ventanas DVH, U inferior a 3 10 cm de aislación térmica en muro por sobre la O.G.U.C. 5 cm de aislación térmica en techumbre por sobre la O.G.U.C Aislación de piso sobre terreno con $K_l = 1$
<b>C</b>	5 cm de aislación térmica de muro por sobre la O.G.U.C. 5 cm de aislación térmica de techumbre por sobre la O.G.U.C Aislación de piso sobre terreno con $K_l = 1$ <sup>83</sup>

<sup>83</sup> De acuerdo a la NCh 853, punto 5.6 Pisos en contacto con terreno, el valor de la transmitancia térmica lineal,  $K_l$ , igual a 1 corresponde a la clasificación de un piso Aislado cuyo valor asociado de resistencia térmica total  $R_t$  debe ser mayor a  $0,6 \text{ m}^2\text{C/W}$ , o equivalentemente, el valor de la transmitancia térmica no debe ser menor a  $1,67 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Específicamente los materiales de construcción que se utilizarán para cumplir con las mejoras expuestas en la tabla anterior son los siguientes:

Tabla 7.9 - Materiales para cumplir con las mejoras propuestas.

Partida Envolvente	Elemento Constructivo
Ventanas	Termopanel (DVH) con $U=1,9 \text{ W/mK}$
Aislación Muro	Poliestireno Expandido, densidad $15 \text{ kg/m}^3$ *
Aislación Techumbre	Poliestireno Expandido, densidad $15 \text{ kg/m}^3$ *
Aislación piso terreno	Poliestireno Expandido, densidad $15 \text{ kg/m}^3$ *

\* Según informe CDT el PE densidad  $15 \text{ kg/m}^3$  es el más utilizado en este tipo de aplicaciones.<sup>84</sup>

El espesor de los materiales en cada partida de la envolvente térmica de la vivienda depende de lo entregado en la tabla 7.8. Se observa que dichas mejoras en el diseño se estiman por sobre lo estipulado en la O.G.U.C. Luego es necesario hacer la distinción entre aquellas viviendas cuyo año de construcción es anterior al 2000 y aquellas cuyo año de construcción es posterior al 2007, esto debido a que las primeras además de las mejoras tipo A y tipo C será necesario agregar elementos que permitan cumplir con los requerimientos mínimos de la O.G.U.C (según criterios 2007).

### 7.2.2. COLECTORES SOLARES

La medida de eficiencia energética que impacta sobre el consumo de ACS de la vivienda y que será analizada en este estudio es el colector solar térmico.

El tipo de elemento que se supone incorporado a las viviendas son colectores de  $2 \text{ m}^2$  de superficie bruta y un estanque de almacenamiento de  $150 \text{ lt}$ <sup>85</sup>.

### 7.3. ANÁLISIS DE CASOS: DETERMINACIÓN DE LA TASACIÓN VERDE

A continuación se aplica la metodología descrita en el capítulo 6. Esta metodología consiste básicamente en sumar al valor de tasación de la vivienda, el valor presente de

<sup>84</sup> Estudio Usos Finales y Curva de Oferta de Conservación de la Energía en el Sector Residencial, página 131.

<sup>85</sup> Según lo especificado en informe Usos finales y curva de oferta de la conservación de la energía en el sector residencial, pag. 118: Instalación colectores solares.

los ahorros en consumo energético que una vivienda eficiente posee respecto a una convencional.

La alternativa de análisis consiste en realizar un conjunto de supuestos sobre las viviendas escogidas para así poder ejemplificar la forma en que se aplicarían los procedimientos de esta metodología. Las mejoras que serán analizadas son las que fueron adelantadas en el punto 7.2. La naturaleza de esta metodología tiene un carácter energético y económico, por lo tanto es necesario aclarar los conceptos que serán utilizados para la aplicación de esta metodología.

### **7.3.1. IDENTIFICACIÓN ELEMENTOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA**

El primer paso para obtener una tasación verde según lo descrito en este estudio es determinar y caracterizar los elementos que incorporan eficiencia energética a la vivienda. Esto con el fin de poder utilizar dicho detalle en el cálculo del ahorro en consumo en energía que se deben realizar en pasos posteriores. Para ello se debe utilizar la planilla de eficiencia energética entregada en el capítulo 6. Al respecto en el anexo B se detalla la planilla correspondiente para cada vivienda objeto de este análisis.

### **7.3.2. AHORROS ENERGÉTICOS DE VIVIENDAS**

Como se ha señalado anteriormente esta metodología se basa en estimar el ahorro en consumo energético que posee la vivienda objeto de tasación, y en base a dicho ahorro determinar el valor adicional que posee la vivienda respecto a sus comparables.

Dado que las viviendas seleccionadas ya fueron tasadas y no es posible aplicar la metodología directamente, se supone un conjunto de elementos de eficiencia energética que se incorporan a cada vivienda, es decir, mejoras en la envolvente térmica y utilización de colectores solares. Los detalles de los supuestos considerados se entregan a continuación.

### **7.3.2.1. Ahorro en consumo de energía por mejoras en envolvente térmica**

Para obtener los ahorros energéticos debido a la aislación de la envolvente térmica se modelan las viviendas escogidas en el software CCTE\_v2.

El software CCTE\_v2 posee conceptos específicos para definir los elementos y generar el modelo del cual se determina la demanda de energía. Puntualmente se definen elementos opacos y elementos semitransparentes. Los primeros se componen de muros exteriores, tabiques interiores, medianerías, divisiones horizontales (piso contacto terreno, pisos ventilados, cielos, etc.) y elementos del complejo techumbre. Los segundos se componen de los vanos, es decir, ventanas y puertas. El software posee una base de datos interna que contiene una gran cantidad de soluciones constructivas utilizadas en Chile agrupados en códigos; además existe la posibilidad de definir elementos específicos de acuerdo a las especificaciones y/o requerimientos del proyecto. Con estas aclaraciones se detallan los pasos para determinar los ahorros energéticos.

Primero se modela la vivienda con los materiales constructivos descritos en el informe de tasación. En caso de no existir información detallada de algún elemento necesario para modelar la vivienda en el software se supone un material utilizado comúnmente como solución constructiva para dicho elemento. El consumo energético de las viviendas originales se calcula suponiendo los requerimiento mínimos de acuerdo a la reglamentación térmica vigente, es decir, para aquellas viviendas que modeladas con los materiales descritos en el informe de tasación no cumplen con la ordenanza, se suponen los elementos necesarios de tal forma que cumpla con los requisitos mínimos establecidos. El desglose de los códigos de materiales utilizados para cada elemento descrito de vivienda se entrega en el Anexo C.

Luego de modelar la vivienda original y estimar su consumo, se modela la vivienda incorporando, a los elementos respectivos, las mejoras tipo A y tipo C. Para cada vivienda modelada con su respectivo conjunto de mejora en aislación térmica se determina el consumo y se calcula el respectivo porcentaje de ahorro respecto a la

vivienda original. El desglose de los códigos y elementos utilizados en las mejoras tipo A y C se entregan en el Anexo C.

Los resultados de ahorro en consumo de energía obtenidos para cada tipo de mejora respecto a la vivienda original se entregan a continuación:

Tabla 7.10 – Ahorro anual consumo de energía en calefacción según tipo de mejora.

Comuna	Vivienda	Año const.	Ahorro mejoras tipo C* [kWh]	Ahorro mejoras tipo A* [kWh]
Antofagasta	Vivienda 1	1997	2.809,8	3.413,7
	Vivienda 2	2009	2.178,9	2.860,3
Puente Alto	Vivienda 3	1994	5.335,3	7.538,2
	Vivienda 4	2008	5.131,2	8.422,8
	Vivienda 5	2008	4.427,3	6.610,0
Puerto Montt	Vivienda 6	1994	4.592,6	7.176,0
	Vivienda 7	2007	3.635,6	6.109,0
	Vivienda 8	2008	2.207,7	4.388,6

\* Calculado respecto a la vivienda original.

Cabe destacar que los ahorros en consumo de energía de las viviendas construidas antes del año 2000 (viviendas 1, 3 y 6) entregados anteriormente, consideran además del ahorro energético propio de las mejoras tipo A y tipo C, el ahorro energético derivado de las mejoras necesarias para cumplir con la reglamentación mínima vigente.

### 7.3.2.2. Ahorro consumo de energía por colectores

Para obtener los ahorros energéticos debido al uso de colectores solares se utiliza la planilla de cálculo denominada Algoritmo\_fchartv3<sup>86</sup>.

Para cada vivienda se determina el ahorro en consumo de ACS que produce el colector solar de 2 m<sup>2</sup> y 150 litros de capacidad. El algoritmo de cálculo requiere, como información de cada colector, lo siguiente: n° de habitaciones, comuna de ubicación de la vivienda, orientación, inclinación, m<sup>2</sup> superficie colector y capacidad.

<sup>86</sup> Planilla de cálculo para la verificación del cumplimiento de la contribución solar mínima para sistemas solares térmicos, desarrollada por el Ministerio de Energía.

Los datos de orientación e inclinación se determinan de tal forma de obtener el máximo rendimiento de los colectores. Para ello se siguen las recomendaciones del documento Sistemas Solares Térmicos<sup>87</sup>; luego la orientación de los colectores será norte y la inclinación será igual a la latitud de la comuna respectiva.

La planilla de cálculo entrega el aporte solar mensual (kWh) según el colector y el porcentaje de contribución solar respecto a la demanda. Los resultados de ahorro en consumo de energía para cada vivienda son los siguientes:

Tabla 7.11 – Ahorro anual en consumo de energía en ACS.

Comuna	Vivienda	Ahorro consumo ACS [kWh]
Antofagasta	Vivienda 1	1.587,0
	Vivienda 2	1.845,0
Puente Alto	Vivienda 3	1.731,0
	Vivienda 4	1.466,0
	Vivienda 5	1.466,0
Puerto Montt	Vivienda 6	1.086,0
	Vivienda 7	1.086,0
	Vivienda 8	1.086,0

El detalle de los supuestos para cada vivienda se entrega en el Anexo D.

Además se deben considerar los costos de mantención de este tipo de elementos al momento de hacer el flujo de ahorros energéticos, para ello se considera un costo anual de mantención igual a 1 UF/m<sup>2</sup> de colector.

### 7.3.2.3. Costo energía

Para determinar el valor económico que posee el ahorro en consumo energético es necesario indicar cuál es el valor de la energía en el año de tasación de la vivienda y el valor proyectado del precio de los energéticos durante la vida útil de la mejora.

Como las viviendas escogidas fueron tasadas entre los años 2005 y 2009, se necesita el costo de cada energético al menos del año 2005 en adelante. Para ello, se utilizan los

<sup>87</sup> CChC, Sistemas Solares Térmicos, Manual de diseño para el calentamiento de agua.

costos de los energéticos de un año base y luego utilizando índices de variación de los precios de los respectivos energéticos en cada año se obtienen los valores de cada energético en el año que se requiere. El año base para determinar el precio de los energéticos será el año 2009 y los valores de cada energético para dicho año se obtienen del informe Usos Finales y Curva de Oferta de la Conservación de la Energía en el Sector Residencial. Allí se entregan los costos de las diferentes fuentes de energía en las distintas agrupaciones de zonas térmicas del país, calculados en base a los precios de la energía para cliente final a diciembre del 2009. Los valores utilizados para el año base son los siguientes:

Tabla 7.12 - Costo de la energía en UF/MWh, año 2009.

Agrupaciones	Zonas	Electricidad UF/MWh	Gas Licuado UF/MWh	Kerosene UF/MWh	Gas Natural UF/MWh	Diesel UF/MWh	Leña húmeda UF/MWh	Leña seca UF/MWh	Carbón UF/MWh
GTZA	Todo el país	5,9	3	2,2	4,1	2	0,87	1,07	1,9
GTZB	1,2	6,7	3,2	2,4	3,4	2	0,93	1,14	1,9
GTZC	3,4,5	5,7	3	2,2	4,3	2	0,86	1,06	1,9
GTZD	6,7	6,2	3,2	2,2	0,5	2,1	0,88	1,08	1,9

FUENTE: Costo de la energía en UF/MWh para el año 2009, para zonas definidas, informe Usos Finales y Curva de Oferta de la Conservación de la Energía en el Sector Residencial, septiembre 2010.

Para obtener los valores de la energía de años anteriores (hasta el 2005) se utiliza la variación de cada fuente de energía, que se obtiene de la base de datos de la CNE (Comisión Nacional de Energía) que posee los registros históricos de la variación año a año de los precios de cada energético y en estudios que dan cuenta de la variación de un determinado energético.

Para proyectar el precio de los energéticos (del 2009 en adelante) se utilizan distintas fuentes. La proyección de los energéticos entre los años 2009 – 2020 se estima con cifras entregadas por el informe Usos Finales y Curva de Oferta de la Conservación de la Energía en el Sector Residencial de la CDT, en base a cifras de la CNE obtenidas de Purvin & Gertz (2009). Del año 2021 en adelante se supone un escenario moderado de aumento del precio de la energía, estimado en un aumento del 2% anual para cada

energético por igual, esto basado a las estimaciones del EAI<sup>88</sup> sobre el aumento del precio del barril de petróleo estimado hacia el 2040.

Para calcular el costo económico del ahorro energético es necesario, además de los precios de cada fuente de energía, considerar en que porcentaje se utiliza cada uno de ellos tanto para consumo en calefacción como para ACS dependiendo de la zona térmica en que se ubica la vivienda. Dichos porcentajes se obtienen del informe Usos Finales y Curva de Oferta de la Conservación de la Energía en el Sector Residencial y son los que se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 7.13 - Porcentaje de energético utilizado en consumo en calefacción

Zona	Gas Ciudad %	GN %	GLP %	Electricidad %	Leña %	Carbón %	Parafina %	Pellet %	Petróleo/Bencina %
1	0,00%	9,96%	14,23%	4,42%	65,89%	0,18%	5,32%	0,00%	0,00%
3	0,00%	2,05%	6,01%	0,84%	81,19%	2,01%	7,87%	0,04%	0,00%
6	18,42%	0,39%	0,07%	80,64%	0,04%	0,44%	0,00%	0,00%	0,00%

Tabla 7.14 - Porcentaje de energético utilizado en consumo en ACS

Zona	Gas Ciudad %	GN %	GLP %	Electricidad %	Leña %	Carbón %	Parafina %	Pellet %	Petróleo/Bencina %
1	0,00%	22,25%	76,99%	0,76%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
3	0,08%	25,14%	72,26%	1,86%	0,66%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
6	0,00%	47,70%	44,64%	1,47%	6,19%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

#### 7.3.2.4. Tasas de descuento y valores de vida útil

Los últimos factores necesarios para determinar el valor presente de los ahorros energéticos en cada vivienda son la tasa de descuento y la vida útil de la vivienda.

La tasa de descuento que se utiliza para actualizar los flujos de dinero futuro debido a los ahorros energéticos debe ser igual a la tasa que obtiene un cliente para comprar mediante un crédito hipotecario un bien inmueble, es decir, se estima el valor de las tasas de créditos hipotecarios promedio a la fecha de tasación de la vivienda en estudio. Para efectos de este estudio se utilizaran las tasas de interés corriente para operaciones reajustables en moneda nacional de un año o más, inferiores o iguales al equivalente de UF 2000, publicadas por la SBIF para la fecha de tasación de la vivienda

<sup>88</sup> [http://www.eia.gov/forecasts/aeo/er/early\\_prices.cfm](http://www.eia.gov/forecasts/aeo/er/early_prices.cfm), visitada el 7 de agosto de 2013.

en estudio según informe de tasación. Luego las tasas de descuento consideradas son las siguientes:

Tabla 7.15 - Tasas de interés corriente utilizadas.

Comuna	Vivienda	Fecha tasación	Tasa %*
Antofagasta	Vivienda 1	28-12-2005	6,86%
	Vivienda 2	22-06-2009	5,06%
Puente Alto	Vivienda 3	22-08-2007	5,26%
	Vivienda 4	23-11-2009	4,94%
	Vivienda 5	29-10-2009	5,02%
Puerto Montt	Vivienda 6	14-06-2007	5,26%
	Vivienda 7	27-03-2008	5,96%
	Vivienda 8	20-10-2008	5,66%

\* Tasa interés corriente para operaciones reajustables en moneda nacional inferiores o iguales a UF 2000, en la fecha de tasación.

Para determinar el valor de la vida útil de los elementos y con ello la cantidad de periodos de los flujos de ahorro de energía, se deben considerar por separado los elementos de eficiencia energética asociados a la envolvente térmica y aquellos asociados al consumo de ACS (colector), debido a que presentan vidas útiles diferentes.

Para las mejoras en envolvente térmica se considera una vida útil igual al valor determinado para la vivienda. El valor de la vida útil de la vivienda se determina a partir de la tabla de vida útil de bienes inmuebles entregada por el SII según la materialidad de la misma. Para el tipo de colector implementado se considera una vida útil igual a 25 años, según CDT (2010)<sup>89</sup>.

Luego el número de flujos futuros al que se proyectan los ahorros energéticos de cada vivienda se calcula como la diferencia entre la vida útil del elemento correspondiente menos la cantidad de años que existen entre el año de construcción de la vivienda y el año de tasación de la misma, es decir, los años teóricos de vida que le quedan de “actividad” a cada elemento. Los resultados de los periodos estimados para cada elemento se entregan en la siguiente tabla:

<sup>89</sup> [http://www.energysavers.gov/your\\_home/water\\_heating/index.cfm/mytopic=12860](http://www.energysavers.gov/your_home/water_heating/index.cfm/mytopic=12860)

Tabla 7.16 – Número de flujos del ahorro energético según mejora.

Comuna	Vivienda	Año const.	Año tasación	Vida útil vivienda	$n_{\text{envolvente}}$	Vida útil colector	$n_{\text{colector}}$
Antofagasta	Vivienda 1	1997	2005	50	42	25	17
	Vivienda 2	2009	2009	50	50	25	25
Puente Alto	Vivienda 3	1994	2007	50	37	25	12
	Vivienda 4	2008	2009	50	49	25	24
	Vivienda 5	2008	2009	50	49	25	24
Puerto Montt	Vivienda 6	1994	2007	30	17	25	12
	Vivienda 7	2007	2008	40	39	25	24
	Vivienda 8	2008	2008	40	40	25	25

### 7.3.3. RESULTADOS APLICACIÓN METODOLOGÍA TASACIÓN VERDE

Para obtener los resultados se siguen los pasos descritos en el capítulo 6 utilizando los valores del precio de la energía, ahorros en consumo, tasas de descuento y vida útiles presentados en este capítulo.

Los resultados, se entregan en tres conjuntos de datos, dependiendo del año de construcción y de la tipología de la vivienda:

- Viviendas pareadas construidas antes del 2000: viviendas 1, 3 y 6.
- Viviendas pareadas construidas después del 2007: viviendas 2, 5 y 7.
- Viviendas aisladas construidas después del 2007: viviendas 4 y 8.

A continuación se presentan los principales resultados de la aplicación de la metodología para obtener una tasación verde, según los conjuntos antes descritos; el desglose de los cálculos realizados se detalla en el Anexo E.

El valor presente de los ahorros en consumo de energía según el tipo de mejora se entrega en la siguiente tabla:

Tabla 7.17 – Valor presente ahorros en consumo de energía.

Vivienda	Tipo mejora	$VP_{\text{ahorros}}$ UF
Vivienda 1	Mejoras tipo C	96,3
	Mejoras tipo A	117,0
	Colector	32,6
Vivienda 2	Mejoras tipo C	112,2
	Mejoras tipo A	147,3

Vivienda	Tipo mejora	VP <sub>ahorros</sub> UF
	Colector	96,3
Vivienda 3	Mejoras tipo C	150,6
	Mejoras tipo A	212,8
	Colector	38,9
Vivienda 4	Mejoras tipo C	175,6
	Mejoras tipo A	288,3
	Colector	61,3
Vivienda 5	Mejoras tipo C	159,0
	Mejoras tipo A	237,5
	Colector	69,6
Vivienda 6	Mejoras tipo C	55,3
	Mejoras tipo A	86,3
	Colector	6,2
Vivienda 7	Mejoras tipo C	70,0
	Mejoras tipo A	117,7
	Colector	15,6
Vivienda 8	Mejoras tipo C	44,8
	Mejoras tipo A	89,0
	Colector	16,7

Si se agrupa las viviendas de acuerdo a los grupos entregados anteriormente, es decir, separados por año de construcción y por tipología se generan las siguientes figuras:

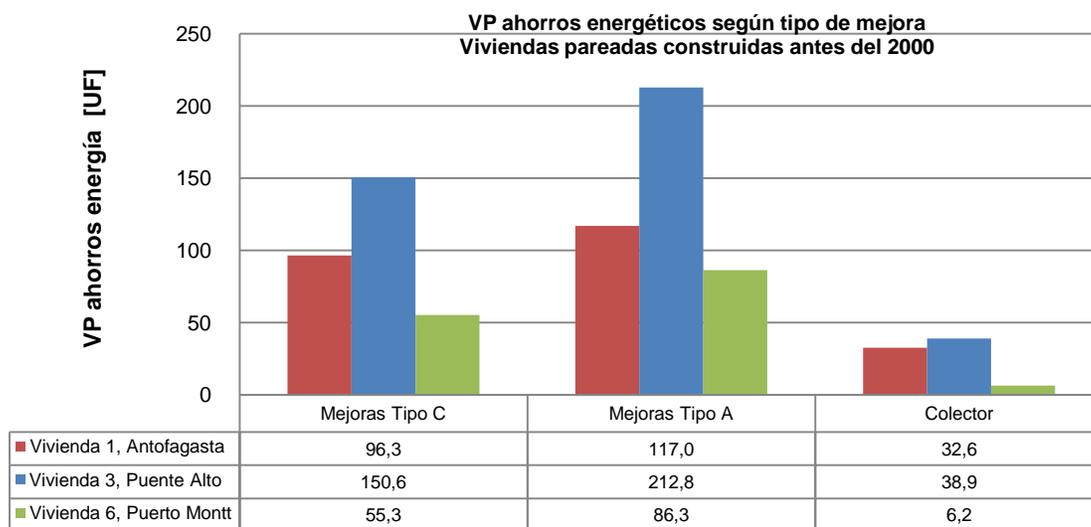


Figura 7.3 - Resultados VP ahorros energéticos en viviendas pareadas construidas antes del 2000

De la figura anterior se desprende lo siguiente:

- Para las mejoras tipo C el mayor valor presente se encuentra en la vivienda 3 ubicada en Puente Alto, seguida de la vivienda 1 ubicada en Antofagasta y finalmente la vivienda 6 ubicada en Puerto Montt. La diferencia entre el VP de las viviendas 1 y 3 se explica por el mayor ahorro en consumo de energía en calefacción que se produce en la vivienda 3 debido a estar ubicada en zona térmica 3, comparada con la vivienda 1 que se ubica en la zona térmica 1 (esto considerando que ambas viviendas tienen similares periodos de capitalización de los ahorros energéticos e igual materialidad). La diferencia de los resultados de las viviendas 1 y 3 respecto de la vivienda 6 se produce principalmente por dos factores que distorsionan la comparación. Uno es que la vivienda número 6, si bien es pareada y construida anterior al año 2000, presenta una materialidad diferente a las otras dos, lo que incide en el valor del consumo de energía. El hecho de que la vivienda sea de otra materialidad afecta también el valor de vida útil considerado, siendo en este caso menor a los estimados para las otras dos viviendas, por lo cual el periodo en el cual se capitalizan los ahorros es menor.
- En el caso de las mejoras tipo A se repite el fenómeno anterior, manteniéndose el mayor valor presente en la vivienda 3 y el menor en la vivienda 6. Las explicaciones para esto son similares a las presentadas en el caso de las mejoras tipo C.
- Para el valor presente de los ahorros debido al uso de colector solar se tiene que el mayor valor es para la vivienda 3, seguido de la vivienda 1 y finalmente la vivienda 6. La diferencia entre los valores de las viviendas 1 y 3 se debe a que para la vivienda 1 se estimó una demanda de ACS necesaria para 3 personas y en la vivienda 3 se consideró para 5 personas (esto en base al total de habitaciones de las respectivas viviendas), por lo cual se genera un efecto en el consumo de ACS y en el ahorro. Además los periodos de capitalización de los ahorros son distintos (5 años de diferencia) y las zonas térmicas en que se ubican las viviendas son distintas, considerando que para este tipo de sistemas la radiación solar es mayor en una zona que en la otra.

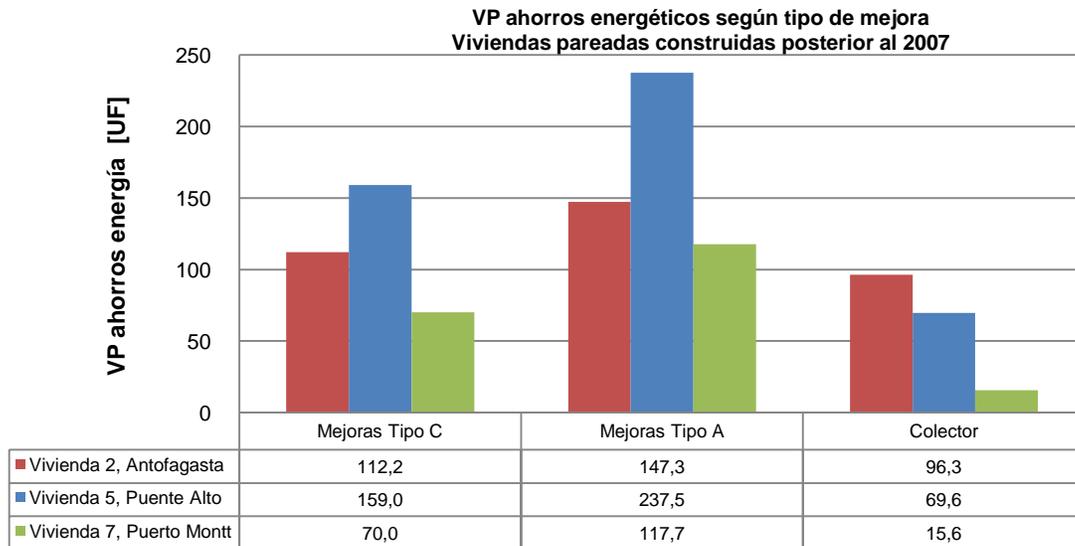


Figura 7.4 - Resultados VP ahorros energéticos en viviendas pareadas construidas posterior al 2007.

De la figura anterior se desprende lo siguiente:

- Para las mejoras tipo C el mayor valor presente se encuentra en la vivienda 5 ubicada en Puente Alto, seguida de la vivienda 2 ubicada en Antofagasta y finalmente la vivienda 7 ubicada en Puerto Montt. La diferencia entre el VP de las viviendas 2 y 5 se explica por el mayor ahorro en consumo de energía en calefacción que se produce en la vivienda 5 debido a estar ubicada en zona térmica 3, comparada con la vivienda 2 que se ubica en la zona térmica 1 (esto considerando que ambas viviendas tienen similares periodos de capitalización de los ahorros energéticos e igual materialidad). La diferencia de los resultados de las viviendas 2 y 5 respecto de la vivienda 7 se produce principalmente por dos factores que distorsionan la comparación. Uno es que la vivienda número 7, si bien es pareada y construida posterior al año 2007, presenta una materialidad diferente a las otras dos, lo que incide en el valor del consumo de energía. El hecho de que la vivienda sea de otra materialidad afecta también el valor de vida útil considerado, siendo en este caso menor a los estimados para las otras dos viviendas, por lo cual el periodo en el cual se capitalizan los ahorros es menor.
- En el caso de las mejoras tipo A se repite el fenómeno anterior, manteniéndose el mayor valor presente en la vivienda 5 y el menor en la vivienda 7. Las

explicaciones para esto son similares a las presentadas en el caso de las mejoras tipo C.

- Para el valor presente de los ahorros debido al uso de colector solar se tiene que el mayor valor es para la vivienda 2, seguido de la vivienda 5 y finalmente la vivienda 7. En este caso el periodo de capitalización en las tres viviendas es similar (25, 24 y 24 años respectivamente) y en las tres viviendas se considera el consumo de agua caliente para tres personas (estimado según el número de habitaciones de las viviendas); luego la diferencia se explica principalmente debido a la diferencia en el ahorro en consumo entre las viviendas considerando la diferencia en radiación solar debido a la zona térmica y la similitud de las demás variables.

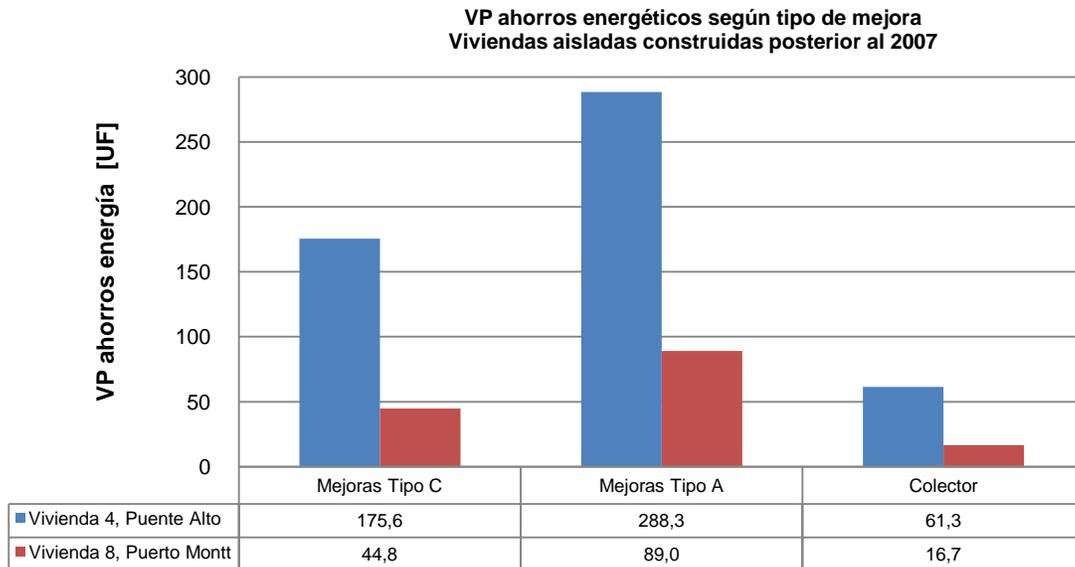


Figura 7.5 - Resultados VP ahorros energéticos en viviendas aisladas construidas posterior al 2007.

De la figura anterior se desprende lo siguiente:

- Para las mejoras tipo C el mayor valor presente se encuentra en la vivienda 4 ubicada en Puente Alto, seguida de la vivienda 7 ubicada en Puerto Montt. En este caso la diferencia se produce principalmente debido a que al ser viviendas de distinta materialidad una misma mejora tiene un impacto diferente en el ahorro en consumo de energía, siendo en este caso más del doble del ahorro en

consumo de la vivienda 4 respecto a la vivienda 8. Además el hecho de tener materialidad distinta implica que el periodo de capitalización de los ahorros es diferente, en este caso la vivienda 8 presenta un periodo de capitalización de los ahorros de energía 10 periodos menor que el caso de la vivienda 4.

- En el caso de las mejoras tipo A se repite el fenómeno anterior, manteniéndose el mayor valor presente en la vivienda 4 y el menor en la vivienda 8. Las explicaciones para esto son similares a las presentadas en el caso de las mejoras tipo C.
- Para el valor presente de los ahorros debido al uso de colector solar se tiene que el mayor valor es para la vivienda 4, seguido de la vivienda 8. En este caso el periodo de capitalización en las dos viviendas es similar (24 y 25 años respectivamente) y en las dos viviendas se considera el consumo de agua caliente para tres personas (estimado según el número de habitaciones de las viviendas); luego la diferencia se explica principalmente debido a la diferencia en el ahorro en consumo entre las viviendas considerando la zona térmica y la similitud de las demás variables.

A pesar de las explicaciones previas, cabe destacar que otras fuentes de variabilidad de los resultados corresponde a la elección de la tasa de descuento, que depende de la fecha de tasación de la vivienda y otro factor corresponde al precio de la energía considerado y el porcentaje en que se consume cada energético dependiendo de la zona térmica en que se ubica la vivienda según el consumo (calefacción y ACS). Si bien dichos valores son similares para todas las viviendas consideradas, existen diferencias que explican en menor medida los resultados obtenidos.

Con los valores anteriores se determina el impacto que existe sobre el valor de tasación de la vivienda, aplicando la metodología para obtener una tasación verde.

Los resultados de viviendas pareadas construidas antes del 2000 en las tres zonas térmicas analizadas son los siguientes:

Tabla 7.18 - Resultados viviendas pareadas construidas antes del 2000

Viviendas pareadas construidas antes del 2000				
Características Vivienda	Comuna	Antofagasta	Puente Alto	Puerto Montt
	Vivienda	Vivienda 1	Vivienda 3	Vivienda 6
	Materialidad	Albañilería reforzada	Albañilería armada	Estructura de madera
	Superficie [m <sup>2</sup> ]	79,9	84,5	89,4
	Año de Construcción	1997	1994	1994
	Año Tasación	2005	2007	2007
	Tasación Original [UF]	1.533,0	1.508,0	1.482,0
Mejoras tipo C	Tasación Mejoras C [UF]	1.629,3	1.658,6	1.537,3
	% Aumento tasación *	6,3%	10,0%	3,7%
Mejoras tipo A	Tasación Mejoras A [UF]	1.650,0	1.720,8	1.568,3
	% Aumento tasación *	7,6%	14,1%	5,8%
Mejoras tipo C + colector	Tasación Mejoras C + colector [UF]	1.661,9	1.697,5	1.543,4
	% Aumento tasación *	8,4%	12,6%	4,1%
Mejoras tipo A + colector	Tasación Mejoras A + colector [UF]	1.682,6	1.759,7	1.574,5
	% Aumento tasación *	9,8%	16,7%	6,2%

\* Calculado respecto al valor Tasación Original.

Gráficamente los resultados anteriores se entregan en la siguiente figura:

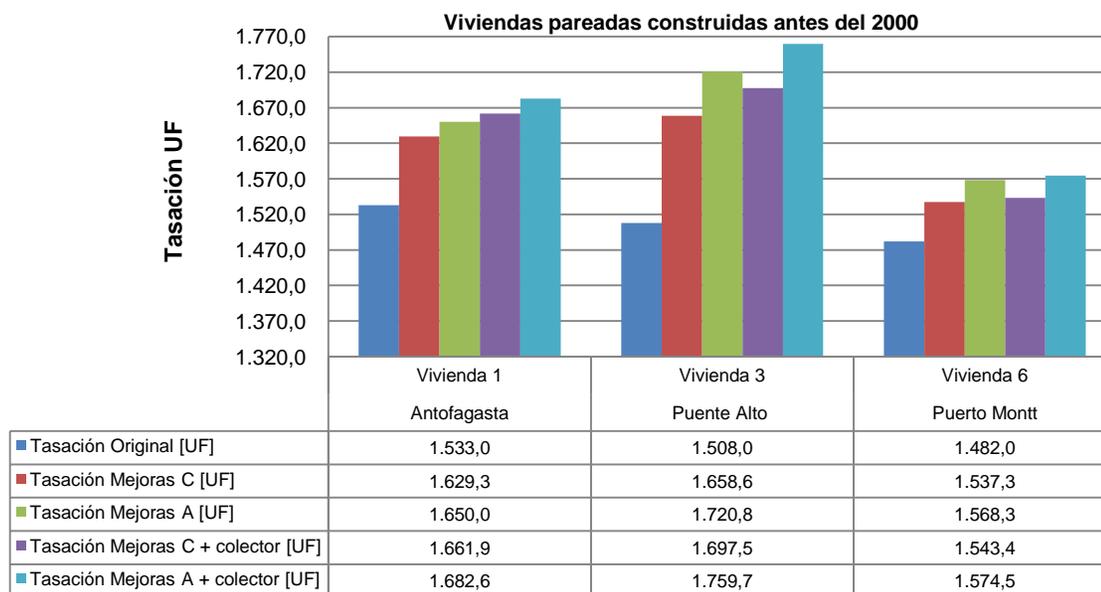


Figura 7.6 - Resultados viviendas pareadas construidas antes del 2000

Los resultados para el caso de viviendas pareadas construidas después del 2007 en las tres zonas térmicas analizadas son los siguientes:

Tabla 7.19 - Resultados viviendas pareadas construidas después del 2007

Viviendas pareadas construidas después del 2007				
Características Vivienda	Comuna	Antofagasta	Puente Alto	Puerto Montt
	Vivienda	Vivienda 2	Vivienda 5	Vivienda 7
	Materialidad	Albañilería reforzada	Albañilería reforzada	Volcometal
	Superficie [m <sup>2</sup> ]	74,9	77,1	74,5
	Año de Construcción	2009	2008	2007
	Año Tasación	2009	2009	2008
	Tasación Original [UF]	2.391,0	1.708,0	1.716,0
Mejoras tipo C	Tasación Mejoras C [UF]	2.503,2	1.867,0	1.786,0
	% Aumento tasación *	4,7%	9,3%	4,1%
Mejoras tipo A	Tasación Mejoras A [UF]	2.538,3	1.945,5	1.833,7
	% Aumento tasación *	6,2%	13,9%	6,9%
Mejoras tipo C + colector	Tasación Mejoras C + colector [UF]	2.599,5	1.936,6	1.801,6
	% Aumento tasación *	8,7%	13,4%	5,0%
Mejoras tipo A + colector	Tasación Mejoras A + colector [UF]	2.634,5	2.015,0	1.849,2
	% Aumento tasación *	10,2%	18,0%	7,8%

\* Calculado respecto a Tasación.

Gráficamente los resultados anteriores se entregan en la siguiente figura:

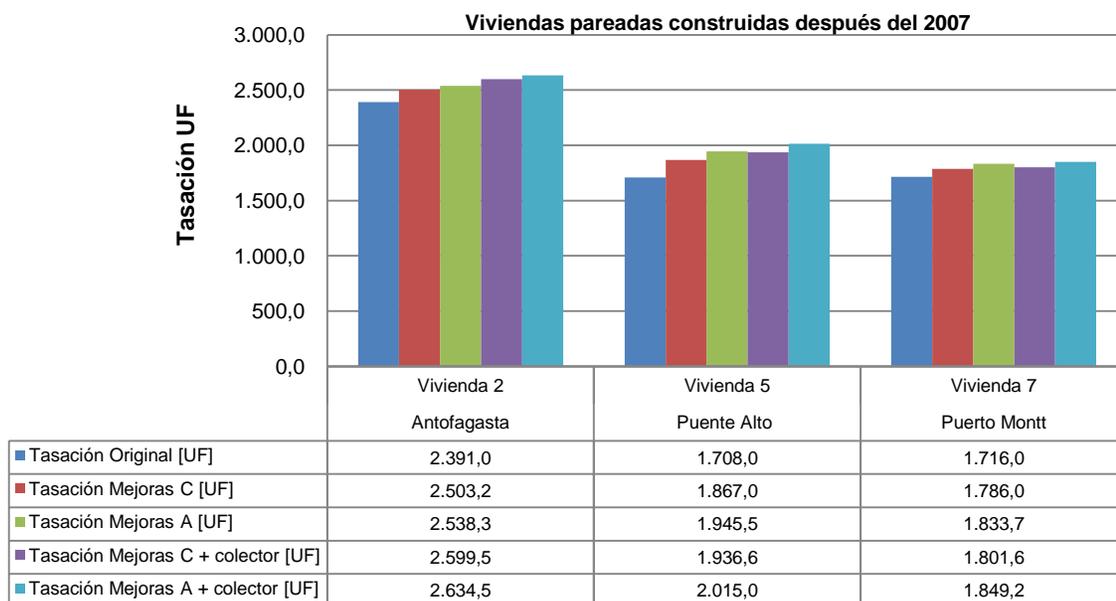


Figura 7.7 - Resultados viviendas pareadas construidas después del 2007

Los resultados para el caso de viviendas aisladas construidas después del 2007 en las tres zonas térmicas analizadas son los siguientes:

Tabla 7.20 - Resultados viviendas aisladas construidas después del 2007

Viviendas aisladas construidas después del 2007			
Características Vivienda	Comuna	Puente Alto	Puerto Montt
	Vivienda	Vivienda 4	Vivienda 8
	Materialidad	Albañilería reforzada	Metalcon
	Superficie [m <sup>2</sup> ]	90,2	66,9
	Año de Construcción	2008	2008
	Año Tasación	2009	2008
	Tasación Original [UF]	2.268,0	1.302,0
Mejoras tipo C	Tasación Mejoras C [UF]	2.443,6	1.346,8
	% Aumento tasación *	7,7%	3,4%
Mejoras tipo A	Tasación Mejoras A [UF]	2.556,3	1.391,0
	% Aumento tasación *	12,7%	6,8%
Mejoras tipo C + colector	Tasación Mejoras C + colector [UF]	2.505,0	1.363,5
	% Aumento tasación *	10,4%	4,7%
Mejoras tipo A + colector	Tasación Mejoras A + colector [UF]	2.617,7	1.407,7
	% Aumento tasación *	15,4%	8,1%

\* Calculado respecto a Tasación.

Gráficamente los resultados anteriores se entregan en la siguiente figura:

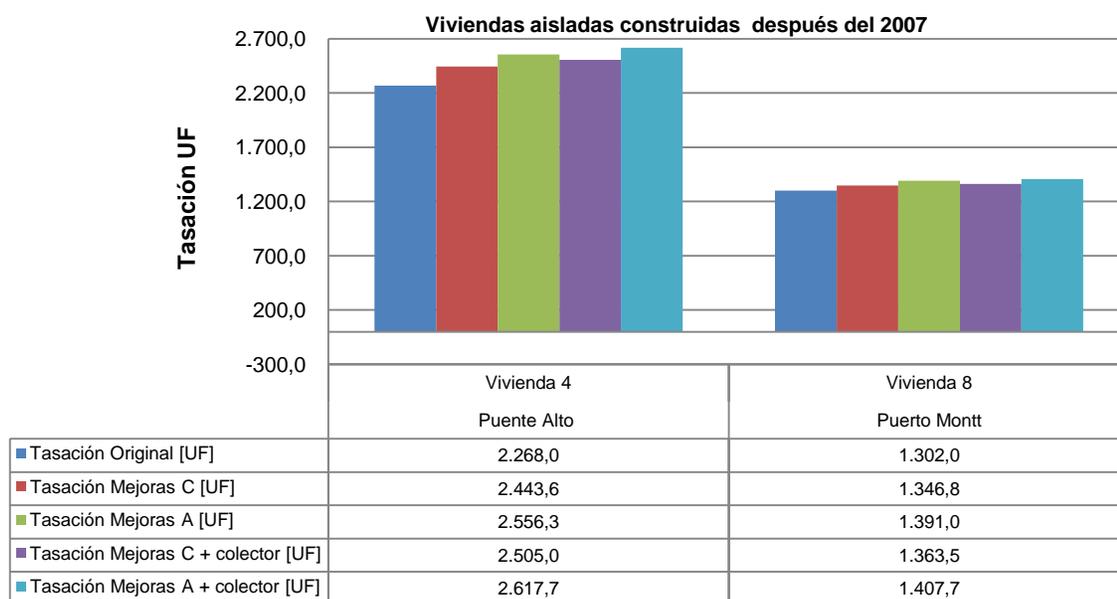


Figura 7.8 - Resultados viviendas aisladas construidas después del 2007

#### 7.3.4. DISCUSIÓN ANTECEDENTES TASACIÓN VERDE

En general se observa que todas las viviendas obtuvieron el máximo porcentaje de aumento en el valor de tasación de la vivienda debido a la implementación del conjunto

de medidas compuestas por las mejoras tipo A más colector solar, cuyos porcentajes varían entre 6,2% y 18,0%.

Por otro lado se observa que todas las viviendas obtuvieron el menor porcentaje de aumento en el valor de tasación de la vivienda debido a la implementación del conjunto de medidas tipo C, cuyos porcentajes varían entre 3,4% y 10,0%.

De esta forma observando los resultados de todas las viviendas analizadas los porcentajes de aumento en el valor de tasación de las viviendas debido a la aplicación de las distintas mejoras estudiadas varía entre 3,4% y 18,0%.

Para viviendas pareadas construidas antes del 2000 se observa lo siguiente:

- Respecto a la vivienda 1 ubicada en Antofagasta, cuya materialidad corresponde a albañilería reforzada, se obtuvo como máximo valor de aumento en la tasación de la vivienda un 9,8% respecto al valor original de tasación y dicho aumento se asocia al beneficio energético de las mejoras implementadas tipo A y colector solar. Además los porcentajes de variación del valor de tasación original de la vivienda relacionados a la combinación de las distintas mejoras implementadas se encuentra entre 6,3% y 8,4%.
- Respecto a la vivienda 3 ubicada en Puente Alto, cuya materialidad corresponde a albañilería armada, se obtuvo como máximo valor de aumento en la tasación de la vivienda un 16,7% respecto al valor original de tasación y dicho aumento se asocia al beneficio energético de las mejoras implementadas tipo A y colector solar. Además los porcentajes de variación del valor de tasación original de la vivienda relacionados a la combinación de las distintas mejoras implementadas se encuentra entre 10,0% y 14,1%. Cabe destacar que en esta vivienda se produce un porcentaje de aumento mayor en la tasación de la vivienda debido a la implementación de las mejoras tipo A (cuyo aumento es de 14,1%) que debido a la implementación de las medidas tipo C más colector solar (cuyo aumento es 12,6%).

- Respecto a la vivienda 6 ubicada en Puerto Montt, cuya materialidad corresponde a estructura de madera, se obtuvo como máximo valor de aumento en la tasación de la vivienda un 6,2%% respecto al valor original de tasación y dicho aumento se asocia al beneficio energético de las mejoras implementadas tipo A y colector solar. Además los porcentajes de variación del valor de tasación original de la vivienda relacionados a la combinación de las distintas mejoras implementadas se encuentra entre 3,7% y 5,8%. Cabe destacar que en esta vivienda se produce un porcentaje de aumento mayor en la tasación de la vivienda debido a la implementación de las mejoras tipo A (cuyo aumento es de 5,8%) que debido a la implementación de las medidas tipo C mas colector solar (cuyo aumento es 4,1%).

Para viviendas pareadas construidas posterior al 2007 se observa lo siguiente:

- Respecto a la vivienda 2 ubicada en Antofagasta, cuya materialidad corresponde a albañilería reforzada, se obtuvo como máximo valor de aumento en la tasación de la vivienda un 10,2% respecto al valor original de tasación y dicho aumento se asocia al beneficio energético de las mejoras implementadas tipo A y colector solar. Además los porcentajes de variación del valor de tasación original de la vivienda relacionados a la combinación de las distintas mejoras implementadas se encuentra entre 4,7% y 8,7%.
- Respecto a la vivienda 5 ubicada en Puente Alto, cuya materialidad corresponde a albañilería reforzada, se obtuvo como máximo valor de aumento en la tasación de la vivienda un 18,0% respecto al valor original de tasación y dicho aumento se asocia al beneficio energético de las mejoras implementadas tipo A y colector solar. Además los porcentajes de variación del valor de tasación original de la vivienda relacionados a la combinación de las distintas mejoras implementadas se encuentra entre 9,3% y 13,9%. Cabe destacar que en esta vivienda se produce un porcentaje de aumento mayor en la tasación de la vivienda debido a la implementación de las mejoras tipo A (cuyo aumento es de 13,9%) que debido a la implementación de las medidas tipo C mas colector solar (cuyo aumento es 13,4%).

- Respecto a la vivienda 7 ubicada en Puerto Montt, cuya materialidad corresponde a volcometal, se obtuvo como máximo valor de aumento en la tasación de la vivienda un 7,8% respecto al valor original de tasación y dicho aumento se asocia al beneficio energético de las mejoras implementadas tipo A y colector solar. Además los porcentajes de variación del valor de tasación original de la vivienda relacionados a la combinación de las distintas mejoras implementadas se encuentra entre 4,1% y 6,9%. Cabe destacar que en esta vivienda se produce un porcentaje de aumento mayor en la tasación de la vivienda debido a la implementación de las mejoras tipo A (cuyo aumento es de 6,9%) que debido a la implementación de las medidas tipo C mas colector solar (cuyo aumento es 5,0%).

Para viviendas aisladas construidas posterior al 2007 se observa lo siguiente:

- Respecto a la vivienda 4 ubicada en Puente Alto, cuya materialidad corresponde a albañilería reforzada, se obtuvo como máximo valor de aumento en la tasación de la vivienda un 15,4% respecto al valor original de tasación y dicho aumento se asocia al beneficio energético de las mejoras implementadas tipo A y colector solar. Además los porcentajes de variación del valor de tasación original de la vivienda relacionados a la combinación de las distintas mejoras implementadas se encuentra entre 7,7% y 12,7%. Cabe destacar que en esta vivienda se produce un porcentaje de aumento mayor en la tasación de la vivienda debido a la implementación de las mejoras tipo A (cuyo aumento es de 12,7%) que debido a la implementación de las medidas tipo C mas colector solar (cuyo aumento es 10,4%).
- Respecto a la vivienda 8 ubicada en Puerto Montt, cuya materialidad corresponde a metalcon, se obtuvo como máximo valor de aumento en la tasación de la vivienda un 8,1% respecto al valor original de tasación y dicho aumento se asocia al beneficio energético de las mejoras implementadas tipo A y colector solar. Además los porcentajes de variación del valor de tasación original de la vivienda relacionados a la combinación de las distintas mejoras implementadas se encuentra entre 3,4% y 6,8%. Cabe destacar que en esta

vivienda se produce un porcentaje de aumento mayor en la tasación de la vivienda debido a la implementación de las mejoras tipo A (cuyo aumento es de 6,8%) que debido a la implementación de las medidas tipo C mas colector solar (cuyo aumento es 4,7%).

Para viviendas pareadas, ubicadas en una misma zona térmica pero cuyo año de construcción es diferente, se observa lo siguiente:

- Para las viviendas 1 y 2, viviendas pareadas ubicadas en Antofagasta, de albañilería reforzada, cuyos años de construcción son 1997 y 2009 respectivamente, se tiene que los ahorros en consumo de energía en calefacción debido a la implementación de mejoras, para la vivienda 1 son mayores que para la vivienda 2, lo que se explica por las consideraciones en cuanto a reglamentación térmica existente al año de construir las viviendas. Sin embargo al observar el valor presente de dichos ahorros se observa que son mayores los obtenidos por la vivienda 2 debido a que los años de capitalización de los ahorros es mayor para una vivienda de construcción más reciente. Respecto al ahorro en consumo de energía de agua caliente sanitaria se observa un mayor ahorro en la vivienda 2, lo que se explica por la consideración de 3 habitaciones respecto a las 2 consideradas en la vivienda 1. En el caso del valor presente asociados a dicho consumo también se observa un mayor valor en la vivienda 2 que se explican por el mayor ahorro en consumo y por el mayor periodo de capitalización de los ahorros asociados a dicha mejora.
- Para las viviendas 3 y 5, viviendas pareadas ubicadas en Puente Alto, de albañilería reforzada, cuyos años de construcción son 1994 y 2008 respectivamente, se tiene que los ahorros en consumo de energía en calefacción debido a la implementación de mejoras, para la vivienda 3 son mayores que para la vivienda 5, lo que se explica por las consideraciones en cuanto a reglamentación térmica existente al año de construir las viviendas. Sin embargo al observar el valor presente de dichos ahorros se observa que son mayores los obtenidos por la vivienda 5 debido a que los años de capitalización de los ahorros es mayor para una vivienda de construcción más reciente. Respecto al

ahorro en consumo de energía de agua caliente sanitaria se observa un mayor ahorro en la vivienda 3, lo que se explica por la consideración de 5 habitaciones respecto a las 3 consideradas en la vivienda 5. En el caso del valor presente asociados a dicho consumo se observa un mayor valor en la vivienda 5 que se explica por el mayor periodo de capitalización de los ahorros asociados a dicha mejora.

- Para las viviendas 6 y 7, viviendas pareadas ubicadas en Puerto Montt, de estructura de madera y Volcometal respectivamente, cuyos años de construcción son 1994 y 2007 respectivamente, se tiene que los ahorros en consumo de energía en calefacción debido a la implementación de mejoras, para la vivienda 6 son mayores que para la vivienda 7, lo que se explica por las consideraciones en cuanto a reglamentación térmica existente al año de construir las viviendas. Sin embargo al observar el valor presente de dichos ahorros se observa que son mayores los obtenidos por la vivienda 7 debido a que los años de capitalización de los ahorros es mayor para una vivienda de construcción más reciente. Respecto al ahorro en consumo de energía de agua caliente sanitaria se tiene el mismo valor para ambas viviendas. En el caso del valor presente asociados a dicho consumo también se observa un mayor valor en la vivienda 7 que se explican por el mayor periodo de capitalización de los ahorros asociados a dicha mejora.

## CAPÍTULO 8 – CONCLUSIONES Y COMENTARIOS

A partir del análisis de estudios extranjeros que analizan el tema del valor de los elementos de eficiencia energética en el valor final de la vivienda se observa que existe un aumento en el valor final de adquisición del bien; luego es lógico pensar en procedimientos que relacionen el desempeño energético de la vivienda con el valor de la misma.

En este sentido en un mercado competitivo un usuario racional debería estar dispuesto a pagar como máximo por este tipo de mejoras el valor presente de los ahorros en consumo de energía que estos elementos generan durante su vida útil.

Para obtener una tasación verde, el valor presente de los ahorros en consumo de energía debe ser sumado al valor de tasación estimado por el tasador, obtenido como resultado del proceso de reconciliación mediante la aplicación del proceso de valoración habitual.

El procedimiento de tasación verde propuesto en este estudio considera los siguientes pasos:

- Identificación de los elementos de eficiencia energética de la vivienda en cuestión, para ello se entrega una planilla que permite al tasador identificar y caracterizar aquellas mejoras que determinan un mejor desempeño energético, respecto a viviendas convencionales,
- Cuantificación de los ahorros en consumo de energía medido en kWh/año, con el fin de obtener el valor del consumo de energía ahorrado. Para ello se recomienda utilizar los datos que entrega el sistema de calificación energético de viviendas (en caso de que la vivienda lo posea) o realizar una auditoría energética hecha por un experto, o personal del equipo tasador calificado para estos efectos,

- Estimación del valor presente de los ahorros en consumo de energía, para ello se entrega una planilla que permite al tasador ordenar la información que permite estimar el valor presente de los ahorros.

En general respecto al procedimiento propuesto se debe señalar que para su aplicación el tasador debe manejar el concepto de eficiencia energética, como este influye en el desempeño energético de la vivienda y el beneficio económico que se genera.

Respecto a la cuantificación del ahorro en consumo de energía se debe considerar en relación al sistema de calificación energético de viviendas en Chile (en caso de que la vivienda la posea) que el parámetro útil, para determinar el ahorro es el indicador de consumo de energía que se desprende de la etiqueta de eficiencia energética y la descomposición porcentual que de dicho valor se entrega en el mismo documento. En caso de que la vivienda no posea etiqueta de eficiencia energética se debe contratar un tercero experto en eficiencia energética que determine el consumo de energía de la vivienda objeto y el ahorro que se genera respecto a una vivienda convencional. Sin embargo esta opción, debido al costo de la asesoría energética, encarece el servicio de la tasación misma. La otra opción es que dicho valor sea calculado por personal del equipo tasador utilizando, como se hizo para este trabajo, herramientas de cálculo energético apropiadas (en este caso se utilizó CCTE\_v2 y algoritmo f\_chart); en este caso los tasadores se deben instruir en el tema de la eficiencia energética y sus conceptos, así permitirá a las empresas de tasación ofrecer un servicio más integral y el costo será menor que al externalizar el servicio de asesoría energética.

Con los consumos de energía determinados es posible estimar el valor presente de los ahorros correspondientes. El valor presente de los ahorros en consumo depende de los siguientes factores:

- Del ahorro en consumo de energía estimado. Dicho valor depende a su vez de: el tipo de mejora implementada, la zona térmica en que se ubica la vivienda, la tipología de la vivienda, materialidad de la vivienda y factores propios de la metodología de cálculo energético.

- Costos de la energía. Para efectos de este estudio se considera el valor proyectado del costo de los energéticos y se multiplica por el consumo respectivo de acuerdo al porcentaje de utilización correspondiente, que depende de la zona térmica en que se ubica la vivienda.
- Periodo de recuperación de los ahorros. Se debe considerar como periodo máximo de recuperación de los ahorros, la cantidad en años de vida útil que le queda al elemento respecto a la fecha de tasación de la vivienda.
- Tasa de interés. La tasa de interés a la cual se deben descontar los ahorros futuros en consumo de energía es aquella que obtiene un usuario en el mercado de créditos hipotecarios a la fecha de tasación de la vivienda.

Con todos los alcances hechos para la estimación del valor presente de los ahorros en consumo se estudió la metodología en un conjunto de 8 viviendas, cuyas principales características son: construidas antes del 2000 y posterior al 2007, de tipología pareada y aislada, de materialidad: albañilería, estructura de madera y volcometal, ubicadas en las zonas térmicas 1, 3 y 6, y de aproximadamente 77 m<sup>2</sup>.

Las mejoras analizadas en este trabajo y que se suponen incorporadas a las distintas viviendas para determinar su impacto en el valor de la vivienda son:

Eficiencia energética en la envolvente térmica, que impacta en el consumo de calefacción: mejoras tipo A (ventanas DVH, 10 cm aislación en muros sobre la OGUC, 5 cm aislación techumbre sobre la OGUC, aislación piso sobre terreno con  $KI = 1$ ) y mejoras tipo C (5 cm aislación muros sobre la OGUC, 5 cm aislación techumbre sobre la OGUC, aislación piso sobre terreno con  $KI = 1$ ).

Cabe destacar que los resultados obtenidos mediante la aplicación de la metodología propuesta y las mejoras supuestas, son meramente teóricos, en el sentido de que para el cálculo del ahorro en consumo de energía de calefacción se considera un nivel máximo de confort térmico, consideración que no es completamente válida para el caso chileno. Luego los resultados obtenidos deben ser interpretados como una cota

porcentual máxima del aumento en el valor de tasación de una vivienda, dados los supuestos y antecedentes de cada caso.

Eficiencia energética en equipos, que impacta en el consumo de ACS: uso de colector solar.

En base a dichas mejoras se obtienen los siguientes resultados:

Se observa que todas las viviendas obtuvieron el máximo porcentaje de aumento en el valor de tasación de la vivienda debido a la implementación del conjunto de medidas compuestas por las mejoras tipo A más colector solar, cuyos porcentajes varían entre 6,2% y 18,0%.

Por otro lado se observa que todas las viviendas obtuvieron el menor porcentaje de aumento en el valor de tasación de la vivienda debido a la implementación del conjunto de medidas tipo C, cuyos porcentajes varían entre 3,4% y 10,0%.

De esta forma observando los resultados de todas las viviendas analizadas los porcentajes de aumento en el valor de tasación de las viviendas debido a la aplicación de las distintas mejoras estudiadas varía entre 3,4% y 18,0%.

En términos globales no se pueden entregar resultados más generales que los mostrados en los párrafos precedentes, esto debido a la poca cantidad de casos analizados y a la variabilidad entre uno y otro.

De los resultados obtenidos y de la ecuación propuesta para el cálculo del valor presente de los ahorros energéticos se concluye lo siguiente:

Mientras mayor es el ahorro en consumo de energía mayor es el valor que se suma al valor de tasación de la vivienda. Además este valor se ve incrementado en aquellos casos en que el costo de la energía es mayor y/o los porcentajes de utilización de energéticos más costosos es mayor. Al respecto, mientras más desfavorables sean los

pronósticos de variación del precio de la energía que se utilicen en el cálculo (es decir, escenarios con mayor valor del costo de la energía) mayores serán los resultados de valor presente esperados.

Respecto al valor del periodo de recuperación de los ahorros energéticos se observa que mientras mayor es dicho valor, mayor es el valor presente de los ahorros energéticos, esto quiere decir que las mejoras consideradas en el cálculo tienen una mayor vida útil.

Finalmente respecto a la tasa de interés considerada se observa que a mayores valores se obtiene un menor valor presente de los ahorros energéticos, lo que redonda menor porcentaje de aumento del valor de tasación de la vivienda, respecto a utilizar mayores tasas de interés.

## CAPÍTULO 9 – BIBLIOGRAFÍA

- 1 - Adomatis, S., 2010, Valuing High Performance Houses, Notas del Appraisal Institute, disponible en <http://www.appraisalinstitute.org/library/bok/highperformance.pdf>
- 2 - Bienert, S., 2010, "Greening Property Valuation in Europe", Bringing sustainability to the real estate market valuation is key. Presentation held at BEX the building exchange 2012, Brussels, 7th June 2010. Disponible en [http://immovalue.e-sieben.at/pdf/20100530\\_bex\\_greening\\_property\\_valuation\\_europe\\_bienert.pdf](http://immovalue.e-sieben.at/pdf/20100530_bex_greening_property_valuation_europe_bienert.pdf)
- 3 - Bustamante, W., 2009, Guía de Diseño para la Eficiencia Energética en la Vivienda Social, MINVU, Santiago
- 4 - Cámara Chilena de la Construcción (CChC), 2007, Sistemas Solares Térmicos, Manual de diseño para el calentamiento de agua., CDT, 1° Edición, Santiago
- 5 - Cámara Chilena de la Construcción (CChC). Fundamenta N°10. (2003). Reglamentación Térmica. Disponible en [http://www.cchc.cl/DATA/Fotos\\_Link/Fundamenta10.pdf](http://www.cchc.cl/DATA/Fotos_Link/Fundamenta10.pdf)
- 6 - Cayo, T., 2012, Tasación de Bienes Raíces Urbanos; 2° Edición, Editorial Antártica, Santiago
- 7 - Colonelli, P., Fissore, A., 2009, Informe Final: Sistema de Certificación Energética de Viviendas
- 8 - Comisión de Tasaciones, Ministerio de Bienes Nacionales, Junio 2007, Tasación Rural, Tasación Urbana de Propiedad Fiscal.
- 9 - Comisión Nacional de Energía (CNE), [www.cne.cl](http://www.cne.cl)
- 10 - Corgel, J., Geobel, P., Wade, C., 1982, "Measuring Energy Efficiency for Selection and Adjustment of Comparable Sales", The Appraisal Journal; 71-78.
- 11 - Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT), "Reacondicionamiento Térmico de Viviendas en Uso", 2010
- 12 - Department of the Environment, Water, Heritage and Arts, Australian Government, Energy Efficiency Rating and House Price in the ACT, 2008.
- 13 - Dinan y Miranowski, (1989), "Estimating the Implicit Price of Energy Efficiency Improvements in the Residential Housing Market: A Hedonic Approach", Journal of Urban Economics, v.25, no. 1: 52-67.
- 14 - Donohue, P. F., Estes, T., 2012, Energy Efficient Mortgages: The Future of

Real Estate Finance, ABACUS Mortgage Training and Education

- 15 - Earth Advantage Institute (2009)
- 16 - EEM Training, <http://www.eemtraining.com/energy-efficient-mortgages>, visitada el día 02 de Agosto de 2013
- 17 - ENDESA, 2006; Introducción a las Energías Renovables no Convencionales (ERNC)
- 18 - Federal Housing Administration (FHA), [http://www.fha.com/energy\\_efficient.cfm](http://www.fha.com/energy_efficient.cfm)
- 19 - Flavio Comunian, Ciclo de Charlas EcoEnergías, 2011, "Eficiencia Energética en Equipos y Sistemas de Aire Acondicionado"
- 20 - Gobierno de Chile, 2010, Informe Etapa 3: "Aplicación de piloto de la certificación energética de viviendas".
- 21 - Gonzalez, C., 2012, Destapando la caja negra, Sociologías de los Créditos de consumo en Chile, Capítulo I: Evaluando Créditos Hipotecarios en los Bancos en Chile, ICSO, Universidad Diego Portales, Santiago
- 22 - Green Building Council of Australia, 2008, Valuing Green, how green buildings affect property values and getting the valuation method right
- 23 - Halvorsen, R. y Pollakowski, H., 1981, "The Effects of Fuel Prices on House Prices", Urban Studies, V. 18, no 2 (1981); 205-211.
- 24 - Horowitz M. y Haeri, H., 1990, "Economic Efficiency v. Energy Efficiency", Energy Economics: 122-131.
- 25 - Idrovo, B., Lennon, J., Enero 2011, Índice de Precios de Viviendas Nuevas para el Gran Santiago; Documento de Trabajo: Cámara Chilena de la Construcción (CChC),
- 26 - IEA, Spreading the net: The multiple benefits of energy efficiency improvements, 2012.
- 27 - Instituto Nacional de Estadísticas (INE), NCh 853-2007, Acondicionamiento térmico - Envoltura térmica de edificios - Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas
- 28 - International Standard Valuation Council (IVSC), 2008, The Appraisal of Real Estate
- 29 - International Valuation Council, Normas Internacionales de Valuación, 2003
- 30 - Johnson, R. y Kaserman D., 1983, "Housing Market Capitalization of Energy-

Saving Durable Good Investments”, Economic Inquiry, 374-386.

- 31 - Laquatra, J., 1986, “Housing Market Capitalization of thermal Integrity”, Energy Economics: 134-138.
- 32 - Ley N° 20.275: Ley general de servicios eléctricos respecto de la generación de energía eléctrica con fuentes de energías renovables no convencionales
- 33 - Manual de procedimientos del Sistema de Calificación Energética de Viviendas en Chile, 2012
- 34 - Ministerio de Energía, 2012, Estrategía Nacional de Energía 2012-2030
- 35 - Ministerio de Energía, Programa País de Eficiencia Energética, Dalberg, 2010, Formulación de Instrumentos de Incentivo para la Eficiencia Energética en Chile.
- 36 - Ministerio de Energía. (2010). Estudio de usos finales y curva de oferta de conservación de la energía en el sector residencial de Chile. Santiago.
- 37 - Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU), 2012, Seminario “La Ciudad y su Valoración”, Bienal de Arquitectura, Santiago
- 38 - Molly Longstreth, “Impact of Consumers’ Personal Characteristics on Hedonic Prices of Energy-Conserving Durable Good Investments. Energy, v. 11, no 9 (1986): 893-905.
- 39 - Muldivan, S., 2010, Value Beyond Cost Savings, how to underwrite sustainable properties, Green Building FC
- 40 - Nevin, R. y Watson G., 1998, “Evidence of Rational Market Valuations for Home Energy Efficiency”, The Appraisal Journal
- 41 - Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (O.G.U.C) Art. 4.1.10. (2009). Reglamentación Térmica. Ministerio de Vivienda y Urbanismo.
- 42 - Parrado H., E., Cox P., P., Fuenzalida C., M., Abril 2009, Evolución de los Precios de Viviendas en Chile; Economía Chilena, Volumen 12 - N°1, Banco Central de Chile
- 43 - Pengfei, W., 2011, Department of Real Estate and Construction Management, Thesis: How to effectively integrate sustainability into property valuation?, Estocolmo
- 44 - Popescu, D., Mladin, E.C., Boazu, R. and Bienert, S., 2009, “Methodology for real estate appraisal of green value”, Environmental Engineering and Management Journal, Vol.8, No.3, pp.601-606.

- 45 - Programa de Estudios e Investigaciones en Energía (PRIEN); "Estimación del Potencial de Ahorro en Energía, mediante Mejoramiento de la Eficiencia Energética de los distintos Sectores" (2008).
- 46 - Resolución exenta n° 3429. (Ministerio de Vivienda y Urbanismo)
- 47 - Roca I Cladera, Josep, 1989, Manual de Valoraciones Inmobiliarias, 2° Edición, Ariel Economía: Barcelona
- 48 - Royal Institution of Chartered Surveyors (RICS), 2009, Sustainability and commercial property valuation, pp. 9, pp 19
- 49 - Rúa Aguilar, M, 2011, Método de valoración de viviendas desde la perspectiva medioambiental y análisis de costes,
- 50 - Schuman, B, 2010, Impact of Sustainability on Property Values (Resumen de la Tesis), University of Regensburg, pp. 20, pp 26, pp 27
- 51 - SERVIU, 1986, Manual de Tasaciones, aprobado mediante Res.N° 278 del 07/11/86
- 52 - Ventolo, W. L.; Williams, M. R., 1997, Técnicas del Avalúo Inmobiliario, Editorial Pax México
- 53 - Villanueva, J, 2009, Estudio de aprovechamiento energético en viviendas habitacionales DFL-2 para tres zonas térmicas de Chile, Memoria Universidad de Chile, Departamento Ingeniería Civil, Santiago.

## ANEXO A – CARACTERÍSTICAS VIVIENDAS SEGÚN INFORME DE TASACIÓN

A continuación se entrega el detalle de las principales características de las viviendas analizadas. La información se obtuvo de los informes de tasación de cada vivienda seleccionada. Por razones de confidencialidad de la información de TRANSSA con sus clientes es que se resumen sólo los datos necesarios para este estudio en los siguientes cuadros.

La información presentada en los cuadros siguientes se desglosa en Información vivienda y Características vivienda, y cada uno presenta los siguientes ítems:

Tabla A.1 - Información cuadros identificación vivienda

<b>Identificación Vivienda</b>	Tipología (aislada, pareada, depto., fila)
	Comuna
	Año Construcción
	Año Tasación
	Valor final informe de tasación
<b>Características Vivienda</b>	Orientación
	Superficie (total, muros y ventanas)
	Planta y espacios (dimensiones y bosquejo global)
	Materialidad elementos

Los cuadros para cada vivienda son los siguientes:

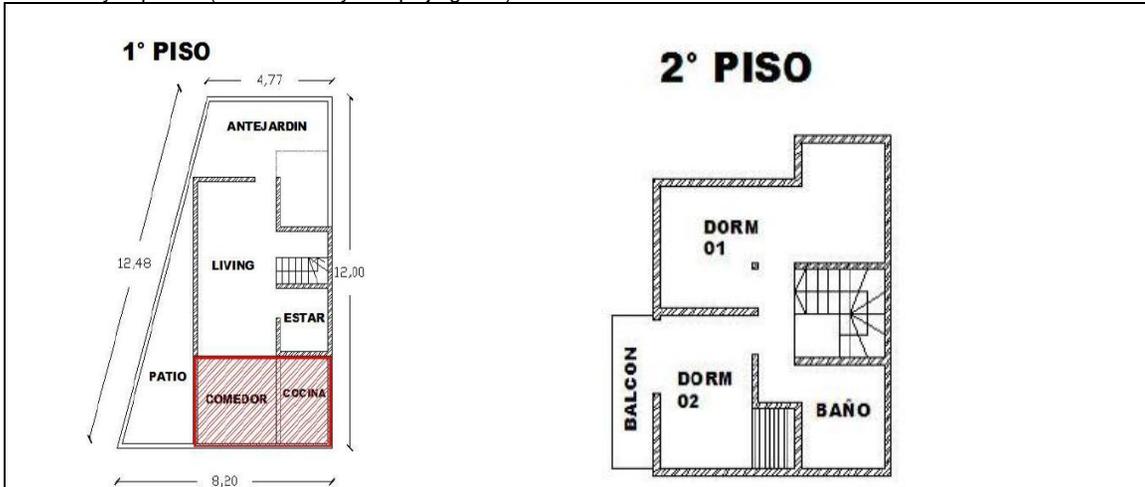
Tabla A.2 - Cuadro información Vivienda 1.

**1. Identificación vivienda**

Tipología : Pareado (aislada, pareada, depto., fila)  
 Comuna : Antofagasta  
 Año Const. : 1997 Año tasación : 2005  
 Tasación final : 1.533 UF

**2. Características vivienda**

a. Orientación : 225 ° respecto al norte  
 b. Superficie : Total 74,9 m2 Muros 78,71 m2 Ventanas 10,00 m2  
 c. Planta y espacios (dimensiones y bosquejo global)



**d. Materialidad de todos los elementos definidos**

OBRA GRUESA	
Estructura	: Pilares y cadenas de hormigón armado.
Muros	: Albañilería reforzada.
Tabiquería	: Permanit en menor medida.
Techumbre	: Estructura de madera.
Cubierta	: Planchas de fibrocemento.
Terminación Exterior	: Pintura.
Terminación Interior	: Pntura sobre enlucido.
Pavimentos	: Cerámicos en 1° nivel, baño, cocina y antejardín. Alfombra cubre piso en 2° nivel.
Cielos	: Base de losa afinada y planchas de volcánita.
Puertas/Marcos	: Puertas de madera standard tipo PLACAROL. Centros metálicos.
Ventanas/Rejas	: Aluminio sin protección.
Closets	: Madera Standard.
Muebles Cocina	: Madera Standard.
Artefactos	: Enlozados blancos, calidad nacional más tina.
Escalera	: Metálica con gradas de madera y revestimiento alfombra.

Tabla A.3 - Cuadro información Vivienda 2.

**1. Identificación vivienda**

Tipología : Pareado (aislada, pareada, depto, fila)  
 Comuna : Antofagasta  
 Año Const. : 2009 Año tasación : 2009  
 Tasación final : 2.391 UF

**2. Características vivienda**

a. Orientación : 0 ° respecto al norte  
 b. Superficie : 

Total	79,88	m <sup>2</sup>
-------	-------	----------------

Muros	71,59	m <sup>2</sup>
-------	-------	----------------

Ventanas	13,55	m <sup>2</sup>
----------	-------	----------------

  
 c. Planta y espacios (dimensiones y bosquejo global)



**d. Materialidad de todos los elementos definidos**

<b>OBRA GRUESA</b>	
Estructura	: Albañilería reforzada
Muros	: Albañilería reforzada
Tabiquería	: Albañilería reforzada
Techumbre	: Cerchas de madera
Cubierta	: Asfáltica
Terminación Exterior	: Pintura sobre estuco
Terminación Interior	: Pintura sobre enlucido
Pavimentos	: Cerámicos
Cielos	: Volcanita
Puertas/Marcos	: Madera standard Madera
Ventanas/Rejas	: Aluminio simple
Closets	: Madera calidad standard
Muebles Cocina	: Madera calidad standard
Artefactos	: Enlozados blancos
Escalera	: Hormigon
Otros	: Fundaciones Hormigón corrido, Entrepisos Losa de H.A, Divisiones Albañilería,

Tabla A.4 - Cuadro información Vivienda 3.

1. Identificación vivienda

Tipología : Pareado (aislada, pareada, depto., fila)

Comuna : Puente Alto < 3000 m.s.n.m

Año Const. : 1994 Año tasación : 2007

Tasación final : 1.508 UF

2. Características vivienda

a. Orientación : 0 ° respecto al norte

b. Superficie : Total 84,50 m<sup>2</sup> Muros 78,20 m<sup>2</sup> Ventanas 8,50 m<sup>2</sup>

c. Planta y espacios (dimensiones y bosquejo global)



d. Materialidad de todos los elementos definidos

OBRA GRUESA	
Estructura	: Albañilería armada
Muros	: Albañilería armada
Tabiquería	: Estructura de madera - revestida con planchas de volcanita
Techumbre	: Cerchas de madera
Cubierta	: Fibrocemento ondulado planchas - zinc gravillado
Terminación Exterior	: Pintura sobre albañilería
Terminación Interior	: Papel mural, pintura sobre tabiquería y muros
Pavimentos	: Alfombra , cerámicos
Cielos	: Pintura
Puertas/Marcos	: Madera contrachapada, marcos de madera
Ventanas/Rejas	: Metálicas - aluminio simple, vidrio simple
Closets	: Masisa enchape melamina
Muebles Cocina	: Base - mural, masisa enchape melamina
Artefactos	: Enlozados blancos - línea nacional
Escalera	: Madera

Tabla A.5 - Cuadro información Vivienda 4.

**1. Identificación vivienda**

Tipología :  (aislada, pareada, depto., fila)  
 Comuna :  < 3000 m.s.n.m  
 Año Const. :  Año tasación :   
 Tasación final :  UF

**2. Características vivienda**

a. Orientación :  ° respecto al norte  
 b. Superficie : 

Total	90,18	m <sup>2</sup>
-------	-------	----------------

Muros	105,09	m <sup>2</sup>
-------	--------	----------------

Ventanas	17,03	m <sup>2</sup>
----------	-------	----------------

  
 c. Planta y espacios (dimensiones y bosquejo global)



**d. Materialidad de todos los elementos definidos**

<b>OBRA GRUESA</b>	
Estructura	: Albañilería reforzada
Muros	: Albañilería reforzada
Tabiquería	: Albañilería reforzada
Techumbre	: Metálica
Cubierta	: Zinc
Terminación Exterior	: Pintura sobre ladrillo
Terminación Interior	: Pintura sobre enlucido
Pavimentos	: Cerámicos
Cielos	: Volcanita
Puertas/Marcos	: Madera standard Madera
Ventanas/Rejas	: Aluminio simple
Closets	: Madera buena calidad
Muebles Cocina	: Madera buena calidad
Artefactos	: Enlozados blancos
Escalera	: Acero
Otros	: Fundaciones Hormigón corrido,Entrepisos Losa de H.A,Divisiones Volcanita,

Tabla A.6 - Cuadro información Vivienda 5.

**1. Identificación vivienda**

Tipología : Pareado (aislada, pareada, depto., fila)

Comuna : Puente Alto < 3000 m.s.n.m

Año Const. : 2008 Año tasación : 2009

Tasación final : 1.708 UF

**2. Características vivienda**

a. Orientación : 0 ° respecto al norte

b. Superficie : Total 77,13 m<sup>2</sup> Muros 77,57 m<sup>2</sup> Ventanas 10,10 m<sup>2</sup>

c. Planta y espacios (dimensiones y bosquejo global)




d. Materialidad de todos los elementos definidos

OBRA GRUESA	
Estructura	: Albañilería reforzada
Muros	: Albañilería reforzada
Tabiquería	: Albañilería reforzada
Techumbre	: Cerchas de madera
Cubierta	: Teja Arcilla
Terminación Exterior	: Pintura sobre estuco
Terminación Interior	: Pintura sobre enlucido
Pavimentos	: Cerámicos
Cielos	: Losa Pintada
Puertas/Marcos	: Madera standard Madera
Ventanas/Rejas	: Aluminio simple
Closets	: Madera calidad standard
Muebles Cocina	: Madera calidad standard
Artefactos	: Enlozados blancos
Escalera	: Madera
Otros	: Fundaciones Hormigón corrido, Entrepisos Losa de H.A, Divisiones Volcanita,

Tabla A.7 - Cuadro información Vivienda 6.

**1. Identificación vivienda**

Tipología : Pareado (aislada, pareada, depto., fila)

Comuna : Puerto Montt

Año Const. : 1994 Año tasación : 2007

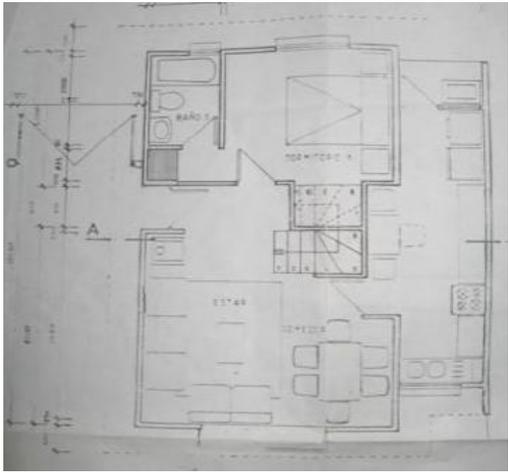
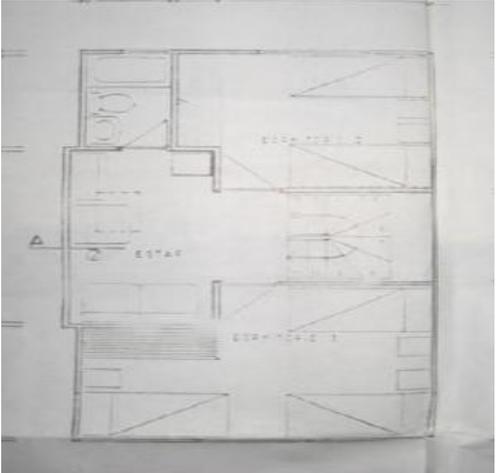
Tasación final : 1.482 UF

**2. Características vivienda**

a. Orientación : 315 ° respecto al norte

b. Superficie : Total 89,42 m<sup>2</sup> Muros 99,52 m<sup>2</sup> Ventanas 10,50 m<sup>2</sup>

c. Planta y espacios (dimensiones y bosquejo global)

d. Materialidad de todos los elementos definidos

OBRA GRUESA	
Estructura	: ESTRUCTURA DE MADERA
Muros	: ESTRUCTURA DE MADERA
Tabiquería	: MADERA
Techumbre	: CERCHA DE MADERA
Cubierta	: TEJUELA DE ALFRCE
Terminación Exterior	: TRASLAPO DE MADERA y PLANCHA FIBROCEMENTO
Terminación Interior	: VOLCANITA ENLUCIDA y PINTADA - PAPEL MURAL
Pavimentos	: ALFOMBRA
Cielos	: VOLCANITA ENLUCIDA y PINTADA
Puertas/Marcos	: MADERA EN SU TOTALIDAD
Ventanas/Rejas	: VENTANAS EN ALUMINIO ANODIZADO, SIN REJAS
Closets	: MELAMINA y MADERA
Muebles Cocina	: MELAMINA y MADERA
Artefactos	: SENCILLOS
Escalera	: MADERA y ALFOMBRA
Otros	: COMBUSTION A LEÑA

Tabla A.8 - Cuadro información Vivienda 7.

**1. Identificación vivienda**

Tipología : Pareado (aislada, pareada, depto., fila)

Comuna : Puerto Montt

Año Const. : 2007 Año tasación : 2008

Tasación final : 1.716 UF

**2. Características vivienda**

a. Orientación : 270 ° respecto al norte

b. Superficie : 

Total	74,50	m <sup>2</sup>
-------	-------	----------------

Muros	97,75	m <sup>2</sup>
-------	-------	----------------

Ventanas	9,65	m <sup>2</sup>
----------	------	----------------

c. Planta y espacios (dimensiones y bosquejo global)



1ER PISO CASA HABITACION



2DO PISO CASA HABITACION

d. Materialidad de todos los elementos definidos

<b>OBRA GRUESA</b>	
Estructura	: CIMENTOS DE HORMIGON ARMADO ESTRUCTURA PERFILERIA METALICA (VOLCOMETAL)
Muros	: PERFILERIA METALICA (VOLCOMETAL)
Tabiquería	: VOLCOMETAL CON REVESTIMIENTO DE PLANCHA DE OSB DE 8 MM
Techumbre	: ESTRUCTURA EN CERCHAS DE VOLCOMETAL
Cubierta	: PLANCHA DE OSB 8MM Y CUBIERTA DE TEJA ASFALTICA
Terminación Exterior	: REVESTIMIENTO FIBROCEMENTO EN SU TOTALIDAD.
Terminación Interior	: VOLCANITA ENLUCIDA Y PINTADA
Pavimentos	: PISOS FLOTANTES EN LIVING COMEDOR, ALFOMBRA EN DORMITORIOS Y CERAMICAS
Cielos	: VOLCANITA ENLUCIDA Y PINTADA
Puertas/Marcos	: MADERA
Ventanas/Rejas	: VENTANAS DE PVC
Closets	: MELAMINA BLANCA
Muebles Cocina	: MELAMINA BLANCA
Artefactos	: ESTÁNDAR Y SENCILLOS
Escalera	: ESTRUCTURA METALICA Y MADERA
Otros	:

Tabla A.9 - Cuadro información Vivienda 8.

1. Identificación vivienda

Tipología :  (aislada, pareada, depto, fila)  
 Comuna :   
 Año Const. :  Año tasación :   
 Tasación final :  UF

2. Características vivienda

a. Orientación :  ° respecto al norte  
 b. Superficie : 

Total	Muros	Ventanas
<input type="text" value="66,90"/> m2	<input type="text" value="72,09"/> m2	<input type="text" value="9,55"/> m2

  
 c. Planta y espacios (dimensiones y bosquejo global)



d. Materialidad de todos los elementos definidos

OBRA GRUESA	
Estructura	: Metalcom
Muros	: Planchas OSB
Tabiquería	: Livianos de volcanita
Techumbre	: Cerchas metálicas
Cubierta	: Planchas de zinc
Terminación Exterior	: Vinyl siding
Terminación Interior	: Pintura sobre planchas de volcanita, cerámicos
Pavimentos	: Piso flotante, alfombra y cerámicos
Cielos	: Planchas de volcanita
Puertas/Marcos	: Puertas d madera contraplacadas con marcos de madera
Ventanas/Rejas	: Ventanas de PVC
Closets	: Madera
Muebles Cocina	: Melamina
Artefactos	: Estándar
Escalera	: --
Otros	: --

## ANEXO B – PLANILLA IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

Planilla de identificación de elementos de eficiencia energética mencionada en el capítulo 6.

ELEMENTOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA			
Zona Térmica:	<input type="text"/>	Tipología:	<input type="text"/>
Año construcción vivienda:	<input type="text"/>	Materialidad:	<input type="text"/>
Año tasación vivienda:	<input type="text"/>		
1. Aislación Térmica Envolvente			
<u>Aislación Muros</u>			
Material:	<input type="text"/>	Densidad:	<input type="text"/> kg/m <sup>3</sup>
Espesor (*) cm:	<input type="text"/>	m <sup>2</sup> instalados:	<input type="text"/>
<u>Aislación Techumbre</u>			
Material:	<input type="text"/>	Densidad:	<input type="text"/> kg/m <sup>3</sup>
Espesor (*) cm:	<input type="text"/>	m <sup>2</sup> instalados:	<input type="text"/>
<u>Aislación Piso Ventilado</u>			
Material:	<input type="text"/>	Densidad:	<input type="text"/> kg/m <sup>3</sup>
Espesor (*) cm:	<input type="text"/>	m <sup>2</sup> instalados:	<input type="text"/>
<u>Aislación Piso Contacto Terreno</u>			
Material:	<input type="text"/>	Densidad:	<input type="text"/> kg/m <sup>3</sup>
Espesor (*) cm:	<input type="text"/>	m <sup>2</sup> instalados:	<input type="text"/>
(*) Se refiere al espesor de material aislante sobre el mínimo exigido en la reglamentación térmica vigente			

## 2. Ventanas

m<sup>2</sup> vidrios:

Tipo:

DVH    Monolítico

<input type="text"/>	<input type="text"/>
----------------------	----------------------

## 3. Mejoras para cumplimiento mínimo Reglamentación Térmica\*

Para aquellas viviendas cuyo año de construcción sea anterior al 2000, se debe caracterizar las mejoras necesarias para el cumplimiento mínimo de la Reglamentación Térmica

Descripción Mejoras

Aislación Muros:

Aislación Techumbre:

Aislación Piso Ventilado:

Aislación Piso Contacto  
Terreno:

(\* Este ítem es sólo para viviendas cuyo año de construcción es anterior al 2000)

## 4. Elementos que usan ERNC

Tipo:

Colector Solar

Panel Solar

Bombas de calor

Características (\*):

Marca:

Colector solar	Panel Solar	Bombas de calor
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Modelo:

<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
----------------------	----------------------	----------------------

Capacidad m<sup>3</sup>:

<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
----------------------	----------------------	----------------------

m <sup>2</sup> instalados:	<input style="width: 100%;" type="text"/>	<input style="width: 100%;" type="text"/>
(*) según corresponda		

**5. Etiqueta de calificación energética**

En caso de poseer etiqueta de calificación energética es necesario identificar los indicadores que posteriormente permitan al tasador calcular el valor presente de los ahorros derivados de las mejoras de la vivienda:

A<sub>calefacción</sub>:  kWh/año

A<sub>ACS</sub>:  kWh/año

A<sub>electricidad</sub>:  kWh/año

Figura B.1 – Planilla Identificación EE.

Con el fin de entender mejor los conceptos anteriores y obtener por parte del tasador una mejor aplicabilidad de la herramienta, se describen a continuación cada uno de los puntos de la figura B.1:

- Las primeras casillas de la planilla tienen como finalidad identificar la zona térmica y año de construcción de la vivienda para saber qué aspectos de la normativa térmica se deben utilizar, es decir, si se aplican los criterios de la reglamentación anterior al año 2000, anterior al año 2007 o posterior al año 2007. Además permite identificar la tipología de la vivienda (pareada, aislada, en fila, etc) y la materialidad base que compone la vivienda.
- El punto n° 1, Aislación Envolvente Térmica, se divide en 4 ítems diferentes correspondientes a: Aislación Muros, Aislación Techumbre, Aislación Piso Ventilado, Aislación Piso Contacto con Terreno. Las respectivas casillas se completan con los datos obtenidos de la inspección en terreno de la vivienda, con los datos de especificación técnicas de la vivienda, informe de recepción de obra y/o cualquier documento que entregue el detalle de estos elementos. La finalidad es identificar el “exceso” de estos materiales por sobre el mínimo exigido por la normativa térmica correspondiente (según el año de construcción de la vivienda).

- En el punto n° 2, Ventanas, las casillas se completan con los datos obtenidos de la inspección en terreno de la vivienda, con los datos de especificación técnicas de la vivienda, informe de recepción de obra y/o cualquier documento que entregue el detalle de estos elementos. Este punto tiene como objetivo identificar los elementos del complejo ventana que se encuentren por sobre el mínimo exigido por la normativa térmica correspondiente (según el año de construcción de la vivienda).
- El punto n° 3 se refiere a las Mejoras necesarias para cumplir con las exigencias mínimas de la Reglamentación Térmica. Estas casillas se deben completar para aquellas viviendas que hayan sido construidas antes del año 2000 y/o anterior al año 2007, distinguiendo cada caso según corresponda.
- El punto n° 4 se refiere a los Elementos que usan ERNC. Aquí la idea es identificar cada uno de los equipos de este tipo que la vivienda posea, marcando si están presentes o no. Adicionalmente se deben completar las casillas correspondientes indicando las características de cada uno de ellos, según corresponda, mediante las especificaciones de los catálogos y/o inspección visual.
- El punto n° 5 se refiere a la Etiqueta de calificación energética. Este ítem se debe completar en el caso de que la vivienda posea una etiqueta energética bajo las exigencias del sistema de calificación chileno. El tasador debe obtener información respecto a los indicadores que dan cuenta del ahorro en consumo de energía respecto a una vivienda convencional. En caso de poseer la etiqueta los puntos del 1 al 4 son de responsabilidad del evaluador energético.

A continuación se entregan las planillas de identificación de elementos de eficiencia energética presentadas en el capítulo 6, que permiten identificar y caracterizar las mejoras que posee una vivienda. La aplicación de la planilla resulta de la implementación de las mejoras tipo A, tipo C y del uso de colectores solares.

Dada la similitud de los tipos de mejoras A y C, se presentarán a continuación a modo de ejemplo las planillas de eficiencia energética de las viviendas escogidas incorporando sólo los elementos de las mejoras tipo A más el colector solar. Tanto para

las mejoras tipo A como las tipo C más colectores se entrega al final del anexo una planilla resumen con los resultados desglosados.

### Planilla EE: Vivienda 1, mejoras tipo A + colector solar.

Tabla B.1 - Planilla EE Vivienda 1, mejoras tipo A + colector solar.

ELEMENTOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA			
Zona Térmica:	<input type="text" value="1"/>	Tipología:	<input type="text" value="Paredo"/>
Año construcción vivienda:	<input type="text" value="1997"/>	Materialidad:	<input type="text" value="Albañilería reforzada"/>
Año tasación vivienda:	<input type="text" value="2005"/>		

1. Aislación Térmica Envolvente			
<u>Aislación Muros</u>			
Material:	<input type="text" value="P.E."/>	Densidad:	<input type="text" value="15"/> kg/m <sup>3</sup>
Espesor (*) cm:	<input type="text" value="10"/>	m <sup>2</sup> instalados:	<input type="text" value="78,71"/>
<u>Aislación Techumbre</u>			
Material:	<input type="text" value="P.E."/>	Densidad:	<input type="text" value="15"/> kg/m <sup>3</sup>
Espesor (*) cm:	<input type="text" value="5"/>	m <sup>2</sup> instalados:	<input type="text" value="50,98"/>
<u>Aislación Piso Ventilado</u>			
Material:	<input type="text"/>	Densidad:	<input type="text"/> kg/m <sup>3</sup>
Espesor (*) cm:	<input type="text"/>	m <sup>2</sup> instalados:	<input type="text"/>
<u>Aislación Piso Contacto Terreno</u>			
Material:	<input type="text" value="P.E."/>	Densidad:	<input type="text" value="15"/> kg/m <sup>3</sup>
Espesor (*) cm:	<input type="text" value="2"/>	m <sup>2</sup> instalados:	<input type="text" value="45,56"/>

(\*) Se refiere al espesor de material aislante sobre el mínimo exigido en la reglamentación térmica vigente

## 2. Ventanas

m<sup>2</sup> vidrios:  Tipo: 

DVH	Monolítico
X	

## 3. Mejoras para cumplimiento mínimo Reglamentación Térmica\*

Para aquellas viviendas cuyo año de construcción sea anterior al 2000, se debe caracterizar las mejoras necesarias para el cumplimiento mínimo de la Reglamentación Térmica

Descripción Mejoras

Aislación Muros:

Aislación Techumbre:

Aislación Piso Ventilado:

Para cumplir con la reglamentación térmica se aísla el piso ventilado de aprox. 3,4 m<sup>2</sup> con poliestireno expandido de 2 cm de espesor de 15 kg/m<sup>3</sup> de densidad.

Aislación Piso Contacto Terreno:

(\*) Este ítem es sólo para viviendas cuyo año de construcción es anterior al 2000

## 4. Elementos que usan ERNC

Tipo:

Colector Solar

Panel Solar

Bombas de calor

Características (\*):

	Colector solar	Panel Solar	Bombas de calor
Marca:	-		
Modelo:	-		
Capacidad m <sup>3</sup> :	150		
m <sup>2</sup> instalados:	2		

(\*) según corresponda

### 5. Etiqueta de calificación energética

En caso de poseer etiqueta de calificación energética es necesario identificar los indicadores que posteriormente permitan al tasador calcular el valor presente de los ahorros derivados de las mejoras de la vivienda:

$A_{\text{calefacción}}$ :  kWh/año

$A_{\text{ACS}}$ :  kWh/año

$A_{\text{electricidad}}$ :  kWh/año

El caso puntual de la vivienda 1 corresponde a una vivienda pareada construida antes del año 2000. Si se consideran los materiales descritos en el informe de tasación esta vivienda cumple con los requisitos de la reglamentación térmica vigente, excepto en el piso ventilado, que corresponde a una losa en voladizo del segundo nivel de la vivienda, donde la piso original posee una transmitancia térmica igual a  $3,99 \text{ W/m}^2\text{K}$  y el máximo permitido para la zona térmica 1 es  $3,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Luego es necesario aislar dicho piso de  $3,43 \text{ m}^2$ , y para ello se utilizan poliestireno expandido de densidad  $15 \text{ kg/m}^3$  de 2 cm de espesor.

### Planilla EE: Vivienda 2, mejoras tipo A + colector solar.

Tabla B.2 - Planilla EE Vivienda 2, mejoras tipo A + colector solar.

#### ELEMENTOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

Zona Térmica:

Tipología:

Año construcción vivienda:

Materialidad:

Año tasación vivienda:

## 1. Aislación Térmica Envolvente

### Aislación Muros

Material:  Densidad:  kg/m<sup>3</sup>  
Espesor (\*) cm:  m<sup>2</sup> instalados:

### Aislación Techumbre

Material:  Densidad:  kg/m<sup>3</sup>  
Espesor (\*) cm:  m<sup>2</sup> instalados:

### Aislación Piso Ventilado

Material:  Densidad:  kg/m<sup>3</sup>  
Espesor (\*) cm:  m<sup>2</sup> instalados:

### Aislación Piso Contacto Terreno

Material:  Densidad:  kg/m<sup>3</sup>  
Espesor (\*) cm:  m<sup>2</sup> instalados:

(\*) Se refiere al espesor de material aislante sobre el mínimo exigido en la reglamentación térmica vigente

## 2. Ventanas

m<sup>2</sup> vidrios:  Tipo: 

DVH	Monolítico
<input type="text" value="X"/>	<input type="text"/>

## 3. Mejoras para cumplimiento mínimo Reglamentación Térmica\*

Para aquellas viviendas cuyo año de construcción sea anterior al 2000, se debe caracterizar las mejoras necesarias para el cumplimiento mínimo de la Reglamentación Térmica

Descripción Mejoras

Aislación Muros:

Aislación Techumbre:

Aislación Piso Ventilado:

Aislación Piso Contacto  
Terreno:

(\*) Este ítem es sólo para viviendas cuyo año de construcción es anterior al 2000

#### 4. Elementos que usan ERNC

Tipo:

Colector Solar

X

Panel Solar

Bombas de calor

Características (\*):

	Colector solar	Panel Solar	Bombas de calor
Marca:	-		
Modelo:	-		
Capacidad m <sup>3</sup> :	150		
m <sup>2</sup> instalados:	2		

(\*) según corresponda

#### 5. Etiqueta de calificación energética

En caso de poseer etiqueta de calificación energética es necesario identificar los indicadores que posteriormente permitan al tasador calcular el valor presente de los ahorros derivados de las mejoras de la vivienda:

A<sub>calefacción</sub>:  kWh/año

A<sub>ACS</sub>:  kWh/año

A<sub>electricidad</sub>:  kWh/año

En el caso puntual de la vivienda 2, al determinar el cumplimiento de la reglamentación térmica de los distintos elementos que la componen se observa que nuevamente el

complejo piso ventilado no cumple. Luego se aísla el piso con poliestireno expandido densidad 15 kg/m<sup>3</sup> de 2 cm de espesor.

**Planilla EE: Vivienda 3, mejoras tipo A + colector solar.**

Tabla B.3 - Planilla EE Vivienda 3, mejoras tipo A + colector solar.

ELEMENTOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA			
Zona Térmica:	<input type="text" value="3"/>	Tipología:	<input type="text" value="Pareado"/>
Año construcción vivienda:	<input type="text" value="1994"/>	Materialidad:	<input type="text" value="Albañilería armada"/>
Año tasación vivienda:	<input type="text" value="2007"/>		
1. Aislación Térmica Envolvente			
<u>Aislación Muros</u>			
Material:	<input type="text" value="P.E."/>	Densidad:	<input type="text" value="15"/> kg/m <sup>3</sup>
Espesor (*) cm:	<input type="text" value="10"/>	m <sup>2</sup> instalados:	<input type="text" value="78,2"/>
<u>Aislación Techumbre</u>			
Material:	<input type="text" value="P.E."/>	Densidad:	<input type="text" value="15"/> kg/m <sup>3</sup>
Espesor (*) cm:	<input type="text" value="5"/>	m <sup>2</sup> instalados:	<input type="text" value="50,7"/>
<u>Aislación Piso Ventilado</u>			
Material:	<input type="text" value="-"/>	Densidad:	<input type="text" value="-"/> kg/m <sup>3</sup>
Espesor (*) cm:	<input type="text" value="-"/>	m <sup>2</sup> instalados:	<input type="text" value="-"/>
<u>Aislación Piso Contacto Terreno</u>			
Material:	<input type="text" value="P.E."/>	Densidad:	<input type="text" value="15"/> kg/m <sup>3</sup>
Espesor (*) cm:	<input type="text" value="2"/>	m <sup>2</sup> instalados:	<input type="text" value="50,7"/>
(*) Se refiere al espesor de material aislante sobre el mínimo exigido en la reglamentación térmica vigente			

## 2. Ventanas

m<sup>2</sup> vidrios:  Tipo: 

DVH	Monolítico
X	

## 3. Mejoras para cumplimiento mínimo Reglamentación Térmica\*

Para aquellas viviendas cuyo año de construcción sea anterior al 2000, se debe caracterizar las mejoras necesarias para el cumplimiento mínimo de la Reglamentación Térmica

Descripción Mejoras

Aislación Muros:

Para cumplir con la reglamentación térmica se aísla aprox. 78,2 m<sup>2</sup> de muro con poliestireno expandido de 1 cm de espesor de 15 kg/m<sup>3</sup> de densidad.

Aislación Techumbre:

Aislación Piso Ventilado:

Aislación Piso Contacto Terreno:

(\*) Este ítem es sólo para viviendas cuyo año de construcción es anterior al 2000

## 4. Elementos que usan ERNC

Tipo:

Colector Solar

Panel Solar

Bombas de calor

Características (\*):

	Colector solar	Panel Solar	Bombas de calor
Marca:	-		
Modelo:	-		
Capacidad m <sup>3</sup> :	150		
m <sup>2</sup> instalados:	2		

(\*) según corresponda

## 5. Etiqueta de calificación energética

En caso de poseer etiqueta de calificación energética es necesario identificar los indicadores que posteriormente permitan al tasador calcular el valor presente de los ahorros derivados de las mejoras de la vivienda:

$A_{\text{calefacción}}$ :  kWh/año

$A_{\text{ACS}}$ :  kWh/año

$A_{\text{electricidad}}$ :  kWh/año

La vivienda 3 fue construida antes del año 2000. Al estudiar el cumplimiento de los materiales definidos para la vivienda según el informe de tasación se observa que el elemento definido para el complejo muro no cumple ya que se consideran muros de albañilería de transmitancia térmica  $2,09 \text{ W/m}^2\text{K}$ , siendo el máximo para la zona térmica 3,  $1,9 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Luego se incorpora a los  $78,2 \text{ m}^2$  de muro poliestireno expandido de  $15 \text{ kg/m}^3$  de densidad y 1 cm de espesor más un recubrimiento externo tipo EIFS, con el fin de cumplir con el mínimo de la reglamentación térmica.

### Planilla EE: Vivienda 4, mejoras tipo A + colector solar.

Tabla B.4 - Planilla EE Vivienda 4, mejoras tipo A + colector solar.

#### ELEMENTOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

Zona Térmica:

Tipología:

Año construcción vivienda:

Materialidad:

Año tasación vivienda:

#### 1. Aislación Térmica Envolvente

### Aislación Muros

Material:  Densidad:  kg/m<sup>3</sup>  
Espesor (\*) cm:  m<sup>2</sup> instalados:

### Aislación Techumbre

Material:  Densidad:  kg/m<sup>3</sup>  
Espesor (\*) cm:  m<sup>2</sup> instalados:

### Aislación Piso Ventilado

Material:  Densidad:  kg/m<sup>3</sup>  
Espesor (\*) cm:  m<sup>2</sup> instalados:

### Aislación Piso Contacto Terreno

Material:  Densidad:  kg/m<sup>3</sup>  
Espesor (\*) cm:  m<sup>2</sup> instalados:

(\*) Se refiere al espesor de material aislante sobre el mínimo exigido en la reglamentación térmica vigente

## 2. Ventanas

m<sup>2</sup> vidrios:  Tipo: 

DVH	Monolítico
<input type="text" value="X"/>	<input type="text"/>

## 3. Mejoras para cumplimiento mínimo Reglamentación Térmica\*

Para aquellas viviendas cuyo año de construcción sea anterior al 2000, se debe caracterizar las mejoras necesarias para el cumplimiento mínimo de la Reglamentación Térmica

Descripción Mejoras

Aislación Muros:

Aislación Techumbre:

Aislación Piso Ventilado:

Aislación Piso Contacto  
Terreno:

(\*) Este ítem es sólo para viviendas cuyo año de construcción es anterior al 2000

#### 4. Elementos que usan ERNC

Tipo:

Colector Solar

Panel Solar

Bombas de calor

Características (\*):

	Colector solar	Panel Solar	Bombas de calor
Marca:	-		
Modelo:	-		
Capacidad m <sup>3</sup> :	150		
m <sup>2</sup> instalados:	2		

(\*) según corresponda

#### 5. Etiqueta de calificación energética

En caso de poseer etiqueta de calificación energética es necesario identificar los indicadores que posteriormente permitan al tasador calcular el valor presente de los ahorros derivados de las mejoras de la vivienda:

A<sub>calefacción</sub>:  kWh/año

A<sub>ACS</sub>:  kWh/año

A<sub>electricidad</sub>:  kWh/año

## Planilla EE: Vivienda 5, mejoras tipo A + colector solar.

Tabla B.5 - Planilla EE Vivienda 5, mejoras tipo A + colector solar.

ELEMENTOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA			
Zona Térmica:	<input type="text" value="3"/>	Tipología:	<input type="text" value="Pareado"/>
Año construcción vivienda:	<input type="text" value="2008"/>	Materialidad:	<input type="text" value="Albañilería reforzada"/>
Año tasación vivienda:	<input type="text" value="2009"/>		
<b>1. Aislación Térmica Envolvente</b>			
<u>Aislación Muros</u>			
Material:	<input type="text" value="P.E."/>	Densidad:	<input type="text" value="15"/> kg/m <sup>3</sup>
Espesor (*) cm:	<input type="text" value="10"/>	m <sup>2</sup> instalados:	<input type="text" value="77,57"/>
<u>Aislación Techumbre</u>			
Material:	<input type="text" value="P.E."/>	Densidad:	<input type="text" value="15"/> kg/m <sup>3</sup>
Espesor (*) cm:	<input type="text" value="5"/>	m <sup>2</sup> instalados:	<input type="text" value="38,56"/>
<u>Aislación Piso Ventilado</u>			
Material:	<input type="text" value="-"/>	Densidad:	<input type="text" value="-"/> kg/m <sup>3</sup>
Espesor (*) cm:	<input type="text" value="-"/>	m <sup>2</sup> instalados:	<input type="text" value="-"/>
<u>Aislación Piso Contacto Terreno</u>			
Material:	<input type="text" value="P.E."/>	Densidad:	<input type="text" value="15"/> kg/m <sup>3</sup>
Espesor (*) cm:	<input type="text" value="2"/>	m <sup>2</sup> instalados:	<input type="text" value="38,56"/>
(*) Se refiere al espesor de material aislante sobre el mínimo exigido en la reglamentación térmica vigente			
<b>2. Ventanas</b>			
		DVH	Monolítico

m<sup>2</sup> vidrios:

10,1

Tipo:

X

### 3. Mejoras para cumplimiento mínimo Reglamentación Térmica\*

Para aquellas viviendas cuyo año de construcción sea anterior al 2000, se debe caracterizar las mejoras necesarias para el cumplimiento mínimo de la Reglamentación Térmica

Descripción Mejoras

Aislación Muros:

Aislación Techumbre:

Aislación Piso Ventilado:

Aislación Piso Contacto  
Terreno:

(\*) Este ítem es sólo para viviendas cuyo año de construcción es anterior al 2000

### 4. Elementos que usan ERNC

Tipo:

Colector Solar

X

Panel Solar

Bombas de calor

Características (\*):

	Colector solar	Panel Solar	Bombas de calor
Marca:	-		
Modelo:	-		
Capacidad m <sup>3</sup> :	150		
m <sup>2</sup> instalados:	2		

(\*) según corresponda

## 5. Etiqueta de calificación energética

En caso de poseer etiqueta de calificación energética es necesario identificar los indicadores que posteriormente permitan al tasador calcular el valor presente de los ahorros derivados de las mejoras de la vivienda:

$A_{\text{calefacción}}$ :  kWh/año

$A_{\text{ACS}}$ :  kWh/año

$A_{\text{electricidad}}$ :  kWh/año

## Planilla EE: Vivienda 6, mejoras tipo A + colector solar.

Tabla B.6 - Planilla EE Vivienda 6, mejoras tipo A + colector solar.

ELEMENTOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA			
Zona Térmica:	<input type="text" value="6"/>	Tipología:	<input type="text" value="Pareado"/>
Año construcción vivienda:	<input type="text" value="1994"/>	Materialidad:	<input type="text" value="Estructura de madera"/>
Año tasación vivienda:	<input type="text" value="2007"/>		
1. Aislación Térmica Envolvente			
<u>Aislación Muros</u>			
Material:	<input type="text" value="P.E."/>	Densidad:	<input type="text" value="15"/> kg/m <sup>3</sup>
Espesor (*) cm:	<input type="text" value="10"/>	m <sup>2</sup> instalados:	<input type="text" value="99,52"/>
<u>Aislación Techumbre</u>			
Material:	<input type="text" value="P.E."/>	Densidad:	<input type="text" value="15"/> kg/m <sup>3</sup>
Espesor (*) cm:	<input type="text" value="5"/>	m <sup>2</sup> instalados:	<input type="text" value="57,42"/>
<u>Aislación Piso Ventilado</u>			
Material:	<input type="text" value="-"/>	Densidad:	<input type="text" value="-"/> kg/m <sup>3</sup>
Espesor (*) cm:	<input type="text" value="-"/>	m <sup>2</sup> instalados:	<input type="text" value="-"/>

### Aislación Piso Contacto Terreno

Material:  Densidad:  kg/m<sup>3</sup>  
Espesor (\*) cm:  m<sup>2</sup> instalados:

(\*) Se refiere al espesor de material aislante sobre el mínimo exigido en la reglamentación térmica vigente

### 2. Ventanas

m<sup>2</sup> vidrios:  Tipo: 

DVH	Monolítico
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### 3. Mejoras para cumplimiento mínimo Reglamentación Térmica\*

Para aquellas viviendas cuyo año de construcción sea anterior al 2000, se debe caracterizar las mejoras necesarias para el cumplimiento mínimo de la Reglamentación Térmica

Descripción Mejoras

Aislación Muros:

Para cumplir con la reglamentación térmica se aísla aprox. 99,5 m<sup>2</sup> de muro con poliestireno expandido de 1 cm de espesor de 15 kg/m<sup>3</sup> de densidad.

Aislación Techumbre:

Aislación Piso Ventilado:

Aislación Piso Contacto Terreno:

(\*) Este ítem es sólo para viviendas cuyo año de construcción es anterior al 2000

### 4. Elementos que usan ERNC

Tipo:

Colector Solar

Panel Solar

Bombas de calor

### Características (\*):

	Colector solar	Panel Solar	Bombas de calor
Marca:	-		
Modelo:	-		
Capacidad m <sup>3</sup> :	150		
m <sup>2</sup> instalados:	2		

(\*) según corresponda

### 5. Etiqueta de calificación energética

En caso de poseer etiqueta de calificación energética es necesario identificar los indicadores que posteriormente permitan al tasador calcular el valor presente de los ahorros derivados de las mejoras de la vivienda:

A<sub>calefacción</sub>:  kWh/año

A<sub>ACS</sub>:  kWh/año

A<sub>electricidad</sub>:  kWh/año

La vivienda 6 fue construida antes del año 2000. Al estudiar el cumplimiento de los materiales definidos para la vivienda según el informe de tasación se observa que el elemento definido para el complejo muro no cumple ya que se consideran muros de albañilería de transmitancia térmica 2,09 W/m<sup>2</sup>K, siendo el máximo para la zona térmica 6, 1,1 W/m<sup>2</sup>K. Luego se incorpora a los 99,52 m<sup>2</sup> de muro poliestireno expandido de 15 kg/m<sup>3</sup> de densidad y 1 cm de espesor, con el fin de cumplir con el mínimo de la reglamentación térmica.

### Planilla EE: Vivienda 7, mejoras tipo A + colector solar.

Tabla B.7 - Planilla EE Vivienda 7, mejoras tipo A + colector solar.

### ELEMENTOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

Zona Térmica:

6

Tipología:

Pareado

Año construcción vivienda:

Materialidad:

Año tasación vivienda:

### 1. Aislación Térmica Envolvente

#### Aislación Muros

Material:  Densidad:  kg/m<sup>3</sup>

Espesor (\*) cm:  m<sup>2</sup> instalados:

#### Aislación Techumbre

Material:  Densidad:  kg/m<sup>3</sup>

Espesor (\*) cm:  m<sup>2</sup> instalados:

#### Aislación Piso Ventilado

Material:  Densidad:  kg/m<sup>3</sup>

Espesor (\*) cm:  m<sup>2</sup> instalados:

#### Aislación Piso Contacto Terreno

Material:  Densidad:  kg/m<sup>3</sup>

Espesor (\*) cm:  m<sup>2</sup> instalados:

(\*) Se refiere al espesor de material aislante sobre el mínimo exigido en la reglamentación térmica vigente

### 2. Ventanas

m<sup>2</sup> vidrios:  Tipo: 

DVH	Monolítico
<input type="text" value="X"/>	<input type="text"/>

### 3. Mejoras para cumplimiento mínimo Reglamentación Térmica\*

Para aquellas viviendas cuyo año de construcción sea anterior al 2000, se debe caracterizar las mejoras necesarias para el cumplimiento mínimo de la Reglamentación Térmica

Descripción Mejoras

Aislación Muros:

Aislación Techumbre:

Aislación Piso Ventilado:

Aislación Piso Contacto  
Terreno:

(\*) Este ítem es sólo para viviendas cuyo año de construcción es anterior al 2000

#### 4. Elementos que usan ERNC

Tipo:

Colector Solar

Panel Solar

Bombas de calor

Características (\*):

	Colector solar	Panel Solar	Bombas de calor
Marca:	-		
Modelo:	-		
Capacidad m <sup>3</sup> :	150		
m <sup>2</sup> instalados:	2		

(\*) según corresponda

#### 5. Etiqueta de calificación energética

En caso de poseer etiqueta de calificación energética es necesario identificar los indicadores que posteriormente permitan al tasador calcular el valor presente de los ahorros derivados de las mejoras de la vivienda:

A<sub>calefacción</sub>:

kWh/año

A<sub>ACS</sub>:

kWh/año

A<sub>electricidad</sub>:  kWh/año

## Planilla EE: Vivienda 8, mejoras tipo A + colector solar.

Tabla B.8 - Planilla EE Vivienda 8, mejoras tipo A + colector solar.

### ELEMENTOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

Zona Térmica:

Tipología:

Año construcción vivienda:

Materialidad:

Año tasación vivienda:

#### 1. Aislación Térmica Envolvente

##### Aislación Muros

Material:

Densidad:  kg/m<sup>3</sup>

Espesor (\*) cm:

m<sup>2</sup> instalados:

##### Aislación Techumbre

Material:

Densidad:  kg/m<sup>3</sup>

Espesor (\*) cm:

m<sup>2</sup> instalados:

##### Aislación Piso Ventilado

Material:

Densidad:  kg/m<sup>3</sup>

Espesor (\*) cm:

m<sup>2</sup> instalados:

##### Aislación Piso Contacto Terreno

Material:

Densidad:  kg/m<sup>3</sup>

Espesor (\*) cm:

m<sup>2</sup> instalados:

(\*) Se refiere al espesor de material aislante sobre el mínimo exigido en la reglamentación térmica vigente

## 2. Ventanas

m<sup>2</sup> vidrios:  Tipo: 

DVH	Monolítico
X	

## 3. Mejoras para cumplimiento mínimo Reglamentación Térmica\*

Para aquellas viviendas cuyo año de construcción sea anterior al 2000, se debe caracterizar las mejoras necesarias para el cumplimiento mínimo de la Reglamentación Térmica

Descripción Mejoras

Aislación Muros:

Aislación Techumbre:

Aislación Piso Ventilado:

Aislación Piso Contacto Terreno:

(\*) Este ítem es sólo para viviendas cuyo año de construcción es anterior al 2000

## 4. Elementos que usan ERNC

Tipo:

Colector Solar

Panel Solar

Bombas de calor

Características (\*):

	Colector solar	Panel Solar	Bombas de calor
Marca:	-		
Modelo:	-		
Capacidad m <sup>3</sup> :	150		
m <sup>2</sup> instalados:	2		

(\*) según corresponda

## 5. Etiqueta de calificación energética

En caso de poseer etiqueta de calificación energética es necesario identificar los indicadores que posteriormente permitan al tasador calcular el valor presente de los ahorros derivados de las mejoras de la vivienda:

$A_{\text{calefacción}}$ :  kWh/año

$A_{\text{ACS}}$ :  kWh/año

$A_{\text{electricidad}}$ :  kWh/año

## ANEXO C – ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS

A partir de la información recopilada de los informes de tasación se describen a continuación los distintos los códigos del programa CCTE\_v2 asociado a cada elemento constructivo. En los casos que el material no esté incluido en la base de datos del software, se define ya sea con materiales nuevos y/o con la unión de materiales preexistentes. Los elementos que se definen a continuación corresponden a los elementos con los que se definen las viviendas originalmente tasadas.

### Vivienda 1

Tabla C.1 - Descripción materiales utilizados para modelar Vivienda 1.

Elemento	Material	Código asociado	Observación
Muros	Albañilería reforzada	1.2.G.B.A1.1	Muro de albañilería construido a base de ladrillos artesanales de 285x143x58 [mm]
Vano tipo 1	Tipo Placarol	Puerta Placarol	Asociado a puerta
Vano tipo 2	Vidrio Simple	Ventana vidrio simple 3 mm	Asociado a ventanas
Cerramiento horizontal exterior	Fibro cement o	Techo	Correspondiente a cubierta Techo en base a Fibrocemento_1000
Medianería	Albañilería reforzada	1.2.G.B.A1.1	Muro de albañilería construido a base de ladrillos artesanales de 285x143x58 [mm]
Cerramiento horizontal (terreno)	H.A.	Losa contacto terreno	Losa de Hormigón Armado normal, 13 cm
Partición interior horizontal	Base de losa afinada	Cielo 1 piso	Losa de Hormigón Armado normal, 13 cm
Partición interior horizontal 2	Planchas de volcanita	Cielo 2 piso	Yeso carton_650
Partición interior vertical	Permanit	Tabiquería	Tabiquería interior en base a Fibrocemento_1000 + aire + fibrocemento_1000

La vivienda 1 posee una losa ventilada que de acuerdo a las características descritas anteriormente no cumple con la normativa térmica vigente, por lo cual se agrega una capa de poliestireno expandido de 15 kg/m<sup>3</sup> de 1 cm de espesor.

### Vivienda 2

Tabla C.2 - Descripción materiales utilizados para modelar Vivienda 2.

Elemento	Material	Código asociado	Observación
Muros	Albañilería	1.2.G.B.A1.1	Muro de albañilería construido a base de ladrillos

Elemento	Material	Código asociado	Observación
	reforzada		artesanales de 285x143x58 [mm]
Vano tipo 1	Madera Estándar	Puerta Placarol	Asociado a puerta
Vano tipo 2	Vidrio simple	Ventana vidrio simple 3 mm	Asociado a ventanas
Cerramiento horizontal exterior	Asfáltica	Techo asfáltico	Complejo techumbre en base a material Asfalto de 5 mm de espesor
Medianería	Albañilería reforzada	1.2.G.B.A1.1	Muro de albañilería construido a base de ladrillos artesanales de 285x143x58 [mm]
Cerramiento horizontal (terreno)	H.A.	Losa contacto terreno	Losa de Hormigón Armado normal, 13 cm
Partición interior horizontal	Losa HA	Cielo 1 piso	Losa de Hormigón Armado normal, 13 cm
Partición interior horizontal 2	Planchas de volcanita	Cielo 2 piso	Cielo techo en base a Yeso carton_650
Partición interior vertical	Albañilería reforzada	1.2.G.B.A1.1	Muro de albañilería construido a base de ladrillos artesanales de 285x143x58 [mm]

La vivienda 2 posee una losa ventilada que de acuerdo a las características descritas anteriormente no cumple con la normativa térmica vigente, por lo cual se agrega una capa de poliestireno expandido de 15 kg/m<sup>3</sup> de 1 cm de espesor.

### Vivienda 3

Tabla C.3 - Descripción materiales utilizados para modelar Vivienda 3.

Elemento	Material	Código asociado	Observación
Muros	Albañilería armada	1.2.G.B.A1.1	Muro de albañilería construido a base de ladrillos artesanales de 285x143x58 [mm]
Vano	Madera contrachapada, marcos de madera	Puerta Placarol	Asociado a puerta
Vano 2	Metálicas-aluminio simple, vidrio simple	Ventana vidrio simple 3 mm	Asociado a ventanas
Cerramiento horizontal exterior	Fibrocemento ondulado planchas-zinc gravillado	Techo	Correspondiente a complejo techumbre en base a Fibrocemento_1000, de 5 mm espesor
Medianería	Albañilería armada	1.2.G.B.A1.1	Muro de albañilería construido a base de ladrillos artesanales de 285x143x58 [mm]
Cerramiento horizontal (terreno)	H.A.	Losa contacto terreno	Losa de Hormigón Armado normal, 13 cm
Partición interior horizontal	Losa HA	Cielo 1 piso	Losa de Hormigón Armado normal, 13 cm
Partición interior horizontal 2	Planchas de volcanita	Cielo 2 piso	Cielo techo en base a Yeso carton_650
Partición interior vertical	Est. Madera rev. Volcanita	Tabiquería	Tabiquería interior en base a yeso cartón + aire + yeso cartón

Considerando las características del muro de la vivienda 3 descritas en la tabla anterior, se observa que no cumple con la reglamentación térmica vigente para la zona respectiva, por lo cual se agrega una capa de aislación térmica que consiste en poliestireno expandido de 15 kg/m<sup>3</sup> de espesor 1 cm.

#### Vivienda 4

Tabla C.4 - Descripción materiales utilizados para modelar Vivienda 4.

Elemento	Material	Código asociado	Observación
Muros	Albañilería reforzada	1.2.G.B.A1.1	Muro de albañilería construido a base de ladrillos artesanales de 285x143x58 [mm]
Vano tipo 1	Madera estándar Madera	Puerta Placarol	Asociado a puerta
Vano tipo 2	Vidrio simple	Ventana vidrio simple 3 mm	Asociado a ventanas
Cerramiento horizontal exterior	Zinc	Techo	Complejo techumbre en base a material zinc
Cerramiento horizontal (terreno)	H.A.	Losa contacto terreno	Losa de Hormigón Armado normal, 13 cm
Partición interior horizontal	Losa HA	Cielo 1 piso	Losa de Hormigón Armado normal, 13 cm
Partición interior horizontal 2	Volcanita	Cielo 2 piso	Cielo techo en base a Yeso carton_650
Partición interior vertical	Albañilería reforzada	1.2.G.B.A1.1	Muro de albañilería construido a base de ladrillos artesanales de 285x143x58 [mm]

#### Vivienda 5

Tabla C.5 - Descripción materiales utilizados para modelar Vivienda 5.

Elemento	Material	Código asociado	Observación
Muros	Albañilería reforzada	1.2.G.B.A1.1	Muro de albañilería construido a base de ladrillos artesanales de 285x143x58 [mm]
Vano	Madera estándar Madera	Puerta Placarol	Asociado a puerta
Vano 2	Vidrio simple	Ventana vidrio simple 3 mm	Asociado a ventanas
Cerramiento horizontal exterior	Teja Arcilla	Techo	Complejo techumbre en base a tejas de arcilla de 1 cm de espesor
Medianería	Albañilería reforzada	1.2.G.B.A1.1	Muro de albañilería construido a base de ladrillos artesanales de 285x143x58 [mm]
Cerramiento horizontal (terreno)	H.A.	Losa contacto terreno	Losa de Hormigón Armado normal, 13 cm
Partición interior horizontal	Losa HA	Cielo 1 piso	Losa de Hormigón Armado normal, 13 cm

Elemento	Material	Código asociado	Observación
Partición interior horizontal 2	Planchas de volcanita	Cielo 2 piso	Cielo techo en base a Yeso carton_650
Partición interior vertical	Albañilería reforzada	1.2.G.B.A1.1	Muro de albañilería construido a base de ladrillos artesanales de 285x143x58 [mm]

## Vivienda 6

Tabla C.6 - Descripción materiales utilizados para modelar Vivienda 6.

Elemento	Material	Código asociado	Observación
Muros	Estructura de madera	Muro exterior	Complejo muro en base a estructura de madera, revestido por fuera con madera y fibro cemento y por dentro con volcanita enlucida
Vano	Madera en su totalidad	Puerta Placarol	Asociado a puerta
Vano 2	Vidrio simple	Ventana vidrio simple 3 mm	Asociado a ventanas
Cerramiento horizontal exterior	Tejuela de alerce	Agregar	Complejo techumbre en base a planchas de alerce
Medianería	Estructura de madera	Medianería	Medianería en base a estructura de madera, revestido con volcanita enlucida
Cerramiento horizontal (terreno)	H.A.	Losa contacto terreno	Losa de Hormigón Armado normal, 13 cm
Partición interior horizontal	Estructura de madera*	Cielo 1 piso	Losa en base a estructura de madera, recubierta encima con planchas de OSB (10 mm) y abajo por volcanita (12 mm)
Partición interior horizontal 2	Planchas de volcanita	Cielo 2 piso	Cielo techo en base a Yeso carton_650
Partición interior vertical	Madera	Tabiquería	Tabiquería interior en base a estructura de madera y volcanita

Considerando las características del muro de la vivienda 6 descritas en la tabla anterior, se observa que no cumple con la reglamentación térmica vigente para la zona respectiva, por lo cual se agrega una capa de aislación térmica que consiste en poliestireno expandido de  $15 \text{ kg/m}^3$  de espesor 1 cm.

## Vivienda 7

Tabla C.7 - Descripción materiales utilizados para modelar Vivienda 7.

Elemento	Material	Código asociado	Observación
Muros	Perfilaría metálica, Volcometal	Muro exterior	Muro en base a perfiles metálicos revestidos con fibrocemento y planchas de OSB
Vano tipo 1	Madera	Puerta Placarol	Asociado a puerta
Vano tipo 2	Vidrio simple	Ventana vidrio simple 3 mm	Asociado a ventanas
Cerramiento horizontal exterior	Plancha de OSB 8 mm y cubierta de teja asfáltica	Techo	Complejo techumbre en base a madera aglomerada y teja asfáltica
Cerramiento horizontal (terreno)	H.A.	Losa contacto terreno	Losa de HA normal de 13 cm de espesor
Partición interior horizontal	Estructura de madera	Cielo 1 piso	Losa en base a estructura de madera, recubierta encima con planchas de OSB (10 mm) y abajo por volcanita (12 mm)
Partición interior horizontal 2	Planchas de volcanita enlucida	Cielo 2 piso	Cielo techo en base a Yeso carton_650
Partición interior vertical	Volcometal con revestimiento de OSB de 8 mm	Tabiquería	Tabiquería interior en base a perfiles metálicos revestidos con planchas de madera aglomerada

## Vivienda 8

Tabla C.8 - Descripción materiales utilizados para modelar Vivienda 8.

Elemento	Material	Código asociado	Observación
Muros	Planchas OSB	Muro exterior	Muros en base a estructura de metalcom revestidos con paneles de OSB
Vano	Madera contraplacadas con marco de madera	Puerta Placarol	Asociado a puerta
Vano 2	Vidrio simple	Ventana vidrio simple 3 mm	Asociado a ventanas
Cerramiento horizontal exterior	Planchas de zinc	Techo	Complejo techumbre en base a planchas de zinc
Cerramiento horizontal (terreno)	H.A.	Losa contacto terreno	Losa de Hormigón Armado normal, 13 cm
Partición interior horizontal	Planchas de volcanita	Cielo 1 piso	Cielo techo en base a Yeso carton_650
Partición interior vertical	Livianos de volcanita	Tabiquería	Tabiquería interior en base a estructura de madera y volcanita

Además se describen los elementos de eficiencia energética correspondientes a las mejoras tipo A y tipo C.

Tabla C.9 - Descripción materiales utilizados para modelar las mejoras.

Tipo mejora	Descripción solución constructiva
<b>A</b>	Reemplazar el vidrio definido por vidrios DVH tipo claros + marco de pvc
	Al muro ya definido agregar 10 [cm] Poliestireno expandido_15 + Fibrocemento_1000
	Al cielo ya definido agregar Poliestireno expandido_15 de 5 [cm] de espesor
	A la losa en contacto terreno agregar Poliestireno expandido_15 de 2 [cm] de espesor
<b>C</b>	Al muro ya definido agregar 10 [cm] Poliestireno expandido_15 + Fibrocemento_1000
	Al cielo ya definido agregar Poliestireno expandido_15 de 5 [cm] de espesor
	A la losa en contacto terreno agregar Poliestireno expandido_15 de 2 [cm]

## ANEXO D – AHORROS ENERGÉTICOS

A continuación se entregan los resultados de la modelación de las viviendas mediante el software CCTE\_v2 para determinar el ahorro en demanda de calefacción y los resultados obtenidos por el algoritmo de cálculo f-chart para determinar el ahorro en demanda de ACS.

### Ahorro por mejoras en envolvente térmica

Para determinar el ahorro en calefacción es necesario estudiar las viviendas con el software CCTE\_v2, primero la vivienda original y luego aplicando las mejoras que se quiere estudiar. A continuación se presentan imágenes de los modelos obtenidos para cada vivienda:

Tabla D.1 - Elevaciones modelo vivienda 1

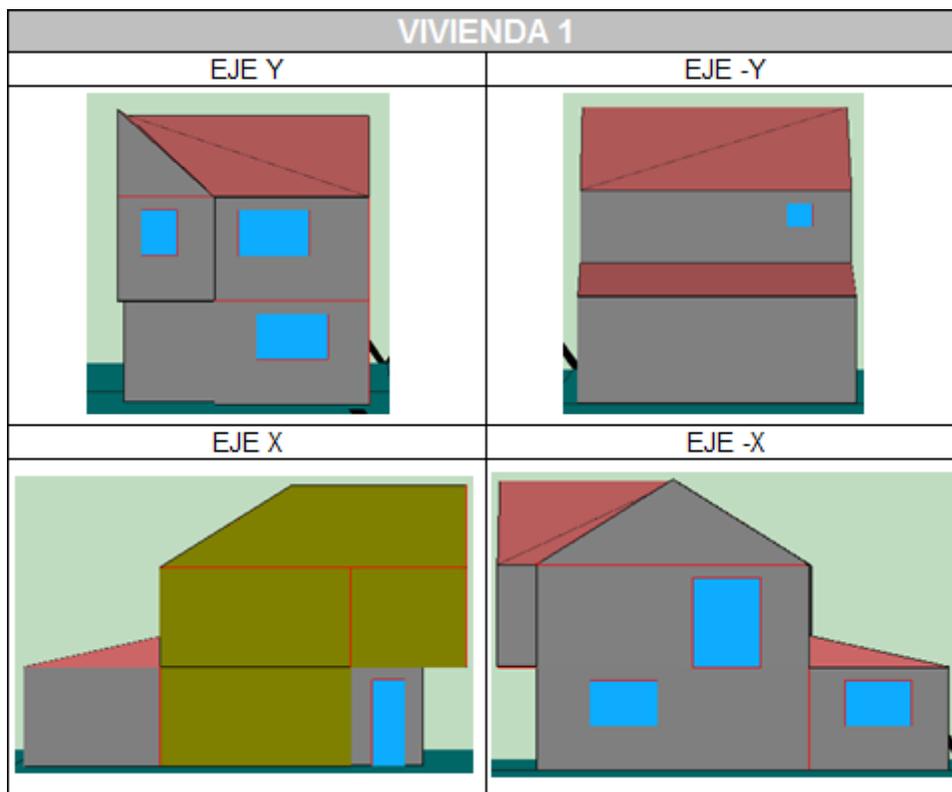


Tabla D.2 - Elevaciones modelo vivienda 2

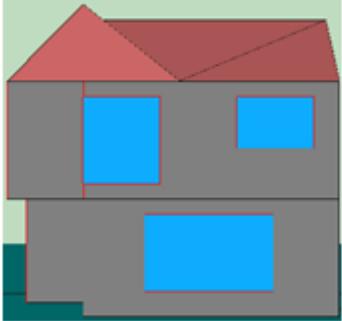
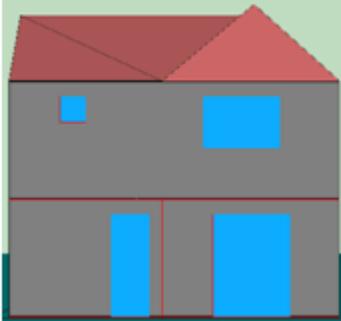
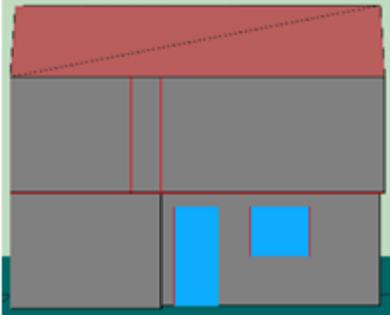
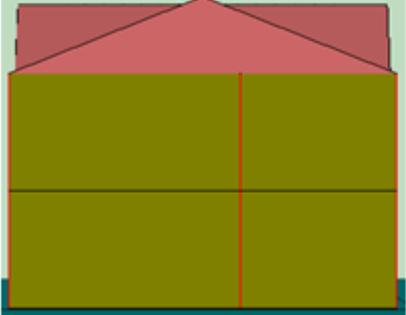
VIVIENDA 2	
EJE Y	EJE -Y
	
EJE X	EJE -X
	

Tabla D.3 - Elevaciones modelo vivienda 3

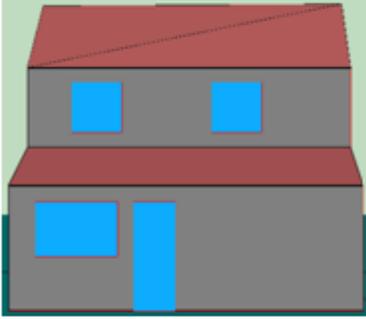
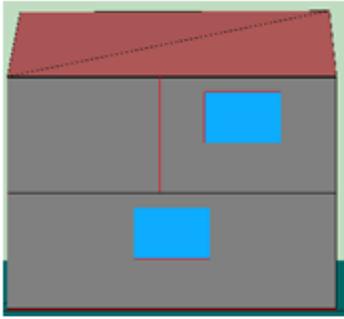
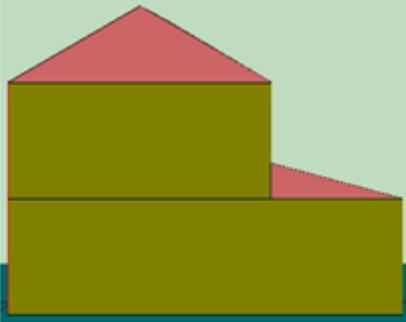
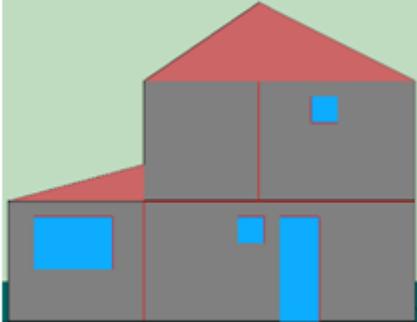
VIVIENDA 3	
EJE Y	EJE -Y
	
EJE X	EJE -X
	

Tabla D.4 - Elevaciones modelo vivienda 4

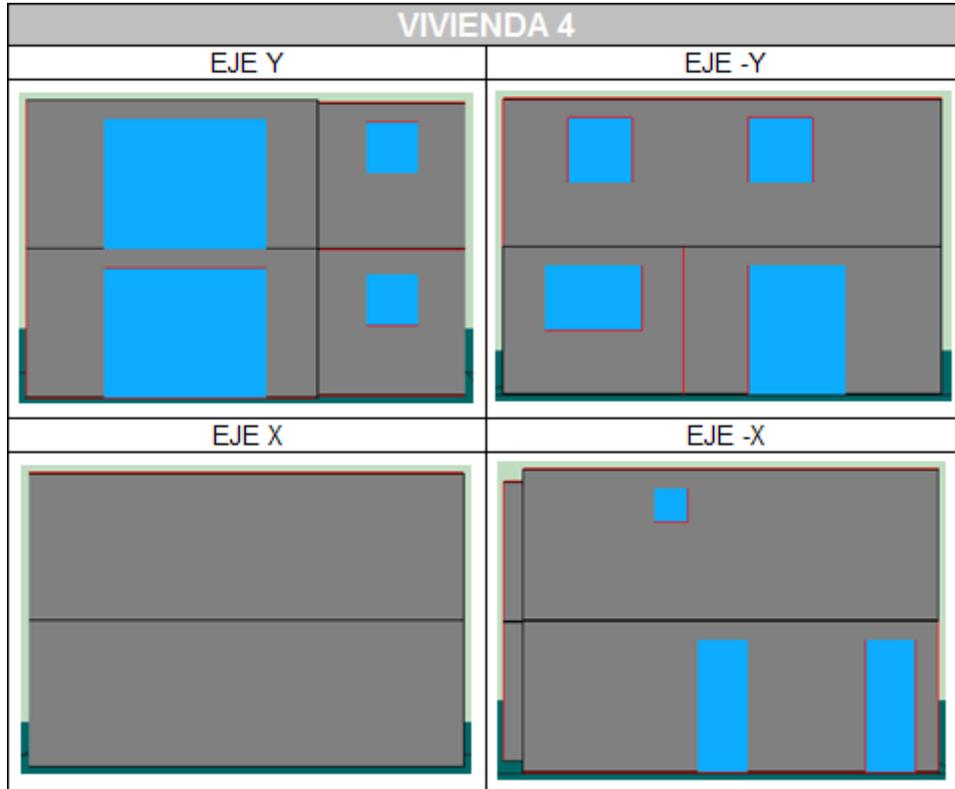


Tabla D.5 - Elevaciones modelo vivienda 5

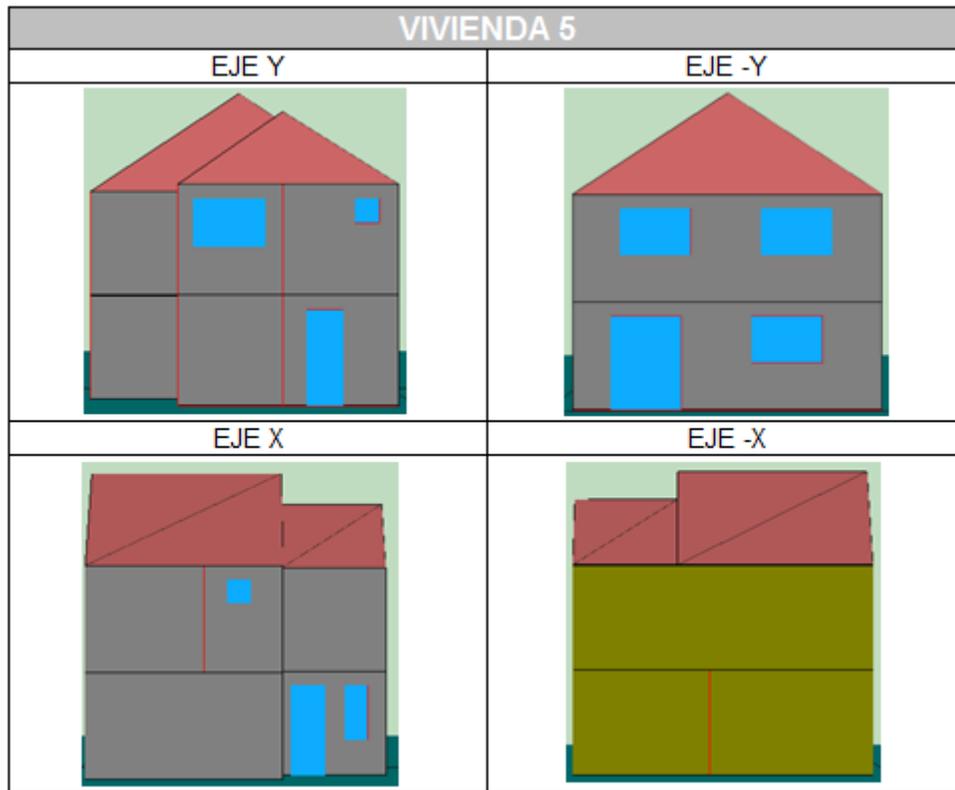


Tabla D.6 - Elevaciones modelo vivienda 6

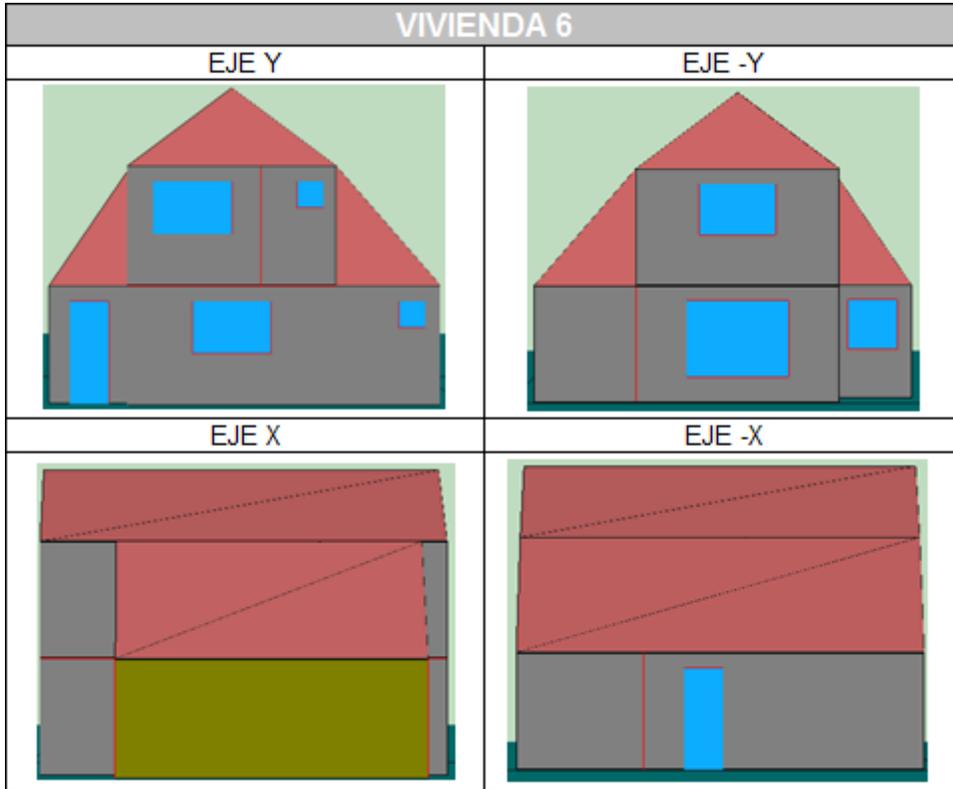


Tabla D.7 - Elevaciones modelo vivienda 7

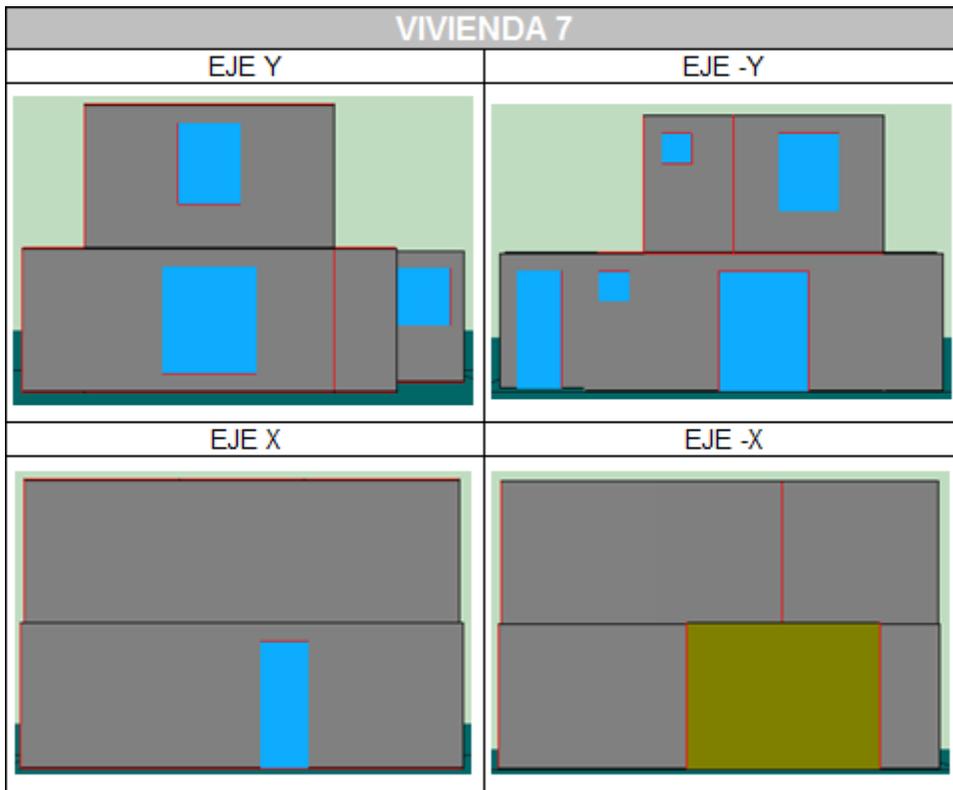
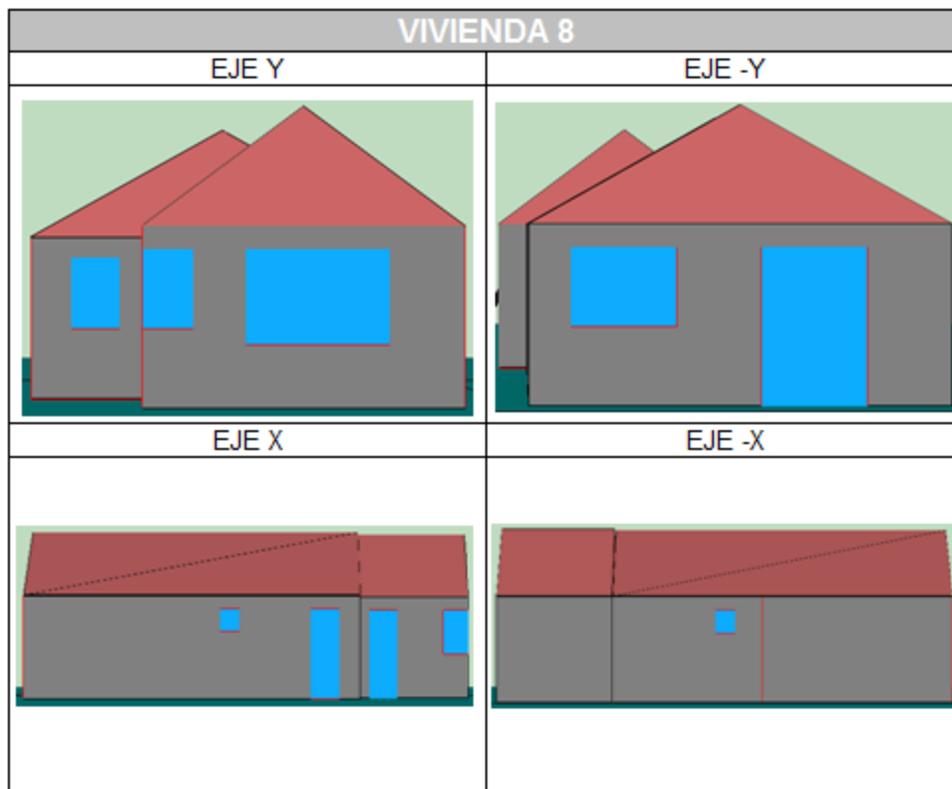


Tabla D.8 - Elevaciones modelo vivienda 8



De los modelos anteriores se obtuvieron los siguientes resultados para la demanda de energía:

Tabla D.9 - Demanda de energía de viviendas modeladas con características originales.

Comuna	Vivienda	Tipo	Demanda vivienda objeto kWh/m <sup>2</sup>	Demanda vivienda referencia kWh/m <sup>2</sup>
Antofagasta	Vivienda 1	Calefacción	32,3	37,1
		Refrigeración	1,5	58,3
	Vivienda 2	Calefacción	24,9	30,5
		Refrigeración	1,4	23,0
Puente Alto	Vivienda 3	Calefacción	88,8	101,4
		Refrigeración	1,4	20,4
	Vivienda 4	Calefacción	110,2	113,2
		Refrigeración	3,6	14,3
	Vivienda 5	Calefacción	98,8	108,8
		Refrigeración	0,4	11,0
Puerto Montt	Vivienda 6	Calefacción	108,0	119,6
		Refrigeración	0,4	1,3

Comuna	Vivienda	Tipo	Demanda vivienda objeto kWh/m <sup>2</sup>	Demanda vivienda referencia kWh/m <sup>2</sup>
	Vivienda 7	Calefacción	116,1	124,3
		Refrigeración	0,3	1,2
	Vivienda 8	Calefacción	112,8	115,6
		Refrigeración	0,5	1,1

Tabla D.10 - Demanda de energía de viviendas modeladas con características originales más las mejoras en envolvente térmica tipo C.

Comuna	Vivienda	Tipo	Demanda vivienda objeto kWh/m <sup>2</sup>	Demanda vivienda referencia kWh/m <sup>2</sup>
Antofagasta	Vivienda 1	Calefacción	16,5	41,6
		Refrigeración	4,7	66,2
	Vivienda 2	Calefacción	13,1	34,9
		Refrigeración	4,8	29,2
Puente Alto	Vivienda 3	Calefacción	63,7	106,7
		Refrigeración	4,3	27,7
	Vivienda 4	Calefacción	75,4	118,1
		Refrigeración	6,9	21,0
	Vivienda 5	Calefacción	69,4	112,4
		Refrigeración	2,2	14,6
Puerto Montt	Vivienda 6	Calefacción	86,9	122,9
		Refrigeración	0,6	3,1
	Vivienda 7	Calefacción	91,0	127,6
		Refrigeración	0,7	3,8
	Vivienda 8	Calefacción	94,9	119,7
		Refrigeración	3,0	3,5

Tabla D.11 - Demanda de energía de viviendas modeladas con características originales más las mejoras en envolvente térmica tipo A.

Comuna	Vivienda	Tipo	Demanda vivienda objeto kWh/m <sup>2</sup>	Demanda vivienda referencia kWh/m <sup>2</sup>
Antofagasta	Vivienda 1	Calefacción	9,8	40,3
		Refrigeración	12,5	69,3
	Vivienda 2	Calefacción	5,0	33,6
		Refrigeración	15,6	31,4
Puente Alto	Vivienda 3	Calefacción	43,8	104,6

Comuna	Vivienda	Tipo	Demanda vivienda objeto kWh/m <sup>2</sup>	Demanda vivienda referencia kWh/m <sup>2</sup>
	Vivienda 4	Refrigeración	8,1	29,0
		Calefacción	45,1	115,2
		Refrigeración	15,3	22,5
	Vivienda 5	Calefacción	45,6	109,9
		Refrigeración	7,1	15,8
Puerto Montt	Vivienda 6	Calefacción	64,3	120,6
		Refrigeración	1,3	3,6
	Vivienda 7	Calefacción	66,2	127,6
		Refrigeración	2,9	3,8
	Vivienda 8	Calefacción	70,5	119,7
		Refrigeración	3,7	3,5

Los resultados para consumo de energía son los siguientes:

Tabla D.12 - Consumo de energía de viviendas modeladas con características originales.

Comuna	Vivienda	Tipo	Consumo vivienda objeto kWh/m <sup>2</sup>	Consumo vivienda referencia kWh/m <sup>2</sup>
Antofagasta	Vivienda 1	Calefacción	43,0	49,5
		Refrigeración	0,8	29,3
	Vivienda 2	Calefacción	33,2	40,6
		Refrigeración	0,7	11,5
Puente Alto	Vivienda 3	Calefacción	118,3	135,1
		Refrigeración	0,7	10,2
	Vivienda 4	Calefacción	147,0	150,9
		Refrigeración	1,8	7,2
	Vivienda 5	Calefacción	131,7	145,0
		Refrigeración	0,2	5,5
Puerto Montt	Vivienda 6	Calefacción	144,0	159,9
		Refrigeración	0,2	0,7
	Vivienda 7	Calefacción	154,8	165,7
		Refrigeración	0,1	0,6
	Vivienda 8	Calefacción	150,4	154,2
		Refrigeración	0,3	0,5

Tabla D.13 - Consumo de energía de viviendas modeladas con características originales más las mejoras en envolvente térmica tipo C.

Comuna	Vivienda	Tipo	Consumo vivienda mejoras tipo C kWh/m <sup>2</sup>	Consumo vivienda referencia tipo C kWh/m <sup>2</sup>
Antofagasta	Vivienda 1	Calefacción	22,0	55,5
		Refrigeración	2,3	33,1
	Vivienda 2	Calefacción	17,5	46,6
		Refrigeración	2,4	14,6
Puente Alto	Vivienda 3	Calefacción	84,9	142,3
		Refrigeración	2,2	13,9
	Vivienda 4	Calefacción	100,6	157,5
		Refrigeración	3,4	10,5
	Vivienda 5	Calefacción	92,5	149,9
		Refrigeración	1,1	7,3
Puerto Montt	Vivienda 6	Calefacción	115,9	163,9
		Refrigeración	0,3	1,6
	Vivienda 7	Calefacción	121,4	170,2
		Refrigeración	0,3	1,9
	Vivienda 8	Calefacción	126,6	159,6
		Refrigeración	1,5	1,8

Tabla D.14 - Consumo de energía de viviendas modeladas con características originales más las mejoras en envolvente térmica tipo A.

Comuna	Vivienda	Tipo	Consumo vivienda mejoras tipo A kWh/m <sup>2</sup>	Consumo vivienda referencia tipo A kWh/m <sup>2</sup>
Antofagasta	Vivienda 1	Calefacción	13,0	53,7
		Refrigeración	6,2	34,6
	Vivienda 2	Calefacción	6,6	44,8
		Refrigeración	7,8	15,7
Puente Alto	Vivienda 3	Calefacción	58,4	139,5
		Refrigeración	4,0	14,5
	Vivienda 4	Calefacción	60,2	153,6
		Refrigeración	7,6	11,3
	Vivienda 5	Calefacción	60,8	146,5
		Refrigeración	3,6	7,9
Puerto Montt	Vivienda 6	Calefacción	85,8	160,8
		Refrigeración	0,6	1,8

Comuna	Vivienda	Tipo	Consumo vivienda mejoras tipo A kWh/m <sup>2</sup>	Consumo vivienda referencia tipo A kWh/m <sup>2</sup>
	Vivienda 7	Calefacción	88,2	170,2
		Refrigeración	1,4	1,9
	Vivienda 8	Calefacción	94,0	159,6
		Refrigeración	1,9	1,8

### Ahorro por uso de colectores solares

Para determinar el porcentaje de ahorro en demanda de ACS se utiliza la planilla de cálculo para la verificación del cumplimiento de la contribución solar mínima (CSM), que se basa en el algoritmo f-chart. Los datos de entrada para determinar las demandas en cada caso son comuna, n° de dormitorios, volumen de almacenamiento (150 lts en el caso del colector estudiado), superficie (2 m<sup>2</sup> en el caso del colector estudiado), inclinación y orientación.

Tabla D.15 - Datos entrada para estimar CSM de colectores en cada vivienda.

Comuna	Vivienda	N° Habitaciones	Orientación	Inclinación
Antofagasta	Vivienda 1	2	0°	25°
	Vivienda 2	3	0°	25°
Puente Alto	Vivienda 3	5	0°	35°
	Vivienda 4	3	0°	35°
	Vivienda 5	3	0°	35°
Puerto Montt	Vivienda 6	3	0°	40°
	Vivienda 7	3	0°	40°
	Vivienda 8	3	0°	40°

## Vivienda 1

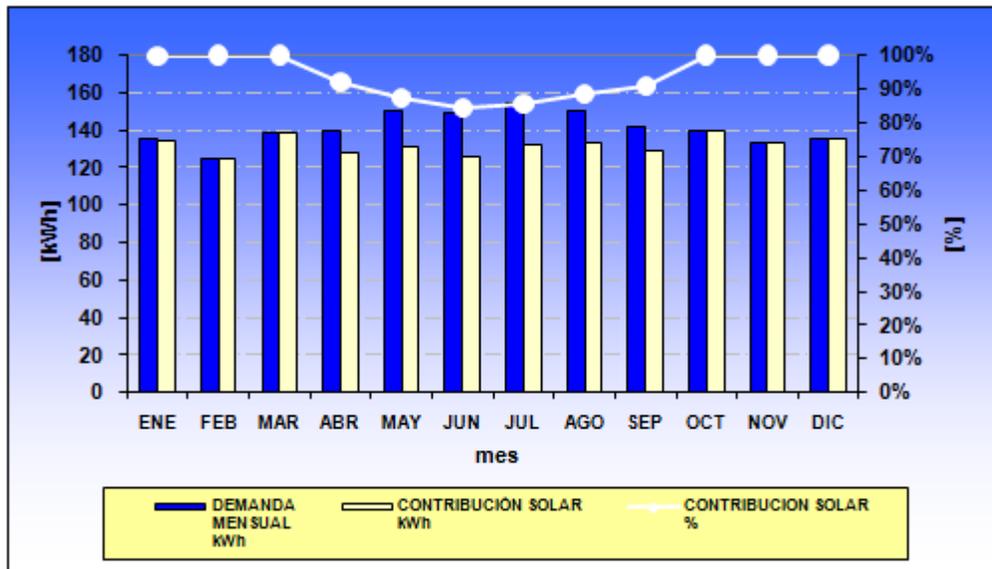


Figura D.1 - Vivienda 1, contribución solar de colector.

Tabla D.16 - Vivienda 1, contribución solar de colector.

Mes	Demanda Mensual kWh	Contribución Solar kWh	Contribución Solar %
Enero	135	135	100%
Febrero	125	125	100%
Marzo	138	138	100%
Abril	139	128	92%
Mayo	150	131	87%
Junio	149	126	85%
Julio	155	132	85%
Agosto	150	133	89%
Septiembre	142	129	91%
Octubre	140	140	100%
Noviembre	134	134	100%
Diciembre	136	136	100%

El promedio de las contribuciones solares mensuales para la vivienda 1 es de 94%.

## Vivienda 2

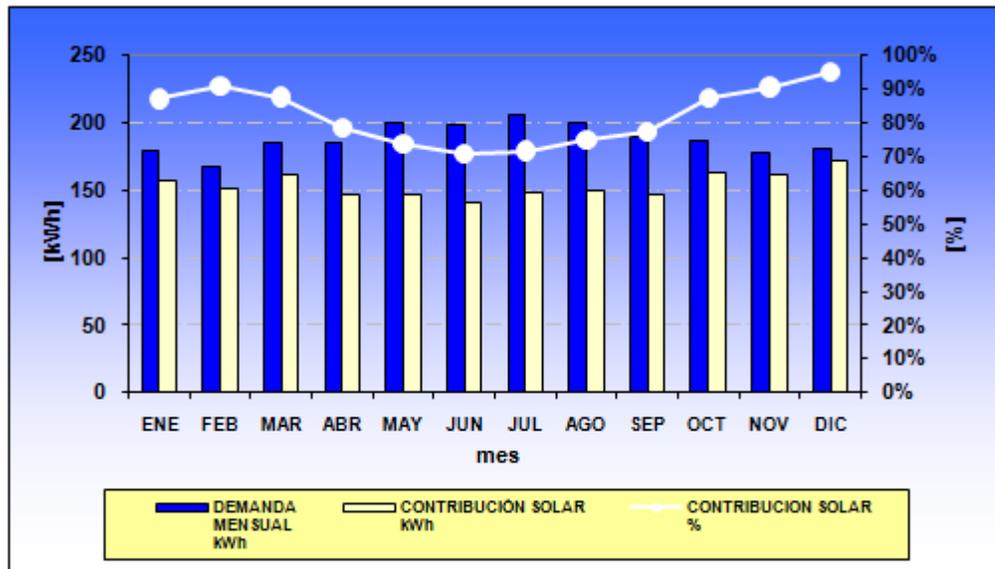


Figura D.2 - Vivienda 2, contribución solar de colector.

Tabla D.17 - Vivienda 2, contribución solar de colector.

Mes	Demanda Mensual kWh	Contribución Solar kWh	Contribución Solar %
Enero	180	157	87%
Febrero	167	151	90%
Marzo	185	162	88%
Abril	186	146	78%
Mayo	200	147	74%
Junio	199	141	71%
Julio	207	148	71%
Agosto	200	150	75%
Septiembre	189	147	78%
Octubre	187	163	87%
Noviembre	178	161	90%
Diciembre	181	172	95%

El promedio de las contribuciones solares mensuales para la vivienda 2 es de 82%.

### Vivienda 3

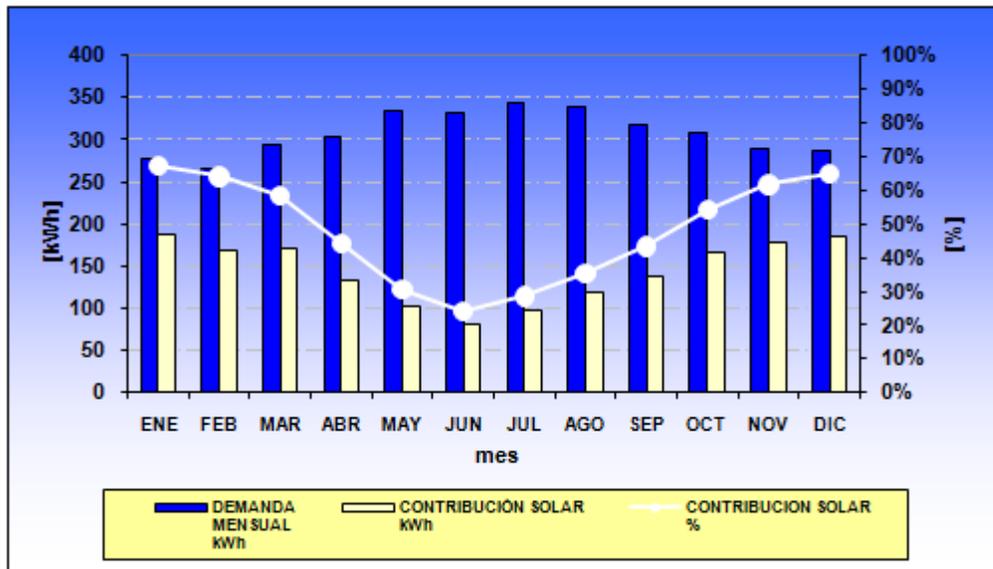


Figura D.3 - Vivienda 3, contribución solar de colector.

Tabla D.18 - Vivienda 3, contribución solar de colector.

Mes	Demanda Mensual kWh	Contribución Solar kWh	Contribución Solar %
Enero	278	187	67%
Febrero	264	170	64%
Marzo	293	171	58%
Abril	303	134	44%
Mayo	333	102	31%
Junio	332	80	24%
Julio	343	98	29%
Agosto	338	120	36%
Septiembre	318	138	43%
Octubre	308	167	54%
Noviembre	288	178	62%
Diciembre	287	186	65%

El promedio de las contribuciones solares mensuales para la vivienda 3 es de 48%.

## Viviendas 4 y 5

La viviendas 4 y 5 poseen los mismos datos de entrada, por lo tanto se entregan los datos una sola vez.

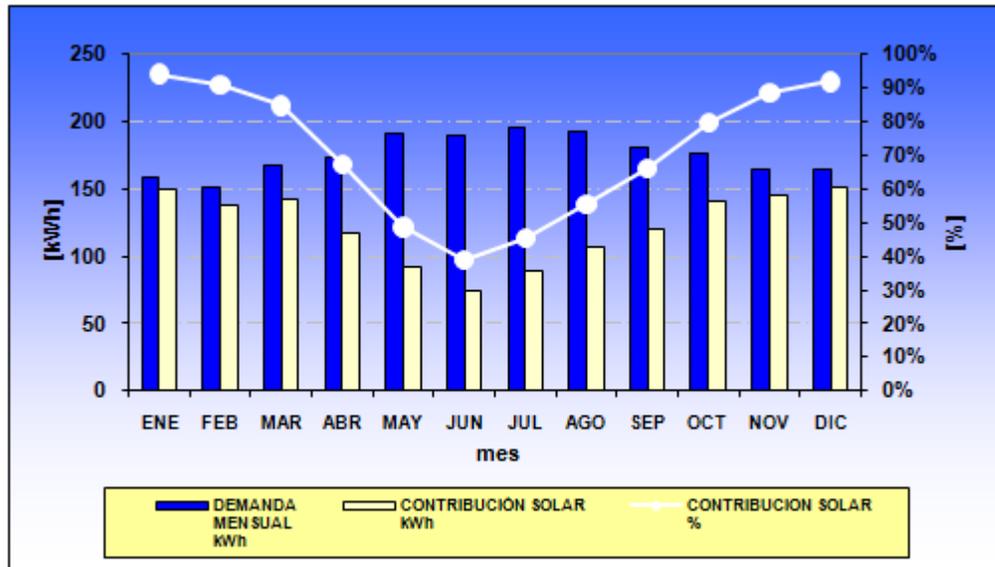


Figura D.4 - Vivienda 4 y 5, contribución solar de colector.

Tabla D.19 - Vivienda 4 y 5, contribución solar de colector.

Mes	Demanda Mensual kWh	Contribución Solar kWh	Contribución Solar %
Enero	159	149	94%
Febrero	151	138	91%
Marzo	167	142	85%
Abril	173	117	68%
Mayo	190	93	49%
Junio	190	74	39%
Julio	196	89	45%
Agosto	193	107	55%
Septiembre	181	120	66%
Octubre	176	140	80%
Noviembre	165	146	88%
Diciembre	164	151	92%

El promedio de las contribuciones solares mensuales para la vivienda 4 y 5 es de 71%.

## Viviendas 6, 7 y 8

Las viviendas 6, 7 y 8 poseen los mismos datos de entrada, por lo tanto se entregan los datos una sola vez.

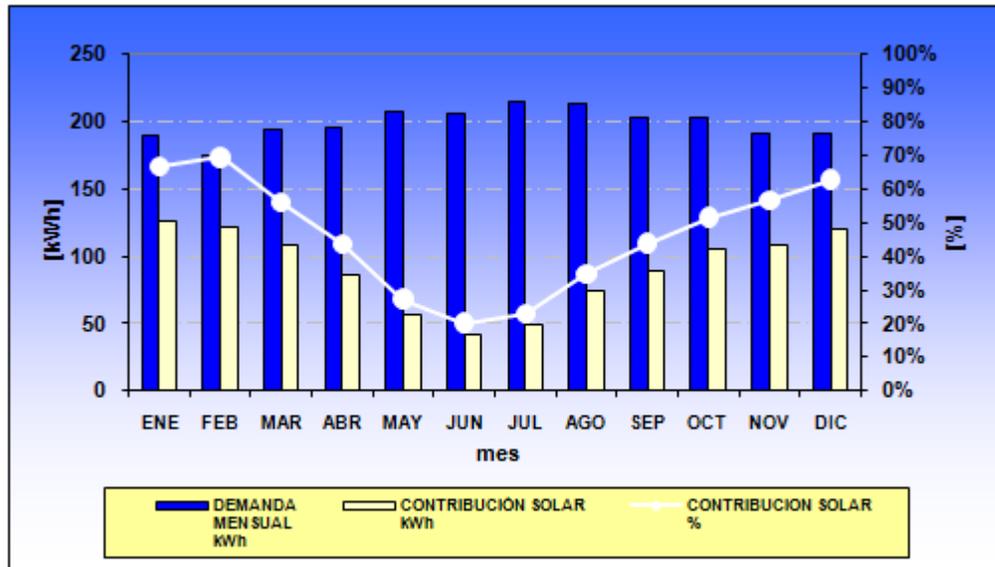


Figura D.5 - Vivienda 6, 7 y 8, contribución solar de colector.

Tabla D.20 - Vivienda 6, 7 y 8, contribución solar de colector.

Mes	Demanda Mensual kWh	Contribución Solar kWh	Contribución Solar %
Enero	189	126	67%
Febrero	175	121	69%
Marzo	194	109	56%
Abril	196	86	44%
Mayo	208	57	27%
Junio	207	42	20%
Julio	215	49	23%
Agosto	213	74	35%
Septiembre	203	89	44%
Octubre	204	105	51%
Noviembre	191	108	57%
Diciembre	192	120	63%

El promedio de las contribuciones solares mensuales para la vivienda 6, 7 y 8 es de 46%.

## **ANEXO E – VALOR PRESENTE AHORROS**

A continuación se entrega la planilla propuesta para ordenar los factores necesarios para estimar el valor presente de los ahorros en consumo. Al igual que para el caso de la presentación de la planilla de identificación de elementos de eficiencia energética se presenta el desglose de la planilla de las mejoras tipo A mas colector solar, y el resultado de la tasación verde para cada caso.

## Vivienda 1

PLANILLA TASACIÓN VERDE			
<b>1. Características vivienda</b>			
Año construcción	1997	Fecha tasación	28-12-2005
Valor tasación	1.533	UF	
<b>2. Factores Valor Presente ahorros energía</b>			
Tasa de descuento	6,86%		
$n_{\text{envolvente}}$	42		
$n_{\text{equipos}}$	17		
<b>3. Ahorro en Consumo</b>			
$A_{\text{calefacción}}$	3.414	kWh/año	
$A_{\text{ACS}}$	1.587	kWh/año	
$A_{\text{electricidad}}$	0	kWh/año	
<b>4. Tasación Verde</b>			
$VP_{\text{ahorros}}$	150	UF	
Valor Tasación	1.533	UF	
<hr/>			
<b>TASACIÓN VERDE</b>	<b>1.683</b>	UF	

Figura E.1 - Vivienda 1, Tasación Verde.

## Vivienda 2

PLANILLA TASACIÓN VERDE			
<b>1. Características vivienda</b>			
Año construcción	2009	Fecha tasación	22-06-2009
Valor tasación	2.391	UF	
<b>2. Factores Valor Presente ahorros energía</b>			
Tasa de descuento	5,06%		
$n_{\text{envolvente}}$	50		
$n_{\text{equipos}}$	25		
<b>3. Ahorro en Consumo</b>			
$A_{\text{calefacción}}$	2.860	kWh/año	
$A_{\text{ACS}}$	1.845	kWh/año	
$A_{\text{electricidad}}$	0	kWh/año	
<b>4. Tasación Verde</b>			
$VP_{\text{ahorros}}$	244	UF	
Valor Tasación	2.391	UF	
<b>TASACIÓN VERDE</b>			<b>2.635</b> UF

Figura E.2 - Vivienda 2, Tasación Verde.

## Vivienda 3

PLANILLA TASACIÓN VERDE			
<b>1. Características vivienda</b>			
Año construcción	1994	Fecha tasación	22-08-2007
Valor tasación	1.508	UF	
<b>2. Factores Valor Presente ahorros energía</b>			
Tasa de descuento	5,26%		
$n_{\text{envolvente}}$	37		
$n_{\text{equipos}}$	12		
<b>3. Ahorro en Consumo</b>			
$A_{\text{calefacción}}$	7.538	kWh/año	
$A_{\text{ACS}}$	1.731	kWh/año	
$A_{\text{electricidad}}$	0	kWh/año	
<b>4. Tasación Verde</b>			
$VP_{\text{ahorros}}$	252	UF	
Valor Tasación	1.508	UF	
<hr/>			
<b>TASACIÓN VERDE</b>	<b>1.760</b>	UF	

Figura E.3 - Vivienda 3, Tasación Verde.

## Vivienda 4

PLANILLA TASACIÓN VERDE			
<b>1. Características vivienda</b>			
Año construcción	2008	Fecha tasación	23-11-2009
Valor tasación	2.268	UF	
<b>2. Factores Valor Presente ahorros energía</b>			
Tasa de descuento	4,94%		
$n_{\text{envolvente}}$	49		
$n_{\text{equipos}}$	24		
<b>3. Ahorro en Consumo</b>			
$A_{\text{calefacción}}$	8.423	kWh/año	
$A_{\text{ACS}}$	1.466	kWh/año	
$A_{\text{electricidad}}$	0	kWh/año	
<b>4. Tasación Verde</b>			
$VP_{\text{ahorros}}$	350	UF	
Valor Tasación	2.268	UF	
<hr/>			
<b>TASACIÓN VERDE</b>	<b>2.618</b>	<b>UF</b>	

Figura E.4 - Vivienda 4, Tasación Verde.

## Vivienda 5

PLANILLA TASACIÓN VERDE			
<b>1. Características vivienda</b>			
Año construcción	2008	Fecha tasación	29-10-2009
Valor tasación	1.708	UF	
<b>2. Factores Valor Presente ahorros energía</b>			
Tasa de descuento	5,02%		
$n_{\text{envolvente}}$	49		
$n_{\text{equipos}}$	24		
<b>3. Ahorro en Consumo</b>			
$A_{\text{calefacción}}$	6.610	kWh/año	
$A_{\text{ACS}}$	1.466	kWh/año	
$A_{\text{electricidad}}$	0	kWh/año	
<b>4. Tasación Verde</b>			
$VP_{\text{ahorros}}$	307	UF	
Valor Tasación	1.708	UF	
<hr/>			
<b>TASACIÓN VERDE</b>	<b>2.015</b>	UF	

Figura E.5 - Vivienda 5, Tasación Verde.

## Vivienda 6

PLANILLA TASACIÓN VERDE			
<b>1. Características vivienda</b>			
Año construcción	1994	Fecha tasación	14-06-2007
Valor tasación	1.482	UF	
<b>2. Factores Valor Presente ahorros energía</b>			
Tasa de descuento	5,26%		
$n_{\text{envolvente}}$	17		
$n_{\text{equipos}}$	12		
<b>3. Ahorro en Consumo</b>			
$A_{\text{calefacción}}$	7.176	kWh/año	
$A_{\text{ACS}}$	1.086	kWh/año	
$A_{\text{electricidad}}$	0	kWh/año	
<b>4. Tasación Verde</b>			
$VP_{\text{ahorros}}$	93	UF	
Valor Tasación	1.482	UF	
<hr/>			
<b>TASACIÓN VERDE</b>	<b>1.575</b>	<b>UF</b>	

Figura E.6 - Vivienda 6, Tasación Verde.

## Vivienda 7

PLANILLA TASACIÓN VERDE			
<b>1. Características vivienda</b>			
Año construcción	2007	Fecha tasación	27-03-2008
Valor tasación	1.716	UF	
<b>2. Factores Valor Presente ahorros energía</b>			
Tasa de descuento	5,96%		
$n_{\text{envolvente}}$	39		
$n_{\text{equipos}}$	24		
<b>3. Ahorro en Consumo</b>			
$A_{\text{calefacción}}$	6.109	kWh/año	
$A_{\text{ACS}}$	1.086	kWh/año	
$A_{\text{electricidad}}$	0	kWh/año	
<b>4. Tasación Verde</b>			
$VP_{\text{ahorros}}$	133	UF	
Valor Tasación	1.716	UF	
<hr/>			
<b>TASACIÓN VERDE</b>	<b>1.849</b>	<b>UF</b>	

Figura E.7 - Vivienda 7, Tasación Verde.

## Vivienda 8

PLANILLA TASACIÓN VERDE			
<b>1. Características vivienda</b>			
Año construcción	2008	Fecha tasación	20-10-2008
Valor tasación	1.302	UF	
<b>2. Factores Valor Presente ahorros energía</b>			
Tasa de descuento	5,66%		
$n_{\text{envolvente}}$	40		
$n_{\text{equipos}}$	25		
<b>3. Ahorro en Consumo</b>			
$A_{\text{calefacción}}$	4.389	kWh/año	
$A_{\text{ACS}}$	1.086	kWh/año	
$A_{\text{electricidad}}$	0	kWh/año	
<b>4. Tasación Verde</b>			
$VP_{\text{ahorros}}$	106	UF	
Valor Tasación	1.302	UF	
<b>TASACIÓN VERDE</b>			<b>1.408</b> UF

Figura E.8 - Vivienda 8, Tasación Verde.