

SERIE ESTÁNDARES TÉCNICOS PARA EDIFICACIONES RESIDENCIALES



VERSIÓN ENERO 2019



Ministerio de  
Vivienda y  
Urbanismo

Gobierno de Chile





# MANUAL DE PROCEDIMIENTOS CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE VIVIENDAS EN CHILE

SEGUNDA EDICIÓN - VERSIÓN OFICIAL  
MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO  
2019





**Bajo licencia Creative Commons:**

Se permite la redistribución de este contenido siempre y cuando: se reconozca al autor de la obra, no se haga uso comercial y no se ejecuten obras derivadas.

**Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Gobierno de Chile.**  
**Santiago, enero de 2019**

**Colección:** Monografías y Ensayos

**Serie 2:** Estándares Técnicos para Edificaciones Residenciales. ISBN: 978-956-9432-46-0

**Título:** Vol. 2 Manual de Procedimientos Calificación Energética de Viviendas en Chile

**ISBN:** 978-956-9432-87-3

**Autor:** Ministerio de Vivienda y Urbanismo - Minvu

**Editor:** División Técnica de Estudio y Fomento Habitacional – Ditec, Minvu

**CDU:** 728.3:502(035)

**Redacción y coordinación editorial:** Marcelo Soto, Ángel Navarrete (Minvu)

**Desarrolladores técnicos:** Carolina Arenas, Xavier Irazoqui, Ángel Navarrete, Alejandra Pastene, Paula Olivares, Hermes Sepúlveda (Minvu); Adelqui Fissore, Marcelo Huenchuñir, Matías Yachan, (independientes)

**Corrección periodística y de estilo:** Miriam Díaz (Minvu)

**Diseño y diagramación:** Jennifer Cofré (Minvu); Carolina Ramírez (Minvu)

**Fotografías:** Banco de Imágenes Ditec Minvu

**Impresión:** Productora Gráfica Andros Limitada

**Desarrollado por:** Departamento de Tecnologías de la Construcción, Ditec, Minvu

**Agradecimientos:**

Alfredo Salinas, Andrea Cayupi, Carlos Arancibia, Esteban Ruedlinger, Félix Jacob, Giselle Pasten, Jeanette Matus, José Francisco Pascual, José Mercado, Manuel Venegas, Marcela Grüebler, María Iribarra, Mauricio Elgueda, Natalia Reyes, Óscar Clavijo, Pía Muñoz, Robert Ravanal, Romina Araya, Camilo Lanata, Rodrigo Retamal, Rodrigo Narváez, (Minvu); Yoselin Rosas, Ignacio Sánchez, Alexandra Muñoz (Ministerio de Energía); Verónica Latorre, Katherine Martínez (CDT-CChC); José Pedro Campos, Hernán Madrid (Instituto de la Construcción); David Cabieles (AChEE); Marcial Salaverry (E3 Ingeniería); Ricardo Fernández (El Volcán); Guillermo Silva (Archival); Walter Araya (ETSA); Paula Colonelli (Arqenergía); José Antonio Kovacevic; Valentina Quintanilla; José Jodar (Efizity); Jorge Ojeda (BancoEstado).

# CONTENIDOS

# CONTENIDO

SALUDO MINISTRO DE VIVIENDA Y URBANISMO	18
SALUDO JEFE DIVISIÓN TÉCNICA DE ESTUDIO Y FOMENTO HABITACIONAL	20
INTRODUCCIÓN	23
<b>PARTE I: PROCEDIMIENTO ADMINISTRATIVO</b>	<b>25</b>
<b>1. DEFINICIONES Y RESPONSABILIDADES</b>	<b>26</b>
1.1. Aspectos Generales	26
1.1.1. Disposiciones generales	26
1.1.2. Definiciones	28
1.2. Actores Del Sistema	31
1.2.1. Entidad directiva	31
1.2.2. Entidad administradora	32
1.2.3. Mandante	33
1.2.4. Evaluadores energéticos	33
1.2.5. Fiscalizador	35
1.3 Componentes Del Sistema De Calificación	36
1.3.1 Planillas de Balance Térmico Dinámico	36
1.3.2 Certificado de acreditación CEV	38
1.3.3 Etiqueta de eficiencia energética	39
1.3.4 Informes de calificación de eficiencia energética	42
1.3.4.1 Informe de precalificación de eficiencia energética	43
1.3.4.2 Informe de calificación de eficiencia energética	51
1.3.5 Sello de eficiencia energética	59

1.3.5.1 Sello de eficiencia energética de vivienda.	59
1.3.5.2 Sello de eficiencia energética de conjunto habitacional	60
1.4. De las Actuaciones del Minvu, los Servicios de Vivienda Y Urbanización y Las Secretarías Regionales Ministeriales de Vivienda y Urbanismo	61
<b>2. GESTIÓN DOCUMENTAL DEL PROCESO DE CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE VIVIENDAS</b>	<b>63</b>
2.1. Procedimiento Administrativo	63
2.1.1. Aspectos generales	63
2.1.2. Información requerida para la calificación	63
2.1.3. Acreditación de propiedades en base a certificados extranjeros	74
2.1.4. Carpeta de la Calificación	74
2.1.4.1. Carpeta de calificación energética por vivienda	74
2.1.4.2. Carpeta de calificación energética de un edificio o conjunto habitacional	75
2.1.5. Información para publicitar la calificación energética	75

<b>PARTE II:</b>	
<b>DESCRIPCIÓN DE LAS PBTD, SISTEMA WEB Y ETAPAS PARA LA EVALUACIÓN DE UN PROYECTO</b>	<b>80</b>
3.1. Descripción de las PBTD	81
3.1.1. 01.PBTD Datos de Arquitectura	81
3.1.2. 02. PBTD Motor de cálculo demanda de energía	81
3.1.3. 03. PBTD Datos de Equipos y Resultados	81
3.2. Descripción del Sistema Web	83
3.2.1. Creación y evaluación de la vivienda	84
3.2.2. Acreditación documental	84
3.3. Etapas en la Evaluación Energética de un Proyecto	85
3.3.1. Precalificación	85

3.3.1.1. Precalificación energética de viviendas sin permiso de edificación DOM	85
3.3.1.2. Precalificación energética de viviendas con permiso de edificación DOM	85
3.3.2. Calificación	86
3.3.2.1. CEV sin recepción DOM	86
3.3.2.2. CEV con recepción DOM	86
<b>PARTE III:</b>	
<b>DIRECTRICES PARA USO DE LA PLANILLA 01. PBTD DATOS DE ARQUITECTURA</b>	<b>88</b>
<b>4. GENERALIDADES DEL CÁLCULO DEMANDA DE ENERGÍA</b>	<b>89</b>
<b>5. CARACTERÍSTICAS DE LA VIVIENDA</b>	<b>94</b>
5.1. Descripción general de los elementos de la envolvente	95
<b>6. DIMENSIONES DE LA VIVIENDA</b>	<b>99</b>
6.1. Áreas útiles	99
6.2. Altura útil	100
<b>7. CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS DE LA ENVOLVENTE</b>	<b>101</b>
7.1. Muros	101
7.1.1. Inercia térmica muros	101
7.1.2. Puentes térmicos tipo P01, P02 Y P03	102
7.1.3. Infiltraciones muros	105
7.1.4. Transmitancias muros	105
7.1.5. Puente térmico particular tipo P04	106
7.2. Puertas	106
7.2.1. Infiltraciones puertas	107
7.2.2. Transmitancias puertas	107
7.2.3. Porcentaje de superficies	107

7.3. Ventanas	108
7.3.1. Ventanas con vidrio doble o DVH	108
7.3.2. Puentes térmicos ventanas	109
7.3.3. Infiltraciones ventanas	109
7.3.4. Transmitancias ventanas	110
7.3.5. Factor solar FS	111
7.3.6. Factor de marco FM	111
7.4. Factor de accesibilidad de la ventana FAV	112
7.4.1. Tipos de protecciones solares FAV	112
7.4.1.1. FAV 1	113
7.4.1.2. FAV 2	115
7.4.1.3. FAV 3	116
7.5. Factor de accesibilidad respecto a elementos de sombra remotos FAR	115
7.5.1. División	118
7.5.2. Distancias B [m], D [m] y A [m]	117
7.5.3. Obstrucciones	121
7.5.4. Ventanas en posición techo	121
7.6. Techos	121
7.6.1. Inercia térmica techos	121
7.6.2. Infiltraciones techos	121
7.6.3. Transmitancias techos	121
7.6.4. Tipos de cubierta	122
7.6.5. Cámaras de aire en techos	122
7.7. Pisos	123
7.7.1. Inercia térmica pisos	123
7.7.2. Puentes térmicos pisos	123
7.7.3. Transmitancias pisos	123

7.8. Resumen características de la envolvente	124
<b>8. PERFIL DE USO</b>	<b>125</b>
8.1. Cargas internas	125
8.2. Infiltraciones	126
8.3. Ventilación	127
<b>PARTE IV:</b>	
<b>DIRECTRICES PARA USO DE LA PLANILLA 03.PBTD</b>	
<b>DATOS DE EQUIPOS Y RESULTADOS</b>	<b>131</b>
<b>9. GENERADILDADES DEL CÁLCULO CONSUMO DE ENERGÍA</b>	<b>132</b>
<b>10. DESCRIPCIÓN DE LA PLANILLA DE CÁLCULO</b>	<b>134</b>
10.1. Características de la vivienda	134
10.2. Definición de equipos y sistemas	134
10.3. Demanda de agua caliente sanitaria	135
10.4. Demanda de iluminación	136
10.5. Sistema de calefacción	136
10.5.1. Tipo de equipo de calefacción	136
10.5.2. Definición de rendimiento del elemento principal con base en certificado de ensayo	137
10.5.3. Sistema de distribución	137
10.5.4. Sistema de control	138
10.6. Sistema de agua caliente sanitaria	138
10.6.1. Tipo de energético a utilizar	139
10.6.2. Tipo de sistema para suplir el ACS	139
10.6.2.1. Definición de rendimiento del elemento principal con base en certificado de ensayo	139
10.6.3. Aislación del sistema de distribución	140
10.6.4. Pérdidas térmicas por estanque de almacenamiento	141

10.7. Consumo de energía en ventiladores y cálculo de las renovaciones de aire	142
10.7.1. Potencia de los ventiladores involucrados en el sistema de ventilación sin incluir recuperador de calor (si existe)	142
10.7.2. Potencia de los ventiladores del sistema de recuperador de calor	143
10.7.3. Consumo de energía de los ventiladores	144
<b>11. ENERGÍAS RENOVABLES NO CONVENCIONALES</b>	<b>145</b>
11.1. Sistema solar térmico (SST)	145
11.1.1. Corrección por obstrucciones	147
11.1.2. Pérdidas por distribución en circuitos extendidos	147
11.1.2.1. Factor de corrección	148
11.1.3. Resultados finales del aporte de ACS	149
11.2. Consideraciones generales	149
11.3. Sistema solar fotovoltaico (SSFV)	150
11.3.1. Conexión a la red	151
11.3.2. Potencia nominal total de los captadores solares	153
11.3.3. Ángulo de inclinación de los paneles	153
11.3.4. Ángulo de azimut de los paneles	154
11.3.5. Corrección por obstrucciones	154
11.3.6. Eficiencia nominal del inversor	155
11.3.7. Aporte solar fotovoltaico	155
<b>12. RESULTADOS DEL CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA EN CALEFACCIÓN, AGUA CALIENTE SANITARIA E ILUMINACIÓN</b>	<b>156</b>

## **PARTE V**

### **ANEXOS DE APOYO EN DEFINICIONES DE CÁLCULO. REFERENCIAS**

**161**

#### **13. ANEXO A: “3. TABLAS ENVOLVENTE”**

**162**

13.1. Puertas	162
13.2. Vidrio	163
13.3. Marcos de ventanas	164
13.4. Muros	165
13.5. Techos	167
13.6. Pisos	167

#### **14. ANEXO B: RENDIMIENTOS**

**169**

14.1. Sistemas en conjunto de calefacción y agua caliente sanitaria	169
14.2. Rendimiento estacional de las bombas de calor	171
14.2.1. Cálculo de los COP estacionales por parte del evaluador con base en metodología propia	172
14.2.2. Bomba de calor aire-aire con flujo de refrigerante variable	173
14.2.3. Bomba de calor aire-aire convencional	173
14.2.4. Bomba de calor aire-agua	174
14.2.5. Bomba de calor agua-agua	175
14.3. Rendimiento estacional para sistemas de calefacción con caldera	176
14.3.1. Caldera a condensación funcionando a temperatura media o alta	178
14.3.2. Caldera a leña	179
14.3.3. Caldera a pellet	179
14.4. Equipos localizados	180
14.4.1. Equipos localizados sin evacuación de gases al exterior	180
14.4.2. Equipos localizados con evacuación de gases al exterior	180
14.4.3. Calefactor localizado a leña	180
14.4.4. Calefactor localizado a pellet	181

<b>15. ANEXO C: SISTEMA DE VENTILACIÓN CONTROLADO</b>	<b>182</b>
<b>16. ANEXO D: MOTOR DE CÁLCULO</b>	<b>184</b>
16.1. Cargas internas	190
16.2. Radiación	190
16.2.1. Posición solar para Chile	190
16.2.1.1. Radiación en plano inclinado	194
16.2.2. FAV	196
16.2.2.1. Cálculo valor binario k	197
16.2.2.1.1. Alero horizontal	199
16.2.2.1.2. Alero vertical	200
16.2.2.1.3. Celosías	200
16.2.2.2. Cálculo de la visibilidad difusa B	200
16.2.3. FAR	201
16.2.3.1. Calculo valor binario K	202
16.2.3.2. Cálculo de la visibilidad difusa B	202
16.2.4. Iluminación natural	204
16.3. Envolvente	205
16.4. Renovaciones de aire en la vivienda	207
16.4.1. Flujo mínimo de ventilación requerido	208
16.4.2. Cálculo de las renovaciones de aire naturales – Modelo detallado	208
16.4.3. Procedimiento para el cálculo de las renovaciones de aire en una vivienda	211
16.4.3.1. Cálculo de hermeticidad de la vivienda	211
16.4.3.2. Modelo de cálculo de la tasa efectiva de renovación de aire	214
16.4.3.3. Ensayo de dilución de contaminantes	216
16.4.3.4. Uso de sistema de ventilación controlada	217
16.4.4. Consideraciones para la aplicación de las infiltraciones en el cálculo del consumo de energía	220
16.5. Ventilación	225

16.6. Puentes térmicos	226
16.7. Inercia térmica	231
16.8. Climatización	234
16.9. Confort adaptativo	235
16.10. Modelos comparativos	236
<b>17. ANEXO F: MAPAS ZONIFICACIÓN TÉRMICA PARA LA CEV</b>	<b>241</b>
17.1. ZONA NORTE GRANDE Regiones Arica y Parinacota, Tarapacá y Antofagasta	242
17.2. ZONA NORTE CHICO Regiones Atacama y Coquimbo	243
17.3. ZONA CENTRO NORTE Regiones Valparaíso, Metropolitana y O Higgins	244
17.4. ZONA CENTRO SUR Regiones Maule, Ñuble, Biobío y La Araucanía	245
17.5. ZONA SUR Regiones Los Ríos y Los Lagos	246
17.6. ZONA EXTREMO SUR Regiones Aysén, Magallanes y La Antartica Chilena	247
17.7. ZONIFICACIÓN	248
<b>18. REFERENCIAS</b>	<b>249</b>



↑ Banco de imágenes Minvu.



Durante las últimas décadas, nuestro ministerio ha avanzado considerablemente en muchos ámbitos, especialmente en disminuir el déficit habitacional existente en nuestro país, lo que significa atender a familias de sectores vulnerables y medios.

Hoy seguimos trabajando en esta línea, pero con un enfoque diferente, orientado al desarrollo de ciudades, barrios y viviendas más sustentables, donde la eficiencia energética en la vivienda debe ocupar un lugar principal.

Y justamente con ese enfoque energético, el Minvu impulsa ejes estratégicos de gestión tendientes a promover la regeneración de conjuntos habitacionales, la recuperación de barrios históricos, la creación de nuevos parques urbanos y la ejecución de proyectos urbanos, tanto emblemáticos como habitacionales.

Si bien conocíamos los beneficios directos que tiene la eficiencia energética sobre la calidad de vida de las familias y en la durabilidad de las viviendas, hace unos años nos dimos cuenta que no teníamos cómo evaluar este atributo de manera masiva.

Por esta razón, en 2012 —durante la administración anterior del Presidente Piñera—, y junto al Ministerio de Energía, implementamos la Calificación Energética de Viviendas (CEV), que es, precisamente, una herramienta que informa de manera objetiva, el desempeño energético de las viviendas en Chile.

Y esto es muy útil, tanto para las constructoras e inmobiliarias, como para los usuarios, pues estos últimos ahora cuentan con información real sobre cuál es la eficiencia energética que tendrá la casa o departamento que habitarán, un asunto muy importante que tiene impacto en la salud y en la economía familiar.

Luego de seis años de operación, hemos actualizado esta herramienta incorporando todo el conocimiento ganado en estos años, y gracias a ello hoy contamos con una calificación más completa, que servirá de mejor forma a los objetivos que tenemos para nuestro país en el ámbito de la eficiencia energética.

**Cristián Monckeberg Bruner**  
Ministro de Vivienda y Urbanismo

Hasta hace unos años no era posible saber si la casa o departamento que nos interesaba comprar tenía un buen desempeño energético. Esto, porque no existía un instrumento que midiera y validara este tipo de atributos, lo que hacía poco probable que el tema de eficiencia energética fuera relevante al momento de elegir una vivienda.

Esto motivó al Minvu a implementar –junto al Ministerio de Energía– un instrumento de medición y certificación que apoyara la adopción de la eficiencia energética por parte de la industria. Surgió así la Calificación Energética de Viviendas (CEV), lanzada en 2012 y que fue actualizada en 2018, cuando se presentó la versión 2.0.

Con la CEV buscamos introducir y difundir la eficiencia energética en el sector de la edificación, con el objetivo de que, en el corto plazo, este atributo se transforme en un criterio principal, tanto en la oferta, como en la demanda habitacional, y que el mercado la reconozca como una señal de compromiso con el medioambiente y la sustentabilidad.

Chile es el primer país de Sudamérica que cuenta con un sistema de estas características, lo que nos da certeza que estamos avanzando en el sentido correcto en materia de sustentabilidad en la construcción. No obstante, estamos conscientes que el principal desafío es masificar su alcance, tanto en el mercado como en las familias. Asimismo, esperamos que en el corto plazo su uso no sea referencial, sino obligatorio.

Hoy seguimos avanzando con el convencimiento que la eficiencia energética es un atributo base que debe estar presente desde el diseño y planificación de los proyectos, y que no necesariamente requiere grandes inversiones. Pero, por sobre todo, tenemos la certeza que los beneficios generados contribuirán a optimizar las condiciones de confort y habitabilidad en las viviendas, aportando directamente a mejorar la calidad de vida de las familias que las habitan.

**Erwin Navarrete Saldivia**

Jefe División Técnica de Estudio y Fomento Habitacional  
Ministerio de Vivienda y Urbanismo

# GENERALIDADES



# INTRODUCCIÓN

La Calificación Energética de Viviendas en Chile (CEV) es un instrumento diseñado por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo, en conjunto con el Ministerio Energía, que inició su funcionamiento el año 2012 y que hoy presenta características mejoradas y actualizadas. Desde entonces se aplica voluntariamente para calificar y evaluar objetiva y estandarizadamente proyectos de vivienda, respecto de sus requerimientos de energía para calefacción, agua caliente sanitaria e iluminación y, a partir de la presente versión, también el requerimiento de energía para enfriamiento; esto, con el fin de entregar información objetiva tanto a usuarios que proyectan la compra de una vivienda, como a los mandantes de los proyectos.

Para realizar la evaluación se consideran aspectos como transmitancia térmica de la envolvente (es decir, techo, muros exteriores, pisos, ventanas y puertas), inercia térmica, orientación de la vivienda, puentes térmicos de la envolvente, nivel de infiltraciones y tipo de ventilación. Todos estos elementos son evaluados y comparados con una vivienda de referencia que cumple con el estándar mínimo establecido en la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción mediante las pautas contenidas en el presente Manual de Procedimientos de la Calificación Energética de Viviendas en Chile (CEV). En cuanto al consumo energético de la vivienda, éste se incluye en el informe de evaluación y considera aspectos como el desempeño de los equipos (para calefacción, agua caliente sanitaria, iluminación y ventilación) y la incorporación de energías renovables no convencionales generadas en la vivienda o en el conjunto de viviendas.

El presente documento corresponde a la quinta versión del manual de procedimientos y contiene las directrices técnicas, procedimentales y de gestión necesarias para realizar calificaciones energéticas de viviendas nuevas y existentes mediante la herramienta CEV.

El uso de este manual es imprescindible para realizar, de modo correcto, calificaciones energéticas mediante el sistema CEV y necesario para que los profesionales que intervienen en la construcción de proyectos de viviendas, se familiaricen con el sistema y sus procedimientos.



# **PARTE I**

---

## **Procedimiento Administrativo**



# 1. DEFINICIONES Y RESPONSABILIDADES

## 1.1. ASPECTOS GENERALES

La primera parte del presente documento establece el procedimiento administrativo de la Calificación energética de viviendas en Chile, en adelante Calificación energética de viviendas o CEV.

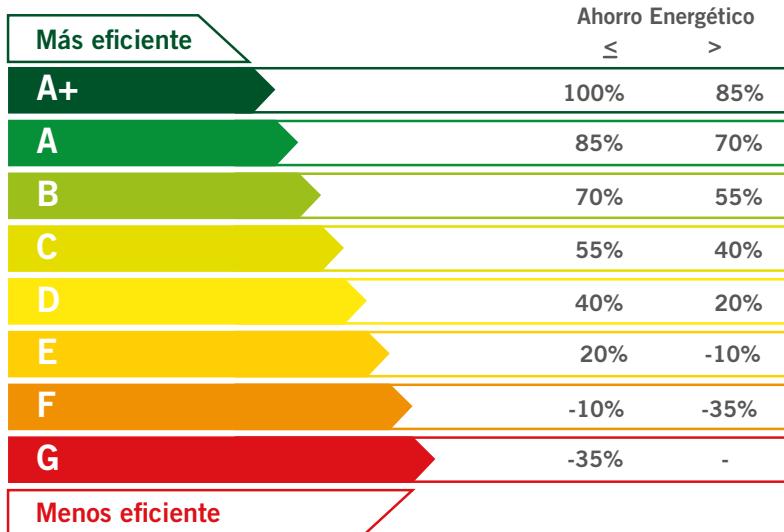
### 1.1.1. DISPOSICIONES GENERALES

El mandante deberá sujetarse al procedimiento a que se refiere el presente documento para la Calificación energética de viviendas.

El objetivo de la CEV es la promoción de la eficiencia energética mediante la entrega de información objetiva por parte de los propietarios a los potenciales compradores, sobre el comportamiento energético de las viviendas. Asimismo, dicha calificación constituirá un estándar de medición de las características energéticas de las viviendas. Esta información es entregada por el mandante al usuario final, a través de un informe de calificación de eficiencia energética y la etiqueta de eficiencia energética, que le permitirá comparar y valorar su desempeño.

Son componentes de la CEV, el presente manual de procedimientos, el sello de eficiencia energética, el informe de calificación de eficiencia energética, la etiqueta de eficiencia energética, las planillas de balance térmico dinámico (PBTD), la herramienta web de administración y gestión, y los diversos protocolos y convenios que el Minvu elabore en relación con la CEV.

Integran y son actores de la CEV, el mandante, que solicita la calificación energética de la vivienda y entrega la información necesaria para realizar la evaluación; el evaluador energético, que realiza la evaluación energética de la vivienda; el usuario final, a quien está orientada la información; el fiscalizador, que revisa la correcta evaluación energética de las viviendas y su procedimiento; la entidad directiva, que es la responsable de supervisar e instruir acciones para el funcionamiento del sistema CEV; y la entidad administradora, que está encargada del correcto funcionamiento y administración de este, así como de sus respectivas actualizaciones.



↑ Figura 1.1 Escala de la CEV.

La calificación energética de una vivienda consiste en la determinación de su eficiencia energética a través de un informe de calificación energética y una etiqueta de eficiencia energética. El proceso descrito en el presente manual es para viviendas nuevas y existentes y se puede realizar en dos etapas: precalificación y calificación.

La calificación energética de viviendas es una estimación teórica de la demanda de energía para calefacción, enfriamiento, agua caliente sanitaria e iluminación, la cual se presenta comparativamente respecto a una vivienda de referencia y se presenta junto a una escala gráfica de ocho niveles, que van desde la “A+” a la “G”, siendo la “A+” la que representa una mayor eficiencia. La calificación se determinará con base en la relación entre el requerimiento energético de demanda de la vivienda que está siendo calificada y una vivienda de referencia.

Las viviendas evaluadas poseerán una “calificación de arquitectura”, donde el requerimiento de energía viene determinado por la demanda de energía en calefacción, enfriamiento e iluminación, los que dependen de las ganancias solares, nivel de aislamiento térmico de la envolvente, inercia térmica, puentes térmicos, tipo de ventilación, nivel de infiltraciones y la zona térmica donde se ubica la vivienda. Además de lo anterior, como un indicador complementario, en el informe está incluida la calificación de consumo energético; este viene determinado por el consumo de energía en calefacción, agua caliente sanitaria, iluminación y ventilación (en el caso de ventilación mecánica), los que dependen de las variables



indicadas para la calificación de arquitectura más el rendimiento energético de los equipos, tipo de energía primaria y aporte de energías renovables no convencionales (ERNC) para calefacción, agua caliente sanitaria e iluminación y ventilación (en el caso de ventilación mecánica).

Los requerimientos de energía son de carácter referencial e informativo, por cuanto son calculados bajo condiciones estándar de uso de la vivienda y no representan necesariamente la demanda y consumo de energía de la vivienda en uso por parte de diferentes usuarios finales.

## 1.1.2. DEFINICIONES

Para los efectos del presente documento, se entenderá por:

**Calificación energética:** Procedimiento que busca la entrega de información objetiva acerca de la eficiencia energética de una vivienda, que parte con la evaluación de eficiencia energética de la misma y que culmina con la entrega de un informe y una etiqueta de eficiencia energética. Esta calificación tiene el carácter de definitiva por un período de diez años o hasta que la vivienda sea objeto de modificaciones.

**Certificado de acreditación CEV:** Documento emitido por la herramienta web de la calificación, que acredita el ingreso de un proyecto que se encuentra en proceso de evaluación y, obtención de la etiqueta de eficiencia energética.

**Eficiencia energética de una vivienda:** Relación entre la cantidad de energía consumida y el producto final obtenido. Dicho producto final consiste en: calefacción apropiada, iluminación, producción de agua caliente sanitaria y confort térmico.

**Entidad administradora:** Entidad encargada de la correcta administración e implementación del sistema de calificación energética de viviendas. Dicho rol puede ser ejecutado directamente por el Minvu o por la entidad a la que el Minvu, en su calidad de entidad directiva, le encomiende mediante resolución, ya sea total o parcialmente.

**Entidad directiva:** Es la responsable de supervisar e instruir acciones para el funcionamiento del sistema CEV. Este rol corresponde al Minvu y no podrá ser delegado a otra entidad.

**Entidad Fiscalizadora:** Institución encargada de fiscalizar el sistema de Calificación energética de viviendas en Chile. Correspondrá al Ministerio de Vivienda y

Urbanismo o a la entidad a la que este encomienda la fiscalización total o parcial.

**Etiqueta de eficiencia energética:** Documento que grafica la calificación energética de “arquitectura”, obtenida para la vivienda en virtud del proceso de calificación o precalificación y que acompaña al informe de calificación de eficiencia energética respectivo.

**Evaluación energética de una vivienda:** Procedimiento destinado a determinar el nivel de eficiencia energética de una vivienda en virtud de su requerimiento de energía, a través de una calificación o precalificación.

**Evaluador energético:** Persona natural que, habiendo cumplido con los requisitos establecidos en el presente manual, ha sido habilitada mediante resolución del Minvu, para realizar la evaluación energética de viviendas, mediante la aplicación de la herramienta de calificación energética.

**Fiscalizador:** Persona natural o jurídica que tiene por función realizar auditorías al proceso de calificación energética, informando de los resultados de estas a la entidad administradora.

**Herramienta web:** Sistema informático que permite ordenar la información necesaria para la calificación energética de la vivienda. Además, permite a los evaluadores energéticos realizar algunos cálculos necesarios en forma automática, y entrega los resultados necesarios para la confección del informe de calificación de eficiencia energética y de la etiqueta de eficiencia energética.

**Informe de calificación de eficiencia energética:** Documento que indica la calificación energética obtenida por la vivienda y entrega información acerca de su desempeño, en virtud del proceso de calificación o precalificación energética.

**Mandante:** Persona natural o jurídica que, en su calidad de propietario de la vivienda o proyecto de vivienda, solicita la evaluación energética de un proyecto de vivienda nueva o existente al evaluador energético, y que puede promocionar la vivienda calificada a través de la etiqueta de eficiencia energética y del informe de calificación de eficiencia energética.

**Manual de procedimientos:** El presente documento.

**Minvu:** Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

**Planillas de balance térmico dinámico (PBTD CEV-CEVE):** Herramientas de cálculo, en formato Excel®, mediante las cuales se realiza un balance térmico cada 60



segundos, evaluando la temperatura al interior del recinto con base en los flujos de las distintas variables de entrada de la CEV.

**Precalificación energética:** Procedimiento que busca la entrega de información objetiva acerca de la eficiencia energética de un proyecto de vivienda, que parte con la evaluación de eficiencia energética de la misma y que culmina con la entrega de un informe y una etiqueta de eficiencia energética. Esta calificación es aplicable solo para vivienda nueva, es de carácter transitorio y tiene validez solo hasta la emisión de la calificación energética o hasta la obtención de la recepción municipal definitiva.

**Profesional asesor energético:** Persona natural que realiza asesorías tendientes a mejorar las calificaciones obtenidas. Este profesional puede ser el mismo evaluador energético.

**Usuario final de la vivienda o usuario final:** Persona natural que, pudiendo ser comprador de una vivienda, recibe, por parte del mandante, la etiqueta de eficiencia energética y el informe de calificación de eficiencia energética.

**Vivienda a calificar:** Vivienda que el mandante le encarga calificar a un evaluador energético acreditado. En algunos casos también se denomina “vivienda objeto”.

**Vivienda de referencia:** Vivienda utilizada para hacer la comparación con la vivienda a calificar. De esta se obtienen los porcentajes de diferencia que conducen a la calificación final (para más detalle, ver punto 4 del presente manual).

**Vivienda o proyecto en creación:** Vivienda o proyecto que ha sido ingresado en la herramienta web de la calificación para su evaluación, pero que aún no cuenta con la información necesaria para emitir la etiqueta ni el certificado de acreditación CEV.

**Vivienda o proyecto en tramitación:** Vivienda o proyecto que aún no cuenta con la información necesaria para emitir etiqueta, pero que ya cuenta con certificado de acreditación CEV.

**Vivienda o proyecto en proceso:** Vivienda o proyecto que cuenta con certificado de acreditación CEV y en el que se está adjuntando la información necesaria para la emisión de la etiqueta.

**Vivienda finalizada:** Vivienda que ha sido evaluada y ya cuenta con etiqueta e informe de calificación energética. Si no está liberada, esta vivienda puede ser vista solo por el evaluador energético que realizó la evaluación y la entidad administradora.

**Vivienda liberada:** Vivienda que ha sido evaluada y ya cuenta con etiqueta y certificado de calificación energética, los cuales están disponibles para ser revisados

por usuarios en la página web de la calificación.

**Vivienda nueva:** Vivienda que cuente con permiso de edificación (PE), o modificaciones a este, emitidos con fecha posterior a enero de 2007 y cuya Recepción final de obra nueva (RF) tenga una data menor a cinco años.

**Vivienda existente:** Vivienda que no cumple con la definición de vivienda nueva.

## 1.2. ACTORES DEL SISTEMA

### 1.2.1. ENTIDAD DIRECTIVA

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

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



## 1.2.2. ENTIDAD ADMINISTRADORA

Este rol puede ser ejecutado por el Minvu o por la entidad a quien este le delegue dicha tarea, total o parcialmente. El rol de entidad administradora consiste en materializar el funcionamiento del sistema CEV.

La entidad administradora tiene, entre otras, las siguientes funciones:

- Publicar el listado de los evaluadores energéticos habilitados por el Minvu.
- Publicar los contenidos del examen que deberán rendir los postulantes a evaluadores energéticos. Dichos contenidos deberán ser previamente aprobados por la entidad directiva.
- Administrar, actualizar y mantener la herramienta de cálculo y el sitio web en el que se hospeda la administración de la CEV.
- Mantener y publicar un registro de las evaluaciones de eficiencia energética, de viviendas liberadas, que se hayan emitido mediante la CEV.
- Emitir un informe trimestral con la información estadística que se genere de la aplicación de la CEV.
- Realizar fiscalizaciones aleatorias a los proyectos que sean calificados energéticamente, que permitan comprobar la veracidad y exactitud de las evaluaciones emitidas por los evaluadores energéticos, según el Protocolo de Fiscalización, que para estos efectos defina el Minvu.
- Publicar los resultados de las fiscalizaciones y de los procesos que resulten en una medida para algún evaluador energético acreditado.
- En el caso de que se delegue la administración, la entidad administradora deberá informar a la entidad directiva de su quehacer, del modo en que la entidad directiva se lo solicite.

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

## 1.2.3. MANDANTE

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

El mandante es responsable de la entrega de la información y los documentos necesarios para realizar la precalificación y/o calificación de vivienda.

El mandante podrá utilizar para fines publicitarios el informe de calificación de eficiencia energética, la etiqueta de eficiencia energética de la vivienda y el sello de calificación energética, entregados por el sistema web de la misma , siempre y cuando se ajuste a lo establecido en el protocolo de publicidad para la CEV, indicado en el numeral 2.1.5 del presente manual (Información para publicitar la calificación energética) El mandante deberá, en cualquier publicidad, advertir que la precalificación energética de una vivienda puede variar con respecto a la calificación final de esta.

En el caso de las viviendas de un mismo edificio, condominio o conjunto habitacional que tengan calificaciones energéticas distintas, el mandante podrá publicitar la calificación promedio del proyecto que resulte de aplicar la metodología definida en el punto 2.1.5 del presente manual, debiendo hacer mención a la existencia de departamentos o unidades de vivienda con distinta calificación. Al momento de promocionar la vivienda en particular, el mandante deberá indicar, al comprador, la calificación energética que le corresponde, debiendo entregar la evaluación y la etiqueta de eficiencia energética al momento de la venta.

## 1.2.4. EVALUADORES ENERGÉTICOS

Sin perjuicio de la responsabilidad que corresponde al mandante, el evaluador energético será responsable personalmente por las declaraciones, la información y los documentos que se incorporen a la CEV, a través de cualquiera de los componentes señalados en la parte III y IV del presente manual.

Para actuar como evaluador energético, además de cumplir con cualquier requisito de selección que el Minvu establezca en los llamados que al efecto realice, deberá cumplirse con los siguientes requisitos:



**A.** Ser persona natural.

**B.** Poseer todos los atributos curriculares descritos en alguno de los siguientes puntos:

- Título profesional de arquitecto.
  - Título profesional de ingeniero constructor.
  - Título profesional de constructor civil.
  - Título profesional de ingeniero en sus diferentes especialidades, con un mínimo de diez semestres de duración.
  - Título profesional de ingeniero en sus diferentes especialidades, con un mínimo de ocho semestres de duración y al menos tres años de experiencia en proyectos de eficiencia energética en viviendas y/o equipamiento (de acuerdo con la definición de la OGUC).
- C.** Aprobar satisfactoriamente el proceso de acreditación que para el efecto establezca el Minvu.
- D.** Suscribir un convenio con el Minvu, en el que se dejará constancia de las acciones, condiciones, compromisos y obligaciones que asumirá el evaluador para desarrollar la CEV y de cualquier otra estipulación que se estime conveniente a los intereses de las partes.

Una vez cumplidos los requisitos anteriores, el Minvu dictará una resolución, mediante la cual habilitará a una persona natural como evaluador energético.

Cualquiera de las partes podrá manifestar su voluntad de poner término al convenio, mediante una notificación por escrito a la otra parte.

El evaluador energético será responsable personalmente por las declaraciones, la información y los documentos necesarios para la correcta aplicación de la herramienta de cálculo, así como de emitir la evaluación correspondiente, de forma que refleje exactamente las características energéticas de la vivienda evaluada.

No obstante, perderán la calidad de evaluadores energéticos aquellos profesionales que hayan emitido calificaciones erróneas, o que hayan alterado los datos de la vivienda a calificar, según indique el Protocolo de Fiscalización; ya sea que esto se detecte mediante fiscalización directa de la administración del sistema y/o por denuncias.

## 1.2.5. FISCALIZADOR

Para actuar como fiscalizador se deberá cumplir los siguientes requisitos:

- A.** Ser persona natural.
- B.** Ser evaluador energético.
- C.** Haber sido designado por acto administrativo del Minvu, Servicio de Vivienda y Urbanización.
- D.** Aprobar satisfactoriamente el proceso de acreditación que para el efecto establezca el Minvu.



# 1.3. COMPONENTES DEL SISTEMA DE CALIFICACIÓN

## 1.3.1. PLANILLAS DE BALANCE TÉRMICO DINÁMICO

El sistema CEV incluye las planillas de balance térmico dinámico, las cuales pueden ser descargadas y utilizadas por cualquier usuario, pero que no emiten etiquetas ni informes y la herramienta web, la cual emite etiquetas e informes pero que puede ser utilizada solamente por evaluadores energéticos acreditados.

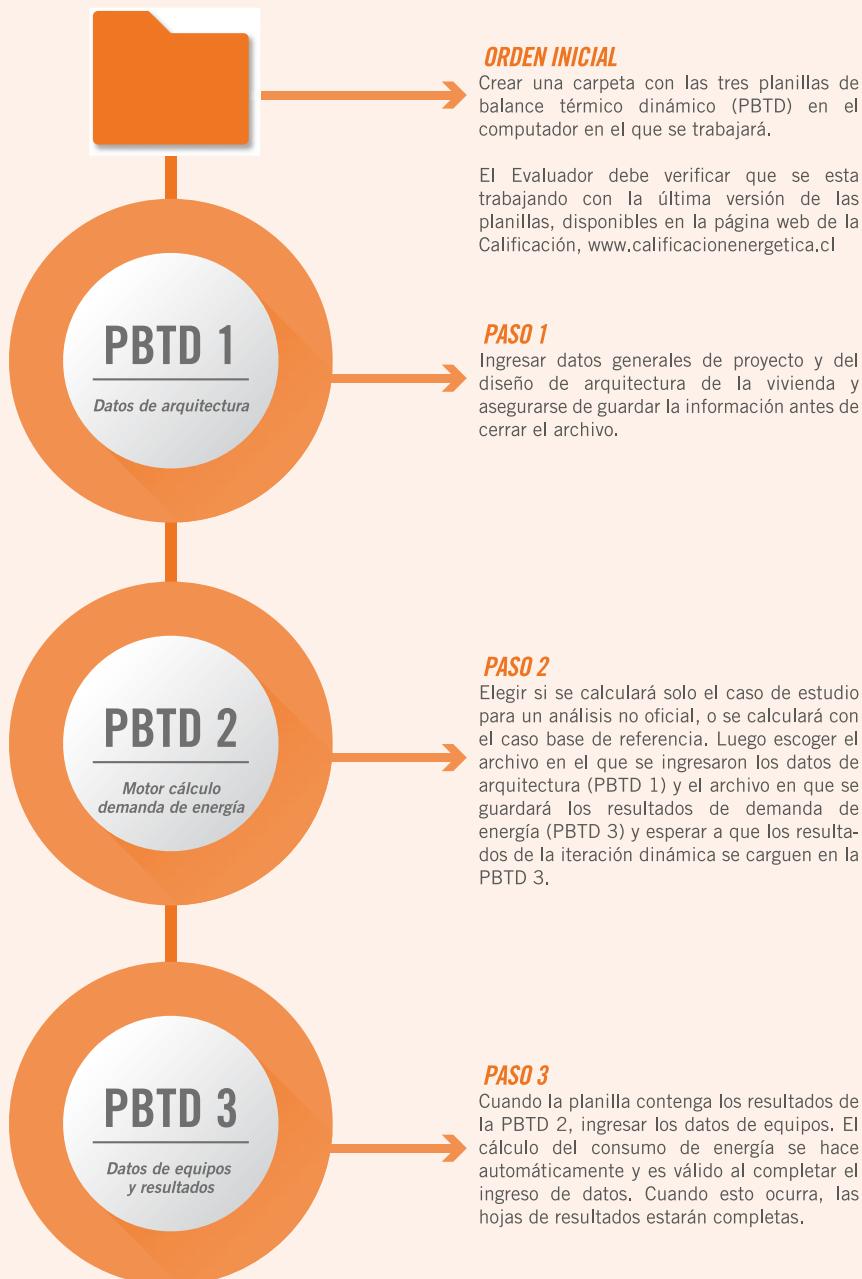
Los evaluadores energéticos acreditados, de conformidad a lo establecido en el presente documento, deberán aplicar las herramientas de calificación, cumpliendo con el procedimiento que detalla el presente manual.

El procedimiento de cálculo utilizando la planilla de balance térmico dinámico PBTD está compuesto de tres herramientas de cálculo generadas en formato Excel, las cuales corresponden a las siguientes:

01. PBTD Datos de arquitectura
02. PBTD Motor de calculo demanda de energía
03. PBTD Datos de equipos y resultados

La Planilla de balance térmico dinámico realiza un balance térmico cada 60 segundos, evaluando la temperatura al interior del recinto con base en los flujos de las distintas variables de entrada.

A continuación, se muestran los pasos generales para realizar una CEV:



## 1.3.2. CERTIFICADO DE ACREDITACIÓN CEV

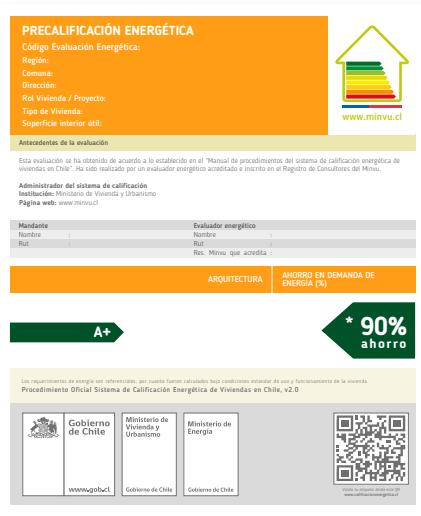
El certificado de acreditación es un documento que emite la herramienta web de la calificación una vez que se han cargado los datos necesarios para la evaluación de la vivienda.

La emisión de este certificado es previa a la obtención de la etiqueta y el informe de precalificación, y tiene por finalidad acreditar el ingreso del proyecto de vivienda en la herramienta web y evaluar su posible desempeño, antes de que se haya tramitado su ingreso municipal.

El certificado de acreditación CEV contiene la siguiente información:

- Código de evaluación energética
- Identificación de la vivienda
- Identificación del propietario
- Nombre del evaluador energético
- Porcentaje de ahorro en demanda de energía

Esta etiqueta cuenta con una versión para la precalificación y otro para la calificación energética de viviendas.



↑ Figura 1.3 Certificado de Precalificación energética de viviendas.

↑ Figura 1.2 Certificado de Calificación energética de viviendas.

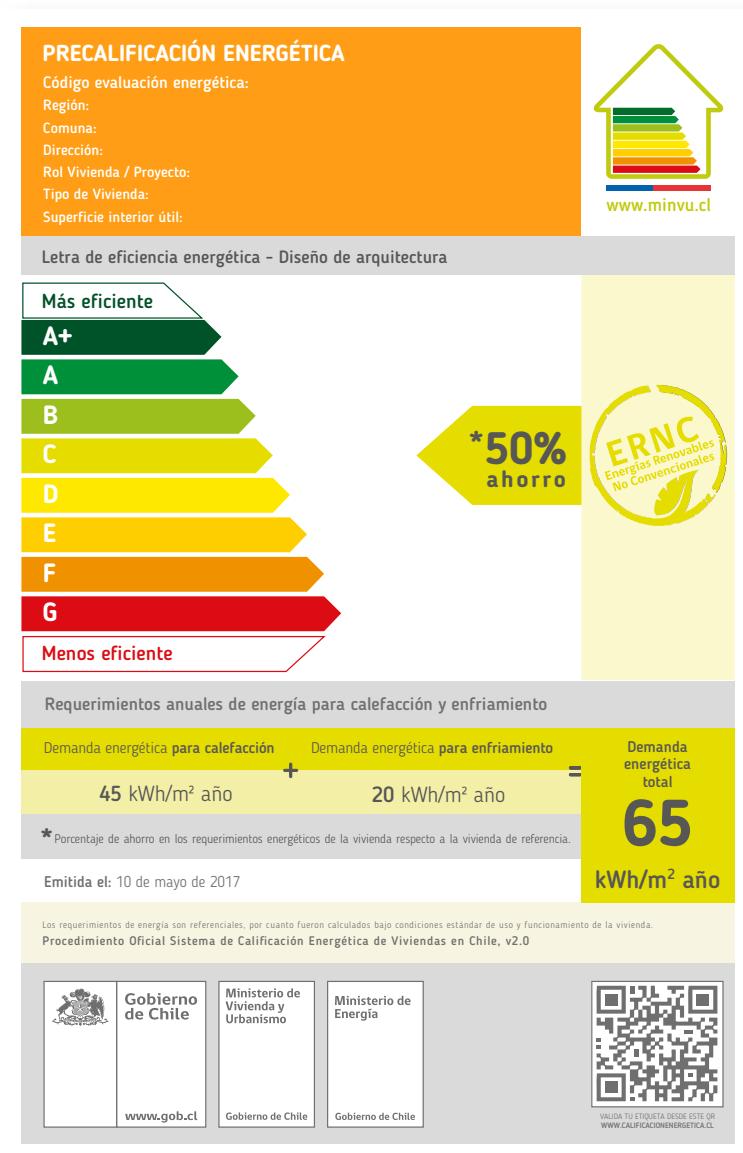
### 1.3.3. ETIQUETA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

La etiqueta de eficiencia energética se emite junto con el informe de calificación de eficiencia energética, y entrega información resumida del desempeño energético de la vivienda evaluada, e información de la identificación de la misma. A continuación, se describe la información proporcionada por esta etiqueta:

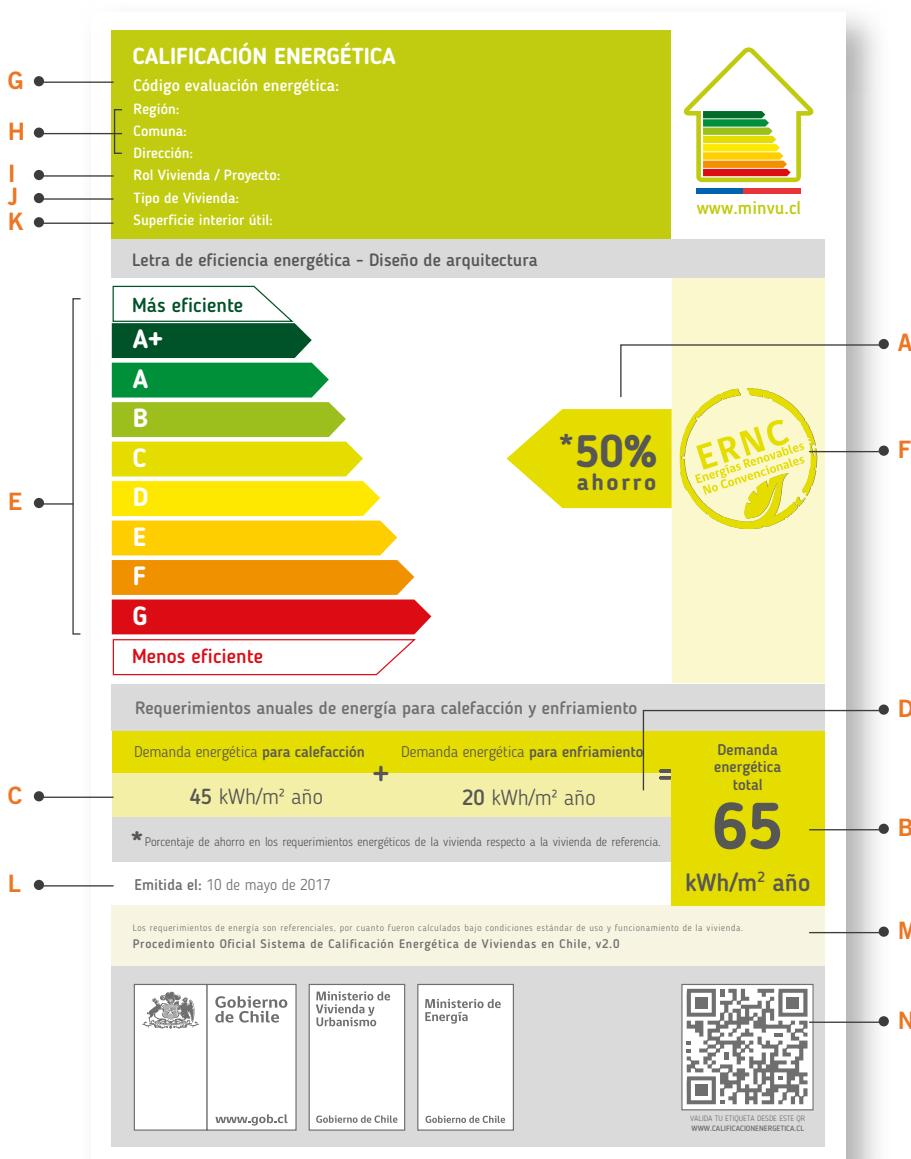
- A.** Porcentaje de ahorro de energía (calefacción, enfriamiento e iluminación).
- B.** Demanda energética total por metro cuadrado, en un promedio anual.
- C.** Demanda energética para calefacción, por metro cuadrado, en un promedio anual.
- D.** Demanda energética para enfriamiento, por metro cuadrado, en un promedio anual.
- E.** Nivel de calificación (letra).
- F.** Sello de energías renovables no convencionales (ERNC)
- G.** Código de evaluación energética.
- H.** Dirección de la vivienda.
- I.** Rol de la vivienda o del proyecto, según corresponda.
- J.** Tipo de vivienda.
- K.** Superficie de la vivienda.
- L.** Fecha de emisión.
- M.** Versión del procedimiento de calificación energética.
- N.** Código QR para verificación.



Esta etiqueta cuenta con una versión para la precalificación energética de vivienda, y otro para la calificación energética de vivienda.



↑ Figura 1.4 Certificado de Precalificación energética de vivienda.



↑ Figura 1.5 Certificado de Calificación energética de viviendas.

## 1.3.4. INFORMES DE CALIFICACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

Los informes de precalificadores calificación de eficiencia energética contiene la siguiente información:

- A.** Código de evaluación energética: Corresponde a la numeración única con que queda registrada la evaluación en el Sistema de Calificación Energética de Viviendas, llevado por la entidad administradora.
- B.** Identificación de la vivienda: Dicha identificación contiene la dirección, incluida la comuna y región en que se encuentra emplazada; el rol de avalúo y el tipo de vivienda; la zona térmica en que se ubica; y la superficie interior útil de la misma.
- C.** Demanda energética de la vivienda (de arquitectura): Este indicador muestra el requerimiento energético de la vivienda para satisfacer las demandas de calefacción y enfriamiento. Esta demanda considera el diseño de la vivienda, y su interacción con el clima exterior, sin considerar los equipos de calefacción, iluminación, agua caliente sanitaria ni los tipos de energía proyectados.
- D.** Cuadro referencial de demanda energética promedio de calefacción y enfriamiento, según tipología de vivienda y zona térmica (demanda energética estimada del parque construido).
- E.** Características de la vivienda: Contiene las características de los principales elementos de la envolvente de la vivienda evaluada, señalando tipo de elemento, descripción y exigencia según la reglamentación térmica.
- F.** Distribución del consumo de energía en calefacción, iluminación, agua caliente sanitaria y energías renovables no convencionales (ERNC).
- G.** Descripción de equipos proyectados y equipos de referencia para calefacción, iluminación, agua caliente sanitaria y energías renovables no convencionales.
- H.** Consumo de energía (de arquitectura, equipos y tipos de energía). Muestra el requerimiento de la vivienda en calefacción, iluminación y agua caliente sanitaria; además, muestra la generación fotovoltaica en la vivienda, distribución del aporte de energía solar térmica, el balance general de energía y, por último, el resumen de consumos finales de la vivienda de referencia y la vivienda a evaluar.

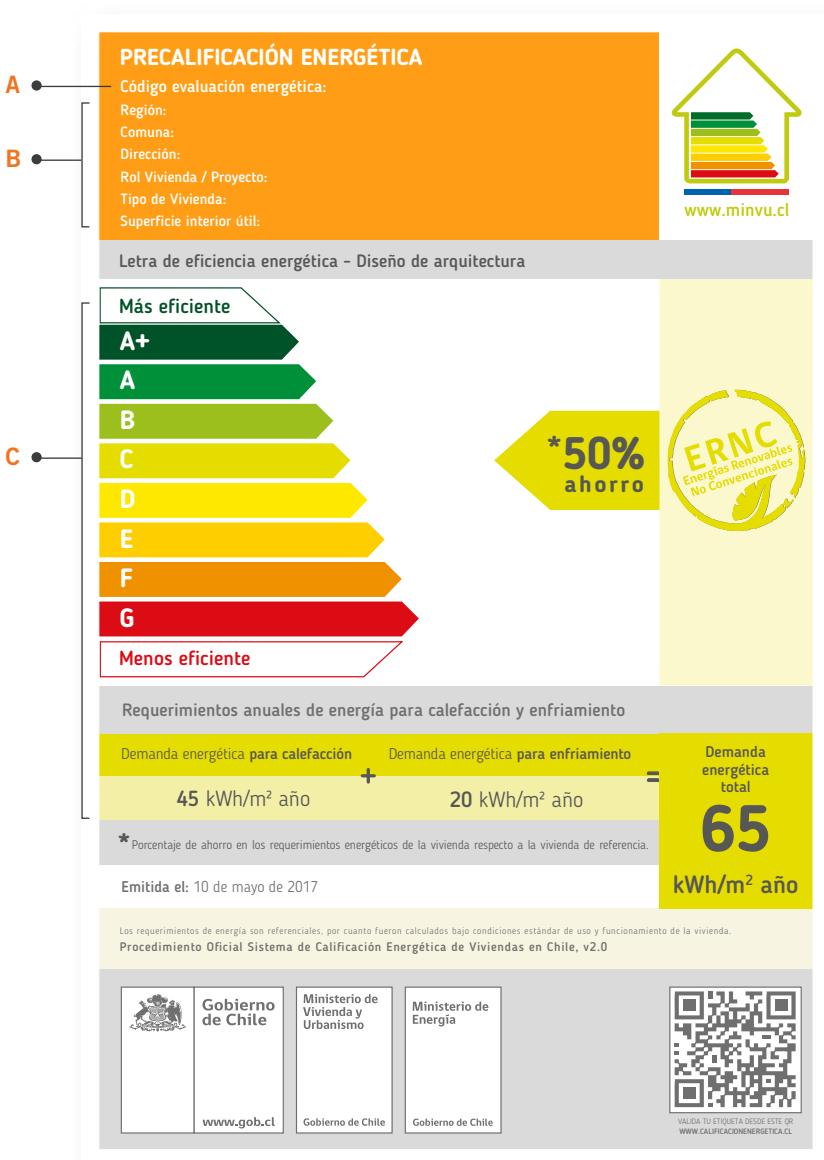
- I.** Resumen de la envolvente: Cuadro que contiene las áreas y los valores U de los elementos opacos y translúcidos y, además, de las pérdidas por puentes térmicos de los elementos de la envolvente.
- J.** Gráficos de demanda mensual de calefacción y enfriamiento, para la vivienda evaluada y la de referencia.
- K.** Tablas de horas sobre el rango de confort y bajo el rango de confort, sin considerar equipos.
- L.** Flujos energéticos: Gráficos que muestran los flujos energéticos acumulados mensuales, y además los flujos energéticos en una vivienda en un día representativo de verano y uno de invierno.
- M.** Gráficos de la temperatura horaria interior y exterior de un día representativo de enero, abril, julio y octubre, sin climatización.
- N.** Antecedentes de la entidad administradora.
- O.** Nombre y Rut del mandante. Nombre del evaluador, RUT y N° de ROL del Registro de consultores del Minvu.
- P.** Metodología de la Calificación Energética.
- Q.** La validez de la evaluación de eficiencia energética. La calificación en ningún caso podrá utilizarse para fines publicitarios pasado este periodo. En el caso de pre calificación, el informe tendrá validez hasta la obtención de la Calificación Energética o hasta la obtención de la Recepción Municipal Definitiva.

### 1.3.4.1. INFORME DE PRECALIFICACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

El mandante podrá solicitar, respecto de los proyectos que cuenten con permiso de edificación municipal, la precalificación de eficiencia energética de la vivienda. Dicha precalificación tiene un carácter transitorio y referencial y será válido solo hasta obtención de la Calificación Energética o hasta la obtención de la recepción municipal definitiva de la vivienda.

El informe de precalificación de eficiencia energética contendrá una proyección de la eventual calificación energética que tendría la vivienda terminada, de ejecutarse de acuerdo con las especificaciones técnicas que presenta el proyecto de arquitectura con permiso de edificación municipal.





↑ Figura 1.6 Informe de Precalificación.

**PRECALIFICACIÓN ENERGÉTICA**

Informe de evaluación de eficiencia energética

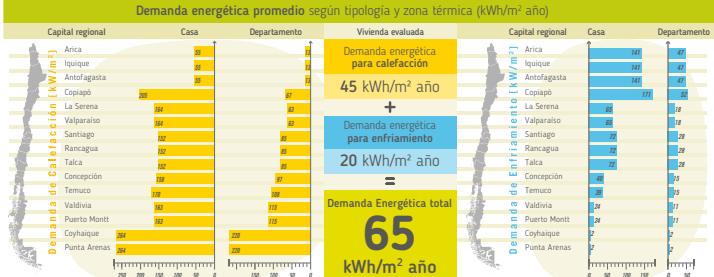
Código evaluación energética



[www.mivn.cl](http://www.mivn.cl)

Región :	Zona térmica :
Comuna :	Superficie interior útil (m <sup>2</sup> ) :
Dirección :	Solicitado por :
Rol vivienda :	Evaluado por :
Tipo de vivienda :	Código evaluación energética :

**Demandas energéticas promedio según tipología y zona térmica (kWh/m<sup>2</sup> año)**



**Demandas energéticas de la vivienda evaluada**

Demandas energéticas para calefacción: 45 kWh/m<sup>2</sup> año

+ Demandas energéticas para enfriamiento: 20 kWh/m<sup>2</sup> año

= Demanda Energética total: 65 kWh/m<sup>2</sup> año

**Demandas energéticas totales** 65 kWh/m<sup>2</sup> año = 50 % ahorro energético

**Demandas energéticas de la vivienda de referencia** 130 kWh/m<sup>2</sup> año

**Principales características del Diseño de Arquitectura**

A continuación se describen las características de su vivienda, bajo las cuales se obtuvo la calificación energética. Tanto el proyecto de vivienda como la vivienda terminada deben cumplir a cabalidad con las especificaciones técnicas que se describen en la tabla siguiente.

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	EXIGENCIA U <sup>(3)</sup> REGLAMENTACIÓN TÉRMICA
Muro principal		
Muro secundario		
Piso principal		
Puerta principal		
Techo principal		
Techo secundario		
Superficie vidriada principal		
Superficie vidriada secundaria		
Ventilación (RAH)		
Infiltraciones (RAH)		

<sup>(3)</sup> Ver página 6.

<sup>(4)</sup> La transmisión térmica (W/m<sup>2</sup>K), o valor U, se mide para los principales elementos constructivos de la vivienda evaluada en la columna "descripción". Dicho valor corresponde a la capacidad que tiene dicho elemento para transmitir calor. Mientras mayor es la transmisión térmica, más calor se perderá en períodos fríos del año. La normativa de construcción fija valores máximos de transmisión térmica a elementos de la vivienda, dependiendo de su ubicación geográfica, los que se muestran en la columna "exigencia reglamentación térmica".



| 2

Figura 1.6 Informe de Precalificación.



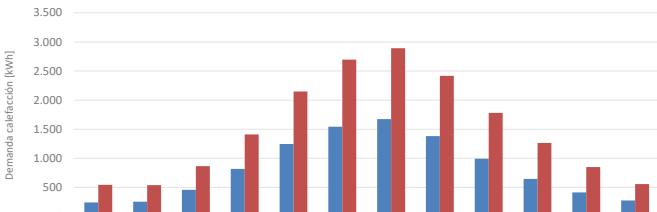
↑ Figura 1.6 Informe de Precalificación.

**PRECALIFICACIÓN ENERGÉTICA**  
**Informe de evaluación de eficiencia energética**  
Código evaluación energética



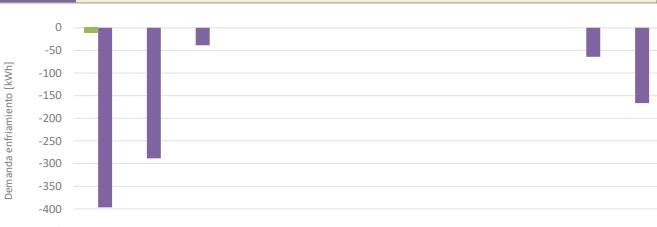
[www.minvu.cl](http://www.minvu.cl)

Demanda calefacción [kWh]



Demanda calefacción [kWh]	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Vivienda evaluada	20,6	27,4	40,3	68,0	64,6	75,6	87,2	84,7	70,6	57,5	44,9	33,0
Vivienda referencia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Demanda enfriamiento [kWh]



Demanda enfriamiento [kWh]	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Vivienda evaluada	-20,1	-15,4	-8,3	-	-	-	-	-	-	-4,5	-11,9	-17,1
Vivienda referencia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

HD\* (+) [hrs]

HD* (+) [hrs]	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Vivienda evaluada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Vivienda referencia	9,0	8,0	6,0	-	-	-	-	-	-	3,0	7,0	8,0

\* Horas sobre el rango de confort sin activar equipos.

HD\* (-) [hrs]

HD* (-) [hrs]	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Vivienda evaluada	11,0	14,0	15,0	18,0	21,0	10,0	25,0	23,0	18,0	16,0	14,0	13,0
Vivienda referencia	11,0	15,0	16,0	22,0	25,0	25,0	25,0	25,0	22,0	18,0	15,0	13,0

\* Horas bajas sobre el rango de confort con activar equipos.

Gobierno de Chile | Ministerio de Vivienda | Ministerio de Energía

www.gob.cl | Gobierno de Chile | Gobierno de Chile

| 4

↑ Figura 1.6 Informe de Precalificación.

## PRECALIFICACIÓN ENERGÉTICA

### Informe de evaluación de eficiencia energética

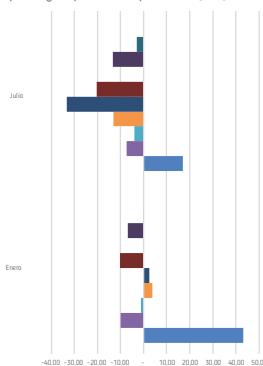
Código evaluación energética



[www.mivn.cl](http://www.mivn.cl)

#### FLUJOS ENERGÉTICOS ACUMULADOS MENSUALES

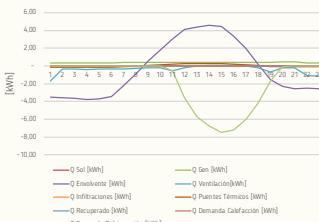
Ganancias y pérdidas acumuladas de la envolvente por categoría para un día representativo [kWh]



#### FLUJOS ENERGÉTICOS EN UNA VIVIENDA [W] EN ENERO

Suma de Q puentes [W] | Suma de Q infiltraciones [W] | Suma de Q sol\_ef\_tot [W] | Suma de demanda ref. [Wh] | Suma de demanda calef. [Wh] | Suma de Q masa [W] | Suma de Q ventilación [W] | Suma de Q envolvente [W] | Suma de Q gen [W]

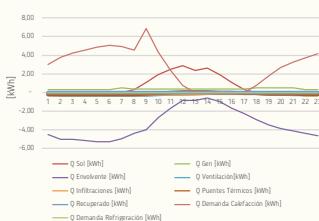
Ganancias y pérdidas horarias de la envolvente para un día representativo de enero [kWh]



#### FLUJOS ENERGÉTICOS EN UNA VIVIENDA [W] EN JULIO

Suma de Q puentes [W] | Suma de Q infiltraciones [W] | Suma de Q sol\_ef\_tot [W] | Suma de demanda ref. [Wh] | Suma de demanda calef. [Wh] | Suma de Q masa [W] | Suma de Q ventilación [W] | Suma de Q envolvente [W] | Suma de Q gen [W]

Ganancias y pérdidas horarias de la envolvente para un día representativo de julio [kWh]



Q puentes [W] : Flujo energético

Q infiltraciones [W] : Flujo infiltración

Q sol\_ef\_tot [W] : Flujo por radiación solar

Q demanda ref. [Wh] : Flujo para demanda de refrigeración

Q masa [W] : Flujo para demanda de calefacción

Q envolvente [W] : Flujo envolvente

Q gen [W] : Flujo por carga internas



Gobierno  
de Chile

Ministerio de  
Obras Públicas

Ministerio de  
Energía



Gobierno  
de Chile

Ministerio de  
Obras Públicas

Ministerio de  
Energía

↑ Figura 1.6 Informe de Precalificación.

**PRECALIFICACIÓN ENERGÉTICA**  
Informe de evaluación de eficiencia energética  
Código evaluación energética



[www\[minvu.cl\]](http://www[minvu.cl])

**Día Representativo de Enero sin climatización**



Hora [h]	T <sup>exterior</sup> [°C]	T <sup>interior</sup> [°C]
0	15,8	14,9
1	14,9	13,8
2	12,7	12,1
3	12,7	11,8
4	11,8	12,9
5	12,9	15,2
6	17,8	20,1
7	20,1	23,5
8	23,5	25,4
9	26,9	26,2
10	26,2	23,9
11	23,9	25,2
12	25,2	27,1
13	27,1	25,3
14	25,3	23,9
15	23,9	25,2
16	25,2	25,3
17	25,3	23,9
18	23,9	21,7
19	21,7	20,8
20	20,8	19,6
21	19,6	18,8
22	18,8	17,7
23	17,7	16,6

**Día Representativo de Abril sin climatización**



Hora [h]	T <sup>exterior</sup> [°C]	T <sup>interior</sup> [°C]
0	8,79	9,2
1	9,2	8,28
2	7,59	8,4
3	8,4	5,17
4	5,17	4,7
5	4,7	5,56
6	5,56	12,6
7	12,6	15,3
8	15,3	17,7
9	17,7	18,9
10	18,9	20,8
11	20,8	21,5
12	21,5	21,5
13	21,5	19,6
14	19,6	18,3
15	18,3	16,6
16	16,6	17,7
17	17,7	19,4
18	19,4	20,8
19	20,8	20,5
20	20,5	19,8
21	19,8	19,2
22	19,2	17,7
23	17,7	16,4

**Día Representativo de Julio sin climatización**



Hora [h]	T <sup>exterior</sup> [°C]	T <sup>interior</sup> [°C]
0	4,66	4,06
1	4,06	4,05
2	4,61	5,21
3	5,21	3,3
4	3,3	4,16
5	4,16	5,21
6	5,21	6,43
7	6,43	8,21
8	8,21	9,65
9	9,65	10,7
10	10,7	11,9
11	11,9	13
12	13	14,3
13	14,3	15,9
14	15,9	13,3
15	13,3	12,2
16	12,2	10,4
17	10,4	9,43
18	9,43	7,75
19	7,75	6,9
20	6,9	6,54
21	6,54	7,7
22	7,7	8,2
23	8,2	7,7

**Día Representativo de Octubre sin climatización**



Hora [h]	T <sup>exterior</sup> [°C]	T <sup>interior</sup> [°C]
0	8,39	9,23
1	9,23	8,84
2	8,84	9,03
3	9,03	8,38
4	8,38	8,78
5	8,78	10,2
6	10,2	12,7
7	12,7	15
8	15	17,1
9	17,1	18,6
10	18,6	19,9
11	19,9	20,8
12	20,8	21,3
13	21,3	20,8
14	20,8	22,2
15	22,2	21,3
16	21,3	24,7
17	24,7	24,6
18	24,6	24,5
19	24,5	23,8
20	23,8	22,2
21	22,2	21,6
22	21,6	20,3
23	20,3	19,6

**Gobierno de Chile** **Ministerio de Vivienda** **Ministerio de Energía**

[www\[minvu.cl\]](http://www[minvu.cl]) [www\[minvivienda.cl\]](http://www[minvivienda.cl]) [www\[minenergia.cl\]](http://www[minenergia.cl])

M

Figura 1.6 Informe de Precalificación.

## PRECALIFICACIÓN ENERGÉTICA

### Informe de evaluación de eficiencia energética

Código evaluación energética



[www.minvu.cl](http://www.minvu.cl)

#### Antecedentes de la evaluación

N

Esta evaluación se ha obtenido siguiendo el procedimiento establecido en el "Manual de procedimientos del sistema de calificación energética de viviendas en Chile". Ha sido realizado por un evaluador energético acreditado e inscrito en el Registro de Consultores del Minvu.

#### Administrador del sistema de calificación

Institución: Ministerio de Vivienda y Urbanismo  
Página web: [www.minvu.cl](http://www.minvu.cl)

O

Mandante	Evaluador energético
Nombre : _____	Nombre : _____
Rut : _____	Rut : _____

#### Metodología de calificación

La metodología del motor de cálculo de la Planilla de balance térmico dinámico (PBTD) de la Calificación energética de viviendas, realiza un balance térmico en intervalos de tiempo pequeños (segundos) evaluando la temperatura al interior del recinto con base en los flujos de las distintas variables de entrada.

La Calificación energética de viviendas mide la eficiencia energética de una vivienda en su etapa de uso, a través de una estimación teórica de la demanda y consumo de energía anual, tomando la información contenida en planos, especificaciones técnicas, factura de compra de equipos, inspección visual, etc. El nivel de eficiencia energética se calcula a través de una metodología diseñada para todo el territorio nacional, que toma en cuenta factores como aislación térmica de la vivienda, orientación de ventanas, eficiencia de los sistemas de calefacción y agua caliente sanitaria, tipo de combustible utilizado para estos fines y aporte de energías renovables, para determinar la energía requerida para calefacción, iluminación y agua caliente sanitaria.

P

Los requerimientos de energía se determinan con base en las condiciones de uso, funcionamiento y climáticas estándar, y pueden diferir de la forma en que realmente se habita la vivienda; por esta razón, son de carácter referencial y no representan necesariamente la demanda y consumo de energía real de la vivienda.

La Calificación energética se obtiene a través de la comparación entre el requerimiento energético para calefacción, iluminación y agua caliente sanitaria de la vivienda que está siendo calificada, y un requerimiento energético de referencia, que está definido de la siguiente manera:

Una vivienda construida con los estándares mínimos exigidos por la OGUC en su artículo 4.1.10, con sistema de calefacción y agua caliente sanitaria estándar (energético corresponde al gas licuado), califica generalmente en letra E, por lo tanto, las mejoras al diseño de una vivienda por sobre dicho estándar serán calificadas en letra D o superior, dependiendo del ahorro energético que generen las mejoras.

Los valores del requerimiento de energía pueden ser distintos para viviendas calificadas con la misma letra y que presenten la misma ubicación geográfica; por ejemplo, una vivienda aislada tendrá un mayor requerimiento energético que un departamento, debido a que posee mayor superficie expuesta al exterior, perdiendo mayor energía en períodos fríos. Del mismo modo, se pueden obtener valores de requerimiento de energía distintos si una misma vivienda se ubica en dos climas diferentes, aun cuando ambas se califiquen con la misma letra.

#### Validez de la evaluación

Q

El presente documento y la etiqueta correspondiente son de carácter transitorio y referencial, siendo válido para hacer uso publicitario de la vivienda sólo hasta la obtención de la recepción municipal definitiva de la obra. Luego de la recepción municipal se debe volver a evaluar el proyecto para completar el proceso de calificación energética.

Para verificar la validez de este documento ingrese a la página web del Minvu, [www.minvu.cl](http://www.minvu.cl) o [www.calificacionenergetica.cl](http://www.calificacionenergetica.cl)



| 7

↑ Figura 1.6 Informe de Precalificación.

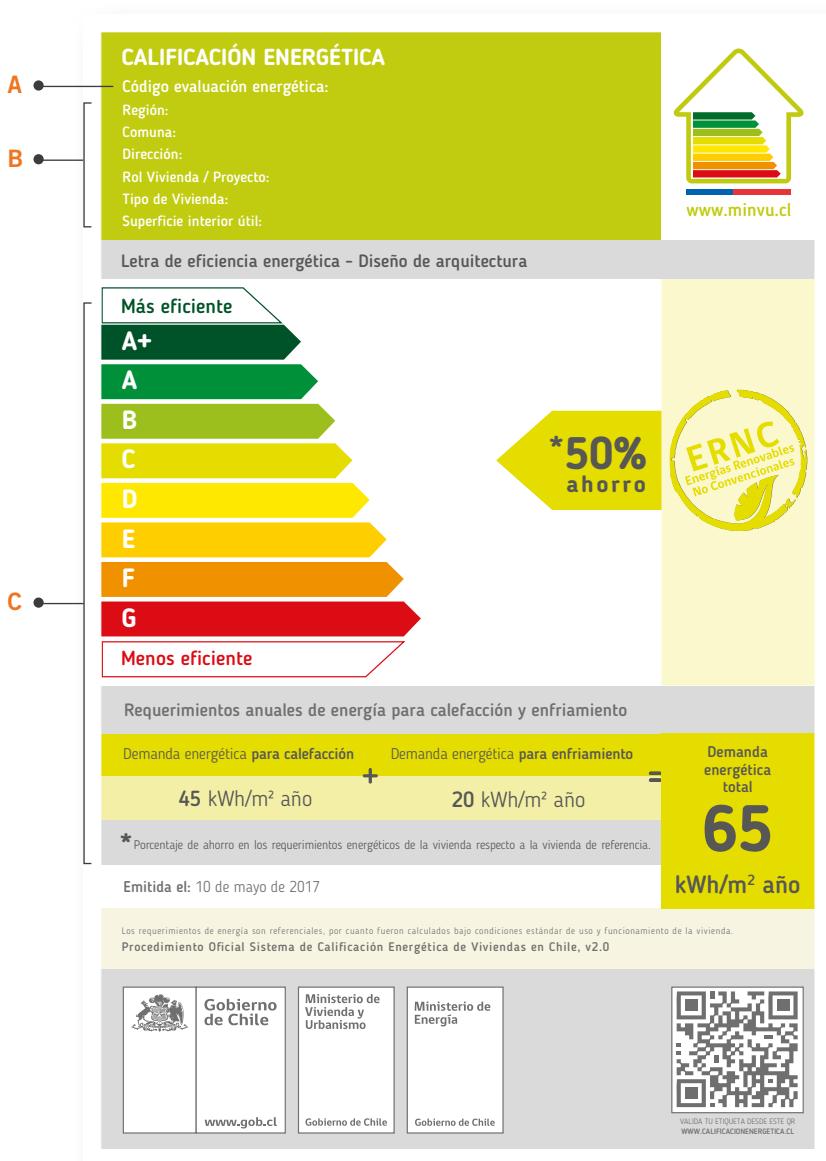
### 1.3.4.2. INFORME DE CALIFICACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

El mandante podrá solicitar una evaluación de eficiencia energética de la vivienda, respecto de los proyectos que cuenten permiso de edificación y que se encuentren con sus obras finalizadas. Esta evaluación tiene un carácter final y definitivo.

El evaluador energético será responsable de realizar una inspección visual de la vivienda, para comprobar la veracidad de la información que se le ha entregado. La inspección consistirá en, al menos, una verificación de los principales aspectos bajo los cuales se obtiene la calificación energética.

En los casos en que la calificación energética que obtenga el proyecto una vez terminado sea inferior a la obtenida en la precalificación, el mandante deberá informar de esta diferencia al usuario final.





↑ Figura 1.7 Informe de Calificación.

**CALIFICACIÓN ENERGÉTICA**  
Informe de evaluación de eficiencia energética  
Código evaluación energética



[www.minvu.cl](http://www.minvu.cl)

Región :	Zona térmica
Comuna :	Superficie interior útil (m <sup>2</sup> )
Dirección :	Solicitado por
Rol vivienda :	Evaluado por
Tipo de vivienda :	Código evaluación energética

**Demandas energéticas promedio según tipología y zona térmica (kWh/m<sup>2</sup> año)**



**Vivienda evaluada**

Demandas de calefacción (kWh/m<sup>2</sup> año)  
+ Demandas de enfriamiento (kWh/m<sup>2</sup> año) = Demanda Energética total (kWh/m<sup>2</sup> año)



**Demandas energéticas totales**  
65 kWh/m<sup>2</sup> año

**Demandas energéticas de la vivienda de referencia<sup>a)</sup>** 130 kWh/m<sup>2</sup> año = 50 % ahorro energético

**Principales características del Diseño de Arquitectura**

A continuación se describen las características de su vivienda, bajo las cuales se obtuvo la calificación energética. Tanto el proyecto de vivienda como la vivienda terminada deben cumplir a cabalidad con las especificaciones técnicas que se describen en la tabla siguiente.

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	EXIGENCIA U <sup>b)</sup> REGULAMENTACIÓN TÉRMICA
Muro principal		
Muro secundario		
Piso principal		
Puerta principal		
Techo principal		
Techo secundario		
Superficie vidriada principal		
Superficie vidriada secundaria		
Ventilación (RAH)		
Infiltraciones (RAH)		

<sup>a)</sup> Ver página 6.  
<sup>b)</sup> La transmisión térmica (W/m<sup>2</sup>K), o valor U, se muestra para los principales elementos constructivos de la vivienda evaluada en la columna "descripción". Dicho valor corresponde a la capacidad que tiene dicho elemento para transmitir calor. Mientras mayor es la transmisión térmica, más calor se pierde en períodos fríos del año. La normativa de construcción fija valores máximos de transmisión térmica a elementos de la vivienda, dependiendo de su ubicación geográfica, los que se muestran en la columna "exigencia reglamentación térmica".



| 2

↑ Figura 1.7 Informe de Calificación.



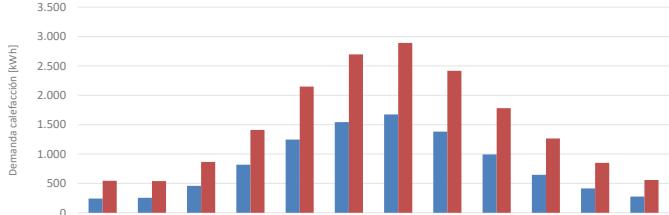
↑ Figura 1.7 Informe de Calificación.

**CALIFICACIÓN ENERGÉTICA**  
Informe de evaluación de eficiencia energética  
Código evaluación energética



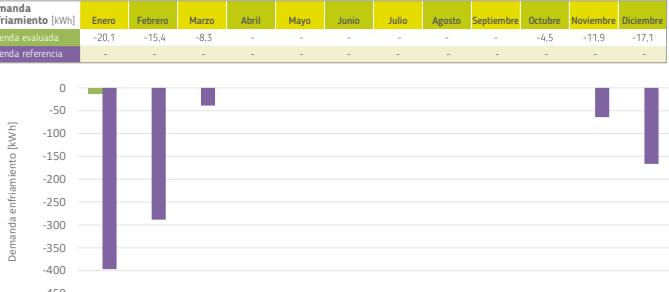
[www.minvu.cl](http://www.minvu.cl)

Demanda calefacción [kWh]



Demanda calefacción [kWh]	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Vivienda evaluada	20.6	27.4	40.3	68.0	64.6	73.6	87.2	84.7	70.6	57.5	44.9	33.0
Vivienda referencia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Demanda enfriamiento [kWh]



Demanda enfriamiento [kWh]	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Vivienda evaluada	-20.1	-15.4	-8.3	-	-	-	-	-	-	-4.5	-11.9	-17.1
Vivienda referencia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

HD\* (+) [hrs]

HD* (+) [hrs]	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Vivienda evaluada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Vivienda referencia	9.0	8.0	6.0	-	-	-	-	-	-	3.0	7.0	8.0

\* Horas sobre el rango de confort sin activar equipos.

HD\* (-) [hrs]

HD* (-) [hrs]	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Vivienda evaluada	11.0	14.0	15.0	18.0	21.0	10.0	25.0	23.0	18.0	16.0	14.0	13.0
Vivienda referencia	11.0	15.0	16.0	22.0	25.0	25.0	25.0	25.0	22.0	18.0	15.0	13.0

\* Horas bajo el rango de confort sin activar equipos.

Gobierno de Chile  
[www.gobch.cl](http://www.gobch.cl)

Ministerio de  
Urbanismo  
[www.mou.gob.cl](http://www.mou.gob.cl)

Ministerio de  
Energía  
[www.mineg.gob.cl](http://www.mineg.gob.cl)

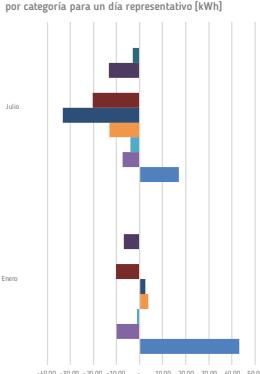
| 4

↑ Figura 1.7 Informe de Calificación.

**CALIFICACIÓN ENERGÉTICA**  
Informe de evaluación de eficiencia energética  
Código evaluación energética

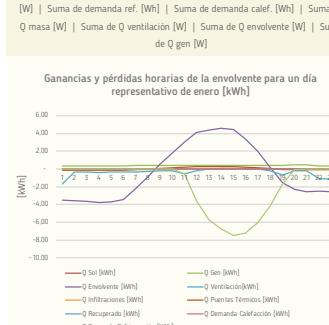
  
[www.minvu.cl](http://www.minvu.cl)

**FLUJOS ENERGÉTICOS ACUMULADOS MENSUALES**  
Ganancias y pérdidas acumuladas de la envolvente por categoría para un día representativo [kWh]

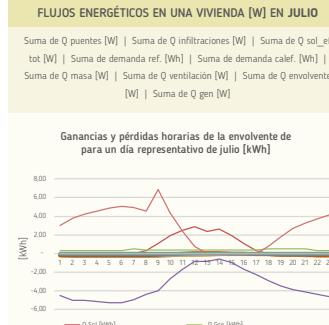


Mes	Enero	Julio
Q Recuperado [kWh]	-	-
Q Puentes térmicos [kWh]	0.21	-2.97
Q Contra terreno [kWh]	-6.74	-13.30
Q Piso ventilado [kWh]	-	-
Q Ventanas [kWh]	-10.24	-20.19
Q Muros [kWh]	2.38	-35.18
Q Techos [kWh]	3.79	-13.09
Q Infiltraciones [kWh]	-1.22	-3.88
Q Ventilación [kWh]	-9.97	-7.31
Q Sol [kWh]	42.16	16.90

**FLUJOS ENERGÉTICOS EN UNA VIVIENDA [W] EN ENERO**  
Suma de Q puentes [W] | Suma de Q infiltraciones [W] | Suma de Q sol\_ef\_tot [W] | Suma de demanda ref. [Wh] | Suma de demanda calef. [Wh] | Suma de Q masa [W] | Suma de Q ventilación [W] | Suma de Q envolvente [W] | Suma de Q gen [W]



**FLUJOS ENERGÉTICOS EN UNA VIVIENDA [W] EN JULIO**  
Suma de Q puentes [W] | Suma de Q infiltraciones [W] | Suma de Q sol\_ef\_tot [W] | Suma de demanda ref. [Wh] | Suma de demanda calef. [Wh] | Suma de Q masa [W] | Suma de Q ventilación [W] | Suma de Q envolvente [W] | Suma de Q gen [W]



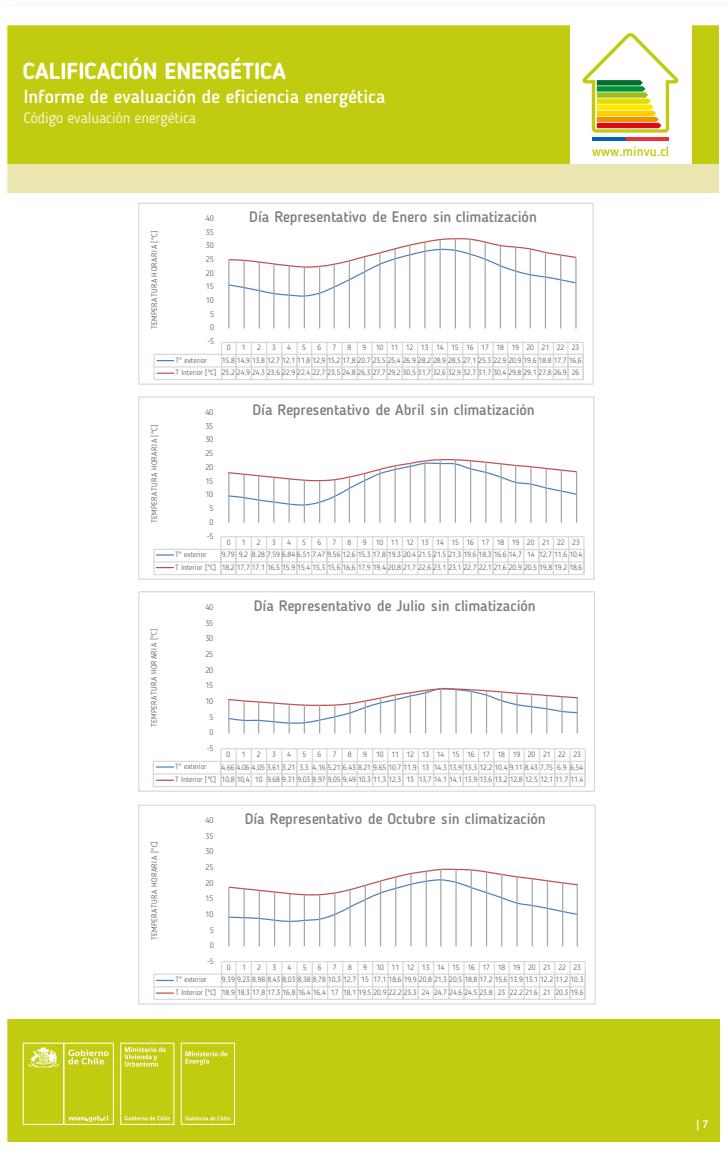
**L** ●

**Legends:**

- Q puentes [W] : Flujo energético
- Q infiltraciones [W] : Flujo infiltración
- Q sol\_ef\_tot [W] : Flujo por radiación solar
- Q demanda ref. [Wh] : Flujo para demanda de refrigeración
- Q demanda calef. [Wh] : Flujo para demanda de calefacción
- Q masa [W] : Flujo por inercia térmica
- Q envolvente [W] : Flujo envolvente
- Q gen [W] : Flujo por carga internas



↑ Figura 1.7 Informe de Calificación.



**CALIFICACIÓN ENERGÉTICA**  
**Informe de evaluación de eficiencia energética**  
Código evaluación energética



**N** Esta evaluación se ha obtenido de acuerdo a lo establecido en el "Manual de procedimientos del sistema de calificación energética de viviendas en Chile". Ha sido realizado por un evaluador energético acreditado e inscrito en el Registro de Consultores del Minvu.

**O**

Mandante	Evaluador energético
Nombre : _____	Nombre : _____
Rut : _____	Rut : _____
Rol Registro Consultores MINVU : _____	

**P**

**Metodología de calificación**

La metodología del motor de cálculo de la Planilla de balance térmico dinámico (PBTD) de la Calificación energética de viviendas, realiza un balance térmico en intervalos de tiempo pequeños (segundos) evaluando la temperatura al interior del recinto con base en los flujos de las distintas variables de entrada.

La Calificación energética de viviendas mide la eficiencia energética de una vivienda en su etapa de uso, a través de una estimación teórica de la demanda y consumo de energía anual, tomando la información contenida en planos, especificaciones técnicas, factura de compra de equipos, inspección visual, etc. El nivel de eficiencia energética se calcula a través de una metodología diseñada para todo el territorio nacional, que toma en cuenta factores como aislación térmica de la vivienda, orientación de ventanas, eficiencia de los sistemas de calefacción y agua caliente sanitaria, tipo de combustible utilizado para estos fines y aporte de energías renovables, para determinar la energía requerida para calefacción, iluminación y agua caliente sanitaria.

Los requerimientos de energía se determinan con base en las condiciones de uso, funcionamiento y climáticas estándar, y pueden diferir de la forma en que realmente se habita la vivienda; por esta razón, son de carácter referencial y no representan necesariamente la demanda y consumo de energía real de la vivienda.

La Calificación energética se obtiene a través de la comparación entre el requerimiento energético para calefacción, iluminación y agua caliente sanitaria de la vivienda que está siendo calificada, y un requerimiento energético de referencia, que está definido de la siguiente manera:

Una vivienda construida con los estándares mínimos exigidos por la OGUC en su artículo 4.1.10, con sistema de calefacción y agua caliente sanitaria estándar (energético corresponde al gas licuado), califica generalmente en letra E, por lo tanto, las mejoras al diseño de una vivienda por sobre dicho estándar serán calificadas en letra D o superior, dependiendo del ahorro energético que generen las mejoras.

Los valores del requerimiento de energía pueden ser distintos para viviendas calificadas con la misma letra y que presenten la misma ubicación geográfica; por ejemplo, una vivienda aislada tendrá un mayor requerimiento energético que un departamento, debido a que posee mayor superficie expuesta al exterior, perdiendo mayor energía en períodos fríos. Del mismo modo, se pueden obtener valores de requerimiento de energía distintos si una misma vivienda se ubica en dos climas diferentes, aun cuando ambas se califiquen con la misma letra.

**Q**

**Validez de la evaluación**

El presente documento y la etiqueta correspondiente son de carácter definitivo, siendo válido para hacer uso publicitario mientras, la vivienda conserve las características que sirvieron de fundamento para su calificación. En ningún caso podrá utilizarse para fines publicitarios pasados 10 años desde su emisión.

Para verificar la validez de este documento ingrese a la página web del Minvu, [www.minvu.cl](http://www.minvu.cl) o [www.calificacionenergetica.cl](http://www.calificacionenergetica.cl)



↑ Figura 1.7 Informe de Calificación.

## 1.3.5 SELLO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

Este sello muestra los principales indicadores de eficiencia energética de la vivienda evaluada, y entrega información de fácil entendimiento que puede ser utilizada para difusión. Este sello puede ser generado para una vivienda o para un conjunto habitacional, en cuyo caso considerará un porcentaje ponderado de ahorro energético.

### 1.3.5.1 SELLO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE VIVIENDA

El sello de eficiencia energética de vivienda se emite junto con el informe de calificación de eficiencia energética, y entrega los siguientes tres indicadores del desempeño energético de la vivienda evaluada:

- Porcentaje de ahorro de energía (calefacción, enfriamiento e iluminación).
- Demanda energética para calefacción, por metro cuadrado, en un promedio anual.
- Demanda energética para enfriamiento, por metro cuadrado, en un promedio anual.

Este sello cuenta con una versión para la precalificación y otro para la calificación energética de vivienda.



↑ Figura 1.8 Sello de Calificación energética de viviendas.



↑ Figura 1.9 Sello de Precalificación energética de viviendas.



### 1.3.5.2 SELLO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE CONJUNTO HABITACIONAL

El sello de eficiencia energética de conjunto habitacional se emite una vez evaluadas todas las viviendas de dicho conjunto, y entrega los siguientes tres indicadores del desempeño energético de las viviendas del conjunto habitacional:

- Porcentaje de ahorro de energía promedio de todas las viviendas (calefacción, enfriamiento e iluminación).
- Porcentaje de ahorro de energía de vivienda más desfavorable (calefacción, enfriamiento e iluminación).
- Porcentaje de ahorro de energía de la vivienda más favorable (calefacción, enfriamiento e iluminación).

Este sello cuenta con una versión para la precalificación y otro para la calificación energética de vivienda.



↑ Figura 1.10 Sello de Calificación energética de conjunto habitacional.



↑ Figura 1.11 Sello de Precalificación energética de conjunto habitacional.

# 1.4. DE LAS ACTUACIONES DEL MINVU, LOS SERVICIOS DE VIVIENDA Y URBANIZACIÓN Y LAS SECRETARÍAS REGIONALES MINISTERIALES DE VIVIENDA Y URBANISMO

El Ministerio de Vivienda y Urbanismo (Minvu), sus Secretarías Regionales Ministeriales (Seremi) y los Servicios de Vivienda y Urbanización (Serviu), en el marco de la CEV, podrán realizar las siguientes actividades:

- A.** Actuar como mandante, en aquellos proyectos que se determine como necesario.
- B.** Calificar energéticamente viviendas, a través de personal debidamente acreditado. Para aquellos funcionarios no será necesario cumplir con lo establecido en el punto 1.2.4 b) del presente documento y serán acreditados como evaluadores energéticos internos.
- C.** Los funcionarios que hayan sido designados como evaluadores energéticos internos y que dejen de prestar servicios al Minvu, Serviu o Seremi, podrán continuar ejerciendo funciones como evaluadores energéticos, con la calidad de externos, siempre que den cumplimiento a los requisitos del punto 1.2.4 de la parte I del presente manual y que hagan llegar un correo electrónico a la División Técnica de Estudio y Fomento Habitacional del Minvu o a la entidad administradora, en caso de estar delegada la administración, en el que se solicite quedar habilitados como evaluadores energéticos. Este documento debe indicar:
  - Cantidad de tiempo acreditado como evaluador interno durante el que se desempeñó en el Minvu, Serviu o Seremi.
  - Correo electrónico de contacto
  - Teléfono de contacto
  - Dirección de contacto
  - RUT
  - Resolución de acreditación
- D.** Los profesionales que hayan sido designados por la entidad directiva como evaluadores energéticos internos y dejen de cumplir funciones en el Minvu, Serviu o Seremi antes de transcurrido un año de haber sido designados, para acreditarse definitivamente como evaluadores energéticos externos, deberán cumplir con todas



las exigencias indicadas en el convenio que suscribieron con el Minvu, extendiendo el periodo en que están sujetos a dichas exigencias por un año, a contar desde que la entidad administradora reciba el oficio indicado en la letra c) del punto 1.4 del presente manual.

**E.** Fiscalizar el proceso de Calificación energética de viviendas a través de personal debidamente acreditado.

**F.** Los evaluadores energéticos externos acreditados que presten servicios permanentes en el Minvu (serviu o seremi), pasarán a ejercer este rol en la calidad de internos. En este caso deberán hacer llegar un correo electrónico a la División Técnica de Estudio y Fomento Habitacional (Ditec) del Minvu –o a la entidad administradora, en caso de estar delegada la administración–, en el que se solicite quedar habilitado como evaluador energético interno. Este documento debe indicar:

- Correo electrónico de contacto
- Teléfono de contacto
- Dirección de contacto
- RUT
- Resolución de acreditación

## 2. GESTIÓN DOCUMENTAL DEL PROCESO DE CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE VIVIENDAS

### 2.1. PROCEDIMIENTO ADMINISTRATIVO

#### 2.1.1. ASPECTOS GENERALES

En esta parte del manual se describe el procedimiento de calificación energética, la información que debe solicitar el evaluador energético y cómo utilizar la herramienta de calificación.

La calificación se realiza para cada vivienda de forma independiente, es decir, cada departamento de un edificio o unidad de vivienda, sea o no parte de un condominio o conjunto habitacional, debe tener un informe de calificación y etiqueta de eficiencia energética. En caso de que alguna inmobiliaria u otra entidad deseen hacer publicidad sobre el edificio o el condominio completo basada en información de la CEV, esta se debe hacer según se indica en el punto 2.1.5 del presente manual.

#### 2.1.2. INFORMACIÓN REQUERIDA PARA LA CALIFICACIÓN

La información requerida para calificar energéticamente una vivienda se divide en proyecto y adicional de vivienda. La información de proyecto corresponde a la mínima documentación administrativa y técnica con la que el evaluador energético debe contar para realizar una calificación energética.

La información adicional de la vivienda como certificados, facturas de compra o memorias de cálculo, es obligatoria cuando acreditan información mínima requerida.

La información requerida dependerá del tipo de calificación a realizar; es decir, si corresponde a precalificación energética o calificación energética de vivienda.



↓ Tabla 2.1 Información requerida para la carpeta de documentos del proceso de precalificación o de calificación energética.

DATOS DE PROYECTO	DOCUMENTO	OBSERVACIONES	PRE CALIFICACIÓN	CALIFICACIÓN	VIVIENDA EXISTENTE
	Solicitud de Evaluación		✓	✓	✓
	Declaración del mandante		✓	✓	✓
	Permiso de Edificación		✓	✓	✓
	Recepción Municipal Definitiva		N/A	✓	✓
	Especificaciones Técnicas		✓	✓	N/A
	Plano de Loteo y emplazamiento		✓	✓	N/A
	Plano de plantas		✓	✓	✓
	Plano de elevaciones		✓	✓	N/A
	Plano de cortes y detalles	Plano de detalles no requiere timbre DOM	✓	✓	N/A
	Plano de puertas y ventanas	No requiere timbre DOM	✓	✓	N/A
	Formato de acreditación de transmitancia térmica		✓	✓	✓
	Registro fotográfico de la visita a terreno		N/A	✓	✓

CARÁCTERISTICAS TÉRMICA DE LA ENVOLVENTE	DOCUMENTO	OBSERVACIONES	PRE CALIFICACIÓN	CALIFICACIÓN	VIVIENDA EXISTENTE
	Certificado de ensayo de conductividad térmica		✓	✓	✓
	Ficha de material aislante del Listado de soluciones constructivas para aislamiento térmico del Minvu		✓	✓	✓
	Memoria de cálculo de transmitancia térmica		✓	✓	✓
	Ficha de una Solución Constructiva del Listado de soluciones constructivas para aislamiento térmico del Minvu	Muros, techos, pisos en contacto con terreno, puertas y ventanas	✓	✓	✓
	Certificado de ensaye de transmitancia térmica del paquete constructivo	Muros, techos y pisos en contacto con terreno y ventilado	✓	✓	✓
	Certificado de ensayo de transmitancia térmica de la puerta o de sus componentes		✓	✓	✓



DATOS DE PROYECTO	DOCUMENTO	OBSERVACIONES	PRE CALIFICACIÓN	CALIFICACIÓN	VIVIENDA EXISTENTE
	Certificado de ensayo de transmitancia térmica de la ventana o de sus componentes		✓	✓	✓
	Copia de la Factura de compra de los vidrios		N/A	✓	✓
	Indicar en la declaración valor de Coeficiente de Sombra		✓	✓	✓
	Certificado de ensayo que indique el valor de Coeficiente de Sombra	Para valores de Coeficiente de Sombra distintos a 1	✓	✓	✓
	Ficha técnica que indique el valor de Coeficiente de Sombra		✓	✓	✓
	Memoria de cálculo indicando el factor de marco de la ventana		✓	✓	✓
	Ficha técnica del fabricante donde se indique el factor de marco (porcentaje de marco) de la ventana		✓	✓	✓

	DOCUMENTO	OBSERVACIONES	PRE CALIFICACIÓN	CALIFICACIÓN	VIVIENDA EXISTENTE
INFILTRACIONES	Certificado de hermeticidad de las puertas y ventanas a 100 Pa	Si se desea modificar la estanqueidad al aire de las puertas y las ventanas	✓	✓	✓
SISTEMA DE CALEFACCIÓN	Copia de la factura de compra del o los sistemas de calefacción principales		N/A	✓	N/A
	Certificado que especifique el rendimiento nominal del equipo	Para equipos de calefacción en los que se quiera optar a una eficiencia diferente a la por defecto. La marca y modelo se deben especificar en la declaración cuando no estén indicada en la factura de compra	✓	✓	✓
	Indicar en la declaración del mandante la marca, modelo y las características del sistema		✓	✓	✓
	Respaldo fotográfico	Cuando se trate de vivienda existente y no se cuente con la copia de la factura, se debe adjuntar, a la declaración del mandante, un respaldo fotográfico que acredite la existencia del equipo declarado	N/A	N/A	✓



	DOCUMENTO	OBSERVACIONES	PRE CALIFICACIÓN	CALIFICACIÓN	VIVIENDA EXISTENTE
SISTEMA ACS	Copia de la factura de compra del o los sistemas de ACS y sus elementos principales		N/A	✓	N/A
	Indicar en la declaración del mandante la marca, modelo y las características del sistema	Para equipos de ACS en los que se quiera optar a una eficiencia diferente a la por defecto. La marca y modelo se deben especificar en la declaración cuando no estén indicada en la factura de compra	✓	✓	✓
	Certificado que especifique el rendimiento nominal del equipo		✓	✓	✓
	Memoria de cálculo	Cuando se desee modificar el rendimiento del sistema y/o para respaldar valores propuestos de corrección por estanque de almacenamiento. En ambos casos se deben adjuntar los medios probatorios necesarios que avalen el cálculo realizado	✓	✓	✓
	Respaldo fotográfico	Cuando se trate de vivienda existente y no se cuente con la copia de la factura, debe adjuntar, a la declaración del mandante, un respaldo fotográfico que acredite la existencia del equipo declarado	N/A	N/A	✓

SISTEMA DE VENTILACIÓN	DOCUMENTO	OBSERVACIONES	PRE CALIFICACIÓN	CALIFICACIÓN	VIVIENDA EXISTENTE
	Copia de la factura de compra de los equipos		N/A	✓	N/A
	Especificaciones técnicas del sistema de ventilación		✓	✓	✓
	Curva del o los ventiladores a considerar	Debe incluir la potencia consumida y la memoria de cálculo de la curva del sistema	✓	✓	✓
	Medición que verifique el flujo del ventilador		N/A	✓	✓
	Memoria de cálculo		✓	✓	✓
	Copia de la factura de compra del sensor de CO2	Cuando el sistema considera control por sensor de CO2	N/A	✓	N/A
	Copia de la factura de compra del intercambiador de calor	Cuando el sistema considera intercambiador de calor	N/A	✓	N/A
	Respaldo fotográfico	Cuando se trate de vivienda existente y no se cuente con la copia de la factura, se debe adjuntar, a la declaración del mandante, un respaldo fotográfico que acredite la existencia del equipo declarado	N/A	N/A	✓



	DOCUMENTO	OBSERVACIONES	PRE CALIFICACIÓN	CALIFICACIÓN	VIVIENDA EXISTENTE
SST	Copia de la factura de compra de los colectores		N/A	✓	N/A
	Indicar en la declaración del mandante la marca y modelo del colector	Cuando la marca y modelo no esten indicadas en la factura de compra	✓	✓	✓
	Especificaciones técnicas del sistema		✓	✓	✓
	Copia de la Resolución Exenta de la SEC		✓	✓	✓
	Memoria de cálculo de FCoT	Cuando se utilice un valor valor de corrección por obstrucciones (FCoT) diferente a 1	✓	✓	✓
	Certificado de ensayo de rendimiento de los colectores	Si se desea modificar el valor de rendimiento por defecto	✓	✓	✓
	Memoria de cálculo de los factores de corrección	Cuando el colector tiene una desviación del norte de más de 25 grados o si tiene una obstrucción de mas de 20%	✓	✓	✓

	DOCUMENTO	OBSERVACIONES	PRE CALIFICACIÓN	CALIFICACIÓN	VIVIENDA EXISTENTE
<b>SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO</b>	Respaldo fotográfico	Cuando se trate de vivienda existente y no se cuente con la copia de la factura, se debe adjuntar, a la declaración del mandante, un respaldo fotográfico que acredite la existencia del equipo declarado	N/A	N/A	✓
	Copia de la Garantía de al menos 5 años, por los equipos		N/A	✓	✓
	Copia de la factura de compra de las celdas fotovoltaicas		N/A	✓	N/A
	Indicar en la declaración del mandante la marca y modelo de las celdas	Cuando la marca y modelo no estén indicadas en la factura de compra	✓	✓	✓
	Especificaciones técnicas del sistema		✓	✓	✓
	Certificado que indique la eficiencia de las celdas fotovoltaicas, del inversor y de las baterías (en el caso que las incluya)		✓	✓	✓



SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO	DOCUMENTO	OBSERVACIONES	PRE CALIFICACIÓN	CALIFICACIÓN	VIVIENDA EXISTENTE
	Carta del mandante indicando que el sistema esta on Grid	Cuando el sistema este conectado a la red (On Grid)	✓	✓	✓
	Certificado de conexión a la red		N/A	✓	✓
	Memoria de cálculo de FC0t	Cuando se utilice un valor valor de corrección por obstrucciones (FC0t) diferente a 1	✓	✓	✓
	Respaldo fotográfico	Cuando se trate de vivienda existente y no se cuente con la copia de la factura, se debe adjuntar, a la declaración del mandante, un respaldo fotográfico que acredite la existencia del equipo declarado	N/A	N/A	✓
	Copia de la Garantía de al menos 5 años, por los equipos		N/A	✓	✓

	DOCUMENTO	OBSERVACIONES	PRE CALIFICACIÓN	CALIFICACIÓN	VIVIENDA EXISTENTE
PPC	Promedio Ponderado		✓	✓	✓
	Declaración que indique que se han considerado todas las unidades habitacionales que componen el conjunto	Requiere que el proyecto esté evaluado en su totalidad. Se exige para hacer publicidad del proyecto completo	✓	✓	✓



## 2.1.3. ACREDITACIÓN DE PROPIEDADES EN BASE A CERTIFICADOS EXTRANJEROS

En varios procedimientos de cálculo de la presente calificación, se proponen valores por defecto para la identificación de propiedades de materiales y caracterización de equipos y sistemas. Estos valores por defecto pueden ser reemplazados, siempre que estén respaldados por algún certificado de ensayo o similar.

En general, estos certificados deberán ser emitidos por algún laboratorio nacional que esté acreditado de acuerdo con las exigencias específicas de cada material. Adicionalmente, se aceptarán certificados emitidos por algunas instituciones extranjeras, para definir algunas propiedades de sistemas constructivos, materiales o equipos que no estén regidas por reglamentos o normas nacionales o bien, casos en que no haya ningún laboratorio nacional acreditado que realice el ensayo necesario.

Solo se podrán homologar certificados extranjeros que cumplan los siguientes requisitos:

- Que reemplace algún valor indicado explícitamente en este manual y sea factible de ser reemplazado por un certificado extranjero.
- Que haya sido emitidos por algún laboratorio reconocido dentro del marco de la Calificación energética de viviendas, de algún país de Europa o Estados Unidos.

La responsabilidad de la veracidad del certificado, respecto a su autenticidad y a la correspondencia con el producto instalado, recae sobre el mandante que solicita la calificación.

## 2.1.4. CARPETA DE LA CALIFICACIÓN

### 2.1.4.1. CARPETA DE CALIFICACIÓN ENERGÉTICA POR VIVIENDA

El evaluador energético ingresará los antecedentes en la herramienta de cálculo y mantendrá un archivo electrónico que deberá contener todos los documentos utilizados en la calificación de cada vivienda. El evaluador deberá incluir todos los documentos indicados en la Tabla 2.1, según corresponda. Adicionalmente se adjuntarán fotografías de la visita a terreno, esto último no será exigido para precalificación.

Todos los cálculos y documentos de respaldo que no se hayan subido a la herramienta

web, deben ser guardados en formato físico o digital por el evaluador energético en un archivo personal por un periodo igual a la validez de la calificación. Durante este periodo, deben estar disponibles para ser entregados a la entidad administradora de la calificación en cualquier momento que esta lo requiera.

## **2.1.4.2. CARPETA DE CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE UN EDIFICIO O CONJUNTO HABITACIONAL**

Esta es una carpeta diferente a la carpeta de calificación por vivienda y siempre deberá considerarse como una carpeta complementaria, en el caso de que el mandante desee publicitar de manera adicional la calificación energética del edificio o conjunto habitacional. Esta carpeta debe contener los siguientes documentos en formato digital:

- Carta del evaluador energético, con la información que se indica en el numeral 2.1.5 del presente manual.
- Copia de las etiquetas de cada una de las viviendas que componen el edificio o conjunto habitacional.

## **2.1.5. INFORMACIÓN PARA PUBLICITAR LA CALIFICACIÓN ENERGÉTICA**

Para publicitar la calificación energética de una vivienda, se debe tener presente lo siguiente:

- Nunca se podrá utilizar la evaluación de otra vivienda, aun cuando estas pertenezcan a un mismo conjunto e incluso a una misma tipología.
- No podrá hacerse publicidad de una vivienda que haya sido evaluada como vivienda nueva y cuya evaluación haya expirado.
- En caso de desear evaluar y publicitar un conjunto habitacional o un edificio de departamentos, adicionalmente a la evaluación de cada vivienda, se deberá calcular la calificación promedio ponderada (PPC) de todas las viviendas que componen el conjunto habitacional.



El promedio ponderado (PPC) se calcula con base en el promedio ponderado del coeficiente C de cada vivienda del conjunto, mediante la siguiente ecuación:

$$PPC = \frac{\sum C_i * A_i}{\sum A_i}$$

*Donde:*

*C<sub>i</sub>:* Es el coeficiente C de cada una de las viviendas del conjunto habitacional. Este se obtiene de la herramienta de cálculo, tanto para la demanda de energía en calefacción e iluminación. El coeficiente C corresponde a cien veces la demanda de la vivienda en estudio, dividida por la demanda de la vivienda de referencia.

*A<sub>i</sub>:* Es la superficie útil de la vivienda en m<sup>2</sup>, idéntica a la incluida en el cálculo de la calificación energética (CE).

Es importante tener en cuenta que para el cálculo del PPC se debe considerar la evaluación de todos los departamentos que componen un edificio, o todas las unidades de casa que componen un condominio o proyecto inmobiliario que se quiera publicitar como un conjunto.

De esta forma, se obtiene el valor del PPC. Luego, obtenido el valor del PPC, se le asigna una calificación (concepto o letra) de acuerdo con la Tabla 2.3. Dicha tabla muestra la calificación correspondiente en función de la diferencia porcentual con respecto al caso de referencia.

↓ Tabla 2.2 Calificación de arquitectura  
(porcentaje de demanda de energía en calefacción).

LETRA	AHORRO ENERGÉTICO	
	≤	>
<b>A+</b>	100 %	85 %
<b>A</b>	85 %	70 %
<b>B</b>	70 %	55 %
<b>C</b>	55 %	40 %
<b>D</b>	40 %	20 %
<b>E</b>	20 %	-10 %
<b>F</b>	-10 %	-35 %
<b>G</b>	-35 %	-

Los resultados de la calificación promedio se deben incluir en una carta firmada por el evaluador energético, donde se indique:

- Identificación del condominio, edificio o proyecto inmobiliario.
- Valor de PPC y calificación (letra) para la demanda.
- Declaración que indique que se han considerado todas las unidades habitacionales que componen el conjunto habitacional.







# **PARTE II**

---

**Descripción de  
las PBTD, Sistema Web y  
etapas para la evaluación  
de un proyecto**



# 3.1. DESCRIPCIÓN DE LAS PBTD

El sistema CEV contiene tres planillas mediante las cuales se calcula la demanda y el consumo de energía, llamadas planillas de balance térmico dinámico o PBTD. Dichas planillas muestran los resultados de una evaluación y pueden ser descargadas y utilizadas por cualquier usuario, ya que no emiten etiquetas ni informes oficiales de la CEV. Las planillas tienen los siguientes nombres: “1.PBTD Datos de Arquitectura”, “02. PBTD Motor de cálculo Demanda de Energía” y “03. PBTD Datos de Equipos y Resultados” y se describen a continuación:

## 3.1.1. PBTD DATOS DE ARQUITECTURA

Archivo Excel® para ingresar datos generales del proyecto y del diseño de arquitectura de la vivienda que contiene dos hojas visibles. En la hoja “CEV-CEVE” se debe anotar la información general y de arquitectura de la vivienda evaluada y en la hoja “3. Tablas envolvente” se deben anotar los materiales y elementos componentes de la envolvente. Esta última hoja es una base de datos de elementos de la envolvente, los cuales posteriormente aparecerán en listas desplegables de la hoja “CEV-CEVE”, configurando un listado de materiales y elementos constructivos incorporados por defecto donde el evaluador puede, adicionalmente, incorporar sus soluciones propias.

## 3.1.2. PBTD MOTOR DE CÁLCULO DEMANDA DE ENERGÍA

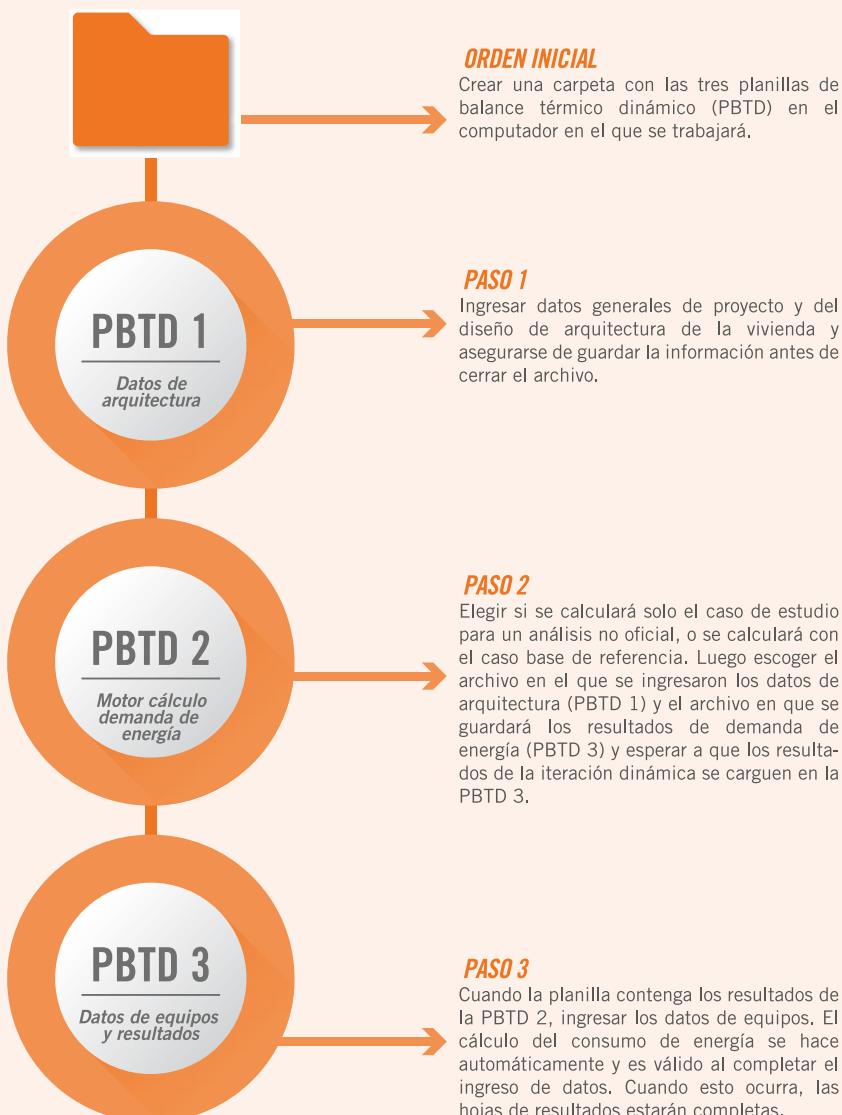
Archivo Excel que ejecuta un balance térmico cada 60 segundos, evaluando la temperatura al interior del recinto con base en los flujos de las distintas variables de entrada. Para ejecutarlo, es necesario utilizar la hoja “cálculo”, en la cual se debe elegir si se calculará solo el caso de estudio para un análisis no oficial, o se calculará con el caso base de referencia. Luego se debe escoger el archivo en el que se ingresaron los datos de arquitectura (PBTD 1) y en el que se guardarán los resultados de demanda de energía (PBTD 3) y esperar a que los resultados de la iteración dinámica se carguen en la PBTD 3. Para completar la evaluación de modo correcto, es importante que la hoja “resultados” del archivo PBTD 3 esté limpia, para lo cual dicha hoja tiene el botón “limpiar datos”.

## 3.1.3. PBTD DATOS DE EQUIPOS Y RESULTADOS

Archivo Excel para ingresar los datos de equipos trasformadores de energía y presentar los resultados generales y detallados de la demanda y consumo de energía. La hoja “resumen” muestra los resultados generales para la demanda y consumo de energía y gráficos útiles para su análisis. La hoja “resultados” muestra información



generada por el motor de cálculo para cada hora de un día representativo de cada mes para las variables que influyen en la demanda de energía. En la hoja “CEV CEVE” se deben anotar las características de los equipos transformadores de energía y al final de esta se muestran los resultados generales para el consumo de energía, en función de los datos ingresados y la demanda de energía. Los pasos generales para realizar una evaluación energética con las PBTD, son los siguientes:

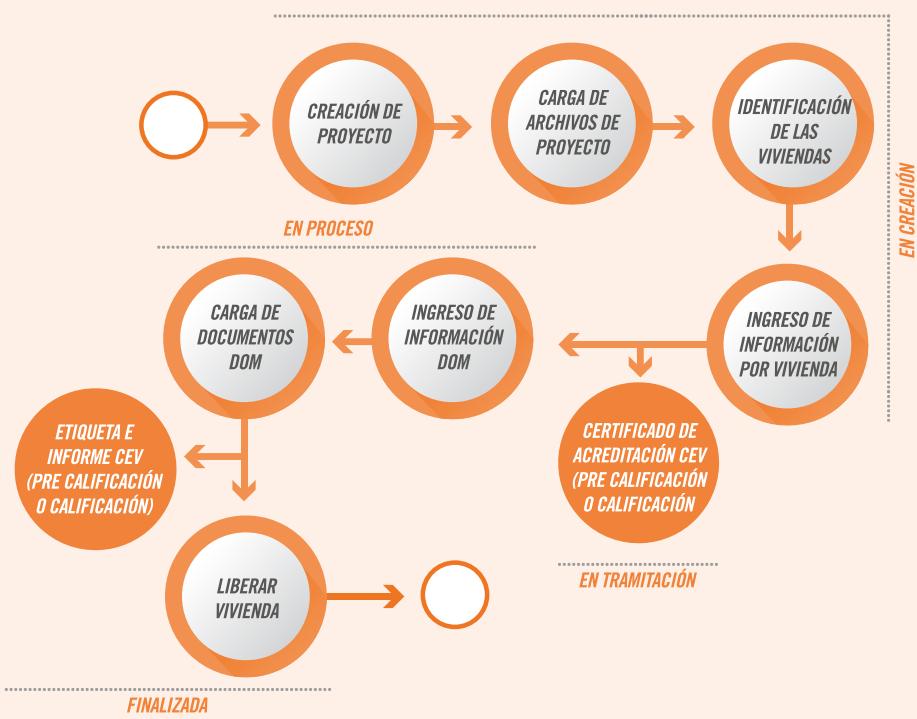


## 3.2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA WEB

La herramienta web es una aplicación que se aloja en el sitio web oficial de la CEV, cuya función es recoger la información ingresada por el evaluador y necesaria para la evaluación energética de viviendas, y posteriormente emitir la respectiva etiqueta e informe de calificación energética.

La herramienta web ordena el ingreso de la información necesaria para la evaluación de las viviendas en dos etapas: la creación y evaluación de la vivienda, donde se obtiene el certificado de acreditación CEV, y la acreditación documental, tras la cual se obtiene la etiqueta de calificación energética, un informe, un sello de calificación energética de vivienda, y un sello de eficiencia energética del conjunto habitacional. Luego de esto la evaluación se entiende como finalizada.

El flujo general del proceso, tanto para precalificación como para calificación, se muestra en el siguiente esquema:



↑ Figura 3.1 Flujo de sistema web CEV

## 3.2.1. CREACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA VIVIENDA

Corresponde a la primera etapa de la evaluación, para la cual no es necesario que el proyecto haya sido aprobado por la DOM.

En esta etapa se debe ingresar la información del proyecto junto con los documentos obligatorios, como la solicitud de evaluación y la declaración del mandante para luego identificar la totalidad de las viviendas que conforman el proyecto e ingresar la información correspondiente a cada una de ellas. Esta información es tomada por el sistema web, el que entrega, como resultado, un Certificado de acreditación CEV, en el que se informa el porcentaje de ahorro que tendría la vivienda si no sufriera mayores cambios.

## 3.2.2. ACREDITACIÓN DOCUMENTAL

Si el proyecto ha sufrido cambios para su aprobación por parte de la DOM , en esta etapa debe ser modificada la información que corresponda e ingresada la información faltante.

Para la finalización de esta etapa (y de la evaluación), se deben adjuntar la totalidad de los documentos obligatorios, los que en esta etapa deben contar con aprobación DOM, tras lo cual el sistema web calculará y emitirá la Etiqueta e Informe de calificación energética.

# 3.3. ETAPAS EN LA EVALUACIÓN ENERGÉTICA DE UN PROYECTO

## 3.3.1. PRECALIFICACIÓN

Cuando la o las viviendas a evaluar aún están en etapa de proyecto, pueden ingresar a la calificación energética de viviendas en la etapa de precalificación. En esta etapa se obtienen resultados transitorios que deben ser ratificados, a través de la calificación, una vez que el proyecto ya ha sido construido.

### 3.3.1.1. PRECALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE VIVIENDAS SIN PERMISO DE EDIFICACIÓN DOM

El proyecto puede comenzar su evaluación cuando se encuentra en etapa de anteproyecto, ya que aún no es obligatorio contar con permiso de edificación. En esta etapa de "Creación y evaluación de la vivienda", aun cuando se debe ingresar toda la información necesaria para la evaluación, todavía se pueden producir las modificaciones necesarias para la obtención del permiso de edificación, por lo que no es conducente a una Etiqueta de precalificación, sino que a un Certificado de acreditación CEV de precalificación en el que se indica el porcentaje de ahorro que tendría la vivienda si mantuviera sus características.

### 3.3.1.2. PRECALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE VIVIENDAS CON PERMISO DE EDIFICACIÓN DOM

Una vez que el proyecto ya cuenta con permiso de edificación, y habiendo ya sido ingresado al sistema web de la calificación, se debe ratificar la información ingresada o bien modificar los aspectos que hayan cambiado, además de ingresar la información correspondiente al permiso de edificación y la documentación del proyecto aprobada por la DOM (acreditación documental). De esta etapa se obtiene la Etiqueta e Informe de precalificación, la que tiene validez hasta la calificación de la vivienda o hasta la obtención de la recepción municipal.



## 3.3.2. CALIFICACIÓN

Cuando la o las viviendas a evaluar ya fueron ejecutadas y cuentan con el permiso de edificación correspondiente, corresponde evaluarlas en la etapa de calificación. De esta etapa se obtienen los resultados definitivos del proyecto.

### 3.3.2.1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE VIVIENDAS SIN RECEPCIÓN DOM

Cuando el proyecto ya cuenta con permiso de edificación, pero aún no tiene la recepción municipal, puede comenzar su evaluación en la etapa de creación y evaluación de la vivienda. En esta etapa se ingresa toda la información del proyecto y de la vivienda, incluyendo la documentación que acredite ciertas características de las viviendas, como los equipos instalados. En esta etapa aún es posible que se generen modificaciones al proyecto para la obtención de la recepción municipal, por lo que en esta parte del proceso se obtiene un certificado de acreditación CEV de calificación, el que, al igual que en el de precalificación, se indica el porcentaje de ahorro que tendría la vivienda de mantener sus características.

### 3.3.2.2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE VIVIENDAS CON RECEPCIÓN DOM

Habiendo ya finalizado el proyecto y tramitados los permisos correspondientes, incluida la recepción municipal, se pasa a la etapa de acreditación documental, donde se debe ratificar la información ingresada e incluir lo correspondiente a la recepción municipal. De esta etapa se obtiene la Etiqueta e Informe de calificación, que tiene una validez de diez años, o hasta que el proyecto sufra algún tipo de modificación que afecte su consumo energético.

Es importante destacar que estos procesos han sido generados en etapas ("Creación y Evaluación de la Vivienda" y "Acreditación documental"), para propiciar el trabajo de los Evaluadores durante el desarrollo del proyecto, acompañando en la toma de decisiones con la finalidad de obtener mejores resultados.

Sin embargo, cuando el proyecto a evaluar ya cuenta con los permisos requeridos (Permiso de Edificación y/o Recepción Municipal Definitiva), la evaluación se puede realizar en una sola etapa, ingresando todos los documentos de respaldo al momento de crear el proyecto.



# **PARTE III**

---

**Directrices para uso  
de la Planilla 01.PBTD  
Datos de Arquitectura**



## 4. GENERALIDADES DEL CÁLCULO DEMANDA DE ENERGÍA

El procedimiento de cálculo utilizando la planilla de balance térmico dinámico PBTD, está compuesto de tres herramientas de cálculo generadas en formato Excel, las cuales corresponden a las siguientes:

01. PBTD Datos de arquitectura
02. PBTD Motor de cálculo demanda de energía
03. PBTD Datos de equipos y resultados

La Planilla de balance térmico dinámico realiza un balance térmico cada 60 segundos, evaluando la temperatura al interior del recinto con base en los flujos de las distintas variables de entrada.

Los flujos corresponden al siguiente balance:

$$\emptyset [W] = \sum (\emptyset_{cargas\ internas} + \emptyset_{Radiación} \pm \emptyset_{Envolvente} \pm \emptyset_{Infiltraciones} \pm \emptyset_{Ventilación} \pm \emptyset_{Puentes\ térmicos} \\ \pm \emptyset_{Inercia\ térmica})$$

**Donde:**

**$\emptyset$ :** Potencia que afecta el cambio de temperatura.

**Cargas internas:** Dependen del uso del espacio y corresponden a potencias tabuladas según normativa internacional y/o manuales de buenas prácticas nacionales.

**Radiación:** Datos climáticos de la zona, donde se utiliza un ingreso de datos horario. Dichos datos serán reducidos con base en obstrucciones cercanas, así como lejanas.

**Envolvente:** Corresponde a la transferencia de calor asociada a la envolvente y particular de cada caso.

**Infiltraciones:** Corresponden a renovaciones de aire por infiltraciones (RAH) tabuladas asociadas a distintas tipologías de vivienda.

**Ventilación:** Renovaciones de aire hora o tasa de ventilación asociadas a distintas condiciones de uso de la vivienda.



**Puentes térmicos:** Corresponden a coeficientes de transmitancia [U] asociado a distintos puentes térmicos.

**Inercia térmica:** Corresponden a valores tabulados para distintas materialidades.

Con base en este balance se obtiene la variación de temperatura en el aire interior de la siguiente manera:

$$T_{i+1} \text{ [°C]} = T_i + \frac{\sum E_i}{m \cdot Cp}$$

**Donde:**

**$T_i$ :** corresponde a la temperatura interior del aire en el instante  $i$ .

**$T_{i+1}$ :** corresponde a la temperatura interior del aire en el instante  $i+1$ .

**$\sum E_i = \sum \emptyset [W] * \Delta t$ :** corresponde a la sumatoria de energía intercambiados al interior de un recinto, durante el intervalo de tiempo  $Dt$ , que debe ser absorbida por el aire interior.

**$m$ :** corresponde a la masa interior de aire en el recinto.

**$Cp$ :** Corresponde al calor específico del aire 1000 [J/Kg K].

Dicho modelo obtiene la temperatura al interior del recinto sin la incorporación de un equipo de climatización permitiendo que la temperatura oscile libremente.

Sin embargo, dado que uno de los objetivos es obtener la demanda de energía necesaria para llevar la temperatura de la vivienda a un rango de confort establecido, es que se incorpora un flujo asociado a un eventual sistema de climatización el cual permite llevar la temperatura a la deseada.

$$\begin{aligned} \emptyset [W] = & \sum \emptyset_{\text{cargas internas}} + \emptyset_{\text{Radiación}} \pm \emptyset_{\text{Envolvente}} \pm \emptyset_{\text{Infiltraciones}} \pm \emptyset_{\text{Ventilación}} \pm \emptyset_{\text{Puentes térmicos}} \\ & \pm \emptyset_{\text{Inercia térmica}} \pm \emptyset_{\text{Climatización}} \end{aligned}$$

**Donde:**

**Climatización:** Calor aportado por un sistema de climatización. Es entendido en esta lógica de cálculo como el calor necesario para llevar la temperatura interior a los límites de la banda de confort cuando la temperatura del recinto se encuentra fuera de ella.

Con base en estos dos balances y la información particular de cada vivienda que se incorpora en la planilla “01. PBTD Datos de arquitectura”, se realiza un balance térmico cada 60 segundos el cual se promedia para mostrar resultados horarios para un día representativo de cada mes del año.

La vivienda objeto se compara con una vivienda con las mismas características arquitectónicas denominada ‘vivienda caso base o de referencia’, la cual cumple lo siguiente:

- **Transmitancias térmicas establecidas por la OGUC.** Los valores de transmitancia térmica propuestos por el proyecto de arquitectura para muro, techo y piso ventilado son modificados, para cada elemento constructivo, a aquellos valores mínimos establecidos por la reglamentación térmica del 2007 (OGUC). En el caso de los techos, se consideran sin cámara de aire y con cubierta normal.
- **Puertas.** Se consideran opacas de madera, con una transmitancia térmica igual a 2,51 W/m<sup>2</sup>k. Mientras que para elementos translúcidos, se consideran de vidrio monolítico de 6 mm y marco de metal sin RPT. Cuando el % de supera el permitido para vidrio monolítico, se considera un valor de transmitancia térmica de 3,6 o 2,4 W/m<sup>2</sup>k, según sea el caso.
- **Puentes térmicos.** Se mantiene la posición del aislante, pero se cambia su espesor, considerando el de un material de conductividad igual 0,04 w/mK para satisfacer la condición de transmitancia, esto ocurre para todos los puentes térmicos, a excepción del P04, el que es considerado sin aislación.
- **Infiltraciones/Ventilación mínimas por salubridad.** En el caso base considera los mismos ductos y celosías que la vivienda objeto. En el caso de las ventanas, estas son consideradas de corredera y centradas a eje. Independientemente del nivel de infiltraciones que se puedan alcanzar utilizando elementos constructivos de alta estanquidad, se considera que la suma entre ventilación e infiltraciones no debe ser inferior al nivel de ventilación total requerido por condiciones mínimas de salubridad definido como 1 RAH [hr<sup>-1</sup>].
- **Aporte solar máximo:** Los elementos de sombra remotos, se consideran iguales a los de la vivienda objeto.
- **Rendimientos del sistema de climatización por defecto:** El caso base considera la utilización de un aparato de climatización con los rendimientos COP y EER establecidos por defecto.

La vivienda caso base es evaluada en sus cuatro orientaciones y promediada su demanda. La existencia de esta vivienda de referencia nos permite realizar comparaciones con



nuestra vivienda objeto, permitiéndonos identificar:

- **Horas fuera del rango de confort:** Este tiempo se determina como la sumatoria diaria, y por ende mensual, de horas en que la vivienda se encuentra a una temperatura mayor que el límite superior de la banda de confort, o bien, menor que su límite inferior. El tiempo acumulado total sobre la banda de confort es llamado “sobrecaleamiento” o bien HD(+) (horas de desconfort sobre la banda), así como el tiempo acumulado bajo la banda se define como HD(-).
- **Demanda:** Esta tipología de modelo determina la demanda de energía requerida en todo momento para mantener la temperatura interior de la vivienda dentro de los rangos definidos como de confort. Cabe mencionar que este rango es estacional, variable entre día y noche y de localidad en localidad.
- **Consumo:** Como subproducto del cálculo de la demanda, se define también el consumo tanto de refrigeración como de calefacción con base en los valores de COP y EER que corresponden al Coefficient of Performance y al Energy Efficiency Ratio.

La interacción por parte del evaluador con la planilla “02. PBTD “Motor de cálculo demanda de energía” se reduce a dos posibles botones:

- **Correr caso propuesto más caso base:** Dicho botón corre cuatro modelos, el caso base y el propuesto, ambos con y sin clima. Para lo anterior, una vez apretado el botón, se le solicita al evaluador ubicar la planilla “01. PBTD Datos de arquitectura” para rescatar las condiciones de borde de la vivienda, así como ubicar la planilla “03. PBTD Datos de equipos y resultados”, a la cual se le copiarán los resultados.
- **Correr solo caso propuesto:** Botón que se incorpora para que el evaluador solo analice el caso propuesto sin necesidad de correr nuevamente el caso base. Dicho botón corre dos modelos, con y sin clima, y también se le solicita la ubicación de ambas planillas.

Finalmente, los datos entregados como resultado en “03. PBTD Datos de equipos y resultados”, planilla que solo sirve para visualizar resultados, son los siguientes:

#### **A. Indicadores absolutos:**

- Demanda de calefacción (DC), [kWh/ m<sup>2</sup> año]
- Consumo de calefacción (CC), [kWh/ m<sup>2</sup> año]

- Demanda de refrigeración (DR), [kWh/ m<sup>2</sup> año]
- Consumo de refrigeración (CR), [kWh/ m<sup>2</sup> año]
- Horas de desconfort sobre la banda de confort (HD(+)), [hrs]
- Horas de desconfort bajo la banda de confort (HD(-)), [hrs]

**B. Indicadores de mejora o ahorro al compararse con la vivienda caso base:**

- Ahorro en la demanda de calefacción (%DC), [%]
- Ahorro en el consumo de calefacción (%CC), [%]
- Ahorro en la demanda de refrigeración (%DR), [%]
- Ahorro en el consumo de refrigeración (%CR), [%]
- Ahorro en las horas de desconfort sobre la banda de confort (%HD(+)), [%]
- Ahorro en las horas de desconfort bajo la banda de confort (%HD(-)), [%]

Con base en estas variables se clasifican las viviendas, de acuerdo con su eficiencia.

Particularmente para el caso del porcentaje de horas de desconfort en ambos casos, el propuesto y la vivienda caso base, se comparan con el máximo absoluto de horas de desconfort, que corresponden a 288 horas, ya que se realiza el análisis para un día representativo del mes, por lo que:

$$\text{horas máximas de desconfort} = 24\text{hrs} * 12\text{meses} = 288\text{hrs}$$

Para la planilla “01. PBTD Datos de arquitectura” se describe en la siguiente sección el ingreso de datos celda a celda, acompañado de una descripción técnica, para un correcto uso de la herramienta PBTD diseñada para el CEV-CEVE.

# 5. CARACTERÍSTICAS DE LA VIVIENDA

DESCRIPCIÓN TÉCNICA	INGRESO DE DATOS
<p>Se ingresa la ubicación de la vivienda a evaluar, así como el tipo de evaluación requerida. El evaluador posteriormente describe de manera general la vivienda.</p> <p>El objetivo de las filas 6 a la 27 es únicamente la descripción, lo más precisa posible, de la vivienda que será analizada, y no tiene un impacto directo en los cálculos sucesivos.</p> <p>Su importancia radica en la necesidad de individualizar la vivienda para su identificación por parte del usuario y, en caso de ser necesario, para su fiscalización.</p>	<p><b>FILA 1. TIPO DE CALIFICACIÓN</b></p> <p><b>i. Columna E:</b> Menú desplegable. Se debe indicar si se trata de calificación o precalificación</p> <p><b>ii. Columna G:</b> Menú desplegable. El evaluador deberá señalar si se trata de una vivienda nueva o existente, donde se definen de la siguiente manera:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Vivienda nueva:</b> Vivienda que cuente con permiso de edificación (PE), o modificaciones a este, emitidos con fecha posterior a enero de 2007 y cuya recepción final de obra nueva (RF) tenga una data menor a cinco años.</li> <li>• <b>Vivienda existente:</b> Vivienda que no cumple con la definición de vivienda nueva.</li> </ul> <p><b>FILA 2. REGIÓN</b> Menú desplegable. Se debe indicar la región en la que se ubica el proyecto.</p> <p><b>FILA 3. COMUNA</b> Menú desplegable. Se debe indicar la comuna en la que se ubica el proyecto.</p> <p><b>FILA 4. ZONA TÉRMICA PROYECTO</b> Menú desplegable. Se debe indicar la zona térmica que corresponde a la ubicación del proyecto, de acuerdo con la zonificación térmica descrita en los Estándares de construcción sustentable de viviendas del Minvu.</p> <p><b>FILA 5. DORMITORIOS DE LA VIVIENDA</b> Se ingresa el número de dormitorios de la vivienda, de acuerdo con el plano de planta.</p>

## DESCRIPCIÓN TÉCNICA

### 5.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS ELEMENTOS DE LA ENVOLVENTE

Se debe ingresar la información relativa a la composición de los elementos de la envolvente, soportantes y no soportantes, que limiten con el espacio exterior o con uno o más locales abiertos.

## INGRESO DE DATOS

### FILA 6. IDENTIFICACIÓN DE LA VIVIENDA A EVALUAR

Se deben identificar todas las viviendas que forman parte del proyecto, de modo que sea posible individualizarlas en los planos de arquitectura y/o emplazamiento, aprobados por la respectiva DOM.

Para cumplir con lo anterior, se debe nombrar cada vivienda con el siguiente método:

- En proyectos de conjuntos de casas: Tipología de vivienda, manzana, lote (por ejemplo: Casa americana, Mz A, Lote 1).
- En proyectos de conjuntos de edificios de departamentos: Edificio N°, tipología de vivienda, piso N°, orientación del departamento (por ejemplo: Edificio 2, depto. Tipo B, piso 6, nororiental).
- En proyectos de edificios únicos (un solo edificio) o conjuntos donde la numeración indicada en los planos permite individualizar a cada unidad de vivienda del proyecto, se puede utilizar dicha numeración (por ejemplo: departamento 1004), de lo contrario, se debe proceder del modo descrito en los párrafos anteriores.

### FILA 7. NOMBRE DEL PROYECTO

Indicar el nombre del proyecto. Este debe coincidir con la información que aparece en los planos y/o en las especificaciones técnicas aprobadas por la DOM.

### FILA 8. DIRECCIÓN DE LA VIVIENDA

Se debe ingresar la dirección de la vivienda. En caso de precalificación o cuando la vivienda no cuente con su dirección definitiva, la dirección de la vivienda corresponderá a la dirección del proyecto, indicada en el permiso de edificación.

### FILA 9. TIPO DE VIVIENDA

Se debe indicar si la vivienda es “aislada”, “pareada o continua” o “departamento”. En caso de existir otro tipo de agrupaciones, se deberán asociar a uno de estos tipos.



## DESCRIPCIÓN TÉCNICA

## INGRESO DE DATOS

### FILA 10. ROL VIVIENDA

Se debe ingresar el Rol de la vivienda. Para los casos de precalificación energética, o cuando no se tenga el Rol de la vivienda en particular, se debe ingresar el del proyecto (Rol del terreno), de acuerdo con lo indicado en el permiso de edificación.

\*En los casos en que se cuente con igual ROL pero distintos Permisos de Edificación, el proyecto corresponderá a un proyecto en etapas y deberá ser creado como tal en la Herramienta web.

### FILA 11. EVALUADOR ENERGÉTICO

Indicar nombres y apellidos del evaluador.

### FILA 12. ROL REGISTRO DE EVALUADORES:

Corresponde al Rol entregado al evaluador por la entidad administradora.

### FILA 13. RUT DEL EVALUADOR

Indicar RUT del evaluador.

### FILA 14. VERSIÓN PLANILLA

Información sobre la versión de la planilla.

### FILA 15. CASO INTERNO EVALUADOR

Se dispone de dicha celda al evaluador con el objetivo que pueda anotar información particular del caso que está analizando. No es obligatorio llenar esta celda.

### FILA 16. ITERACIÓN EVALUADOR

Al igual que la celda anterior, Se dispone de dicha celda al evaluador con el objetivo que pueda anotar información particular del caso que está analizando. No es obligatorio llenar esta celda.

### FILA 17. SOLICITADO POR

Indicar el nombre del mandante (persona natural o jurídica) que solicita la calificación energética (no el del representante legal).

## DESCRIPCIÓN TÉCNICA

## INGRESO DE DATOS

### FILA 18. RUT MANDANTE

Indicar el RUT del mandante (persona natural o jurídica) que solicita la calificación energética (no el del representante legal).

### FILA 19. MURO PRINCIPAL

Corresponde al complejo de muro que está presente en mayor superficie en la vivienda.

Como muro se consideran los elementos cuya inclinación interior es mayor a 60° sexagesimales, medidos de la horizontal.

El evaluador elige desde el menú desplegable con base en lo definido en “3. Tablas envolvente”.

### FILA 20. MURO SECUNDARIO

Corresponde al complejo de muro cuya superficie representa la segunda importancia en relación con la totalidad de los muros exteriores de la vivienda.

El evaluador elige desde el menú desplegable con base en lo definido en “3. Tablas envolvente”.

### FILA 21. PISO VENTILADO PRINCIPAL

Corresponde a losas o entramados de piso que no están en contacto directo con el terreno. Si es más de uno, se debe describir un resumen de todos ellos.

El evaluador elige desde el menú desplegable con base en lo definido en “3. Tablas envolvente”.

### FILA 22. TECHO PRINCIPAL

Corresponde a la techumbre que está presente en mayor cantidad en la superficie de techumbre.

Como techumbre se consideran los elementos cuya inclinación interiores de 60° sexagesimales o menos, medidos de la horizontal.

El evaluador elige desde el menú desplegable con base en lo definido en “3. Tablas envolvente”.



## DESCRIPCIÓN TÉCNICA

## INGRESO DE DATOS

### FILA 23. TECHO SECUNDARIO

Corresponde a la techumbre cuya superficie representa la segunda importancia en relación con la totalidad de la techumbre de la vivienda.

El evaluador elige desde el menú desplegable con base en lo definido en “3. Tablas envolvente”.

### FILA 24. VENTANA PRINCIPAL

Corresponde al tipo de ventana que se encuentra en mayor superficie de la vivienda.

El evaluador elige desde el menú desplegable con base en lo definido en “3. Tablas envolvente”.

### FILA 25. VENTANA SECUNDARIA

Corresponde al tipo de ventana cuya superficie representa la segunda importancia en relación con la totalidad de la vivienda.

El evaluador elige desde el menú desplegable con base en lo definido en “3. Tablas envolvente”.

### FILA 26. PUERTA PRINCIPAL

Corresponde al tipo de puerta que se encuentra en mayor superficie de la vivienda.

El evaluador elige desde el menú desplegable con base en lo definido en “3. Tablas envolvente”.

### FILA 27. SISTEMA DE CALEFACCIÓN

Se deben ingresar las principales características con que cuenta el sistema de calefacción. (Para mayor información, ver Anexo B, Rendimientos).

### FILA 28. SISTEMA DE AGUA CALIENTE

Se deben ingresar las principales características con que cuenta el sistema de agua caliente. (Para mayor información, ver Anexo B: Rendimientos)

# 6. DIMENSIONES DE LA VIVIENDA

## DESCRIPCIÓN TÉCNICA

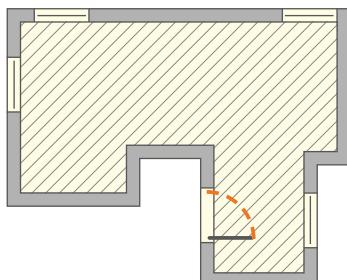
Se ingresa el área de la vivienda por cada piso y su altura interior. Se consideran solo los espacios cerrados, que conforman la totalidad de los espacios habitables incluyendo espacios de tránsito tales como baños, cocinas, pasillos. No se consideran entre los espacios habitables elementos como: garajes, entretechos o mansardas no habilitadas, sótanos no habilitados para ocupación o patios de luz; tampoco se deben considerar como superficie útil los recintos que estén parcial o totalmente expuestos al exterior.

Para cada piso se debe anotar por separado su respectiva área y la altura útil de dichas áreas en las casillas dispuestas para ello. Si la vivienda tiene más de tres pisos, en la casilla correspondiente al área de “Piso 3+4+”, se debe ingresar la suma de todas las áreas de los pisos incluyendo el tercero y los superiores y en la casilla de la altura de “Piso 3+4+”, se debe anotar la altura útil ponderada de todos ellos.

### 6.1. ÁREAS ÚTILES

Esta es calculada considerando los límites interiores de los muros exteriores o perimetrales.

Los tabiques o divisiones interiores se deben contar como superficie útil, así como los espacios vacíos provocados por dobles alturas o escaleras.



↑ Figura 6.1 Esquema de área útil de la vivienda.

## INGRESO DE DATOS

### FILAS 29 A LA 31. SUPERFICIES Y ALTURAS

#### i. Columna D:

Se debe ingresar la superficie del /los pisos en [m<sup>2</sup>].

#### ii. Columna E:

Se ingresa la altura ponderada de las superficies habitables descritas por piso/pisos en [m].

#### iii. Columna F:

Se muestra el volumen del piso en [m<sup>3</sup>].

### FILA 32. TOTAL

Se muestra el total de superficie en [m<sup>2</sup>] y el volumen en [m<sup>3</sup>]

Si la vivienda cuenta con más de tres pisos, en la fila 31 se debe ingresar la suma de las superficies del 3º piso y superiores, mientras que la altura a ingresar corresponde a la altura media desde los pisos tres en adelante.

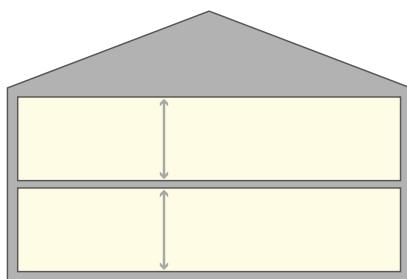


## DESCRIPCIÓN TÉCNICA

En el área contabilizada como útil no se debe incluir el área de proyecciones, tales como ventanas proyectadas o similares.

### 6.2 ALTURA ÚTIL

La altura del nivel se define con el objetivo de identificar el volumen de aire a climatizar, por lo que se debe señalar la altura libre interior.



↑ Figura 6.2 Esquema de altura útil de la vivienda.

De existir altura variable, se deberá ingresar la altura media que iguale el volumen de aire.

$$h_m = \frac{V}{A}$$

*Donde:*

*h<sub>m</sub>:* Altura promedio del nivel

*V:* Volumen del piso

*A:* Área del piso

## INGRESO DE DATOS

# 7. CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS DE LA ENVOLVENTE

DESCRIPCIÓN TÉCNICA	INGRESO DE DATOS
<p>La definición de los materiales y elementos componentes de la envolvente se lleva a cabo en la hoja “3. Tablas envolvente” en donde se definen las propiedades particulares de dichos elementos, los cuales posteriormente son llamados y utilizados en otros sectores de la planilla. De esta manera, se cuenta con un listado de materiales y elementos incorporados por defecto donde el evaluador puede, adicionalmente, incorporar sus soluciones propias. Para mayor información de ingreso de datos referirse al Anexo A: “3. Tablas envolvente”.</p> <p>A su vez, la asignación de los elementos de la envolvente se realiza por orientación, de tal manera de identificar el nivel de radiación solar a la que este se ve expuesto, ya sea un elemento opaco o translúcido.</p> <p>En el caso de elementos alojados en muros, tales como puertas y ventanas, se requiere conocer la materialidad del muro en el cual se encuentran alojados, de tal manera de identificar los puentes térmicos asociados a dicho elemento.</p>	
<p><b>7.1. MUROS</b></p> <p>Los paramentos verticales opacos (muros) incluyen en su definición información asociada a transmitancias, puentes térmicos, inercia térmica e infiltraciones.</p> <p><b>7.1.1. INERCIA TÉRMICA MUROS</b></p> <p>Se definen tres tipologías de materialidades posibles para una vivienda, que se separan en:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Pesado:</b> materiales con densidad superior a 2100 [kg/m<sup>3</sup>] (por ejemplo, el hormigón armado).</li> </ul>	<p><b>FILAS 33 A LA 48. MUROS</b></p> <p>i. <b>Columna D:</b> Menú desplegable. Se debe seleccionar el tipo de muro según lo ingresado en la tabla “Muros transmitancia”, en “3. Tablas envolvente”.</p> <p>ii. <b>Columna E:</b> Menú desplegable. Se debe indicar el ángulo de azimut del eje ortogonal a la fachada.</p> <p>iii. <b>Columna F:</b> Se muestra la orientación de la fachada.</p> <p>iv. <b>Columna G:</b> Se muestra la densidad del muro según lo des-</p>

## DESCRIPCIÓN TÉCNICA

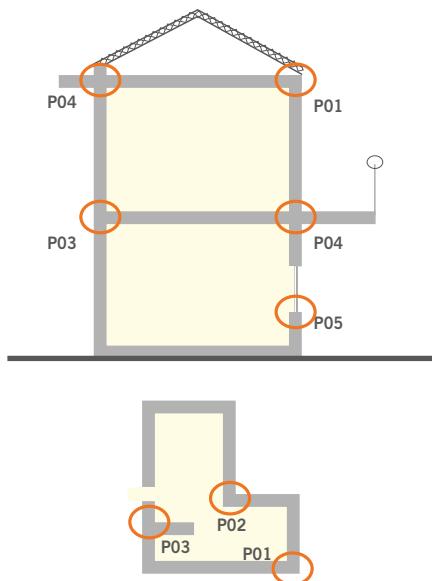
- **Intermedio:** con densidad superior a 1100 [kg/m<sup>3</sup>] y menores a los 2100 [kg/m<sup>3</sup>] (por ejemplo, la albañilería).
- **Liviano:** materiales con densidad inferiores a 1100 [kg/m<sup>3</sup>] (por ejemplo, la madera o soluciones livianas).

Se debe considerar que la posición de la aislación térmica afecta la categoría de inercia térmica utilizada en el cálculo, así como en la definición de puentes térmicos.

### 7.1.2. PUENTES TÉRMICOS TIPO P01, P02 Y P03

Para conocer los puentes térmicos asociados a los muros se solicita:

- Posición de la aislación
- Espesor de la aislación
- Espesor del muro sólido



↑ Figura 7.1 Esquema de puentes térmicos existentes en una vivienda

## INGRESO DE DATOS

crito la tabla “Muros transmitancia”, en “3. Tablas envolvente”.

### v. Columna H:

Se debe ingresar la superficie interior del muro en [m<sup>2</sup>], descontada la superficie de vanos (ventanas y puertas).

### vi. Columna I:

Se muestra el valor U [W/m<sup>2</sup>K] del muro, según lo descrito en la tabla “Muros transmitancia”, en “3. Tablas envolvente”.

### vii. Columna K:

Se deben ingresar los metros lineales de puente térmico tipo 01 que tenga el muro.

### viii. Columna L:

Se deben ingresar los metros lineales de puente térmico tipo 02 que tenga el muro.

### ix. Columna M:

Se deben ingresar los metros lineales de puente térmico tipo 03 que tenga el muro.

### x. Columna O:

Se muestra la posición de la aislación en el muro, según lo descrito en la tabla “Muros transmitancia”, “3. Tablas envolvente”.

**Nota:** De existir una mayor cantidad de muros, se deben agrupar en la última fila.

**Nota:** Para el caso de los muros, se recomienda acumular todas las superficies que tengan las mismas características descritas en las columnas D y E, de tal manera de simplificar la cantidad de muros solo a los diferenciados por orientación y escantillón. En el caso de contar con puentes térmicos descritos en las columnas J, K y L, se debe tener la precaución de acumular muros incorporando correctamente las condiciones de encuentro de los puentes térmicos.

**Nota:** Los puentes térmicos que intersecten algún elemento adiabático o sin aislación, deben asociarse al elemento que en su solución constructiva sí incorpora aislante térmico.

## DESCRIPCIÓN TÉCNICA

## INGRESO DE DATOS

**Donde:**

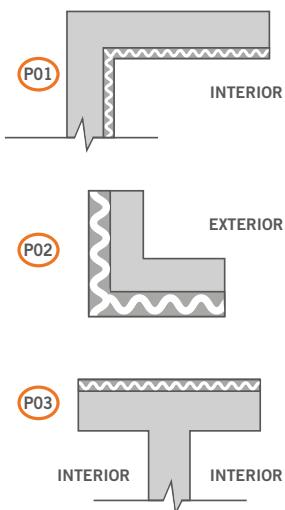
**P01:** Corresponde a un puente térmico de una esquina saliente entre dos muros o un muro y una losa de techo. Este puente genera un aumento en su superficie.

**P02:** Corresponde a un puente térmico de una esquina entrante entre dos muros o un muro y una losa de piso ventilado. Este puente genera una disminución en su superficie.

**P03:** Corresponde al encuentro entre un muro perimetral y un muro interior o entre un muro perimetral y una losa de piso interior.

**P04:** Corresponden a los encuentros entre un muro y algún elemento que sobresale del piso perimetral exterior de los muros, como cornisas o terrazas.

**P05:** Corresponde al encuentro entre el marco de la ventana y el muro donde se encuentra alojada.



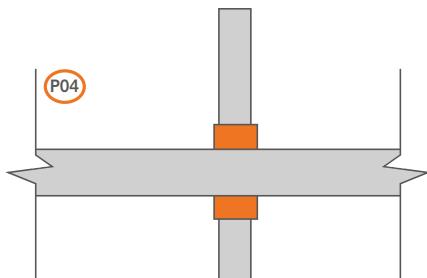
↑ Figura 7.2 Puentes térmicos P01, P02 y P03 asociados a muros

## DESCRIPCIÓN TÉCNICA

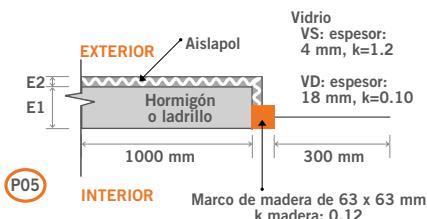
Para el caso de puentes térmicos tipo P01 [m] o P02 [m], el usuario deberá decidir a cuál muro le es asignado y se debe ingresar solo a uno.

Para los encuentros de muro y techo o muro y entrepiso, los puentes térmicos tipo P01 [m], P02 [m] y P03 [m] se deben asignar al muro, ya que la sub categoría “Techo” no considera celdas que permitan el ingreso de información asociada a puentes térmicos.

El cálculo y definición de los puentes térmicos se muestra en el Anexo D: Motor de cálculo particularmente su punto 16.6.



↑ Figura 7.3 Puente térmico P04 asociado a terraza o cornisa



↑ Figura 7.4 puente térmico P05 asociado a ventanas

En particular el puente térmico de ventanas P05 no se ingresa manualmente y se obtiene de forma automática con base en la información que el evaluador ingresa para cada ventana.

## INGRESO DE DATOS

## DESCRIPCIÓN TÉCNICA

## INGRESO DE DATOS

### 7.1.3. INFILTRACIONES MUROS

Las infiltraciones se calculan automáticamente en función de la superficie y materialidad.

Para mayor información referirse al Anexo D: Motor de Cálculo

### 7.1.4. TRANSMITANCIAS MUROS

En "3. Tablas envolvente" se ingresan las propiedades de los muros, techo, piso, puertas y ventanas. Para mayor información de llenado referirse al Anexo A: "3. TABLAS Envolvente" Para validar la información declarada, el evaluador deberá adjuntar al menos uno de los siguientes documentos para su confirmación:

- Cálculo o ensayo del valor U [W/m<sup>2</sup>K] del muro, válidamente emitido por un laboratorio acreditado.
- Cálculo del valor U [W/m<sup>2</sup>K] del muro realizado por el evaluador de acuerdo con el procedimiento indicado en la NCh 853 Of 2007.
- Utilizar un valor de conductividad indicado en el Listado oficial de soluciones constructivas para acondicionamiento térmico del Minvu. En este caso se debe indicar el código del material o solución constructiva desde donde se obtuvo el valor de conductividad térmica y se debe adjuntar una copia de la ficha correspondiente.

Cuando la información sea validada a través de una memoria de cálculo, se debe especificar y acreditar la obtención de los valores de conductividad que se utilizaron en el cálculo, adjuntando la documentación necesaria para ello (valores obtenidos de la norma NCh 853 Of. 2007, Listado oficial de soluciones constructivas para acondicionamiento térmico del Minvu o un informe de ensayo de laboratorio válidamente emitido por un laboratorio acreditado).

Para evaluaciones de vivienda existente, cuyos muros contengan alguno de los materiales indicados en la siguiente tabla, deberán presentar, en la memoria de cálculo, la conductividad térmica aquí descrita:  
tabla 7.1.



DESCRIPCIÓN TÉCNICA		INGRESO DE DATOS		
ANTIGUEDAD (*)	LADRILLO HECHO A MÁQUINA	LADRILLO ARTESANAL	ADOBE	TABLERO FIBRA DE MADERA
1 a 10	NCh 853	NCh 853	NCh 853	NCh 853
11 a 15	0,88	0,54	0,9	0,25
16 a 20	1,51	0,66	0,9	0,28
21 a más	1,69	0,76	0,9	0,28

(\*) Antigüedad de certificado de recepción municipal definitiva

↑ Tabla 7.1 Conductividad térmica para muros en vivienda existente

Cuando la evaluación de vivienda existente se trate de viviendas reacondicionadas térmicamente y se quiera realizar la memoria de cálculo de igual forma que en una vivienda nueva, se deberá adjuntar a dicha memoria, la documentación que acredite dicho reacondicionamiento.

### 7.1.5. PUENTE TÉRMICO PARTICULAR TIPO P04

A diferencia de los puentes térmicos P01, P02 y P03, los cuales están asociados directamente a los muros y el P05 a las ventanas, el puente térmico P04 asociado a discontinuidades hacia el exterior, tal como a aleros o terrazas, se deberá definir de manera particular.

Para mayor información de llenado referirse al punto 16.6 del Anexo D: Motor de Cálculo.

### FILAS 49 A 53. PUENTES TÉRMICOS P04

#### x. Columna D:

Menú desplegable. Se debe seleccionar tipos de Muros existentes según la tabla “Muros transmitancia” en “3. Tablas Envoltorio” en el cual se encuentra alojado el puente térmico tipo 04.

#### xii. Columna E:

Menú desplegable. Se debe indicar el ángulo de azimut del eje ortogonal a la fachada.

#### xiii. Columna F:

Se muestra la orientación del muro.

#### xiv. Columna G:

Menú desplegable. Se debe seleccionar el elemento perpendicular asociado al puente térmico tipo 04.

#### xv. Columna H:

Menú desplegable. Se debe seleccionar el tipo de aislación que se utilizó.

## DESCRIPCIÓN TÉCNICA

### 7.2. PUERTAS

Las puertas se encuentran definidas por tres elementos:

- Puerta sólida o compuesta
- Marcos
- Zonas vidriadas

#### 7.2.1. INFILTRACIONES PUERTAS

Son definidas de manera interna con base en la materialidad y dimensiones de la puerta.

#### 7.2.2. TRANSMITANCIAS PUERTAS

En la Tabla “Puertas” en “3. Tablas envolvente” se señalan (celdas en amarillo) puertas con valores por defecto; sin embargo, el usuario puede ingresar sus propias puertas, para lo cual tendrá que adjuntar la siguiente información para su validación:

- Cálculo o ensayo del valor U [W/m<sup>2</sup>K] de la puerta o de sus componentes, válidamente emitido por un laboratorio acreditado.
- Cálculo del valor U [W/m<sup>2</sup>K] de la puerta, realizado por el evaluador, de acuerdo con el procedimiento indicado en la NCh 853 Of 2007 o NCh 3137:1.
- Cálculo del valor U [W/m<sup>2</sup>K] del vidrio, según lo señalado en 7.3.4.
- Cálculo del valor U [W/m<sup>2</sup>K] del marco, ya sea mediante cálculo realizado por el evaluador según NCh 853 Of 2007 o NCh 3137:2.

#### 7.2.3. PORCENTAJE DE SUPERFICIES

Se deben calcular las superficies asociadas a cada tipo de elemento.

## INGRESO DE DATOS

#### xvi. Columna I:

Se debe ingresar longitud del puente térmico en [m].

**Nota:** De existir una mayor cantidad de puentes térmicos P04, se deben agrupar en la última fila.

#### FILAS 54 A 56. PUERTAS

##### i. Columna D:

Menú desplegable. Se deben seleccionar los tipos de puertas existentes según la tabla “Puertas” en “3. Tablas envolvente”.

##### ii. Columna E:

Menú desplegable. Se debe indicar el ángulo de azimut del eje ortogonal a la fachada.

##### iii. Columna F:

Se muestra la orientación de la puerta.

##### iv. Columna H:

Menú desplegable. Se debe seleccionar la categoría para infiltraciones de aire.

**Nota:** Si bien las categorías descritas responden a una “materialidad”, el propósito de la celda es asimilar la puerta a una de las tres categorías fijas para el cálculo de infiltraciones de aire.

##### v. Columna K:

Se debe ingresar la altura de la puerta, incluyendo el marco, en [m]. Si la puerta no es un paralelepípedo, se debe ingresar una altura en columna K y un ancho en columna L, de forma tal que su producto resulte ser el área de la puerta, incluido su marco.

##### vi. Columna L:

Se debe ingresar el ancho de la puerta, incluyendo el marco, en [m]. Si la puerta no es un paralelepípedo, se debe ingresar una altura en columna K y un ancho en columna L, de forma tal que su producto resulte ser el área de la puerta, incluido su marco.

##### vii. Columna N:

Se informa el área vidriada según lo seleccionado en la columna D y dimensiones ingresadas en K y L.

## DESCRIPCIÓN TÉCNICA

- Superficie de ventana según catálogo del fabricante o según cálculo de áreas.

$$\%_{\text{vidrio}} = \frac{\text{Área}_{\text{vidrio}}}{\text{Área}_{\text{vidrio}} + \text{Área}_{\text{puerta}} + \text{Área}_{\text{marco}}}$$

**Donde:**

$\%_{\text{vidrio}}$ : Porcentaje de zona vidriada

$\text{Área}_{\text{vidrio}}$ : Área en [m<sup>2</sup>] de vidrio

$\text{Área}_{\text{puerta}}$ : Área en [m<sup>2</sup>] de la puerta abatible

$\text{Área}_{\text{marco}}$ : Área en [m<sup>2</sup>] del marco

- Superficie de marco según catálogo del fabricante o según cálculo de áreas.

$$\%_{\text{Marco}} = \frac{\text{Área}_{\text{marco}}}{\text{Área}_{\text{vidrio}} + \text{Área}_{\text{puerta}} + \text{Área}_{\text{marco}}}$$

**Donde:**

$\%_{\text{Marco}}$ : Porcentaje del marco

### 7.3. VENTANAS

Cada ventana incluye, en su definición, información asociada a transmitancias, radiación y protecciones solares, puentes térmicos e infiltraciones.

Las ventanas se encuentran definidas por tres elementos principales:

- Zonas vidriadas
- Marcos
- Protecciones

#### 7.3.1. VENTANAS CON VIDRIO DOBLE O DVH

En el caso de utilizar ventanas con DVH, esto debe estar indicado en las especificaciones técnicas; de lo contrario, se debe incluir en la declaración del mandante, especificando el espesor de la cámara de aire utilizada en las ventanas. En caso de corresponder a un valor

## INGRESO DE DATOS

- viii. Columnas P, Q, R, S, T, U, V, W, X y Y:**  
Variables de ingreso para determinar FAV1, FAV2 (izquierda, y/o derecha) y FAV3. Es aplicable solo a las puertas que tienen superficies vidriadas. Para más información ver punto 7.4.

**Nota:** Dado que las puertas cuentan con orientación independiente cada una, cuando se tengan más de tres, pueden agruparse aquellas con la misma orientación. La forma de hacer esto es ingresando la altura media de las puertas en la columna K y la sumatoria de sus anchos en la columna L.

### FILAS 57 A LA 76. VENTANAS

**i. Columna D:**

Menú desplegable. Se debe seleccionar el tipo de ventanas existentes según lo ingresado en la tabla "Vidrios" en "3. Tablas envolvente".

**ii. Columna E:**

Menú desplegable. Se debe indicar el valor de azimut del eje ortogonal a la fachada.

**iii. Columna F:**

Se muestra la orientación de la ventana.

**iv. Columna G:**

Menú desplegable. Se debe seleccionar el muro en el cual se encuentra alojada la ventana, de acuerdo con lo definido en "3. Tablas envolvente".

**v. Columna H:**

Menú desplegable. Se debe seleccionar el tipo de cierre que presenta la ventana.

**vi. Columna I:**

## DESCRIPCIÓN TÉCNICA

intermedio a aquellos incorporados por defecto, se deberá utilizar el menor. Para mayor información de ingreso de datos referirse al Anexo A: "3. Tablas Envoltante".

Si no se tiene acceso a la información respecto del espesor de la cámara de aire (espesor espaciador), o que esta sea menor a 6 mm, se debe utilizar el valor de  $U=3,58 \text{ [W/m}^2\text{K]}$ .

Para el caso de una doble ventana simple, se puede utilizar un valor de  $U = 3,3 \text{ [W/m}^2\text{K]}$ . Se entiende por doble ventana una solución constructiva en que se utilizan dos ventanas independientes en el vano.

### 7.3.2. PUENTES TÉRMICOS VENTANAS

Para conocer los puentes térmicos asociados a la ventana, se solicita:

- Elemento envolvente en donde se encuentra alojada la ventana.
- Posición de la ventana con respecto al espesor del vano, ya que este puede ser instalado al interior, centrado o al exterior del vano.
- Conocer si la aislación del muro (de existir) cuenta con retorno o no en el vano.
- Tipo de cierre que presenta la ventana: abatible, corredera, proyectante, guillotina o fija.

Con base en las elecciones realizadas por parte del evaluador, el puente térmico tipo P05 se calcula de manera interna, ya que se conoce el perímetro de la ventana. Ver Figura 7.3 y Figura 7.4. El cálculo y definición de los puentes térmicos se detalla en el punto 16.6 del Anexo D: Motor de Cálculo.

### 7.3.3. INFILTRACIONES VENTANAS

Las infiltraciones, en el caso de las ventanas, se encuentran definidas por:

- Tipo de cierre de la ventana, los cuales pueden ser ventana fija, corredera, de abatir, guillotina y proyectante.
- Categoría para infiltraciones de aire, donde se puede optar por diferentes tipos de mar-

## INGRESO DE DATOS

Menú desplegable. Se debe seleccionar la posición de la ventana con respecto al espesor del vano.

### vii. Columna J:

Menú desplegable. Se debe indicar si la aislación de la ventana considera retorno o no.

### viii. Columna K:

Se debe ingresar la altura de la ventana en [m], incluyendo el marco.

### ix. Columna L:

Se debe ingresar el ancho de la ventana en [m], incluyendo el marco.

### x. Columna M:

Menú desplegable. Se debe seleccionar la categoría para infiltraciones de aire del marco.

**Nota:** Si bien las categorías descritas responden a una "materialidad", el propósito de la celda es asimilar el marco a una de las cuatro categorías fijas para el cálculo de infiltraciones de aire.

### xi. Columna N:

Menú desplegable. Se debe seleccionar el tipo de marco según lo indicado en la tabla "Marcos ventana" en "3. Tablas envolvente".

**xii. Columnas P, Q, R, S, T, U, V, W, X e Y:** Variables de ingreso para determinar FAV1, FAV2 (izquierda, derecha) y FAV3. Para mayor información ver 7.4

**Nota:** En el caso se existir más de 20 ventanas, se recomienda agrupar ventanas que cuenten con la misma información en columnas D hasta J, M, N y desde P hasta Y, ingresando la altura media en la columna K y la sumatoria de los anchos en la columna L.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA	INGRESO DE DATOS												
<p>co: Madera, PVC, metálico y fierro. En el caso de contar una ventana con dos tipos de cierre, se deberán definir como ventanas diferentes, con sus respectivas áreas asociadas.</p>													
<p>El cálculo de las infiltraciones se muestra en el Anexo D: Motor de Cálculo.</p>													
<p><b>7.3.4. TRANSMITANCIAS VENTANAS</b> En las tablas “Vidrios” y “Marcos ventana” en “3. Tablas envolvente” se señalan vidrios y marcos (respectivamente) con valores por defecto. Para mayor información de llenado referirse al Anexo A: “3. Tablas envolvente”.</p>													
<p>De ingresar valores distintos a los asignados por defecto, el evaluador tendrá que adjuntar y acreditar la transmitancia térmica del vidrio, utilizando una de las siguientes alternativas:</p>													
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Listado oficial de soluciones constructivas para acondicionamiento térmico.</li> <li>• Certificado de ensayo otorgado por un laboratorio con inscripción vigente en el Registro Oficial de Laboratorios de Control Técnico de Calidad de la Construcción del Minvu.</li> <li>• Cálculo, el que deberá ser realizado de acuerdo con lo señalado en la norma NCh853, NCh3137:1 y 3137:2 según corresponda.</li> </ul>													
<p><b>Nota:</b> Si la solución del listado o el ensayo de transmitancia térmica arroja el resultado de todo el complejo de ventana incluyendo su marco, el evaluador podrá ponderar con los valores de las tablas 7.2 y 7.3 , para despejar el valor del vidrio o del marco.</p>													
<table border="1" data-bbox="111 1183 542 1422"> <thead> <tr> <th colspan="2" data-bbox="111 1183 542 1216">MARCOS VENTANA</th> </tr> <tr> <th data-bbox="111 1216 360 1265">TIPO DE MARCO</th><th data-bbox="360 1216 542 1265">U MARCO [W/m<sup>2</sup>K]</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="111 1265 360 1297">Madera</td><td data-bbox="360 1265 542 1297">2,6</td></tr> <tr> <td data-bbox="111 1297 360 1330">PVC</td><td data-bbox="360 1297 542 1330">2,8</td></tr> <tr> <td data-bbox="111 1330 360 1362">Metal sin RPT</td><td data-bbox="360 1330 542 1362">5,8</td></tr> <tr> <td data-bbox="111 1362 360 1395">Metal con RPT</td><td data-bbox="360 1362 542 1395">3,3</td></tr> </tbody> </table>	MARCOS VENTANA		TIPO DE MARCO	U MARCO [W/m <sup>2</sup> K]	Madera	2,6	PVC	2,8	Metal sin RPT	5,8	Metal con RPT	3,3	
MARCOS VENTANA													
TIPO DE MARCO	U MARCO [W/m <sup>2</sup> K]												
Madera	2,6												
PVC	2,8												
Metal sin RPT	5,8												
Metal con RPT	3,3												
<p>↑ Tabla 7.2 Valores transmitancia térmica por</p>													

DESCRIPCIÓN TÉCNICA		INGRESO DE DATOS
ANCHO DEL ESPACIADOR	U VIDRIO [W/m <sup>2</sup> K]	
Vidrio monolítico (VM). Sin espaciador	5,80	
DVH con espaciador de 6 mm	3,28	
DVH con espaciador de 9 mm	3,01	
DVH con espaciador de 12 mm	2,85	
DVH con espaciador de 15 mm o mayor	2,80	

↑ Tabla 7.3 Valores U por defecto en vidrios

**7.3.5. FACTOR SOLAR FS**  
Corresponde al factor solar del vidrio para incidencia normal. Este valor se obtiene de la ficha técnica proporcionada por él.

Para calcular el FS se deben utilizar los siguientes valores por defecto: CS=1 para todos los vidrios claros y CS=0,89 para los DVH. Luego se calcula el factor solar del vidrio "FS Vidrio" según la siguiente ecuación:

$$FS = CS * 0.87$$

*Donde:*

*FS: Factor de Sombra*

*CS: Coeficiente de Sombra*

Es posible considerar un valor diferente al resultante de la opción por defecto, el que deberá estar acreditado con un informe de ensayo, o bien con la ficha técnica del fabricante.

**7.3.6. FACTOR DE MARCO FM**

- Corresponde al porcentaje de superficie translúcida con respecto al área total del vano.
- El porcentaje del marco de cada ventana deberá ser señalado por el fabricante o median-



## DESCRIPCIÓN TÉCNICA

## INGRESO DE DATOS

te cálculo de áreas. Se pueden utilizar los valores por defecto señalados en el Anexo A: "3. Tablas Envoltorio".

### 7.4. FACTOR DE ACCESIBILIDAD DE LA VENTANA FAV

El FAV evalúa la incidencia de radiación solar directa y difusa en cada ventana, considerando su orientación y la existencia de obstrucciones cercanas, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$FAV_i = \emptyset_{\text{Radiación Directa}} * k + \emptyset_{\text{Radiación Difusa}} * \beta$$

*Donde:*

**$\emptyset_{\text{FAV}_i}$ :** Se calcula para cada ventana considerando su orientación para cada hora

**$\emptyset_{\text{Radiación directa}}$ :**  $\emptyset_{\text{Radiación total}} - \emptyset_{\text{Radiación difusa}}$ , ambos datos para radiación horizontal y transformada según orientación para cada zona térmica incorporado en la planilla.

**$k$ :** Valor binario 0 o 1 dependiendo de si el sol se encuentra bloqueado o no, considerando como referencia el centro del paño vidriado de ventana.

**$\emptyset_{\text{Radiación difusa}}$ :** Perfil de radiación horaria para cada zona térmica incorporado en la planilla.

**$\beta$ :** Porcentaje de visibilidad de la bóveda celeste. Parámetro equivalente a la fracción efectiva de la radiación difusa incidente.

Para mayor información referirse al punto 16.2.2 en Anexo D: Motor de Cálculo.

#### 7.4.1. TIPOS DE PROTECCIONES SOLARES FAV

Se definen tres tipos de protecciones que dependen solo de la arquitectura alrededor de las ventanas, los que se relacionan de acuerdo con la siguiente ecuación:

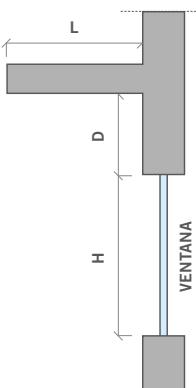
$$FAV = FAV1 * FAV2 * FAV3$$

## DESCRIPCIÓN TÉCNICA

## INGRESO DE DATOS

### 7.4.1.1. FAV 1

Los FAV 1 corresponden a aleros u obstrucciones horizontales sobre las ventanas, los cuales quedan definidos por tres distancias: H [m], L [m] y D [m].



↑ Figura 7.5 Elevación de una ventana con FAV 1

En el caso de tener aleros angulados, se deberá definir la geometría con el fin de obtener los parámetros indicados anteriormente, encon-

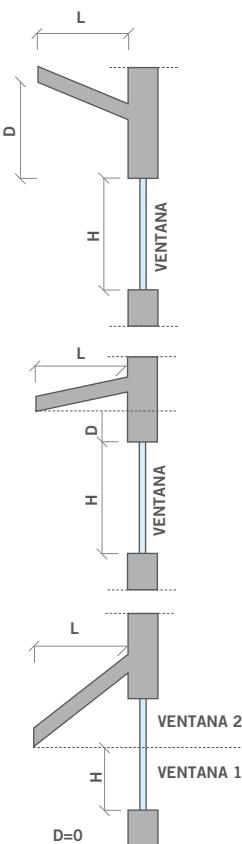


## DESCRIPCIÓN TÉCNICA

## INGRESO DE DATOS

trando los D y L proyectados.

En el caso de un alero que pasa la cota superior de la ventana (ver Figura 6.6 Cortes de aleros FAV 1), esta se deberá ingresar como dos ventanas diferentes, donde la ventana superior se encuentra con un alero completo y se define en FAV 3 con  $\beta = 90^\circ$  y E = altura de la ventana 2 y la ventana 1 con D = 0 y L del alero.



↑ Figura 7.6 Cortes de aleros FAV 1

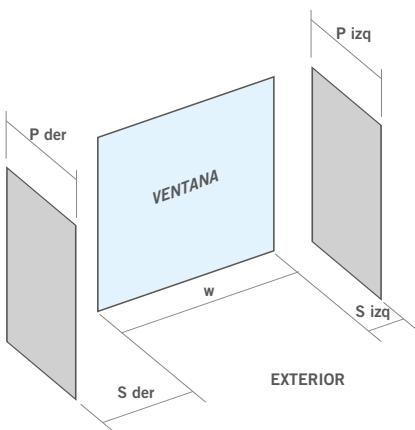
## DESCRIPCIÓN TÉCNICA

## INGRESO DE DATOS

### 7.4.1.2 FAV 2

Los FAV 2 corresponden a aleros u obstrucciones verticales en los costados de las ventanas, los cuales quedan definidos por las siguientes longitudes: W [m], P [m] y S [m].

Estos aleros se especifican por separado para el lado izquierdo y derecho de la ventana. Dichas ubicaciones (izquierda y derecha) se definen para un observador parado al interior del recinto mirando hacia afuera.



↑ Figura 7.7 Ejemplo de FAV 2

Cuando se trate de obstrucciones de geometría no ortogonal, se deberá utilizar el mismo criterio definido para el FAV 1.

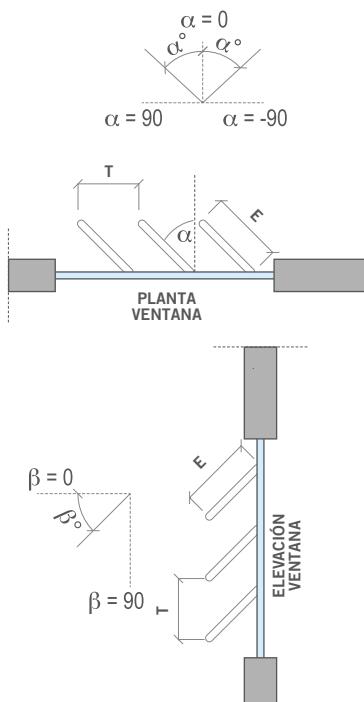


## DESCRIPCIÓN TÉCNICA

## INGRESO DE DATOS

### 7.4.1.3. FAV 3

Los FAV3 corresponden a aleros sobre el vidrio, tipo celosía, ya sea de manera horizontal o vertical, definidos por  $T$  en [m] y  $E$  en [m] y su ángulo, ya sea  $\beta$  que va desde  $0^\circ$  hasta  $90^\circ$  o  $\alpha$  que va desde  $-90^\circ$  hasta  $90^\circ$ .



↑ Figura 7.8 Ejemplo FAVs 3

### 7.5. FACTOR DE ACCESIBILIDAD RESPECTO A ELEMENTOS DE SOMBRA REMOTOS FAR

Este factor evalúa la incidencia de radiación solar directa y difusa para cada fachada. Se calcula por orientación, considerando la existencia de obstrucciones remotas. El FAR en

### FILA 77 Y 87. ORIENTACIÓN FAR

#### i. Columnas E, J, O y T:

Se muestran las orientaciones en las que se pueden ingresar obstrucciones remotas que generen FAR (porcentaje (%)) anual referencial de radiación directa) menor o igual a 95%. De no existir obstrucciones en todas las orientaciones, el evaluador puede

## DESCRIPCIÓN TÉCNICA

cada orientación modifica la radiación solar directa y la radiación solar difusa que llega a la vivienda, según la siguiente ecuación:

$$FAR_i = \phi_{\text{Radiación Directa}} * k + \phi_{\text{Radiación Difusa}} * \beta$$

*Donde:*

***FAR<sub>i</sub>:*** Se calcula para cada orientación en la cual el evaluador define que hay obstrucciones.

***φRadiación directa:*** φRadiación total - φRadiación difusa, ambos datos para radiación horizontal y transformada según orientación para cada zona térmica incorporada en la planilla

***k:*** Valor binario 0 o 1 dependiendo de si el sol se encuentra bloqueado o no, considerando como referencia el centro del paño vidriado de ventana.

***φ Radiación difusa:*** Perfil de radiación horaria para cada zona térmica incorporado en la planilla.

***β:*** Porcentaje de visibilidad de la bóveda celeste. Parámetro equivalente a la fracción efectiva de la radiación difusa incidente.

Se consideran como obstrucciones cualquier tipo de edificación permanente y accidentes geográficos, tales como cerros o laderas, situados en el entorno cercano a la vivienda en análisis.

Se excluyen de este cálculo vegetaciones, árboles, letreros y elementos no permanentes, susceptibles a modificaciones en su geometría, así como también los cierres perimetrales con algún porcentaje translucido.

Para mayor información referirse al Anexo D: Motor de Cálculo

Este factor es único por orientación y se calcula considerando el punto central de cada fachada (ancho y alto) como punto de referencia.

## INGRESO DE DATOS

dejar la orientación como nula o no colocar obstrucciones en las filas 78 a la 86 para esa orientación.

### ii. Columnas G, L, Q y V:

Menú desplegable. Se debe indicar el ángulo de azimut del eje ortogonal a la fachada para la orientación correspondiente.

### FILAS 78 A LA 86 Y 88 A LA 96. OBSTRUCCIONES

#### iii. Columnas E, J, O y T:

Menú desplegable. Para cada orientación donde se establece la existencia de obstrucciones, se debe seleccionar la división en la que se encuentra dicha obstrucción.

#### iv. Columnas F, K, P y U:

Se debe ingresar la diferencia de altura medida desde el punto medio de la fachada (valor A), para cada obstrucción.

#### v. Columnas G, L, Q y V:

Se debe ingresar la distancia medida desde el centro de la fachada (Valor B), para cada orientación.

#### vi. Columnas H, M, R y W:

Se debe ingresar el ancho de cada obstrucción de acuerdo a lo indicado en la figura 7.11.

**Nota:** Esto se puede realizar hasta para ocho obstrucciones (una por fila) por orientación.



## DESCRIPCIÓN TÉCNICA

## INGRESO DE DATOS

El FAR depende de cuatro parámetros para cada obstáculo:

- **División [Nº]:** Cinco áreas contiguas entre sí frente a cada fachada. (Ver figura 7.9).
- **B [m]:** Distancia con el obstáculo. (Ver figura 6.10).
- **D [m]:** Ancho del obstáculo. (Ver figura 7.11).
- **A [m]:** Diferencia de altura media entre la fachada y el obstáculo. (Ver figura 7.12).

### 7.5.1. DIVISIÓN

Las divisiones corresponden a cinco particiones imaginarias del semicírculo al que tiene visibilidad cada fachada vista en planta. Cada fachada tiene cinco divisiones de treinta y seis grados ( $36^\circ$ ) cada una, mediante las cuales se completan los ciento ochenta grados ( $180^\circ$ ) a los que tiene visibilidad cada ventana ubicada en ella. De esta forma, las obstrucciones/obstáculos se ubican, para efectos de cálculo, en el centro de alguna de las cinco divisiones. Si una obstrucción se emplaza en varias divisiones, se deben considerar por separado las áreas en cada división.



↑ Figura 7.9 Divisiones de una fachada para determinación del FAR

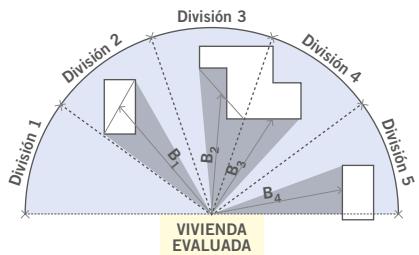
### 7.5.2. DISTANCIAS B [M], D [M] Y A [M]

La distancia B corresponde a la separación en metros [m] entre el punto medio de la respectiva fachada y el punto medio del elemento que produce sombra dentro de cada división. Si una

## DESCRIPCIÓN TÉCNICA

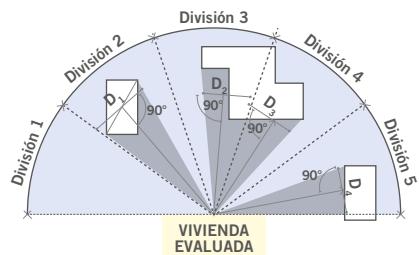
## INGRESO DE DATOS

obstrucción se emplaza en varias divisiones, se debe determinar la distancia B correspondiente a cada una de ellas (ver Figura 7.10).



↑ Figura 7.10 Medición de distancia B para determinación del FAR

La distancia D corresponde al ancho del bloqueo solar a la fachada generado por la obstrucción, atravesando por el punto desde donde se mide la distancia B y perpendicular a este. Si una obstrucción se emplaza en varias divisiones, se debe determinar la distancia D correspondiente a cada una de ellas (ver Figura 7.11).



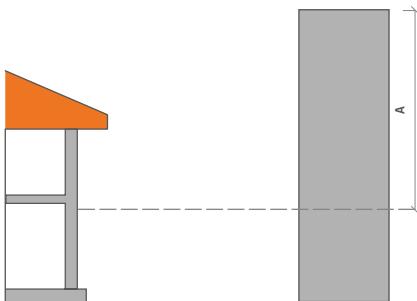
↑ Figura 7.11 Medición de distancia D para determinación del FAR

La distancia A se define como el diferencial entre el punto medio de la fachada y la altura máxima del obstáculo.



## DESCRIPCIÓN TÉCNICA

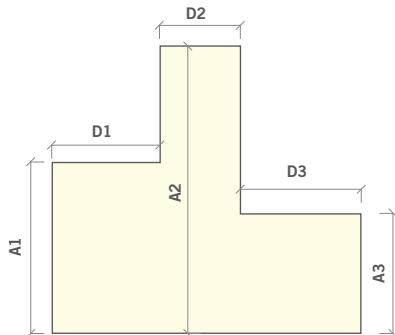
## INGRESO DE DATOS



↑ Figura 7.12 Corte ejemplo para medición del parámetro A [m]

En el caso de que la altura de un obstáculo sea variable, se debe considerar la altura media del obstáculo. Si un obstáculo tiene varios cuerpos con distintas alturas, se puede analizar cada cuerpo como altura independiente o utilizar la altura promedio ponderada en función del ancho (D).

$$A = \frac{\sum_i A_i * D_i}{\sum_i D_i}$$



↑ Figura 7.13 Elevación de obstáculo con altura variable

DESCRIPCIÓN TÉCNICA	INGRESO DE DATOS
<b>7.5.3. OBSTRUCCIONES</b> Se permite el ingreso de hasta ocho obstrucciones por orientación.  En el caso de existir más, se deberán considerar las más desfavorables para la condición invierno, es decir, aquellas obstrucciones que presenten los mayores bloqueos de radiación solar. Esto se puede revisar en el porcentaje anual diferencial de radiación directa de cada orientación.	
<b>7.5.4. VENTANAS EN POSICIÓN TECHO</b> Las ventanas ubicadas en el techo no consideran obstrucciones cercanas FAV o remotas FAR.	
<b>7.6. TECHOS</b> Los paramentos horizontales opacos de cubierta (techos), incluyen en su definición información asociada a transmitancia, inercia térmica e infiltraciones.	<b>FILAS 97 A LA 101. TECHOS</b> <b>i. Columna D:</b> Menú desplegable. Se debe seleccionar el tipo de techo existente descrito en la tabla "Techos transmitancia" en "3. Tablas envolvente".  <b>ii. Columna F:</b> Menú desplegable. Se debe seleccionar la densidad del techo según lo descrito en la tabla "Techos transmitancia" en "3. Tablas envolvente".  <b>iii. Columna G:</b> Se debe ingresar la superficie del techo en [m <sup>2</sup> ].  <b>iv. Columna H:</b> Se muestra el valor U [W/m <sup>2</sup> K] del techo según lo descrito en la tabla "Techos transmitancia" en "3. Tablas envolvente".  <b>v. Columna K:</b> Menú desplegable. Se debe indicar si la solución considera cámara de aire.  <b>vi. Columna L:</b> Menú desplegable. Se debe indicar si la cubierta cuenta con techo verde.  <b>vii. Columna N:</b> Menú desplegable. Se muestra la posición del aislante. Según lo descrito en la tabla "Techos-Transmitancia" en 3. Tablas Envolventes  <b>Nota:</b> De existir una cantidad de techos mayor
<b>7.6.1. INERCIA TÉRMICA TECHOS</b> La inercia térmica se define al igual que en los elementos opacos verticales como se señala en 7.1.1	
<b>7.6.2. INFILTRACIONES TECHOS</b> Según lo señalado en el punto 7.1.3	
<b>7.6.3. TRANSMITANCIAS TECHOS</b> En la tabla "Techos transmitancia" en "3. Tablas envolvente" se ingresan las propiedades de los techos. Para mayor información de llenado referirse al Anexo A: "3. Tablas envolvente".	
Para validar la información declarada, el evaluador deberá adjuntar al menos uno de los siguientes documentos para su validación:	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cálculo o ensayo del valor U [W/m<sup>2</sup>K] del techo, válidamente emitido por un laboratorio acreditado.</li> </ul>	



## DESCRIPCIÓN TÉCNICA

- Cálculo del valor U [W/m<sup>2</sup>K] del techo realizado por el evaluador de acuerdo con el procedimiento indicado en la NCh 853 Of 2007.
- Utilizar un valor de conductividad indicado en el Listado oficial de soluciones constructivas para acondicionamiento térmico del Minvu. En este caso se debe indicar el código del material o solución constructiva de donde se obtuvo el valor de conductividad térmica y se debe adjuntar una copia de la ficha correspondiente.

Cuando la información sea validada a través de una memoria de cálculo, se debe especificar y acreditar la obtención de los valores de conductividad que se utilizaron en el cálculo, adjuntando la documentación necesaria para ello (valores obtenidos de la norma NCh 853 Of. 2007, Listado oficial de soluciones constructivas para acondicionamiento térmico del Minvu o un informe de ensayo de laboratorio válidamente emitido por un laboratorio acreditado).

### 7.6.4. TIPOS DE CUBIERTA

Se permite el ingreso de cubiertas verdes, existiendo dos opciones de ingreso:

- Cubierta normal
- Cubierta vegetal

En el caso de elegir una cubierta verde, el evaluador deberá ingresar el valor de transmitancia completo del techo, incluyendo la tierra y todas las capas que existan según lo señalado en .6.3.

### 7.6.5. CÁMARAS DE AIRE EN TECHOS

Se permite el ingreso de cámaras ventiladas según NCh 853 existiendo las siguientes opciones:

- Sin cámara
- Cámara no ventilada
- Medianamente ventilada
- Ventilada

## INGRESO DE DATOS

a la cantidad de filas destinadas a este ítem, se deben agrupar en la última fila.

## DESCRIPCIÓN TÉCNICA

En el caso de elegir una superficie con presencia de cámaras, el evaluador deberá ingresar el valor de transmitancia completo del techo, incluyendo la cámara y todas las capas que existan según lo señalado en 7.6.3.

### 7.7. PISOS

Los paramentos horizontales opacos de suelo (pisos), incluyen en su definición información asociada a transmitancias, puentes térmicos e inercia térmica.

#### 7.7.1. INERCIA TÉRMICA PISOS

La inercia térmica se define al igual que en los elementos opacos verticales, como se señala en 7.1.1.

#### 7.7.2. PUENTES TÉRMICOS PISOS

El cálculo de los puentes térmicos se realiza con base en la NCh 3117. Para mayor información ver Anexo A: "3. Tablas envolvente".

#### 7.7.3. TRANSMITANCIAS PISOS

En la tabla "Pisos transmitancia" en "3. Tablas Envolvente" se ingresan las propiedades de los pisos. Para mayor información de llenado referirse al Anexo A: "3. Tablas Envolvente".

Dichas transmitancias son incluidas en la envolvente de la vivienda, siempre y cuando los pisos sean ventilados.

El evaluador tendrá que adjuntar alguno de los siguientes documentos para su validación:

- Cálculo o ensayo del valor U [ $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ] del piso, válidamente emitido por un laboratorio acreditado.
- Cálculo del valor U [ $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ] del piso realizado por el evaluador de acuerdo con el procedimiento indicado en la NCh 853 Of 2007.
- Utilizar un valor de conductividad indicado en el Listado oficial de soluciones constructivas para acondicionamiento térmico del Minvu. En este caso se debe indicar el

## INGRESO DE DATOS

### FILAS 102 A LA 105. PISOS

#### i. Columna D:

Menú desplegable. Se debe seleccionar el tipo de piso existente de los descritos en la tabla "Pisos transmitancia" en "3. Tablas Envolvente".

#### ii. Columna F:

Menú desplegable. Se debe seleccionar la densidad del piso según lo descrito la tabla "Pisos transmitancia" en "3. Tablas Envolvente".

#### iii. Columna G:

Se debe ingresar la superficie del piso en [ $\text{m}^2$ ].

#### iv. Columna H:

Se muestra el valor U [ $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ] del piso según lo descrito en la tabla "Pisos transmitancia" en "3. Tablas Envolvente".

#### v. Columna K:

Se debe ingresar el perímetro del piso en contacto con el terreno en [m].

#### vi. Columna L:

Menú desplegable. Se debe indicar si el piso es ventilado o no.

#### vii. Columna N:

Se muestra posición del aislante.

#### viii. Columna R:

Se muestra la pérdida lineal Ls del piso según NCh 3117.

**Nota:** De existir una mayor cantidad de pisos, se deben agrupar en la última fila.



## DESCRIPCIÓN TÉCNICA

código del material o solución constructiva desde donde se obtuvo el valor de conductividad térmica y se debe adjuntar una copia de la ficha correspondiente.

Cuando la información sea validada a través de una memoria de cálculo, se debe especificar y acreditar la obtención de los valores de conductividad que se utilizaron en el cálculo, adjuntando la documentación necesaria para ello (valores obtenidos de la norma NCh 853 Of. 2007, Listado oficial de soluciones constructivas para acondicionamiento térmico del Minvu o un informe de ensayo de laboratorio válidamente emitido por un laboratorio acreditado).

### 7.8 RESUMEN CARACTERÍSTICAS DE LA ENVOLVENTE

Se señalan los resúmenes ponderados de las características de la envolvente previamente ingresados para las ocho orientaciones verticales, N, NE, E, SE, S, SO, O, NO, así como horizontal de techo o de piso.

## INGRESO DE DATOS

### FILAS 106 A LA 115. RESUMEN ENVOLVENTE

Estas filas corresponden a un resumen y ponderaciones por orientación de:

- Áreas opacas
- Valores de transmitancia de las áreas opacas
- Áreas traslúcidas
- Valores de transmitancia de las áreas traslúcidas
- Puentes térmicos tipo P01 hasta P05
- Sumatoria de transmitancias por superficie y lineales
- Ponderación de transmitancia

# 8. PERFIL DE USO

DESCRIPCIÓN TÉCNICA	INGRESO DE DATOS
<p>El perfil de uso se encuentra definido por lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cargas internas</li> <li>• Infiltraciones</li> <li>• Ventilación</li> </ul> <p><b>8.1. CARGAS INTERNAS</b></p> <p>Las cargas internas se encuentran definidas por defecto de manera continua durante los siete días a la semana, según lo señalado a continuación:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Usuarios:</b> Los usuarios se definen con base en los dormitorios de la vivienda según NCh 3309, donde hay un usuario más que dormitorios, con un mínimo de un dormitorio.</li> <li>- Horario 7:00 a 21:00 horas (ambas incluidas): Los usuarios generan 98,4 [W] en estado parados/relajados según manual CES</li> <li>- Horario 22:00 a 6:00 horas (ambas incluidas): Los usuarios generan 82,0 [W] en estado quieto según manual CES.</li> <li>• <b>Iluminación:</b> Se define como 1,5 [W/m<sup>2</sup>] para todo horario donde la radiación interior sea menor que 250 Lux con base en la metodología señalada en capítulo 18.2.4 dentro del horario 7:00 a 21:00 horas (ambas incluidas).</li> </ul> <p>No se consideran equipos en las viviendas, por lo que su aporte es nulo.</p> <p>El perfil de ocupación diario utilizado se basó en el apéndice C del capítulo residencial de Ashrae el cual se modificó para un uso más real a la sociedad nacional, adelantando la salida en la mañana y retrasando el retorno en la tarde. Dicho perfil corresponde al siguiente:</p>	<p><b>FILA 116. USUARIOS</b> Se muestra la carga por usuarios utilizada [W/m<sup>2</sup>]</p> <p><b>FILA 117. ILUMINACIÓN</b> Se muestra la carga por iluminación utilizada [W/m<sup>2</sup>]</p> <p><b>Nota:</b> Entre las filas 188 y 211, en las columnas I a la T, se muestra el valor por hora para cada mes utilizado para la sumatoria de las cargas internas.</p>
	

DESCRIPCIÓN TÉCNICA	INGRESO DE DATOS
---------------------	------------------



Figura 8.1 Perfil de ocupación

Por lo que combinando las cargas por usuario diurnas y nocturnas con el perfil de uso horario se tiene la siguiente carga por usuarios:



Figura 8.2 Cargas internas por usuarios

## 8.2. INFILTRACIONES

Las infiltraciones son calculadas por defecto con base en las definiciones de materiales, dimensiones y cierres descritos en los puntos 6 y 7, así como a la zona térmica definida en el capítulo 5. Sin embargo, el evaluador podrá modificar los valores mensuales por defecto en caso de contar con ensayo de presurización, el cual deberá adjuntar y señalar el resultado del ensayo de presurización a 50 Pa.

### FILA 118. INFILTRACIONES

Menú desplegable. Se debe indicar si se cuenta con ensayo de presurización (solo para Calificación Energética).

### FILA 119. VALOR ENSAYO DE PRESURIZACIÓN

Para los casos en que se informe un ensayo de infiltraciones, se deberá ingresar la tasa de renovaciones de aire obtenida en dicho ensayo de presurización, el que debe realizarse a 50 Pa,

## DESCRIPCIÓN TÉCNICA

## INGRESO DE DATOS

de acuerdo con lo establecido en la norma NCh 3295.

### FILA 120. ¿EXISTEN DUCTOS DE VENTILACIÓN?

Se debe indicar el número de ductos de ventilación existentes en la vivienda tales como chimeneas, campanas abiertas o similar, se deben señalar cuántos. Estos ductos no se encuentran limitados por tamaño, sino por cantidad.

### FILA 121. ¿EXISTEN CELOSÍAS?

Se debe indicar la cantidad de celosías al exterior para ventilación existente en la vivienda. Estas celosías no se encuentran limitadas por tamaño, sino por cantidad.

### FILA 122. ¿TIENE VENTILACIÓN MECÁNICA?

Menú desplegable. Se debe indicar si la vivienda cuenta con ventilación mecánica. Se debe indicar si la vivienda cuenta con recuperador de calor.

### FILA 123. EFICIENCIA RECUPERADOR DE CALOR

De existir recuperador de calor, según fila 122, se deberá señalar la eficiencia de manera porcentual.

### FILA 124. ¿TIENE SENSOR DE CO2?

Menú desplegable. Se debe indicar si la vivienda cuenta con ventilación activa, utilizando uno o más extractores con sensor de CO<sub>2</sub>.

### FILA 125. RAH

Si la vivienda cuenta con sensor de CO<sub>2</sub>, el evaluador puede ingresar la RAH según memoria de cálculo.

### 8.3. VENTILACIÓN

La ventilación mínima es calculada por defecto, donde se considera como supuesto de diseño que el usuario del recinto incorporará al menos el caudal necesario por conceptos de salubridad.

$$F_{Min} = F_{Ventilación} + F_{Infiltraciones}$$

*Donde:*

*F<sub>Ventilación</sub>:* Flujo por ventilación necesario por conceptos de salubridad

*F<sub>Infiltraciones</sub>:* Flujo por infiltraciones

$$F_{Min} = 2,5 \left[ \frac{lts}{s} \right] * Usuarios + 0,3 \left[ \frac{lts}{s} \right] * superficie [m^2]$$

*Donde:*

*F<sub>Min</sub>:* Flujo mínimo caso propuesto

*Usuarios:* Cantidad de habitantes

*Superficie:* Superficie de la vivienda

## DESCRIPCIÓN TÉCNICA

## INGRESO DE DATOS

- Caso propuesto:

$$F_{caso\_propuesto} = 1.35 * F_{Min}$$

Donde:

$F_{caso\_propuesto}$ : Flujo mínimo caso propuesto

Cuando se dispone de información de ensayo de infiltraciones, la tasa de ventilación se ajusta de modo que la suma de ambas sea  $F_{Min}$ .

Sin embargo, el evaluador puede modificar dicha tasa con base en la presencia de:

- Ventilador mecánico:

Para el caso en que se considere ventilación mecánica, la tasa de renovaciones de aire disminuye a  $F_{Min}$

$$F_M = F_{Ventilación}$$

$$F_{Min} = MAX(F_M, F_{Min})$$

Donde:

$F_M$ : Flujo por ventilación mecánica.

- Intercambiador de Calor:

$$F_{IC} = F_{Ventilación}$$

$$F_{Min} = MAX(F_{IC} + F_{Infiltraciones}, F_{Min})$$

Donde:

$F_{IC}$ : Flujo que pasa por el Intercambiador de Calor y solo corresponde al flujo por ventilación.

## DESCRIPCIÓN TÉCNICA

## INGRESO DE DATOS

Particularmente se incorpora un caudal de ventilación equivalente a 3 [RAH] extras a las infiltraciones siempre y cuando la temperatura exterior se encuentre dentro del rango de confort (Mayor que 15°C y menor a 22°C). De esta manera se genera un perfil de ventilación según zona térmica, pero con el mismo criterio.

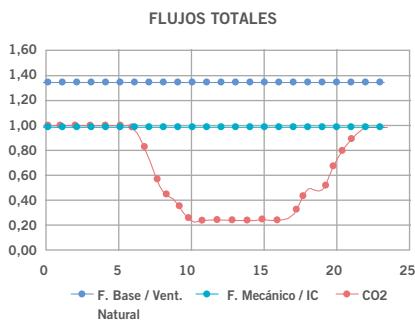
- **Incorporación de sensores de CO<sub>2</sub>:**

$$F_{CO_2} = 2,5 \left[ \frac{lts}{s} \right] * Usuarios * U_h + 0,3 \left[ \frac{lts}{s} \right] * superficie [m^2]$$

*Donde:*

$U_h$ : Porcentaje de uso horario según perfil de uso.

Lo anterior se puede visualizar en los siguientes caudales totales (infiltraciones + ventilación por salubridad)



↑ Figura 8.3 Flujos de aire mínimos



# **PARTE IV**

---

## **Directrices para uso de la Planilla 03.PBTD Datos de Equipos y Resultados**



## 9. GENERADILDADES DEL CÁLCULO CONSUMO DE ENERGÍA

El presente capítulo cumple la función de apoyar a los evaluadores energéticos en la utilización de la planilla de cálculo en lo relativo al consumo de energía.

Previo a esto, se debe haber calculado la demanda de energía en calefacción y otras variables que se utilizarán como dato en esta parte de la calificación.

En general, el Consumo de energía primaria (CEP) se calcula con base en la siguiente ecuación:

$$CEP = \frac{DEC - AESTC}{\eta_{ec}} FEPC + \frac{DEAC - AESTAC}{\eta_{AC}} FEPAC + (CI + CV - AESF)FEPE$$

*Donde:*

**DEC:** Demanda de energía en calefacción.

**AESTC:** Aporte de energía solar térmica para la calefacción.

**$\eta_{ec}$ :** Rendimiento estacional del sistema de calefacción.

**FEPC:** Factor de energía primaria para la calefacción que depende del energético utilizado para la calefacción.

**DEAC:** Demanda de energía en agua caliente sanitaria.

**AESTAC:** Aporte de energía solar térmica al consumo de energía en agua caliente sanitaria.

**$\eta_{AC}$ :** Rendimiento medio anual de sistema de agua caliente sanitaria.

**FEPAC:** Factor de energía primaria para el ACS que depende del energético utilizado.

**CI:** Consumo de energía en iluminación.

**CV:** Consumo de energía por los ventiladores. Este consumo se refiere a los ventiladores que se tenga de un eventual sistema de ventilación mecánico.

**AESF:** Aporte de energía solar fotovoltaica al consumo total de energía eléctrica de la vivienda en calefacción, agua caliente sanitaria, iluminación y ventiladores.

**FEPE:** Factor de energía primaria de la electricidad.

El principal esfuerzo de esta parte de la calificación se centra en calcular los rendimientos de los diferentes sistemas y el aporte de las energías renovables no convencionales, que en este caso se limitan a la energía solar térmica y fotovoltaica.

Cada uno de los procedimientos es particular a cada variable calculada, por tanto, se explicará más adelante para cada caso.



# 10. DESCRIPCIÓN DE LA PLANILLA DE CÁLCULO

DESCRIPCIÓN TÉCNICA	INGRESO DE DATOS
<p>El presente cálculo se realiza con la planilla “03. PBTD Datos de Equipos y Resultados”, a través del ingreso de datos en las hojas “CEV CEVE” y “Anexo de Cálculos”; en la primera se realiza la secuencia completa de los cálculos, mientras que la segunda corresponde a una hoja complementaria, donde se tienen programados algunos procedimientos de cálculo que permitirán sustituir algunos de los valores por defecto que se tienen para los rendimientos de los sistemas.</p> <p>A continuación, se explica en detalle el uso paso a paso de la planilla de cálculo.</p> <p><b>10.1. CARACTERÍSTICAS DE LA VIVIENDA</b>  En esta sección se muestran las principales características de la vivienda, las cuales serán utilizadas en el cálculo de los equipos. Estos valores son obtenidos de la planilla 01. PBTD. “Datos de Arquitectura”, por tanto no se deben ingresar por el evaluador.</p> <p><b>10.2. DEFINICIÓN DE EQUIPOS Y SISTEMAS</b>  En la etapa previa se debe haber calculado la demanda de energía en calefacción de la vivienda a calificar, tanto para la vivienda objeto como para la de referencia. Acá se encuentran los resultados principales de ese procedimiento.</p> <p>La potencia referencial del sistema de calefacción corresponde a la potencia térmica mínima estimada para satisfacer los requerimientos de calefacción.</p>	<p><b>FILA 1. UBICACIÓN DEL PROYECTO</b>  Se muestra la zona térmica donde está ubicada la vivienda.</p> <p><b>FILA 2. COMUNA</b>  Se muestra la comuna donde está ubicada la vivienda.</p> <p><b>FILA 3. ROL DE LA VIVIENDA</b>  Se muestra el Rol de la vivienda a evaluar.</p> <p><b>FILA 4. SUPERFICIE DE LA VIVIENDA</b>  Se muestra la superficie de la vivienda en m<sup>2</sup>.</p> <p><b>FILA 5. VOLUMEN</b>  Se muestra el volumen total de la vivienda en m<sup>3</sup>.</p> <p><b>FILA 6. ÁREA DE VENTANAS</b>  Se muestra el área total de las ventanas de la vivienda.</p>

## DESCRIPCIÓN TÉCNICA

Para un edificio donde varios departamentos o sectores de un condominio se calefaccionan con un mismo equipo centralizado o con calefacción comunitaria o distrital, se debe calcular una potencia equivalente del equipo para la vivienda, que corresponde a:

$$P_v = \frac{A_v P_t}{A_t}$$

Donde

**P<sub>v</sub>**: Corresponde a la potencia equivalente que se le asigna como de uso de la vivienda considerada.

**A<sub>v</sub>**: Área de la vivienda considerada.

**P<sub>t</sub>**: Potencia total del sistema de calefacción.

**A<sub>t</sub>**: Área total que corresponde a la suma del área de todas las viviendas a las cuales sirve el sistema de calefacción de potencia P<sub>t</sub>.

## INGRESO DE DATOS

### FILA 7. POTENCIA DEL SISTEMA DE CALEFACCIÓN

#### i. Columna I:

Se muestra la potencia total referencial del sistema de calefacción.

#### ii. Columna N:

Se debe ingresar en casilla editable, la potencia equivalente que se le asigna para el uso de la vivienda en cuestión (P<sub>v</sub>).

Nota: Para poder considerar como válido el equipo de calefacción planteado, se debe cumplir que la potencia equivalente del equipo (P<sub>v</sub>) no debe ser inferior al 65 % de la potencia referencial del sistema de calefacción.

### FILA 8. DEMANDA DE CALEFACCIÓN

#### i. Columna F:

Se muestra la demanda de calefacción de la vivienda objeto en [kWh/año].

#### ii. Columna I:

Se muestra la demanda de calefacción de la vivienda de referencia en [kWh/año]

### FILA 9. SISTEMA DE CALEFACCIÓN.

Se deben ingresar las principales características del sistema de calefacción y haciendo referencia a los aspectos relevantes que inciden en la eficiencia del sistema.

### FILA 10. SISTEMA DE AGUA CALIENTE.

Se deben ingresar las principales características del sistema de Agua Caliente Sanitaria y haciendo referencia a los aspectos relevantes que inciden en la eficiencia del sistema.

### FILA 11. DEMANDA DE AGUA CALIENTE SANITARIA

#### i. Columna F:

Se muestra, en forma referencial, la demanda de agua caliente sanitaria de la vivienda objeto.

#### ii. Columna I:

Se muestra, en forma referencial, la demanda de agua caliente de la vivienda de referencia.

### 10.3. DEMANDA DE AGUA CALIENTE SANITARIA

En esta sección no hay ingreso de datos. Se muestra, en forma referencial, la demanda de agua caliente sanitaria calculada a partir de los datos ingresados previamente.



## DESCRIPCIÓN TÉCNICA

### 10.4. DEMANDA DE ILUMINACIÓN

En esta sección no hay ingreso de datos. Solo se muestra, en forma referencial, la demanda de iluminación calculada a partir de los datos ingresados previamente.

### 10.5. SISTEMA DE CALEFACCIÓN

En esta sección se define el sistema de calefacción. Si se utiliza más de un sistema de calefacción, se debe operar como sigue:

- Solo se consideran los sistemas más importantes que aporten, en conjunto, al menos el 70 % de la potencia total de todos los sistemas disponibles. Por ejemplo, si se dispone de tres sistemas de calefacción con aportes del 45 %, 35 % y 20 %, respectivamente, solo se debe considerar para el análisis los dos sistemas más grandes. Luego, el más pequeño no se considera en el análisis.
- Dentro de los sistemas que aportan al menos el 70 % de la potencia total disponible, se debe considerar para los cálculos el de menor eficiencia entre ellos.
- Si se utiliza más de un sistema y cada uno es capaz de aportar el 100 % de la potencia necesaria, se puede considerar el de mejor eficiencia.

Si la suma de las potencias de los sistemas de calefacción es inferior al 65 % de la potencia referencial del sistema de calefacción, se considera que la vivienda no dispone de sistema de calefacción y se debe utilizar el valor “No se dispone de sistema de calefacción”.

#### 10.5.1. TIPO DE EQUIPO DE CALEFACCIÓN

Se debe tener en claro que los valores que aparecen en la fila 14 corresponden a los rendimientos estacionales, los cuales son diferentes a los rendimientos nominales, ya que los estacionales tienen en cuenta todos los efectos principales que condicionan el consumo de

## INGRESO DE DATOS

### FILA 12. DEMANDA DE ILUMINACIÓN

#### i. Columna F:

Se muestra, en forma referencial, la demanda de iluminación de la vivienda objeto.

#### ii. Columna I:

Se muestra, en forma referencial, la demanda de iluminación de la vivienda de referencia.

### FILA 13. TIPO DE ENERGÉTICO

Menú desplegable. Se debe seleccionar el tipo de energético utilizado en el sistema de calefacción.

Cuando no se disponga de ningún sistema de calefacción, se deberá ingresar el combustible por defecto, que, en este caso corresponde al gas licuado de petróleo (GLP).

Cuando se utilice más de un combustible, se debe ingresar el más desfavorable, es decir, el que entregue el mayor consumo de energía primaria.

### FILA 14. IDENTIFICACIÓN DEL EQUIPO PRINCIPAL DE CALEFACCIÓN

#### i. Columna C:

Menú desplegable. Se ingresa el tipo de equipo que se considera como principal en el sistema de calefacción, identificando el rendimiento estacional del sistema.

## DESCRIPCIÓN TÉCNICA

combustible en una operación anual.

Si se quiere modificar los valores propuestos por defecto, de todas formas, se debe seleccionar en la fila 14 el tipo de equipo principal y modificar el rendimiento en la fila 14, columna Q. En este caso, se deben adjuntar a la carpeta de la calificación los siguientes documentos:

- Factura de compra del o los sistemas de calefacción principal. Esto no es exigible para la precalificación.
- Documento firmado por el propietario, señalando que dicho sistema cumple con las características indicadas.

### 10.5.2 DEFINICIÓN DE RENDIMIENTO DEL ELEMENTO PRINCIPAL CON BASE EN CERTIFICADO DE ENSAYO

En caso de que, para un sistema dado, se deseé utilizar un valor del rendimiento estacional diferente al asignado por defecto, se puede corregir ingresando el valor del rendimiento estacional en la fila 14, columna Q. Cuando se tome esta opción, se deben adjuntar los medios probatorios correspondientes:

- Certificado que especifique el rendimiento nominal del equipo.
- Indicar en la declaración del mandante la marca, modelo y características del sistema, cuando estas no estén especificadas en la factura de compra.

El cálculo de los valores de rendimiento estacional se debe realizar de acuerdo con lo indicado en el Anexo B: "Rendimientos" de este documento y utilizando como complemento la hoja denominada "Anexo de Cálculo" de la planilla de cálculo de equipos.

### 10.5.3 SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

Para este caso se disponen de cinco posibilidades:

#### 1. Sistema unitario autocontenido:

Corresponde a un sistema en que todos sus componentes están contenidos en un mismo volumen común, como, por ejemplo: calefactores localizados.

## INGRESO DE DATOS

#### ii. Columna N:

Se muestra el rendimiento por defecto obtenido. Como respuesta a la identificación del equipo.

#### iii. Columna Q:

En esta casilla se debe ingresar el rendimiento estacional del sistema de calefacción. Si se establece un valor 0, se utilizará el valor por defecto que se tiene en la fila 14, columna N. Si se pone un valor distinto de cero, se considerará el valor indicado acá.

En caso de poner un valor distinto de cero, se deben adjuntar además los medios probatorios correspondientes. Estos son del tipo administrativo, los que se detallan en el apartado administrativo del presente manual, y del tipo técnico que se detalla en el Anexo B: "Rendimientos", del presente documento.

### FILA 15. SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

Menú desplegable. Se selecciona el tipo de distribución del equipo principal que se utilizará en la calificación. Esta selección se debe hacer desde el punto de vista del rendimiento de distribución. Se debe seleccionar la alternativa que más se acerque a la realidad y que represente en la mejor forma posible el rendimiento de distribución.



## DESCRIPCIÓN TÉCNICA

## INGRESO DE DATOS

### **2. Vivienda unifamiliar con sistema centralizado:**

Corresponde a los sistemas de vivienda que no se ajustan a la descripción anterior, como, por ejemplo: sistemas de calefacción con calderas y radiadores, bombas de calor partidas (Split), sistemas de bomba de calor centralizadas con ductos, etc.

### **3. Edificio con sistema centralizado:**

Corresponde al caso anterior, pero aplicado a edificios en lugar de casas individuales.

### **4. Sistema de calefacción distrital:**

Corresponde a un sistema que provee de calefacción a varias viviendas pero que no está contenido dentro de los límites de un edificio, sino que tiene un sistema de distribución más extenso y tramos que pasan por el exterior.

### **5. Valor por defecto:**

Se aplica en el caso de que la vivienda no tenga sistema de calefacción.

### **10.5.4. SISTEMA DE CONTROL**

Corresponde a la selección del sistema de control de temperatura del local. Para ello existen dos opciones:

#### **1. Control automático:**

Se aplica este valor cuando el sistema dispone de un control automático de temperatura de la vivienda. En general, estos elementos corresponden a sistemas de control comandados por un termostato.

#### **2. Control manual:**

Se aplica este concepto cuando el sistema de control de la temperatura de los locales utiliza una operación manual, no automática.

### **10.6. SISTEMA DE AGUA CALIENTE SANITARIA**

En esta sección se define el sistema de agua caliente sanitaria. Si se utiliza más de un sistema de agua caliente sanitaria, se debe operar como sigue:

- Solo se consideran los sistemas más impor-

### **FILA 16. SISTEMA DE CONTROL**

Menú desplegable. Se debe seleccionar la opción que más se asemeje a la condición de control que se tenga en la vivienda objeto.

### **FILA 17. RENDIMIENTO DEL SISTEMA COMPLETO**

Se muestra el resultado del rendimiento final a utilizar. Este es el producto del rendimiento estacional y las correcciones por distribución y control.

## DESCRIPCIÓN TÉCNICA

## INGRESO DE DATOS

tantes, que aporten en conjunto, al menos el 80 % de la potencia total del conjunto de todos los sistemas disponibles. Por ejemplo, si se dispone de tres sistemas de ACS con aportes del 45 %, 40 % y 15 %, respectivamente, solo se deben considerar para el análisis los dos sistemas más grandes. Luego, el más pequeño no se considera en el análisis.

- Dentro de los sistemas que aportan el 80 % de la potencia total disponible, se debe considerar para los cálculos el de menor eficiencia; se entiende como sistema de menor eficiencia el que entrega como resultado un mayor consumo de energía primaria en agua caliente sanitaria.

A continuación, se describe el criterio que se debe utilizar para completar los datos requeridos:

### 10.6.1. TIPO DE ENERGÉTICO A UTILIZAR

En caso de que no se tenga instalado ningún tipo de elemento de calentamiento de agua, se debe indicar el combustible por defecto, que en este caso es el gas licuado (GLP).

Cuando se utilice más de un combustible, se debe considerar el más desfavorable; es decir, el que dé un mayor consumo de energía primaria.

### 10.6.2. TIPO DE SISTEMA PARA SUPLIR EL ACS

De acuerdo al procedimiento descrito en el punto 10.6, se debe indicar el sistema que utiliza la vivienda. Al seleccionar el sistema aparece un valor por defecto, este valor puede ser modificado en fila 19, columna Q.

### 10.6.2.1. DEFINICIÓN DE RENDIMIENTO DEL ELEMENTO PRINCIPAL CON BASE EN CERTIFICADO DE ENSAYO

En algunos casos, se permite modificar los rendimientos de generación que el sistema tiene definidos por defecto bajo ciertas restricciones.

Al poner un valor distinto de cero en la fila 19, columna Q, se considera este valor como rendimiento de generación. Sin embargo, de todas

### FILA 18. TIPO DE ENERGÉTICO

Menú desplegable. Se debe seleccionar el tipo de energético a utilizar.

### FILA 19. TIPO DE SISTEMA PARA SUPLIR EL ACS

#### i. Columna C:

Menú desplegable. Se debe seleccionar el tipo de sistema a utilizar.

Se debe verificar que el tipo de energético sea compatible con el sistema considerado.

#### ii. Columna N:

Se muestra el valor del rendimiento por defecto asignado según el tipo de equipo seleccionado.

#### iii. Columna Q:

Se debe ingresar el rendimiento de generación obtenido a partir del procedimiento de cálculo indicado en el Anexo B "Rendimientos".

Si no se ingresa un valor en esta casilla, o este

## DESCRIPCIÓN TÉCNICA

formas, se consideran los factores de corrección que correspondan.

Cuando se desee modificar el rendimiento de generación del “Sistema de calefacción de agua directo a gas” (más conocido como calefón), el valor de remplazo permitido es el del Rendimiento nominal ( $\eta_n$ )

Para otros sistemas, el cálculo del valor de remplazo se explica en el Anexo B: "Rendimientos". En cualquier caso, cuando se deseé reemplazar este valor por un valor distinto de cero, se debe respaldar con los siguientes documentos:

- Copia de la factura de compra del sistema, donde se indique la marca y modelo de este. En caso de que en la factura no se especifique la marca y el modelo del sistema, se debe incluir una declaración del mandante, que indique la marca y modelo del equipo que se instalará o que se instaló en la vivienda. Para la precalificación, solo se exige la carta del mandante.
- Certificado válido que especifique el rendimiento nominal del equipo. Los tipos de certificados válidos se describen en la parte administrativa del sistema de la calificación.
- Memoria de cálculo donde se indique en detalle el procedimiento de cálculo utilizado y los medios probatorios necesarios, de acuerdo a lo indicado en el Anexo B: "Rendimientos".
- Respaldo fotográfico (solo para vivienda existente, cuando no se cuente con la factura de compra del equipo).

### 10.6.3. AISLACIÓN DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

Seleccionar el tipo de distribución con que cuenta el equipo principal. Si la instalación presenta más de un 10 % de su longitud con aislación deteriorada o inexistente, se debe considerar como sin aislación.

## INGRESO DE DATOS

es igual a cero, se considerará el rendimiento por defecto.

### FILA 20. AISLACIÓN DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

Menú desplegable. Se debe seleccionar si las redes del sistema consideran aislación.

En caso de que no se cuente con sistema de ACS, se debe seleccionar “no tiene sistema de ACS”.

## DESCRIPCIÓN TÉCNICA

### 10.6.4. PÉRDIDAS TÉRMICAS POR ESTANQUE DE ALMACENAMIENTO

Corresponde a las pérdidas de calor de los estanques de almacenamiento cuando el sistema no es de uso directo.

Este valor se obtiene a partir de un cálculo interno que estima las pérdidas anuales del estanque de almacenamiento, con base en:

- Volumen del estanque.
- Espesor y conductividad térmica del material aislante presente en el estanque.
- Ubicación del estanque (en relación con su exposición con el ambiente exterior).

Posteriormente, este valor es incorporado en el cálculo global del sistema de agua caliente sanitaria para obtener un rendimiento total general, que considera en forma conjunta el rendimiento del sistema y las pérdidas en el estanque.

Cuando el proyecto cuente con estanque de almacenamiento, se debe adjuntar un documento con la información del estanque, el que además debe ser especificado en la declaración del mandante, indicando volumen, espesor del aislante y materialidad.

El volumen del estanque y su ubicación deben estar especificados en las especificaciones técnicas del proyecto de agua caliente sanitaria o, en su defecto, en la declaración del mandante.

## INGRESO DE DATOS

### FILA 21. EXISTENCIA DEL ESTANQUE

Menú desplegable. Se debe indicar si la vivienda cuenta con estanque de almacenamiento.

En caso de no contar con estanque, se bloquea el ingreso de información de las filas 22 a la 25.

### FILA 22. VOLUMEN

En esta casilla se debe ingresar el volumen de agua almacenada en el estanque de almacenamiento, en litros.

En caso de haber más de un estanque, se debe ingresar el valor total de todos los estanques.

### FILA 23. ESPESOR DEL AISLANTE

Se debe ingresar el espesor del material de aislación del estanque, en milímetros.

En el caso de que el estanque tenga diferentes espesores de aislación, se debe ingresar la suma de sus espesores.

### FILA 24. CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DEL AISLANTE

Se debe ingresar la conductividad térmica del material aislante.

En el caso de que tenga más de un tipo de aislante, se debe ingresar el valor de conductividad más alta, es decir, el más desfavorable.

### FILA 25. UBICACIÓN DEL ESTANQUE

Menú desplegable. Se debe seleccionar la ubicación del estanque de almacenamiento respecto a su exposición con el exterior.

La principal característica que diferencia la ubicación “exterior” de la “local interior no acondicionado”, es que en el exterior el estanque está expuesto al viento.

### FILA 26. PÉRDIDAS DE CALOR POR ESTANQUE DE ALMACENAMIENTO

#### • Columna N:

En esta casilla se entrega en forma informativa y referencial el valor estimado de la pérdida anual de calor del o de los estanques de almacenamiento.



## DESCRIPCIÓN TÉCNICA

### 10.7. CONSUMO DE ENERGÍA EN VENTILADORES Y CÁLCULO DE LAS RENOVACIONES DE AIRE.

En esta sección se debe indicar la forma en que se maneja la ventilación de la vivienda. Como resultado se obtiene el consumo de energía en los ventiladores (en caso de existir) y las renovaciones de aire a considerar en el cálculo de la demanda y consumo energético en calefacción de la vivienda.

En general, en el caso en que se tenga un sistema de extracción mecánica, natural controlada o sistema de recuperador de calor, se deben incluir las especificaciones técnicas del sistema y los planos, si corresponden, además de la factura de compra del equipo (esta última, no es obligatoria en el caso de la precalificación).

#### 10.7.1. POTENCIA DE LOS VENTILADORES INVOLUCRADOS EN EL SISTEMA DE VENTILACIÓN SIN INCLUIR RECUPERADOR DE CALOR (SI EXISTE).

Este valor debe considerar todos los ventiladores que en su conjunto aseguren la ventilación mínima requerida, sin incluir los de eventuales recuperadores de calor que se consideran en forma independiente.

Se debe ser muy cuidadoso de que el flujo real que mueva el ventilador sea el adecuado. Es decir, no se debe incluir un ventilador en que el flujo máximo es el requerido, sino que se debe utilizar un ventilador que en las condiciones que se instaló, o se va a instalar, pueda proveer el flujo mínimo requerido; esto es, que tenga el flujo necesario, incluidas las pérdidas de carga de la instalación. Estas pérdidas de carga pueden estar producidas por rejillas, dámperes abiertos, ductos, filtros.

La potencia de los ventiladores debe ser la potencia real que consumirán los ventiladores en la forma en que están instalados; por tanto, se

## INGRESO DE DATOS

### FILA 27. RENDIMIENTO DEL SISTEMA COMPLETO

- **Columna N:**

Corresponde al rendimiento del sistema, luego de considerar las correcciones correspondientes.

- **Columna Q:**

Se debe ingresar el valor de pérdida por estanque, en caso de querer utilizar un valor distinto al referencial. Cuando se ingrese un valor distinto a cero en esta casilla, se debe adjuntar la información del estanque y la memoria de cálculo que respalde la información ingresada.

### FILA 28 POTENCIA DE LOS VENTILADORES INVOLUCRADOS EN EL SISTEMA DE VENTILACIÓN SIN INCLUIR RECUPERADOR DE CALOR (SI EXISTE)

- **Columna N:**

Se muestra la potencia por defecto asignada a esta vivienda.

- **Columna Q:**

Se puede ingresar el valor de la potencia en caso de que se desee utilizar un valor diferente al valor por defecto. Este valor debe considerar todos los ventiladores que en su conjunto aseguren la ventilación mínima requerida. Para esto se deben presentar los medios probatorios que justifiquen esta modificación.

## DESCRIPCIÓN TÉCNICA

debe buscar el punto de operación del ventilador y determinar por catálogo cuál es la potencia que consume en ese punto de operación. El punto de operación se obtiene en el punto en que de la curva del sistema se intercepta con la curva del ventilador. En ese punto se debe asegurar que el flujo obtenido es igual o superior al flujo mínimo requerido. La curva del sistema se obtiene mediante un cálculo detallado de todas las pérdidas de carga del circuito. Esto se aplica como requerimiento para todos los casos en que se especifique una potencia del ventilador diferente a la propuesta como valor por defecto.

Como medio probatorio técnico, además de las especificaciones técnicas del sistema y la factura de compra del equipo, se debe agregar la curva del (o los) ventilador(es) a considerar, donde se incluya la potencia consumida y la memoria de cálculo de la curva del sistema.

En el caso de la calificación de edificio terminado, se deberá medir el flujo del ventilador para verificación.

### 10.7.2. POTENCIA DE LOS VENTILADORES DEL SISTEMA DE RECUPERADOR DE CALOR.

En el caso de que se ingrese un valor diferente al por defecto, se debe tener en cuenta que la potencia de los ventiladores debe ser la potencia real que consumirán en la forma en que están instalados; por tanto, se debe buscar el punto de operación del ventilador y determinar por catálogo cual es la potencia que consume en ese punto de operación. La curva del sistema se obtiene mediante un cálculo detallado de todas las pérdidas de carga del circuito. Se debe tener en cuenta además que se debe indicar la potencia de ambos ventiladores del recuperador de calor.

Como medio probatorio técnico, además de las especificaciones técnicas del sistema y la factura de compra del equipo, se debe agregar la curva del (o los) ventilador(es) a considerar, donde se incluya la potencia consumida y la memoria de cálculo de la curva del sistema.

## INGRESO DE DATOS

### FILA 29. POTENCIA DE LOS VENTILADORES DEL SISTEMA DE RECUPERADOR DE CALOR (SI EXISTE)

- **Columna N:** Se muestra la potencia por defecto asignada a esta vivienda.
- **Columna Q:** Se puede ingresar el valor de la potencia en caso en que se desee utilizar un valor diferente al valor por defecto. En este caso se deben presentar los medios probatorios que justifiquen esta modificación.



## DESCRIPCIÓN TÉCNICA

En el caso de la calificación de un edificio terminado, se deberá medir el flujo del ventilador para su verificación.

### 10.7.3. CONSUMO DE ENERGÍA DE LOS VENTILADORES

Para el caso del valor por defecto (columna N), este ha sido calculado con base en la potencia de los ventiladores por defecto o la potencia propuesta por el evaluador. Sin embargo, considera un tiempo de uso calculado por defecto a partir de simulaciones previas generales.

En el caso en que se desee modificar el tiempo de uso, se puede hacer el cálculo en forma completa e independiente y luego incorporar el resultado en la columna Q. Con esta opción se debe utilizar un modelo detallado y de base horaria para justificar los valores de consumo utilizados. Se debe incluir un análisis a nivel horario de todo el año donde se tenga una simulación horaria de la ventilación considerando un modelo de cálculo del tipo TRNFLOW, COMIS o similar, que permita tener una resolución de ventilación horario, a partir de los datos reales de dirección y velocidad del viento. Este modelo permite principalmente calcular las horas en que los ventiladores estarán encendidos y por tanto consumirán energía eléctrica. Más detalle sobre las condiciones de borde a considerar y algunas indicaciones adicionales sobre la metodología de cálculo se muestran en el Anexo C: Sistema de Ventilación Controlado.

En todos estos casos se deben adjuntar a la documentación de la calificación los medios probatorios, donde se incluyan: especificaciones técnicas del sistema de ventilación, las características técnicas de los ventiladores (potencia y eficiencia), curvas de funcionamiento de los ventiladores y memorias de cálculo.

## INGRESO DE DATOS

### FILA 30. CONSUMO DE ENERGÍA DE LOS VENTILADORES

- **Columna N:** Se muestra el resultado del procedimiento por defecto para calcular el consumo de energía en los ventiladores.
- **Columna Q:** Se debe ingresar el consumo de energía eléctrica anual de los ventiladores. Esto incluye los ventiladores del sistema de ventilación y los del sistema de recuperador de calor, en el caso que exista. Al llenar esta celda se cambian los valores por defecto, por tanto, a los medios probatorios indicados anteriormente, se debe sumar una memoria de cálculo.

### FILA 31. VALOR A USAR

En esta fila aparece como resultado el valor que se utilizará.

# 11. ENERGÍAS RENOVABLES NO CONVENCIONALES

DESCRIPCIÓN TÉCNICA	INGRESO DE DATOS
<p><b>11.1. SISTEMA SOLAR TÉRMICO (SST)</b></p> <p>Para poder incorporar los Sistemas solares térmicos para agua caliente sanitaria, los equipos instalados tales como colectores solares, depósitos acumuladores y colectores solares integrados deben contar con resolución exenta de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC) que autoriza el ingreso de estos equipos al registro actualizado que para tales efectos lleva la SEC.</p> <p>La metodología utilizada para calcular el aporte de energía solar a la calefacción y al agua caliente sanitaria se basa en el método F-chart (Duffie et al, 2007) modificado. Esta metodología se utiliza ampliamente en el mundo para calcular el aporte solar térmico. Las modificaciones que se le han agregado corresponden a simplificaciones menores que permiten, por un lado, facilitar el procedimiento de cálculo y, por otro, disminuir la cantidad de documentos de acreditación del sistema, a través de la incorporación de ciertos parámetros por defecto.</p> <p>Además, se ha añadido un factor de corrección, que tiene en cuenta la variación de la radiación solar incidente cuando existe una porción importante del cielo con obstrucciones.</p> <p>Al seleccionar el tipo de colector solar, se cargan a la planilla una serie de valores por defecto de las principales características del colector. Si se desea modificar estas características por defecto, se puede hacer en la columna identificada como "A modificar". Cuando la vivienda evaluada considere un Sistema Solar Térmico, la información declarada, se debe justificar mediante la incorporación de la siguiente documentación:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Copia de la factura de compra de los colectores solares, que indique la marca y modelo</li> </ul>	<p><b>FILA 32.</b> Menú desplegable. Se debe indicar si la vivienda dispone de sistemas de colectores solares térmicos.</p> <p>En el caso de que no se disponga de colectores solares, se debe asegurar de que todas las celdas de ingreso de datos relativas al sistema estén vacías (poner valor cero en estas celdas).</p> <p><b>FILA 33. TIPO DE COLECTOR</b> Menú desplegable. Se debe seleccionar el tipo de colector solar. Para la presente calificación se aceptan dos tipos de colectores solares: los colectores planos y los colectores de tubos al vacío. Los colectores solares planos deben disponer de al menos una cubierta semitransparente. No se consideran los colectores solares sin cubierta.</p> <p><b>FILA 34. TIPO DE SERVICIO</b> Menú desplegable. Se debe indicar si el colector servirá solo al consumo de agua caliente sanitaria o al de agua caliente sanitaria y calefacción.</p> <p><b>FILA 35. SUPERFICIE</b> Se debe ingresar la superficie total bruta de los colectores solares. Es decir, el área total expuesta de los colectores, incluidos marcos y otros.</p> <p><b>FILA 36. ÁNGULO DE INCLINACIÓN</b> Se debe indicar el ángulo de inclinación de los colectores solares. Este se mide en grados sexagesimales con respecto al plano horizontal.</p> <p>Si por motivos de diseño y espacio se deben</p>



## DESCRIPCIÓN TÉCNICA

del colector. En el caso de que la factura no especifique estos datos, se debe incluir en la declaración del mandante, indicando marca y modelo del colector que se instalará o que se instaló en la vivienda. En la precalificación, este documento podrá ser reemplazado por la carta del mandante.

- Copia de la Resolución Exenta de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC) que autoriza el ingreso del producto al registro que para tales efectos lleva la SEC.

Si se dispone de un sistema de captación de energía solar que abastece en forma simultánea a más de una vivienda (por ejemplo, a un edificio o a un grupo de viviendas), para efectos de la calificación particular de una vivienda se debe considerar el sistema en su conjunto para todos los parámetros, excepto para el área, la que debe ser calculada de la siguiente manera:

$$A_{CV1} = A_{TC} \frac{A_{V1}}{A_{TV}}$$

*Donde:*

*A<sub>CV1</sub>:* Área de colectores asignada a la vivienda 1 en el contexto de la calificación. Esta es el área que se debe consignar en la planilla de calificación de la vivienda 1.

*A<sub>TC</sub>:* Área total de colectores solares del sistema.

*A<sub>V1</sub>:* Área total de la superficie de piso de la vivienda 1.

*A<sub>TV</sub>:* Área total de la superficie de piso del conjunto de viviendas conectadas a este sistema de energía solar.

Para el resto de los parámetros, debe considerarse el sistema solar en su conjunto.

## INGRESO DE DATOS

utilizar diferentes ángulos de inclinación para los diferentes colectores solares, para determinar el ángulo a incluir se procede como sigue:

- Se considera solo el 80 % de los colectores solares con mejor inclinación.
- De este grupo de 80 % de mejor inclinación, se debe considerar el valor del colector que presente una inclinación más desfavorable, es decir, la que más se aleja del ángulo de latitud.

### FILA 37. ÁNGULO DE AZIMUT

Se debe indicar el valor del ángulo de azimut en grados sexagesimales y medido desde el norte.

Si por motivos de diseño y espacio se deben utilizar diferentes ángulos de azimut para los diferentes colectores solares, para determinar el ángulo a incluir se procede como sigue: Se considera solo el 80 % de los colectores solares con mejor orientación. De este grupo del 80 % de mejor orientación, se debe considerar el valor del colector que presente una orientación más desfavorable.

## DESCRIPCIÓN TÉCNICA

### 11.1.1 CORRECCIÓN POR OBSTRUCCIONES

Este factor se considera cuando existen sombras proyectadas sobre los colectores. En este caso, se debe utilizar la metodología de la norma técnica de la Ley 20.365 del gobierno de Chile. El valor a indicar se calcula según la ecuación siguiente:

$$FCO_t = 1 - \frac{PS}{100}$$

*Donde:*

**PS:** Pérdidas por sombra (%) de acuerdo con la definición de la norma técnica de la Ley 20.365. En el caso en que no existan sombras, el valor de PS es igual a cero (0).

En el caso en que se utilice un valor de FCOt diferente de uno (1) (factor de corrección por obstrucciones), se debe adjuntar la memoria de cálculo a los documentos de la calificación. La memoria de cálculo es de formato libre; sin embargo, es responsabilidad del evaluador energético incluir toda la información necesaria para justificar los resultados obtenidos.

### 11.1.2 PÉRDIDAS POR DISTRIBUCIÓN EN CIRCUITOS EXTENDIDOS

En el caso en que se tenga sistemas solares con circuitos de cañerías largos, se podrían tener pérdidas de calor adicionales a las calculadas por el método F-Chart. Para tener esto en cuenta, se calculan las pérdidas adicionales a partir de un modelo basado en algunas condiciones de operación típicas, y luego se lleva

## INGRESO DE DATOS

### FILA 38. CORRECCIÓN POR OBSTRUCCIONES

Se debe ingresar el valor de corrección por obstrucciones.

### FILA 39. RENDIMIENTO ÓPTICO DEL COLECTOR

- **Columna H:** se muestra el valor de rendimiento óptico del colector por defecto.
- **Columna J:** se debe ingresar el rendimiento óptico del colector, en el caso de que se quiera optar a un valor de rendimiento óptico diferente al valor por defecto.

### FILA 40. COEFICIENTE DE PÉRDIDAS TÉRMICAS

- **Columna H:** se muestra el valor de coeficiente de pérdidas por defecto.
- **Columna J:** se debe ingresar el coeficiente de pérdidas térmicas del colector, en el caso de que se quiera optar a un valor de pérdidas térmicas diferente al valor por defecto.

### FILA 41. RELACIÓN ÁREA NETA-ÁREA BRUTA

- **Columna H:** se muestra el valor de relación área neta- área bruta por defecto.
- **Columna J:** se debe ingresar la relación área neta-área bruta en el caso de que se quiera optar a un valor diferente al valor por defecto. Este se calcula a partir de los datos del certificado y se obtiene dividiendo el área neta por el área bruta.

**Nota:** En el caso de que se desee cambiar un valor de las filas 39, 40 y 41, se deben cambiar los tres.

### FILA 42. CALOR APORTADO POR SISTEMA SOLAR ANTES DE LA CORRECCIÓN

En esta casilla se presenta el resultado del calor útil aportado por el sistema solar antes de incorporar la pérdida asociada al sistema de distribución de circuitos extendidos. Este valor es útil para calcular el factor de corrección, en el caso que se desee hacer un cálculo manual.



## DESCRIPCIÓN TÉCNICA

esto a un factor de corrección que se utiliza para modificar el calor útil obtenido a partir del método F-Chart.

### 11.1.2.1. FACTOR DE CORRECCIÓN

Es posible calcular en forma manual las pérdidas de calor por la red de cañerías. Esto se debe hacer mediante un modelo detallado, donde sea posible calcular con precisión las pérdidas de calor en las cañerías, tanto del sistema primario como las pérdidas del circuito de consumo entre el estanque solar y el primer punto de consumo. No se deben considerar las pérdidas de algún estanque de almacenamiento, si hubiere, ya que estas ya están consideradas en los cálculos previos.

Una vez obtenidas las pérdidas por la red de distribución, el factor de corrección se calcula como:

$$F = 1 - \frac{Q_{per}}{Q_{sol}} \quad [1]$$

Donde

$Q_{per}$ : Energía anual perdida por las cañerías de distribución calculada mediante modelo detallado en [kWh/año].

$Q_{sol}$ : Energía anual útil generada por el sistema solar térmico [kWh/año]. Este corresponde a la energía solar útil anual captada por el colector solar. Corresponde al valor calculado por la planilla sin considerar estas pérdidas extra en las cañerías.

## INGRESO DE DATOS

### FILA 43. ESPESOR DE AISLACIÓN DE CAÑERÍAS

Se debe ingresar el espesor de aislación de las cañerías matrices (las de mayor diámetro) en [mm].

### FILA 44. DISTANCIA ENTRE PLACA Y ESTANQUE SOLAR

Se debe ingresar la distancia entre la placa más alejada del estanque solar y el estanque solar medido en [m].

### FILA 45. DISTANCIA ENTRE EL ESTANQUE SOLAR Y EL CONSUMO

Se debe ingresar la distancia en [m] entre el estanque solar y el primer punto de consumo.

### FILA 46. FACTOR DE CORRECCIÓN POR PÉRDIDAS DE LAS CAÑERÍAS

- **Columna N:** En esta casilla se muestra el resultado del cálculo del factor de corrección calculado en forma aproximada a partir de los datos indicados en las filas 43, 44 y 45.
- **Columna Q:** Se debe ingresar el factor de pérdidas por cañerías calculado manualmente.

### FILA 47. FACTOR DE CORRECCIÓN A USAR

En esta casilla se muestra el valor final del factor de corrección. Si la fila 46, columna Q está en blanco, se usa el valor de la fila 46, columna N; de lo contrario se usa el valor de la fila 46, columna Q.

## DESCRIPCIÓN TÉCNICA

El valor de  $Q_{sol}$  se obtiene de la planilla de cálculos de la fila 42.

### 11.1.3. RESULTADOS FINALES DEL APORTE DE ACS

A partir de los datos anteriores y considerando el calor útil obtenido del método F-Chart, las correcciones por sombras y las correcciones por circuitos extendidos, se obtiene el porcentaje final a usar en la calificación correspondiente a los aportes solares térmicos al agua caliente sanitaria y calefacción.

## 11.2. CONSIDERACIONES GENERALES

A fin de poder incluir el sistema solar térmico en la calificación, se debe cumplir con las siguientes restricciones:

### i. Garantía de los equipos:

El comprador de la vivienda debe recibir una garantía de al menos cinco años por los equipos solares.

### ii. Fluido a circular por el colector:

Para efectos de diseñar los sistemas, se deberán tomar precauciones ante el riesgo de heladas en todo el territorio nacional, a excepción de las comunas costeras existentes en las regiones XV, I, II, III, IV, V, VI y VII.

En las zonas donde existe riesgo de heladas, deberá usarse alguno de los siguientes métodos de protección contra heladas:

- Mezclas anticongelantes.
- Colectores solares que soportan la deformación producida por el congelamiento en sus cañerías.

Se entenderá por temperatura ambiente mínima de cada comuna a aquella a la que se refiere el Artículo 17 y el Artículo Primero de las Disposiciones Transitorias del DS N° 331

## INGRESO DE DATOS

### FILA 48. APORTE AL ACS

En esta fila se muestra el resultado del cálculo del porcentaje de aporte que hace el sistema solar térmico al consumo energético de agua caliente sanitaria de la vivienda.

### FILA 49. APORTE A LA CALEFACCIÓN

En esta fila se muestra el resultado del cálculo del porcentaje de aporte que hace el sistema solar térmico a la calefacción de la vivienda.



## DESCRIPCIÓN TÉCNICA

de 2009, del Ministerio de Economía, que fija el Reglamento de la Ley N° 20.365.

En los SST directos, los componentes del circuito primario que estén expuestos a heladas deben estar diseñados para ser resistentes al congelamiento.

### **iii. Capacidad del sistema de almacenamiento**

El volumen del depósito de acumulación debe tener un valor tal que cumpla con la relación indicada en el numeral 1 del artículo 32 del DS N° 331 de 2009, del Ministerio de Economía.

### **iv. Sistema de energía auxiliar**

El sistema de energía auxiliar debe estar fuera del circuito que alimenta el colector. En caso de que el sistema esté incluido dentro del estanque de almacenamiento, se debe corregir el aporte solar por un factor 0,85. Esto se hace en la práctica, ingresando, como superficie total bruta de colectores solares, el área real de colectores multiplicada por 0,85.

Sin perjuicio de lo anterior, se recomienda diseñar el sistema de acuerdo con las consideraciones de buenas prácticas de diseño indicadas en el documento "Sistemas Solares Térmicos II, Guía de Diseño e Instalación para Grandes Sistemas de Agua Caliente Sanitaria, CDT 2010" y el "Itemizado técnico para instalación de sistemas solares térmicos en viviendas - Sistemas solares térmicos individuales (unifamiliares)", aprobado por resolución exenta del Minvu o similar. Esto último es solo a modo de recomendación y no será exigible para la calificación. Sin embargo, el evaluador energético tiene el deber y la facultad de rechazar un sistema solar propuesto si, según su criterio, este no se ajusta a estas buenas prácticas de diseño.

### **11.3. SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO (SSFV)**

La energía eléctrica útil generada por los sistemas solares fotovoltaicos se considera en dos niveles para la presente calificación.

El primer nivel corresponde al posible aporte a la iluminación, ventilación (consumo de

## INGRESO DE DATOS

### **FILA 50. EXISTENCIA DEL SISTEMA FV**

Menú desplegable. Se debe indicar si se dispone o no de un sistema solar fotovoltaico. En caso negativo, no es necesario continuar el resto de este apartado.

## DESCRIPCIÓN TÉCNICA

ventiladores), calefacción eléctrica y agua caliente sanitaria eléctrica consumidos en la vivienda. En todos estos casos, el aporte solar se descuenta directamente al conjunto de estos consumos. Este aporte incide directamente en el consumo energético del indicador de consumo.

El segundo nivel corresponde al aporte que podría hacer el sistema solar al resto de los consumos eléctricos de la vivienda; es decir, electrodomésticos y otros. En el presente manual se le llamará simplemente consumo de electrodomésticos. En este caso, como el consumo de electrodomésticos no se incluye en la calificación, solo se indica en la etiqueta el aporte del sistema fotovoltaico al consumo de electrodomésticos. Este aporte, solo es posible de consignar si la generación fotovoltaica es superior al consumo eléctrico de los tipos de consumo indicados en el primer nivel.

La metodología utilizada para calcular el aporte solar fotovoltaico corresponde a una metodología simplificada, basada principalmente en la energía solar disponible y la potencia nominal de la celda fotovoltaica y la eficiencia de inversores y baterías, en el caso de que estas últimas sean utilizadas.

Siempre que se use la opción de aporte solar por sistema fotovoltaico, se debe adjuntar la siguiente documentación a la carpeta de la calificación.

- Copia de la factura de compra de las celdas fotovoltaicas, que indique la marca y modelo de las celdas. Esto no es exigible para la precalificación. En caso de que la factura no especifique la marca y modelo de la celda, o para el caso de la precalificación, se debe incluir una declaración del mandante, indicando marca y modelo de la celda que se instalará o que se instaló en la vivienda.
- Certificado válido que especifique la eficiencia de la celda fotovoltaica, del inversor y de las baterías en el caso que las incluya.

## INGRESO DE DATOS



## DESCRIPCIÓN TÉCNICA

A fin de poder incluir el sistema fotovoltaico en la calificación, se debe cumplir con las siguientes restricciones:

- El comprador debe recibir una garantía de al menos cinco años por cada uno de los componentes del sistema, exceptuando las baterías.
- El sistema debe ser diseñado en forma eficiente.

Sin perjuicio de lo anterior, se recomienda diseñar el sistema de acuerdo con las consideraciones de buenas prácticas de diseño (CTE-HE5 2006), o similar. El evaluador energético tiene la facultad y el deber de rechazar un sistema solar propuesto si, según su criterio, este no se ajusta a estas buenas prácticas de diseño.

### 11.3.1. CONEXIÓN A LA RED

Existen dos modalidades de sistemas solares, estos pueden estar conectados a la red eléctrica (On Grid) o pueden estar fuera de la red (Off Grid).

En el caso en que el sistema esté conectado a la red, se deben entregar los siguientes medios probatorios. Para el caso de la precalificación se deberá entregar una carta del mandante en la cual indique que el sistema fotovoltaico será On Grid adjuntando además las especificaciones técnicas del sistema que así lo demuestre. Para la calificación definitiva, se debe entregar además el certificado de conexión a la red.

## INGRESO DE DATOS

### FILA 51. ¿EL SISTEMA ESTÁ CONECTADO A LA RED?

Casilla de verificación. Se debe indicar si el sistema está conectado a la red o no.

En el caso en que el sistema esté conectado a la red, se deberían entregar los medios probatorios correspondientes.

## DESCRIPCIÓN TÉCNICA

### 11.3.2. POTENCIA NOMINAL TOTAL DE LOS CAPTADORES SOLARES

Si se dispone de un sistema fotovoltaico que abastece en forma simultánea a más de una vivienda (por ejemplo, a un edificio o a un grupo de viviendas), para efectos de la calificación particular de una vivienda, se debe proceder de la siguiente manera:

La potencia (W) de paneles fotovoltaicos a ingresar en la planilla se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$P_{FV1} = P_{TF} \frac{A_{V1}}{A_{TV}}$$

*Donde:*

***P<sub>FV1</sub>:*** *Potencia de los paneles fotovoltaicos asignados a la vivienda 1 en el contexto de la calificación. Esta es la potencia que se debe consignar en la planilla de calificación de la vivienda 1.*

***P:*** *Potencia total de paneles fotovoltaicos del sistema.*

***A<sub>V1</sub>:*** *Área total de la superficie de piso de la vivienda 1.*

***A<sub>TV</sub>:*** *Área total de la superficie de piso del conjunto de viviendas conectadas a este sistema de energía solar.*

### 11.3.3. ÁNGULO DE INCLINACIÓN DE LOS PaneLES

Si por motivos de diseño y espacio se deben utilizar diferentes ángulos de inclinación de los paneles, en este parámetro se debe incluir la inclinación más desfavorable. Para determinar cuál es la inclinación más desfavorable se deben ingresar en la planilla las diferentes inclinaciones existentes; la más desfavorable será la que entrega un menor aporte solar.

## INGRESO DE DATOS

### FILA 52. POTENCIA NOMINAL TOTAL DE LOS CAPTADORES SOLARES

Se debe especificar la potencia nominal del sistema de captación solar fotovoltaico. La potencia nominal debe estar especificada para una potencia solar de 1000 [w/m<sup>2</sup>] con incidencia normal a la superficie.

### FILA 53. ÁNGULO DE INCLINACIÓN DE LOS PaneLES

Se ingresa el ángulo de inclinación de los paneles fotovoltaicos en grados sexagesimales (respecto a la horizontal).



## DESCRIPCIÓN TÉCNICA

### 10.3.4. ÁNGULO DE AZIMUT DE LOS PANELES

El ángulo de azimut corresponde al ángulo de orientación del panel y se refiere al ángulo formado por la proyección en el plano horizontal de la normal al colector, con la dirección norte.

## INGRESO DE DATOS

### FILA 54. ÁNGULO DE AZIMUT

Se debe indicar el valor del ángulo de azimut en grados sexagesimales y medido desde el norte. Si por motivos de diseño y espacio se deben utilizar diferentes ángulos de azimut para los diferentes colectores, para determinar el ángulo a incluir se procede como sigue:

- Se considera solo el 80 % de los colectores fotovoltaicos con mejor orientación.
- De este grupo del 80 % de mejor orientación, se debe considerar el valor del colector que presente una orientación más desfavorable.

Para determinar cuál es el ángulo de azimut más desfavorable, se deben probar los diferentes ángulos y seleccionar el que entrega un menor aporte solar.

### 11.3.5. CORRECCIÓN POR OBSTRUCCIONES

Es un factor que varía entre 0 y 1, donde 1 es el caso en que no hay sombra sobre el panel fotovoltaico.

Se utiliza un factor menor que 1, cuando existen sombras proyectadas sobre los colectores. En este caso, se debe utilizar la metodología de la Norma Técnica de la Ley 20.365 del gobierno de Chile.

El valor a indicar es FCOe y se calcula mediante la ecuación siguiente.

$$FCO_e = 1 - \frac{PS}{100}$$

*Donde:*

**PS:** Pérdidas por sombra (%), definido en la norma técnica de la Ley 20.365. En el caso en que no existan sombras, el valor de PS se debe considerar igual a cero (0).

### FILA 55. CORRECCIÓN POR ELEMENTOS DE SOMBRA

Se debe ingresar el factor de corrección por obstrucciones.

## DESCRIPCIÓN TÉCNICA

En el caso en que se utilice un valor de FCOe diferente de 1, se debe adjuntar la memoria de cálculo a la carpeta de la calificación. La memoria de cálculo es de formato libre; sin embargo, es responsabilidad del evaluador energético incluir toda la información necesaria para justificar los resultados obtenidos.

### 11.3.6. EFICIENCIA NOMINAL DEL INVERSOR

El inversor corresponde al equipo que controla el uso de la energía eléctrica generada y, además, transforma la energía en corriente continua que genera el panel a una energía en corriente alterna.

En la columna J se pueden utilizar valores diferentes a los propuestos por defecto. Si se utiliza esta opción se deben incluir los medios de prueba que justifiquen el valor utilizado. En este caso, el medio de prueba puede ser la certificación de la eficiencia del panel o algún documento oficial del fabricante avalado por asesores.

### 11.3.7. APORTE SOLAR FOTOVOLTAICO

Este corresponde al valor final y total del aporte de energía eléctrica útil generada anualmente por los paneles fotovoltaicos que es reconocida por la presente calificación.

## INGRESO DE DATOS

### FILA 56. EFICIENCIA NOMINAL DEL INVERSOR

- **Columna H:** Se propone una eficiencia nominal por defecto para el inversor.
- **Columna J:** Se debe ingresar un valor de la eficiencia del inversor diferente al valor por defecto propuesto. Si no se desea usar esta opción se debe dejar la celda en cero.

### FILA 57. APORTE SOLAR FOTOVOLTAICO

Se entrega como resultado el aporte solar fotovoltaico.



# 12. RESULTADOS DEL CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA EN CALEFACCIÓN, AGUA CALIENTE SANITARIA E ILUMINACIÓN

DESCRIPCIÓN TÉCNICA	INGRESO DE DATOS
Estos resultados se incluyen en esta sección con la finalidad de que en esta etapa el evaluador energético efectúe un chequeo para asegurarse de que ha ingresado los datos en forma correcta.	<p><b>FILA 58.</b> Aporte de energía solar térmica a la calefacción en [kWh/año].</p> <p><b>FILA 59.</b> Aporte de energía solar térmica al agua caliente sanitaria en [kWh/año].</p> <p><b>FILA 60.</b> Consumo de energía primaria en calefacción, sin incluir los eventuales aportes de los paneles fotovoltaicos.</p> <p><b>FILA 61.</b> Consumo de energía primaria en agua caliente, sin incluir los eventuales aportes de los paneles fotovoltaicos.</p> <p><b>FILA 62.</b> Consumo de energía primaria en iluminación, sin incluir los eventuales aportes de los paneles fotovoltaicos.</p> <p><b>FILA 63.</b> Consumo de energía primaria en ventiladores, sin incluir los eventuales aportes de los paneles fotovoltaicos.</p> <p><b>FILA 64.</b> Generación útil de energía primaria en los paneles fotovoltaicos.</p> <p><b>FILA 65.</b> Aporte de la energía solar fotovoltaica a los consumos básicos de la calificación. Es decir, a los consumos de iluminación y ventilación y a los consumos de calefacción y agua caliente</p>

## DESCRIPCIÓN TÉCNICA

## INGRESO DE DATOS

sanitaria, en los casos en que el energético sea electricidad.

### FILA 66.

Aporte de la energía solar fotovoltaica a los consumos de electrodomésticos y otros consumos de la vivienda que no sean los consumos básicos identificados en el punto anterior. Primero se asignan los aportes fotovoltaicos a los consumos básicos; por tanto, solo se asignarán aportes en este punto en el caso de que el aporte de fotovoltaicos supere el consumo eléctrico básico.

### FILA 67.

Total de consumo de energía primaria de los consumos básicos, antes del aporte de los fotovoltaicos. En este valor se incluyen tanto los consumos eléctricos como de los otros combustibles, todos en energía primaria.

### FILA 68.

Aporte de los fotovoltaicos a los consumos básicos. Se repite el valor de la fila 65, solo para tener la secuencia ordenada del balance térmico que se hace en esta sección.

### FILA 69.

Consumos básicos a suprir con energía externa. Como se dijo antes, los consumos básicos son los consumos que se consideran para calcular el consumo de energía total de la vivienda de la presente calificación.

### FILA 70.

Consumo total de energía primaria. Se repite el valor del final de la fila 69, en el contexto de este balance final.

### FILA 71.

Consumo de energía de la vivienda de referencia.

### FILA 72.

- **Columna J:** Corresponde al valor C, es decir al consumo de la vivienda objeto dividido por el consumo de la vivienda de referencia.
- **Columna O:** Corresponde al porcentaje de ahorro del consumo energético de la vivienda objeto en relación con el consumo de la vivienda de referencia.



## DESCRIPCIÓN TÉCNICA

## INGRESO DE DATOS

### FILA 73.

Aporte fotovoltaico al consumo de electrodomésticos de la vivienda.

- **Columna J:** Expresado en términos energéticos [kWh/año].
- **Columna O:** expresado en porcentaje del consumo típico de electrodomésticos de una vivienda.





# PARTE V

---

Anexos de apoyo  
en definiciones  
de cálculo.

Referencias



# 13. ANEXO A:

## “3. TABLAS ENVOLVENTE”

La hoja “3. Tablas envolvente”, tiene como objetivo funcionar como una biblioteca donde el evaluador definirá los materiales a utilizar en su envolvente. Para lo anterior existen ciertos elementos con valores por defecto y no modificables por el evaluador en color amarillo, así como espacio en color azul donde se pueden ingresar las variables.

Es importante destacar que, al llenar una celda, se debe ingresar la información requerida en toda la fila, de lo contrario, se podría producir algún error en la carga del archivo. Esto se realiza para:

- Puertas
- Vidrios
- Marcos de ventanas
- Muros
- Techos
- Pisos
- Transmitancia térmica lineal de piso

### 13.1. PUERTAS

La definición de las puertas se establece con base en las siguientes variables:

- **Nombre completo:** Nombre que se le da a la puerta. Se debe indicar, de la manera más precisa posible, la materialidad de la puerta (por ejemplo: pino oregón).
- **Nombre abreviado:** Nombre que saldrá en el menú desplegable cuando desee citar puertas.
- **Transmitancia térmica puerta [W/m<sup>2</sup>K]:** Valor de transmitancia de la puerta. Este valor corresponde al valor ponderado de la zona opaca de la puerta (la zona vidriada se ingresa como ventana en la columna "vidrio" de esta tabla). En el caso de existir más de un material se deberá calcular su valor U ponderado según metodología establecida en NCh 853 Of 2007 o adjuntar valor certificado del producto.

- **Vidrio:** Se señala el tipo de vidrio utilizado, según lo definido en el capítulo 13.2.
- **% vidrio:** De haber vidrio presente en la puerta, se debe colocar su porcentaje.
- **Transmitancia Térmica Marco Puerta [W/m<sup>2</sup>K]:** Valor de transmitancia del marco calculado según metodología establecida en NCh3137/1, NCh3137/2, o NCh 853 Of 2007, según corresponda, o adjuntar valor certificado del producto. En el caso de no contar con certificado se pueden utilizar los valores por defecto incluidos en la tabla "Puertas" en "3. Tablas envolvente" en la O1. PBTD..
- **% marco:** Porcentaje del marco con respecto al vano completo.

## 13.2. VIDRIO

La definición de los vidrios se establece con base en las siguientes variables:

- **Nombre completo:** Nombre que el evaluador le desea dar al vidrio. Se recomienda un nombre según catálogo.
- **Nombre abreviado:** Nombre que saldrá en el menú desplegable cuando deseé citar vidrios.
- **Transmitancia térmica vidrio [W/m<sup>2</sup>K]:** Valor según certificado o catálogo adjunto. En el caso de no conocer el valor de transmitancia, se podrá utilizar un valor de la siguiente tabla de acuerdo a lo señalado por el mandante en la declaración del mandante.

↓ Tabla 13.1 Valores U por defecto en vidrios

ANCHO DEL ESPACIADOR	U VIDRIO [W/m <sup>2</sup> K]
Vidrio monolítico (VM). Sin espaciador	5,80
DVH con espaciador de 6 mm	3,28
DVH con espaciador de 9 mm	3,01
DVH con espaciador de 12 mm	2,85
DVH con espaciador de 15 mm o mayor	2,80

**Nota:** Se tiene un ensayo de la ventana completa, el evaluador podría despejar el valor de u del vidrio utilizando un valor de marco de ventana de la tabla 13.2, o despejar el valor de marco utilizando un valor de vidrio de la tabla 13.1. El evaluador solo podrá despejar uno de los valores (marco o vidrio) y para el otro deberá utilizar el valor por defecto.



- **Factor Solar FS:** El factor solar se deberá adjuntar según catálogo del vidrio. En el caso de no conocer el valor, se podrá utilizar un valor según la siguiente fórmula:

$$FS = CS * 0.87$$

Con:

$$CS = \begin{cases} 1 \text{ para todo vidrio monolítico incoloro de } 6 \text{ mm de espesor o menor} \\ 0,89 \text{ para todo DVH} \end{cases}$$

Donde:

*CS: Coeficiente de sombra*

## 13.3. MARCOS DE VENTANAS

La definición de los marcos de ventana se establece con base en las siguientes variables:

- **Nombre completo:** Nombre que se le da al marco. Se debe indicar, de la manera más precisa posible, la materialidad del marco.
- **Nombre abreviado:** Nombre que saldrá en el menú desplegable cuando deseé citar marcos.
- **Transmitancia térmica marco ventana Ufr [W/m<sup>2</sup>K]:** Valor de transmitancia del marco calculado según la metodología establecida en NCh 3137/1, NCh 3137/2 o NCh 853 Of 2007, según corresponda, o adjuntar valor certificado del producto. En el caso de no contar con certificado se pueden utilizar los siguientes valores dependiendo del material:

↓ Tabla 13.2 Valores U por defecto en marcos

TIPO DE MARCO	U MARCO [W/m <sup>2</sup> K]
Metal sin RPT	5,80
Al con RPT	3,30
PVC	2,80
Madera	2,60

**Nota:** Se tiene un ensayo de la ventana completa, el evaluador podría despejar el valor de u del vidrio utilizando un valor de marco de ventana de la tabla 13.2, o despejar el valor de marco utilizando un valor de vidrio de la tabla 13.1. El evaluador solo podrá despejar uno de los valores (marco o vidrio) y para el otro deberá utilizar el valor por defecto.

- **Factor de marco FM:** Corresponde al porcentaje de vidrio con respecto al vano completo. Si se usa el valor de transmitancia según Tabla 13.3, también se puede usar el porcentaje según lo siguiente:

↓ Tabla 13.3 Porcentajes por defecto de marcos de ventana

TIPO DE MARCO	FM
Madera	75 %
Metal sin Rotura Puente Térmico (RPT)	85 %
Metal con RPT	80 %
PVC	80 %

## 13.4. MUROS

La definición de los muros se establece con base en las siguientes variables:

- **Nombre completo:** Nombre que se le da al muro. Se debe indicar, de la manera más precisa posible, la materialidad del muro.
- **Nombre abreviado:** Nombre que saldrá en el menú desplegable cuando desee citar muros
- **Tipología/materialidad:** Se define como la densidad del material opaco a utilizar con base en las siguientes tres tipologías de materialidades posibles para una vivienda:

↓ Tabla 13.4 Rangos de densidad para muros

ESPESOR DE MATERIAL/ES EN CONTACTO CON EL AIRE INTERIOR [CM]	DENSIDAD MATERIAL EN CONTACTO CON EL AIRE INTERIOR [KG/m <sup>3</sup> ]	TIPO DE MURO
Todos los espesores	Densidad < 1.100	Liviano
Espesor ≤ 3	1.100 ≤ Densidad < 2.100	Liviano
Espesor ≥ 3	1.100 ≤ Densidad < 2.100	Intermedio
3 < Espesor ≤ 5	Densidad ≥ 2.100	Intermedio
Espesor > 5	Densidad ≥ 2.100	Pesado

En este punto, la madera es considerada como liviana.



- **Transmitancia térmica muro [W/m<sup>2</sup>K]:** Valor de transmitancia del muro acreditado a través de una de las siguientes alternativas.
  - Memoria de cálculo según metodología establecida en NCh 853 Of 2007, ponderando según corresponda.
  - Informe de ensayo emitido por un laboratorio acreditado en los registros de control técnico del Minvu.
  - Extracto y cita de una solución constructiva vigente en el listado oficial de soluciones constructivas para acondicionamiento térmico del Minvu.
- **Espesor muro:** Se debe asignar el espesor del muro en [cm]. En el caso de muros pesados o intermedios, no se debe considerar el espesor de la aislación dentro del espesor del muro. En el caso de que el aislante esté dentro del muro, ya sea en tabiques o alguna solución con materiales más densos que lleven aislación por el interior, se deberá señalar el espesor total.
- **Espesor aislante:** Se debe especificar el espesor del material aislante a utilizar en [cm].
- **Posición del aislante:** El material aislante se define como aquel con conductividad  $\lambda \leq 0.2 \text{ W/mK}$ . De existir aislación, se debe señalar por dónde está la aislación, de haber, según las siguientes alternativas:

↓ Tabla 13.5 Alternativas en la posición del material aislante

POSICIÓN AISLACIÓN	
UBICACIÓN	ABREVIATURA
Sin aislación	Sin
Por la cara interior	Interior
Por la cara exterior	Exterior
Por ambas caras	Ambas
Por el interior del muro	Inter elementos

## 13.5. TECHOS

La definición de los techos se establece con base en las siguientes variables:

- **Nombre completo:** Nombre que se le da al techo. Se debe indicar, de la manera más precisa posible, la materialidad del techo.
- **Nombre abreviado:** Nombre que saldrá en el menú desplegable cuando desee citar techos.
- **Transmitancia térmica techo [W/m<sup>2</sup>K]:** Valor de transmitancia del techo. En el caso de existir más de un material se deberá calcular su valor U ponderado según metodología establecida en NCh 853 Of 2007 o adjuntar valor certificado de la solución constructiva.
- **Espesor techo sólido:** se debe especificar el espesor del muro, sin considerar el material aislante.
- **Espesor aislante:** Se debe especificar el espesor del material aislante a utilizar en [cm].
- **Posición del aislante:** Se debe señalar por dónde está la aislación, según tabla respectiva en punto 13.4.

## 13.6. PISOS

La definición de los pisos se establece con base en las siguientes variables:

- **Nombre completo:** Nombre que se le da al piso. Se debe indicar, de la manera más precisa posible, la materialidad del piso.
- **Nombre abreviado:** Nombre que saldrá en el menú desplegable cuando desee citar pisos.
- **Transmitancia térmica piso ventilado [W/m<sup>2</sup>K]:** Valor de transmitancia del piso acreditado a través de una de las siguientes alternativas.
  - Memoria de cálculo según metodología establecida en NCh 853 Of 2007, ponderando según corresponda.
  - Informe de ensayo emitido por un laboratorio acreditado en los registros de control técnico del Minvu.



- Extracto y cita de una solución constructiva vigente en el listado oficial de soluciones constructivas para acondicionamiento térmico del Minvu.

• **Aislación bajo piso en contacto con terreno:**

- Conductividad: Se define la conductividad del aislante W/mK.
- Espesor Aislante: Se define el espesor del aislante [cm].

• **Aislación vertical o de sobrecimientos para piso en contacto con terreno:**

- Conductividad: Se define la conductividad del aislante W/mK.
- Espesor Aislante: Se define el espesor del aislante [cm].
- D: Se define la profundidad bajo el nivel de piso del aislante [cm].

• **Aislación horizontal de borde para piso en contacto con terreno:**

- Conductividad: Se define la conductividad del aislante W/mK.
- Espesor Aislante: Se define el espesor del aislante [cm].
- E: Se define el ancho del refuerzo de piso del aislante [cm].

Dicha aislación de piso considera lo establecido en la NCh 3117 donde se consideran los siguientes valores por defecto de no existir más información:

- Rsi: 0,17 [ $\text{m}^2\text{K/W}$ ]
- Rse: 0,04 [ $\text{m}^2\text{K/W}$ ]
- $\lambda$ : 2,00 [W/mK] como conductividad del terreno bajo radier.
- Dv: 40 cm en caso de no conocerse
- $\lambda$ Radier: 1,63 [W/mK]

# 14. ANEXO B: RENDIMIENTOS

En el presente anexo se explica cómo corregir los valores de eficiencia energética de algunos equipos de calefacción y agua caliente sanitaria.

En algunos casos los procedimientos de cálculo ya están implementados en la hoja “Anexos de cálculo” de la calificación; en estos casos solo se explica cómo operar y obtener los resultados.

En general, además de corregir con base en estos procedimientos preprogramados, es posible, en algunos casos, corregir a partir de procedimientos propios. En este anexo, se indicarán también qué factores de eficiencia se pueden corregir en base a memorias de cálculo particulares y en algunos casos se indican también las condiciones mínimas a considerar y algunas condiciones de borde.

Los valores de rendimiento de los equipos que se consideran en la calificación, en general, no corresponden a los valores nominales, sino a un aproximado de los valores que se obtienen en la operación anual y con las condiciones de uso de clima del país, lo que generalmente se denomina rendimiento estacional.

El valor de rendimiento que se calcula en este punto se debe ingresar en la fila 14, columna Q de la hoja CEV CEVE de la planilla “03 PBTD Datos de Equipos y Resultados”, si se trata del sistema de calefacción, o en la fila 19, columna Q de la misma planilla, si se trata del sistema de agua caliente sanitaria.

## 14.1. SISTEMAS EN CONJUNTO DE CALEFACCIÓN Y AGUA CALIENTE SANITARIA

En ciertos casos, se utilizan los equipos de generación de calor para proveer la energía en forma paralela para calefacción y agua caliente sanitaria. Si el sistema de calefacción trabaja a alta temperatura (mayor a 65 °C), se puede utilizar para el agua caliente sanitaria el mismo rendimiento que para la calefacción; sin embargo, en los sistemas que trabajan a baja temperatura, como bombas de calor y calderas de condensación, se deben tener algunas consideraciones adicionales. Para los sistemas



de baja temperatura, es necesario definir o declarar cuál es la temperatura de operación del sistema de agua caliente sanitaria. En los casos en que la temperatura de uso de la energía para agua caliente sanitaria sea inferior a la temperatura de uso para calefacción, al igual que en los sistemas de alta temperatura, se puede usar la misma eficiencia para calefacción y ACS.

En los casos en que el agua caliente sanitaria se utilice a una temperatura superior a la temperatura del sistema de calefacción, se debe corregir la eficiencia del sistema de calefacción, calculando su eficiencia con la temperatura con la cual se usa el agua caliente sanitaria, en lugar de la temperatura de la calefacción. En estos casos, nuevamente se podrá usar la misma eficiencia del sistema de calefacción para el agua caliente sanitaria, pero calculada con la temperatura del uso del agua caliente sanitaria. Para estos casos, es necesario hacer dos aclaraciones:

- Se entiende como temperatura de operación del agua caliente sanitaria a la temperatura promedio del fluido que provee la energía para el agua caliente sanitaria. El promedio se calcula como el promedio simple entre la temperatura de entrada y la temperatura de salida del elemento generador de calor. Por ejemplo, si se tiene un estanque de acumulación que se mantiene a 60 °C, el cual tiene en su interior un serpentín alimentado por agua de una caldera a condensación. El tamaño del intercambiador de calor exige que la temperatura de entrada sea de 75 °C y la de salida sea de 65 °C. Por tanto, estas mismas temperaturas serán aproximadamente las de salida y entrada de la caldera, y por tanto la temperatura de uso del agua caliente sanitaria será de 70 °C.
- En el caso en que la temperatura de uso del agua caliente sanitaria sea mayor que la temperatura de uso de la calefacción, el nuevo rendimiento calculado con la temperatura de uso del agua caliente sanitaria se utilizará tanto para calcular el consumo del agua sanitaria como la de calefacción. Para este último caso, quedará eximido de usar la eficiencia del sistema de calefacción, solo si se dispone de un sistema de control, o similar, que haga que ambos sistemas funcionen en forma diferida, es decir, que cuando funcione en la modalidad de agua caliente sanitaria deje de proveer de energía al sistema de calefacción y, además, se tenga un sistema de control automático que haga que cada uno de los sistemas (calefacción y agua caliente sanitaria) funcionen con temperaturas diferentes.

## 14.2. RENDIMIENTO ESTACIONAL DE LAS BOMBAS DE CALOR

El COP (Coefficient of performance) es el coeficiente de eficiencia energética en modo calefacción de una bomba de calor. Este se calcula para las condiciones nominales de operación de la bomba de calor. Sin embargo, existen una serie de variables que influyen sobre el COP. Entre ellas están las temperaturas de la fuente fría y caliente. Estas temperaturas dependen del tipo de bomba. Por ejemplo, para una bomba de calor aire-aire, las temperaturas relevantes son las temperaturas del aire exterior y la del aire al interior del recinto a calefaccionar. Para hacer los ensayos para determinar el COP nominal de una bomba de calor, existen diferentes estándares, por país, que fijan las temperaturas de las fuentes para estos resultados. Para la presente calificación se consideran los valores más usuales. De todas formas, se entrega la información de cómo pasar de un valor de COP con una temperatura base a un COP con temperatura base diferente.

La siguiente tabla muestra las temperaturas de base a usar para los diferentes tipos de bombas de calor.

↓ Tabla 14.1. Temperatura de base para el cálculo del COP nominal.

TIPO DE BOMBA	TEMPERATURA FUENTE FRÍA	TEMPERATURA FUENTE CALIENTE
Aire-aire	7 °C	20 °C
Aire-agua	7 °C	35 °C
Agua-aire	10 °C	20 °C
Agua-agua	10 °C	35 °C

Se define el COP estacional o SCOP (Seasonal coefficient of performance) como la relación entre la demanda de energía en calefacción y el consumo de electricidad anual de todo el sistema de calefacción, en modo calefacción.

Para cada tipo de bomba de calor, se presenta un apartado en la hoja “Anexos cálculo” de la planilla “PBTD Datos de equipos y resultados” que permite calcular el COP estacional o SCOP.



## 14.2.1. CÁLCULO DE LOS COP ESTACIONALES POR PARTE DEL EVALUADOR CON BASE EN METODOLOGÍA PROPIA

Cada uno de los rendimientos estacionales de las bombas de calor que se presentan a continuación, se han obtenido a partir de cálculos donde se han considerado valores por defecto de los sistemas y procedimientos de cálculos con complejidad media.

Si el usuario lo cree necesario, puede hacer un cálculo personalizado de estos SCOP, los que deben cumplir con las siguientes condiciones:

- El procedimiento de cálculo se debe basar en un modelo en base horario y que considere todas las horas del año.
- El procedimiento de cálculo debe considerar los valores locales de las variables (clima, uso, equipos, etc.).
- Mediante un modelo de cálculo dinámico de edificios y un modelo de cálculo horario de la bomba de calor, se debe calcular la demanda y el consumo de energía en calefacción. El valor de SCOP corresponde al valor de la demanda dividido por el valor del consumo integrado para todo el año.
- El procedimiento de cálculo y las condiciones de borde a utilizar se detallan para cada uno de los casos.
- En general, las condiciones de borde deben ser similares a las utilizadas para el cálculo de los valores por defecto. En el caso en que se desee modificar un valor se debe justificar claramente el nuevo. Por ejemplo, si el valor por defecto se obtiene con una temperatura dada de los ríos de una zona, esta temperatura se puede cambiar siempre que se justifique claramente el nuevo valor a usar.
- Se debe entregar una memoria de cálculo donde se describa completamente los procedimientos utilizados. El detalle de la memoria debe ser tal que se pueda realizar una revisión del procedimiento sin tener que realizar cálculos adicionales.
- Se deben presentar medios probatorios para todos los parámetros utilizados.

## 14.2.2. BOMBA DE CALOR AIRE- AIRE CON FLUJO DE REFRIGERANTE VARIABLE

**Fila A1:** Se debe ingresar el valor del COP Nominal. El COP nominal se debe acreditar mediante un certificado válidamente emitido por un laboratorio acreditado.

**Fila A2:** Se debe ingresar la temperatura a la cual se entrega el COP nominal. Este dato se obtiene de la misma información de base en que se obtiene el COP nominal.

**Fila A3:** Casilla de resultado donde se muestra el COP nominal a la condición estándar, que para este tipo de equipo es a 7 °C.

**Fila A4:** Casilla de resultado donde se muestra el COP estacional.

Para el cálculo del SCOP se han considerado internamente las condiciones climáticas del lugar donde se realiza la calificación.

Si se desea proponer un valor de COP obtenido por metodología propia, se debe considerar lo siguiente:

- Para la simulación del equipo de aire acondicionado se debe usar la información del COP en función de la temperatura exterior (bulbo seco y bulbo húmedo) y de la temperatura interior. Se deben considerar además las pérdidas por el congelamiento del evaporador. Si no se dispone de la característica de pérdidas por el congelamiento del evaporador, se debe multiplicar por 0,85 los valores de COP de catálogo, cuando la temperatura de bulbo húmedo exterior se encuentre entre -6 y 4 °C.

## 14.2.3. BOMBA DE CALOR AIRE-AIRE CONVENCIONAL

**Fila A5:** se debe ingresar el valor del COP nominal. El COP nominal se debe acreditar mediante un certificado válidamente emitido por un laboratorio acreditado.

**Fila A6:** se debe ingresar la temperatura a la cual se entrega el COP nominal. Este dato se obtiene de la misma información de base con que se obtiene el COP nominal.

**Fila A7:** Casilla de resultado donde se muestra el COP nominal a la condición estándar, que para este tipo de equipo es a 7 °C.

**Fila A8:** Casilla de resultado donde se muestra el COP estacional.



Si se desea proponer un valor de COP obtenido por metodología propia se debe considerar lo siguiente:

- Para la simulación del equipo de aire acondicionado se debe usar la información del COP en función de la temperatura exterior (bulbo seco y bulbo húmedo) y de la temperatura interior. Se deben considerar además las pérdidas por el congelamiento del evaporador. Si no se dispone de la característica de pérdidas por el congelamiento del evaporador, se deben multiplicar por 0,85 los valores de COP de catálogo, cuando la temperatura de bulbo húmedo exterior se encuentre entre –6 y 4 °C.

## 14.2.4. BOMBA DE CALOR AIRE-AGUA

**Fila A9:** Se debe ingresar el valor del COP nominal. El COP nominal se debe acreditar mediante un certificado válidamente emitido por un laboratorio acreditado.

**Fila A10:** Se debe ingresar la temperatura a la cual se entrega el COP nominal. Este dato se obtiene de la misma información de base en que se obtiene el COP nominal.

**Fila A11:** Se debe ingresar la temperatura de suministro del agua. Esta se obtiene de las EE.TT. del sistema de climatización. El evaluador debe verificar que el sistema de entrega de calor a los recintos es compatible con la temperatura de suministro del agua que se indica en las EE.TT. del sistema.

**Fila A12:** Casilla de resultado donde se muestra el COP estacional.

Si se desea proponer un valor de COP obtenido por metodología propia se debe considerar lo siguiente:

- Para la simulación del equipo de aire acondicionado se debe usar la información del COP en función de la temperatura exterior (bulbo seco y bulbo húmedo) y de uso del agua para la distribución del calor en el interior del recinto. Se deben considerar, además, las pérdidas por el congelamiento del evaporador. Si no se dispone de la característica de pérdidas por el congelamiento del evaporador se deben multiplicar por 0,85 los valores de COP de catálogo, cuando la temperatura de bulbo húmedo exterior se encuentre entre –6 y 4 °C.

## 14.2.5. BOMBA DE CALOR AGUA-AGUA

**Fila A13:** Se debe ingresar el valor del COP Nominal. El COP nominal se debe acreditar mediante un certificado válidamente emitido por un laboratorio acreditado.

**Fila A14:** Se debe ingresar la temperatura a la cual se entrega el COP nominal. Este dato se obtiene de la misma información de base en que se obtiene el COP nominal.

**Fila A15:** Se debe ingresar la temperatura de uso del agua. Esta se obtiene de las especificaciones técnicas del sistema de climatización. El evaluador debe verificar que el sistema de entrega de calor a los recintos es compatible con la temperatura de suministro del agua que se indica en las especificaciones técnicas del sistema.

**Fila A16:** Se debe indicar el lugar desde donde se extrae el agua desde la cual la bomba de calor extrae el calor.

**Fila 17:** Se debe ingresar la forma o los equipos utilizados para entregar el calor.

**Fila 18:** Se debe ingresar el porcentaje respecto del flujo nominal de la bomba de calor que se está considerando en el proyecto. Esto se refiere al flujo de agua que se toma desde la napa o desde la fuente de agua superficial como río o laguna (flujo por el evaporador).

**Fila 19:** Casilla de resultado donde se entrega el rendimiento estacional de la bomba.

Si se desea proponer un valor de COP obtenido por metodología propia, se debe considerar lo siguiente:

- Para la simulación del equipo de aire acondicionado, se debe usar la información del COP en función de la temperatura del agua a considerar como fuente de calor. Se deben considerar los valores promedio mensuales de los cuerpos de agua considerados. Se deben presentar los medios probatorios para justificar estas temperaturas.
- Se deben considerar en forma explícita y detallada los consumos eléctricos adicionales, como los consumos de las bombas de circulación de agua exteriores a la bomba de calor misma, ventiladores, etc.
- Se deben considerar además las pérdidas de calor del sistema en el circuito de distribución.
- Se debe considerar en detalle el flujo de agua que pasa por el evaporador. En el



caso de que este sea inferior al valor nominal, se deben considerar las pérdidas adicionales que se producen por este efecto.

También se puede utilizar esta metodología para calcular la eficiencia de una bomba de calor con serpentín enterrado en el piso. En ese caso se debe presentar una memoria de cálculo en formato libre que justifique el valor utilizado.

## 14.3. RENDIMIENTO ESTACIONAL PARA SISTEMAS DE CALEFACCIÓN CON CALDERA

Para sistemas de calefacción centralizados con caldera, el rendimiento ( $\eta_{sc}$ ) se debe calcular con base en la siguiente ecuación

$$\eta_{sc} = \eta_n * F_t - F_{c2} - F_p$$

*Donde:*

$\eta_{sc}$ : Rendimiento de la caldera

$\eta_n$ : Rendimiento nominal de la caldera

$F_t$ : Factor de conversión de Rendimiento Total por tipo de combustible

$F_{c2}$ : Corrección por tipo de control

$F_p$ : Corrección por tipo de piloto

Los factores para completar la ecuación anterior se deben obtener de las tablas siguientes:

↓ Tabla 14.2. Factor de corrección por tipo de combustible

TIPO DE COMBUSTIBLE	FT
Gaseoso	0,91
Líquido	0,93
Sólido	0,91

↓ Tabla 14.3. Pérdida por tipo de encendido

TIPO DE COMBUSTIBLE Y TIPO DE CONTROL	Fc2
Gaseoso control On-Off de la caldera	0,025
Gaseoso y control modulado	0,020
Petróleo	0
Sólido	0,025

↓ Tabla 14.4 Corrección por tipo de combustible y tipo de control

PILOTO PERMANENTE	FP
Si	0,04
No	0

El valor del Rendimiento nominal ( $\eta_n$ ), se debe justificar mediante los documentos siguientes:

- Copia de la factura de compra del equipo, donde se indique la marca y modelo. En caso de que en la factura no se especifique ni la marca ni el modelo, se debe incluir en la declaración del mandante.
- Certificado válido que especifique el rendimiento nominal del equipo.
- Formulario firmado por el propietario, que señale el cumplimiento por parte del sistema de las características indicadas.

En el caso anterior, se entiende que las calderas de condensación se están utilizando a baja temperatura, es decir, una temperatura media menor o igual a 40 °C. Cuando se trabaja a temperaturas mayores, se debe corregir de acuerdo con el procedimiento que se describe a continuación.



## 14.3.1. CALDERA A CONDENSACIÓN FUNCIONANDO A TEMPERATURA MEDIA O ALTA

**Fila A20:** Se debe ingresar la temperatura de uso del agua. Esta corresponde a la temperatura media entre la impulsión y el retorno de la caldera.

**Fila A21:** Resultado del rendimiento corregido. Este se basa en una corrección directa al valor que se tiene en fila 14 columna N, de la hoja CEV CEVE de la planilla “03. PBTD Datos de equipos y resultados”.

Existen también métodos alternativos para calcular esta corrección. Se propone para la calificación, que para caracterizar una caldera a condensación se tengan dos opciones:

1. Si se quiere usar el valor rendimiento estacional por defecto, pero a una temperatura más alta, este valor se debe corregir mediante la siguiente ecuación:

$$\eta_{etu} = \eta_{epd} \left( 1 - \left( \frac{T_u - 40}{300} \right) \right) \quad [1]$$

*Donde:*

$\eta_{etu}$ : Rendimiento estacional a la temperatura de uso. Valor que se debe usar en la calificación.

$\eta_{epd}$ : Rendimiento estacional por defecto para la calificación. Valor base de la tabla de valores por defecto.

$T_u$ : Temperatura media de uso del agua para calefacción [°C]. Esta temperatura se calcula como el promedio entre la temperatura de impulsión y la del retorno de agua.

Recordar que el rendimiento estacional por defecto para las calderas de condensación solo es válido para uso a baja temperatura; es decir, una temperatura de impulsión de 50 °C y una temperatura de retorno de 30 °C. Si la temperatura de uso es mayor a esta, se debe corregir. Si la temperatura de uso es menor, no se corrige.

2. Entregar un valor de eficiencia nominal para la temperatura de uso que realmente se tiene en función de los datos de la caldera específica en uso. Para ello, se requiere tener la certificación correspondiente de la caldera a la temperatura real de uso. En general, las especificaciones técnicas de los equipos informan la eficiencia para temperatura de uso 50/30 °C y 80/60 °C. Por ejemplo, el valor 50/30 °C, significa 50 °C de impulsión y 30 °C en el retorno. Para la calificación se usa una temperatura característica, que es la temperatura media entre las dos.

En este caso, se considera que la caldera está caracterizada por una temperatura de 40 °C en su uso a baja temperatura y de 70 °C en su uso a alta temperatura. Si la caldera se usa a una temperatura intermedia entre ambas, se puede obtener un valor característico obtenido por una interpolación lineal entre ambos valores. Si se usan valores de temperatura media menor a 40 °C, no se corrige.

Calculado el rendimiento nominal corregido a la temperatura de uso, se debe calcular el rendimiento estacional con los mismos factores que se usan en el presente manual.

Para cualquiera de los dos casos, el calificador debe entregar una justificación completa de que la temperatura media de uso del agua caliente es compatible con el sistema de entrega de calor hacia el recinto.

### 14.3.2. CALDERA A LEÑA

**Fila A22:** Ingresar el valor del rendimiento nominal. En la documentación adicional de la calificación se debe incluir el certificado de rendimiento de la caldera, donde se indique el valor ingresado.

**Fila A23:** Casilla de resultado. Entrega el rendimiento estacional.

### 14.3.3. CALDERA A PELLET

**Fila A24:** Ingresar el valor del rendimiento nominal. En la documentación adicional de la calificación se debe incluir el certificado de rendimiento de la caldera, donde se indique el valor ingresado.

**Fila A25:** Casilla de resultado. Entrega el rendimiento estacional.



## 14.4. EQUIPOS LOCALIZADOS

### 14.4.1. EQUIPOS LOCALIZADOS SIN EVACUACIÓN DE GASES AL EXTERIOR

**Fila A26:** Ingresar el valor del rendimiento nominal. En los documentos adicionales de la calificación se debe incluir la declaración del mandante, donde se deben indicar las características de los equipos instalados, de acuerdo a lo indicado en el 2.1.2 de la Parte I del presente manual.

**Fila A27:** Casilla de resultado. Entrega el rendimiento estacional. Para el cálculo del rendimiento estacional se ha considerado la sobre ventilación que se debe tener para mantener la contaminación interior bajo límites que sean peligrosos para la salud de las personas.

### 14.4.2. EQUIPOS LOCALIZADOS CON EVACUACIÓN DE GASES AL EXTERIOR

**Fila A28:** Ingresar el valor del rendimiento nominal. En los documentos adicionales de la calificación se debe incluir la declaración del mandante, donde se deben indicar las características de los equipos instalados, de acuerdo a lo indicado en el 2.1.2 de la Parte I del presente manual.

**Fila A29:** Casilla de resultado. Entrega el rendimiento estacional.

### 14.4.3. CALEFACTOR LOCALIZADO A LEÑA

**Fila A30:** Ingresar el valor del rendimiento nominal. En los documentos adicionales de la calificación se debe incluir la declaración del mandante, donde se deben indicar las características de los equipos instalados, de acuerdo a lo indicado en el 2.1.2 de la Parte I del presente manual.

**Fila A31:** Casilla de resultado. Entrega el rendimiento estacional.

## 14.4.4. CALEFACTOR LOCALIZADO A PELLET

**Fila A32:** Ingresar el valor del rendimiento nominal. En los documentos adicionales de la calificación se debe incluir la declaración del mandante, donde se deben indicar las características de los equipos instalados, de acuerdo a lo indicado en el 2.1.2 de la Parte I del presente manual.

**Fila A33:** Casilla de resultado. Entrega el rendimiento estacional.



# 15. ANEXO C: SISTEMA DE VENTILACIÓN CONTROLADO

El sistema de ventilación controlada puede ser mecánico o natural controlado. En cualquier caso, se debe justificar claramente el funcionamiento de este, y entregar una memoria de cálculo teniendo en cuenta las consideraciones que se describen más adelante. Por otra parte, al tener un sistema de ventilación mecánico, se debe considerar también el consumo de energía eléctrica de los ventiladores.

El principal requerimiento para ser considerado como sistema de ventilación controlada es disponer de uno o varios medidores de CO<sub>2</sub> que accionen los actuadores que producirán el control de la ventilación. El número de medidores se define según el criterio que se detalla a continuación:

- Se debe instalar un número de medidores de CO<sub>2</sub> tal que entre cualquier habitación y el medidor de CO<sub>2</sub> más cercano no exista más de una puerta.
- Entre el medidor y cada una de las puertas, no debe haber más de 8 m. Esto implica que, en general, para una vivienda típica pequeña del país, este requerimiento se logra con solo un medidor en el estar o en el pasillo de distribución.
- Este o estos medidores de CO<sub>2</sub> deben comandar un orificio o chimenea de ventilación operable y/o un ventilador. El diseño de este sistema también puede incluir un recuperador de calor, y por tanto acreditar la energía ahorrada por el precalentamiento.

En el Anexo D: "Motor de cálculo", se presenta un procedimiento de cálculo por defecto con base en la identificación de algunos parámetros del sistema. Si se desea utilizar un valor diferente al entregado por este modelo interno, se debe entregar una memoria de cálculo completa a partir de un modelo, en el cual se debe hacer un cálculo hora a hora en función de las variables ambientales (viento y temperatura) y de las características de la vivienda. Si se usa un recuperador de calor, el resultado de este cálculo debe ser la energía perdida por renovación de aire y en el caso en que no se tenga, el resultado debe ser el flujo promedio anual de ventilación en [ren/h]. También se puede calcular el consumo anual de energía de los ventiladores para utilizarlo en la sección de consumo de energía por los ventiladores.

Desde el punto de vista del objetivo del cálculo, el sistema debe cumplir con los siguientes requerimientos:

- El 85 % de los días, la concentración promedio diaria de CO<sub>2</sub> debe ser igual o inferior a 1000 PPM.
- El nivel máximo de concentración de CO<sub>2</sub> diaria debe ser igual o inferior a 1200 PPM para el caso de que no se tenga ventilador y de 1000 PPM para el caso de que se use un ventilador.
- Considerar una concentración de CO<sub>2</sub> del aire exterior de 400 PPM.
- Considerar una emisión de CO<sub>2</sub> dada por la siguiente ecuación:

$$ECO_2 = 9600 * NP + 1150 * AV \quad [\text{mg/h}]$$

*Donde:*

**ECO<sub>2</sub>:** Emisión de CO<sub>2</sub> para las condiciones estándar en [mg/h]

**NP:** Número de personas que habitan la vivienda, el número de personas se calcula como el número de habitaciones + 1

**AV:** Área de la vivienda en [m<sup>2</sup>]

- Se puede considerar un perfil de uso estándar de la vivienda, el cual modifica este calor de ECO<sub>2</sub>. Considerar un perfil de ocupación de la vivienda como sigue:
  - De 00:00 a 7:00 horas multiplicar el valor de ECO<sub>2</sub> por 0,8, el cual tiene en cuenta la disminución de la tasa de emisión de CO<sub>2</sub> debido a la disminución del metabolismo.
  - De 9:00 a 17:00 horas se puede multiplicar el valor de ECO<sub>2</sub> por 0,4, para tener en cuenta una disminución en la ocupación de la vivienda.
  - De 18:00 a 19:00 horas multiplicar el valor de ECO<sub>2</sub> por 0,7, para tener en cuenta una la ocupación ligeramente reducida de la vivienda
  - El resto del tiempo se considera simplemente el valor de ECO<sub>2</sub> sin corrección.

En caso de utilizar un recuperador de calor, en la memoria de cálculo se debe demostrar con base en la certificación del fabricante y a cálculos propios, cuál es la eficiencia del intercambiador de calor para las condiciones de uso en su vivienda. Ambos documentos son obligatorios si se desea utilizar un recuperador de calor en la evaluación.



# 16. ANEXO D: MOTOR DE CÁLCULO

La metodología del motor de cálculo PBTD (Planilla de balance térmico dinámico) realiza un balance térmico en intervalos de tiempo pequeños (segundos), evaluando la temperatura al interior del recinto, con base en los flujos de las distintas variables de entrada.

Los flujos corresponden al siguiente balance:

$$\emptyset [W] = \sum \emptyset_{cargas\ internas} + \emptyset_{Radiación} \pm \emptyset_{Envolvente} \pm \emptyset_{Infiltraciones} \pm \emptyset_{Ventilación} \\ \pm \emptyset_{Puentes\ térmicos} \pm \emptyset_{Inercia\ térmica} \quad [1]$$

*Donde:*

**Cargas internas:** Dependen del uso del espacio y corresponden a potencias tabuladas según normativa internacional y/o manuales de buenas prácticas nacionales.

**Radiación:** Datos climáticos de la zona, donde se utiliza un ingreso de datos horario. Dichos datos serán reducidos con base en obstrucciones cercanas así como lejanas.

**Envolvente:** Corresponde a la transferencia de calor asociada a la envolvente.

**Infiltraciones:** Corresponden a renovaciones de aire por infiltraciones (RAH) tabuladas asociadas a distintas tipologías de vivienda.

**Ventilación:** Renovaciones de aire hora o tasa de ventilación asociadas a distintas condiciones de uso de la vivienda.

**Puentes térmicos:** Corresponden a coeficientes de transmitancia [U] asociado a distintos puentes térmicos.

**Inercia Térmica:** Corresponden a valores tabulados para distintas materialidades.

Con base en el balance señalado en la ecuación [ 1 ] se obtiene la variación de temperatura en el aire de la siguiente manera:

$$T_{i+1} [^{\circ}C] = T_i + \frac{\sum E_i}{m \cdot Cp} \quad [2]$$

*Donde:*

$T_i$ : Corresponde a la temperatura interior del aire en el instante  $i$ .

$T_{i+1}$ : Corresponde a la temperatura interior del aire en el instante  $i+1$ .

$\sum E_i = \sum \dot{\phi} [W] * \Delta t$ : Corresponde a la sumatoria de energía intercambiada al interior de un recinto, durante el intervalo de tiempo  $Dt$ , que debe ser absorbida por el aire interior.

$m$ : Corresponde a la masa de aire interior en el recinto.

$C_p$ : Corresponde al calor específico del aire 1000 [J/Kg K].

Dicho modelo obtiene la temperatura al interior del recinto sin la incorporación de un equipo de climatización, permitiendo que la temperatura oscile libremente.

Sin embargo, dado que uno de los objetivos es obtener la demanda de energía necesaria para llevar la temperatura de la vivienda a un rango de confort establecido, es que se incorpora un flujo asociado a un eventual sistema de climatización, el cual permite llevar la temperatura a la deseada.

$$\dot{\phi} [W] = \sum (\dot{\phi}_{cargas\ internas} + \dot{\phi}_{Radiación} \pm \dot{\phi}_{Envolvente} \pm \dot{\phi}_{Infiltraciones} \pm \dot{\phi}_{Ventilación} \pm \dot{\phi}_{Puentes\ térmicos} \pm \dot{\phi}_{Inercia\ térmica} \pm \dot{\phi}_{Climatización}) \quad [3]$$

*Donde:*

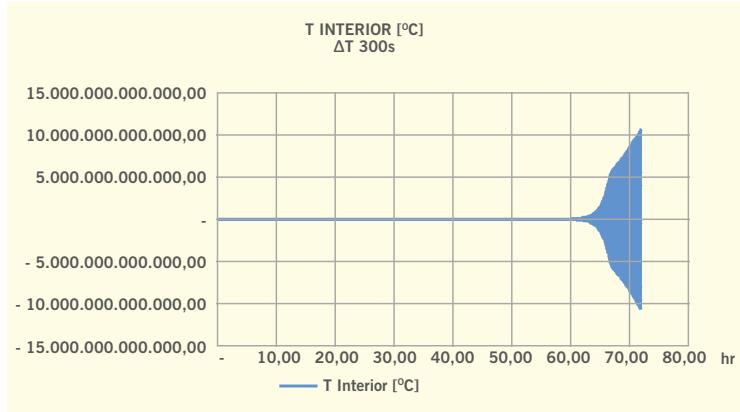
**Climatización:** Calor aportado por un sistema de climatización. Es entendido en esta lógica de cálculo como el calor necesario para llevar la temperatura interior a los límites de la banda de confort cuando la temperatura del recinto se encuentra fuera de ella.

Dado el bajo calor específico del aire, el intervalo de tiempo a utilizar debe ser pequeño. Cuando el calor neto, luego del balance total, es significativo y se utiliza un intervalo de tiempo alto, las variaciones de temperatura del aire son igualmente significativas y ello altera todos aquellos flujos de calor que dependen de la temperatura interior del aire, como son aquellos de ventilación, pérdidas por envolvente, etc.

Los siguientes gráficos corresponden a un modelo con parámetros de entrada aleatorios que fue resuelto utilizando la PBTD, estableciendo intervalos de tiempo de 300s, 295s y 200s, para determinar la temperatura interior de un recinto durante 72 horas de evolución libre.



- **Modelo resuelto en pasos de 300s.**

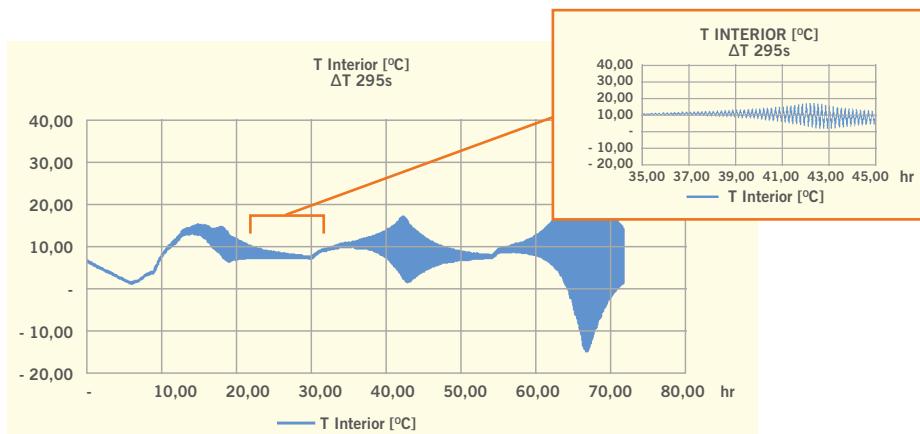


↑ Figura 16.1 Respuesta de temperatura interior resuelta en intervalos de 300s

Se aprecia como el modelo diverge y oscila a altas frecuencias entre temperaturas extremas de  $+10^{13}$  y  $-10^{13}$  °C.

- **Modelo resuelto en pasos de 295s.**

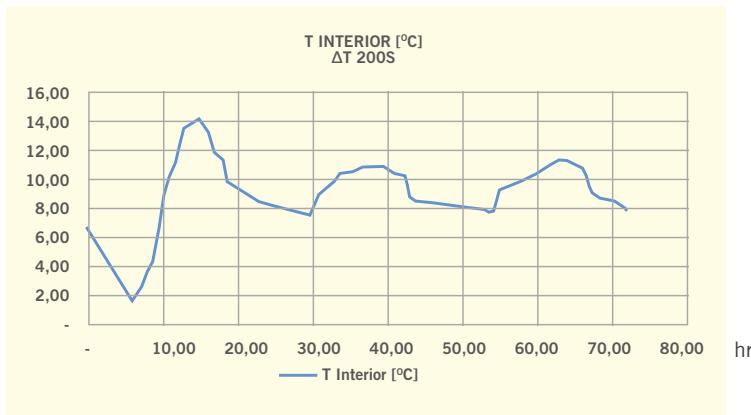
Disminuyendo el paso de tiempo a 295s se obtiene el siguiente resultado:



↑ Figura 16.2 Respuesta de temperatura interior resuelta en intervalos de 295s

Se observan zonas de oscilación espontánea pero dentro de un rango de [(-15 a +35].

- **Modelo resuelto en pasos de 200s.**



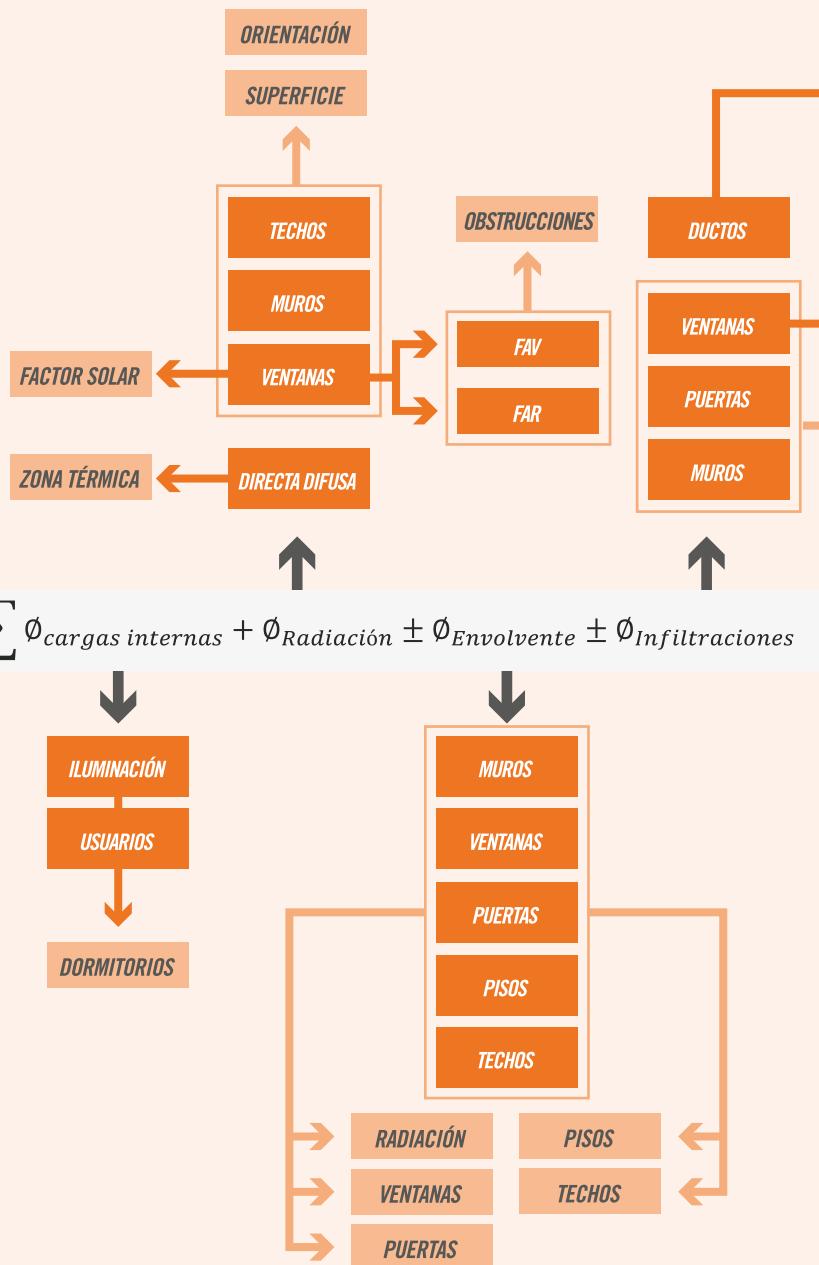
↑ Figura 16.3 Respuesta de temperatura interior resuelta en intervalos de 200s

En general esta situación depende de cada modelo; los modelos livianos requieren de intervalos de tiempo a usar que son inferiores a los requeridos por las viviendas pesadas, esto está fuertemente ligado al impacto de la inercia térmica. Los modelos de inercias altas presentan flujos de calor asociados al intercambio interno de la masa incorporada que evita que los calores netos, luego del balance en cada intervalo, sean elevados, lo que permite en definitiva utilizar mayores espacios de tiempo para resolver.

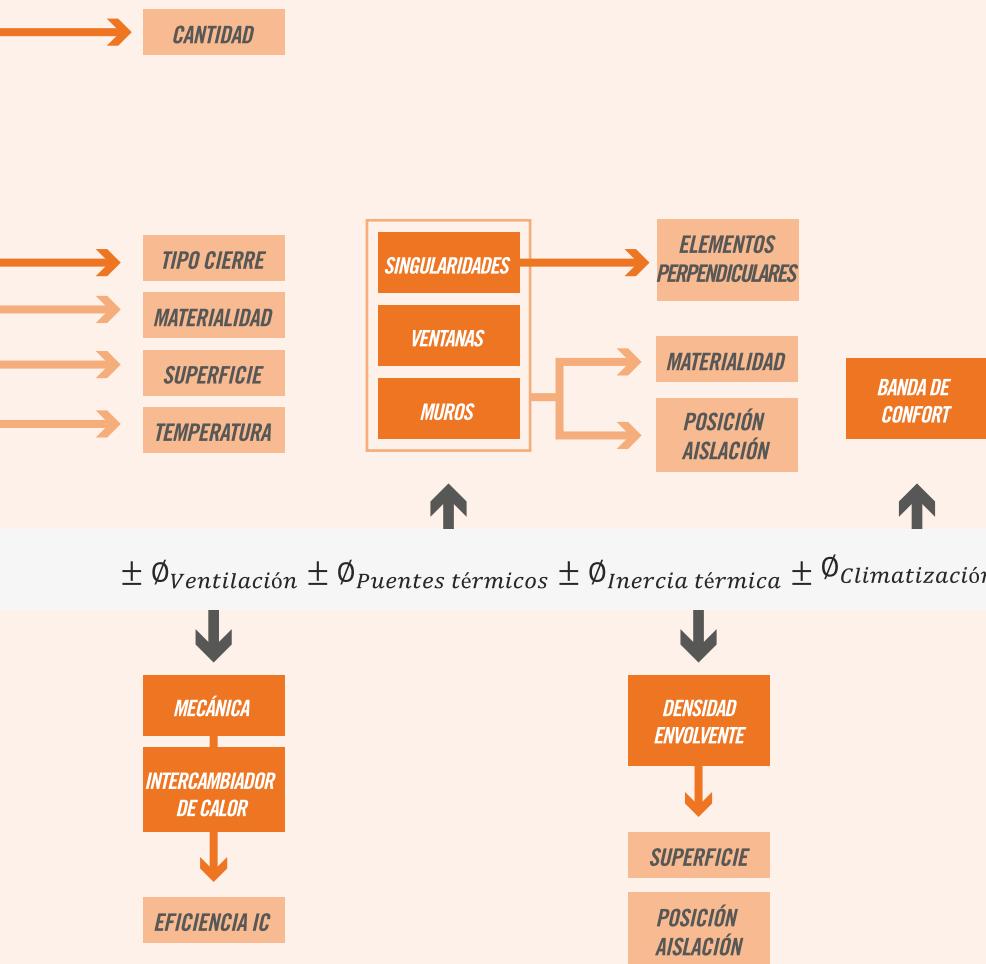
Para los casos estudiados no se ha detectado ninguno donde el tiempo a utilizar haya tenido que ser inferior a 60 segundos.

A continuación se describe la obtención de los flujos necesarios para la ecuación [ 1 ], de tal manera de obtener las variaciones de temperatura de la ecuación [ 2 ].





↑ Figura 16.4 Diagrama de variables y subvariables asociadas al flujo térmico



## 16.1. CARGAS INTERNAS

Según lo señalado en el punto 8.1 Cargas internas

## 16.2. RADIACIÓN

La radiación directa total y difusa se obtiene del antecedente ( 12 ) del cual se obtienen valores en el plano horizontal.

Dicha información es transformada en ocho direcciones: norte, noreste, este, sureste, sur, suroeste, oeste y noroeste. Para el caso de lucarnas, se considera radiación horizontal.

La radiación incidente se calcula como:

$$\phi_{Rad} = \sum_i FS_i * A_i (\phi_{directa} * K + \phi_{difusa} * \beta) \quad [4]$$

*Donde:*

$FS_i$ : Factor Solar del vidrio  $i$

$A_i$ : Área de la ventana  $i$

**$\phi$  Radiación directa:**  $\phi$  Radiación total -  $\phi$  Radiación difusa, ambos datos para radicación horizontal y transformada según orientación.

**$\phi$  Radiación difusa:** Perfil de radiación horaria para cada zona térmica incorporado en la planilla y transformada por orientación.

$K$ :  $K_{fav} * K_{far}$

$\beta$ :  $\beta_{fav} * K_{far}$

### 16.2.1. POSICIÓN SOLAR PARA CHILE

Chile, sin contar con el territorio antártico, se mueve desde los  $-17^{\circ}$  hasta los  $-55^{\circ}$  de latitud, lo que suma una variación de  $38^{\circ}$  desde el extremo norte al extremo sur del país. Esta variación en la latitud presenta posiciones solares muy distintas para un mismo día a lo largo de Chile, lo que fue incorporado por el motor de cálculo en función del mes, hora y la latitud. Las variaciones de longitud se desprecian.

Con el ingreso de la comuna, dato que el evaluador ingresa en la planilla como antecedente del proyecto, se obtiene la latitud del proyecto.

Para determinar la posición solar, se toma un día representativo para cada mes, de acuerdo con la Tabla 16.1. En esta tabla, los días representativos se indican como un día entre 1 y 365.

↓ Tabla 16.1 Días representativos considerados para cada mes

MES	DÍA REPRESENTATIVO (n)
Enero	17
Febrero	47
Marzo	75
Abril	105
Mayo	135
Junio	162
Julio	198
Agosto	228
Septiembre	258
Octubre	288
Noviembre	318
Diciembre	344

Las relaciones geométricas entre un plano de cualquier orientación y la posición del sol con respecto a ese plano, puede ser definida en términos de una serie de ángulos, que se definen a continuación:

- φ– Latitud: La ubicación angular al norte o al sur con respecto al ecuador, considerando valores mayores a 0 para latitudes norte.
- δ– Declinación: Corresponde al ángulo entre la línea Sol-Tierra y la proyección del ecuador terrestre. Considera valores mayores que 0 para latitudes norte.
- β– Inclinación: Corresponde al ángulo entre el plano de la superficie en cuestión y la horizontal.
- γ– Ángulo de azimut de la superficie: Corresponde a la desviación de la proyección



en un plano horizontal de la normal a la superficie. Considera un valor de 0 para el norte, positivo para el este y negativo para el oeste.

$\omega$ – Ángulo horario: Corresponde al desplazamiento angular del sol al este u oeste del meridiano local, debido a la rotación de la tierra sobre su eje. El desplazamiento es de  $15^\circ$  por cada hora y se considera negativo en la mañana y positivo en la tarde.

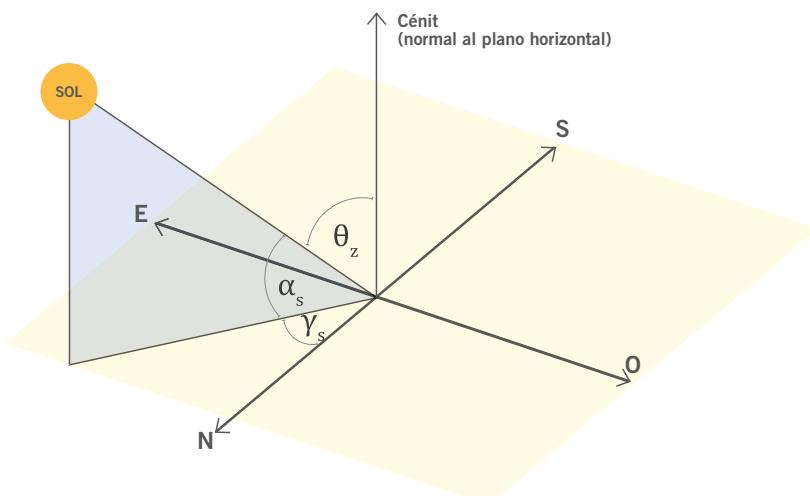
$\theta$ – Ángulo de incidencia: Corresponde al ángulo entre la radiación directa en una superficie y la normal a dicha superficie.

$\theta_z$ – Ángulo cénit: Corresponde al ángulo entre la vertical y una línea hacia el sol. Es decir, corresponde al ángulo de incidencia para una superficie horizontal.

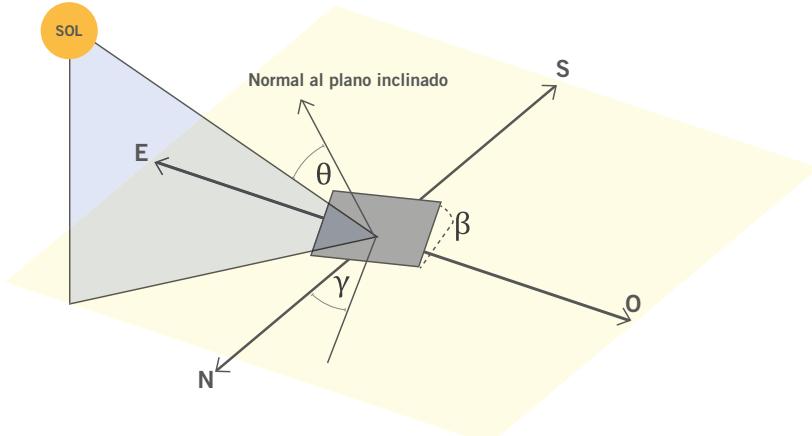
$\alpha_s$ – Ángulo de incidencia solar: Corresponde al ángulo entre la horizontal y una línea hacia el sol. Es decir, corresponde al complemento del ángulo cénit.

$\gamma_s$ – Ángulo azimut solar: Corresponde al desplazamiento angular con respecto al norte de la radiación directa del sol en un plano horizontal.

Los principales ángulos utilizados para la determinación de la radiación solar y de la ubicación del disco solar; se muestran en la Figura 16.5 y Figura 16.6.



↑ Figura 16.5 Ángulos definidos para la ubicación del disco solar con respecto a un punto.



↑ Figura 16.6 Ángulos definidos para la definición de un plano inclinado con respecto a un plano horizontal.

Para cada día representativo, se analizaron diversos parámetros que permiten calcular la posición del disco solar, tanto en azimut como en inclinación. El primer parámetro que se calcula, corresponde a la declinación  $\delta$

$$\delta = 23,45 \cdot \operatorname{sen}\left(360 \cdot \frac{284 + n}{365}\right)$$

Para una superficie, el ángulo de incidencia  $\theta$  se calcula como:

$$\cos(\theta) = \operatorname{seno}\delta \cdot \operatorname{seno}\phi \cdot \cos\beta - \operatorname{seno}\delta \cdot \cos\phi \cdot \operatorname{seno}\beta \cdot \cos\gamma + \cos\delta \cdot \cos\phi \cdot \cos\beta \cdot \cos\omega \\ + \cos\delta \cdot \operatorname{seno}\phi \cdot \operatorname{seno}\beta \cdot \cos\gamma \cdot \cos\omega + \cos\delta \cdot \operatorname{seno}\beta \cdot \operatorname{seno}\gamma \cdot \operatorname{seno}\omega$$

Para obtener el valor de incidencia solar  $\theta_z$  se utiliza la ecuación anterior para una superficie plana, es decir con  $\beta=0$

El azimut solar  $\gamma_s$  puede tener valores entre 180 y -180°. Para latitudes entre -23,45 y -66,45,  $\gamma_s$  toma valores de entre 90 y -90° para días de menos de 12 horas de duración, mientras que para días con más de 12 horas entre la salida y la puesta del sol,  $\gamma_s$  podrá tomar valores mayores a 90° o menores a -90°. Para latitudes tropicales,  $\gamma_s$  puede tomar cualquier valor cuando  $\delta - \phi$  es negativo. Por



lo tanto,  $\gamma_s$  es negativo cuando  $\omega$  es negativo y positivo cuando  $\omega$  es positivo. Por lo tanto, la posición del azimut solar se determina de la siguiente manera para un plano horizontal:

$$\gamma_s = signo(\omega) \left| \cos^{-1} \left( \frac{\cos\theta_z \cdot \operatorname{seno}\phi - \operatorname{seno}\delta}{\operatorname{seno}\theta_z \cdot \cos\phi} \right) \right|$$

### 16.2.1.1. RADIACIÓN EN PLANO INCLINADO

La relación entre la radiación global horizontal y la radiación en un plano inclinado ( $\bar{R}$ ) se obtiene utilizando el modelo de Klein y Theilacker (método KT). Como resultado, se obtiene el valor de  $\bar{R}$  para las principales orientaciones (N, NE, E, SE, S, SO, O, NO) en los distintos meses del año, como muestra el ejemplo de la Tabla 16.2.

El modelo KT considera tanto la radiación directa como la radiación difusa y la radiación reflejada por la tierra. Para esto, además de los ángulos mencionados anteriormente, se consideran los siguientes parámetros:

$\rho_g$ — reflectancia del suelo: También conocido como albedo, corresponde a la fracción de la radiación solar incidente que es reflejada por la tierra. Esta varía de acuerdo diversos factores, incluyendo las propiedades del material de la superficie, la vegetación, la existencia de nieve, etc. Para efectos de los cálculos realizados, se consideró un albedo constante para todas las latitudes  $\rho=2$ .

$G_{sc}$ — constante solar: La radiación emitida por el sol, y la distancia entre la tierra y el sol, resulta en una intensidad de radiación solar prácticamente constante fuera de la atmósfera terrestre. Este valor se estima en  $G_{sc}=1,353$  [W/m<sup>2</sup>] y es utilizado en conjunto con otras variables para estimar la radiación incidente sobre una superficie para una determinada latitud.

↓ Tabla 16.2 Ejemplo de valores de  $R_{\perp}$  para una superficie con inclinación  $\beta=90^{\circ}$  ubicada en Antofagasta (latitud  $\phi=-24,27^{\circ}$ )

MES	N	NE	E	$\bar{R}$	S	SO	O	NO
ENERO	0,25	0,42	0,54	0,48	0,34	0,48	0,54	0,42
FEBRERO	0,32	0,48	0,55	0,43	0,25	0,43	0,55	0,48
MARZO	0,51	0,58	0,56	0,39	0,23	0,39	0,56	0,58
ABRIL	0,78	0,72	0,58	0,34	0,24	0,34	0,58	0,72
MAYO	1,10	0,91	0,60	0,28	0,21	0,28	0,60	0,91
JUNIO	1,29	1,02	0,62	0,25	0,20	0,25	0,62	1,02
JULIO	1,21	0,97	0,61	0,26	0,20	0,26	0,61	0,97
AGOSTO	0,90	0,79	0,59	0,32	0,23	0,32	0,59	0,79
SEPTIEMBRE	0,61	0,63	0,57	0,38	0,25	0,38	0,57	0,63
OCTUBRE	0,38	0,51	0,55	0,42	0,24	0,42	0,55	0,51
NOVIEMBRE	0,25	0,43	0,54	0,46	0,30	0,46	0,54	0,43
DICIEMBRE	0,19	0,38	0,54	0,46	0,31	0,46	0,54	0,38

La ecuación principal para la obtención de  $\bar{R}$  es la siguiente:

$$\bar{R} = D + \frac{\bar{H}_d}{\bar{H}} \left( \frac{1 + \cos\beta}{2} \right) + \rho_g \left( \frac{1 - \cos\beta}{2} \right)$$

Donde:

$\bar{H}_d$ : Corresponde a la radiación difusa media mensual

$\bar{H}$ : Corresponde a la radiación solar media mensual sobre la superficie horizontal

$D$ : Corresponde a una variable que se calcula en función de la latitud, la inclinación, la declinación, los ángulos de puesta y salida del sol y el hemisferio (norte o sur).

$\rho_g$ : Corresponde a la reflectancia del suelo.

La variable D se calcula de la siguiente manera:

$$D = \begin{cases} \max(0, G(\omega_{ss}, \omega_{sr})) & \text{si } \omega_{ss} \geq \omega_{sr} \\ \max(0, [G(\omega_{ss}, -\omega_s) + G(\omega_s, \omega_{sr})]) & \text{si } \omega_{sr} \geq \omega_{ss} \end{cases}$$

*Donde:*

$\omega_{ss}$  Corresponde al ángulo horario del sol para la hora de puesta de sol

$\omega_{sr}$  Corresponde al ángulo horario del sol para la hora de salida de sol

$G(\omega_1, \omega_2)$  Corresponde a una función definida de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} G(\omega_1, \omega_2) = \frac{1}{2d} & \left[ \left( \frac{bA}{2} - a'B \right) \cdot (\omega_1 - \omega_2) \cdot \frac{\pi}{180} + (a'A - bB)(\sin \omega_1 - \sin \omega_2) \right. \\ & - a'C(\cos \omega_1 - \cos \omega_2) + \left( \frac{bA}{2} \right) \cdot (\sin \omega_1 \cos \omega_1 - \sin \omega_2 \cos \omega_2) \\ & \left. + \left( \frac{bC}{2} \right) \cdot (\sin^2 \omega_1 - \sin^2 \omega_2) \right] \end{aligned}$$

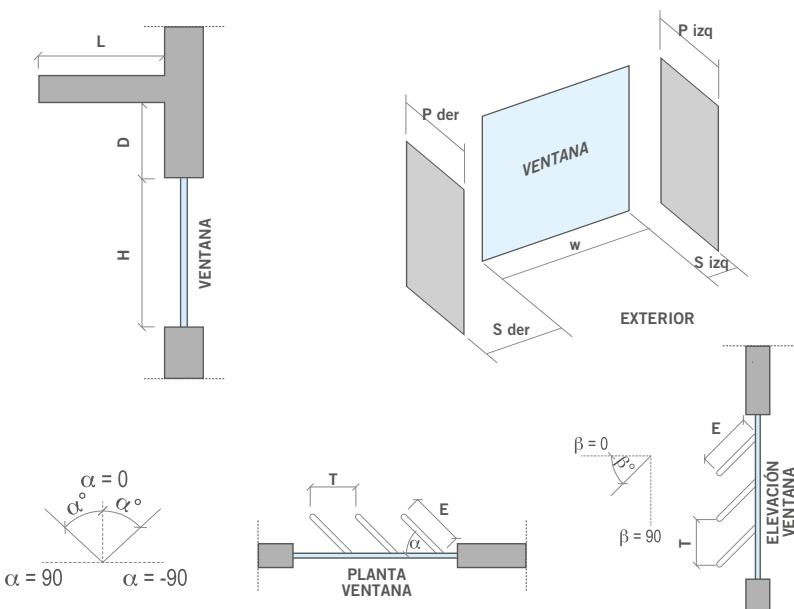
Las variables  $a'$ ;  $b$ ;  $A$ ;  $B$ ;  $C$  se calculan con otras seis ecuaciones que son función de los ángulos y las radiaciones explicadas en la presente sección.

$a'$ ;  $b$ ;  $A$ ;  $B$ ;  $C$

En función de este set de ecuaciones se determinan dieciocho sets de vectores. Nueve de ellos corresponden a las radiaciones totales incidentes sobre los elementos opacos que corresponden a las ocho orientaciones principales además de la radiación para elementos horizontales, los que a su vez permiten el cálculo de  $T_{sol}$  (ver 16.3). Los restantes nueve vectores corresponden a aquellos afectados tanto por el factor FAV como FAR y permiten la estimación de la radiación efectiva a través de las ventanas y lucarnas en el caso de existir.

## 16.2.2. FAV

Para el cálculo del factor de accesibilidad de la ventana, las obstrucciones asociadas a ella corresponden a las señaladas en el punto 7.4.1 Tipos de protecciones solares FAV.



↑ Figura 16.7 Tipologías de obstrucciones particulares de cada ventana

Utilizando los ángulos solares para una latitud en particular se calculan las obstrucciones para cada ventana según las tipologías señaladas en Figura 16.7. La ventana se considera como un punto ubicado en el centro del paño vidriado y sobre ese punto se calcula si la obstrucción bloquea o no el disco solar.

### 16.2.2.1. CÁLCULO VALOR BINARIO $K_{FAV}$

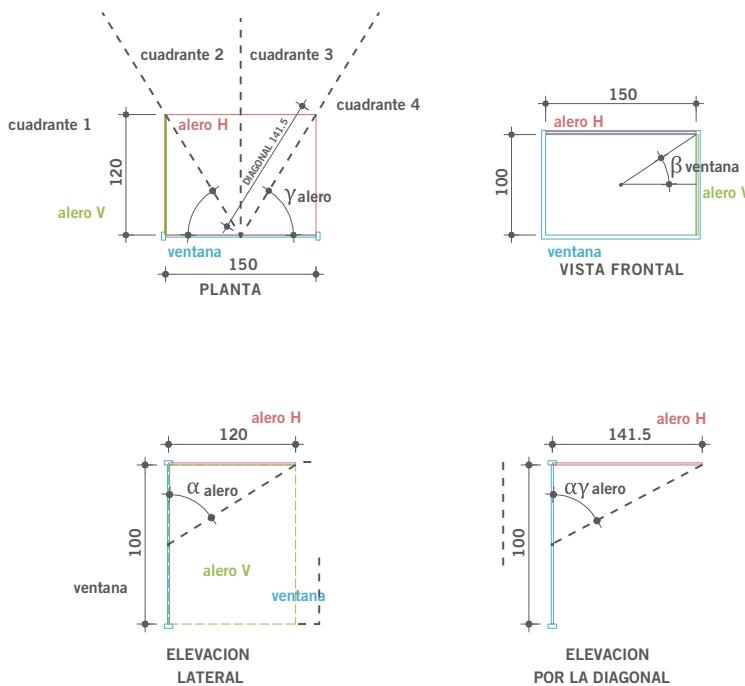
Para el cálculo del valor k se debe conocer si el sol se encuentra bloqueado por la obstrucción cercana FAV, lo cual se resuelve con base en geometría comparando ángulos horizontales ( $\gamma$ ) y verticales ( $\alpha$ )

A continuación, se muestra un ejemplo de una ventana de 150 cm de ancho (W), 100 cm de alto (H), con un alero horizontal de 150 cm de ancho y 120 cm (L) de largo ubicado justo sobre la ventana ( $D=0$ ), así como un alero vertical ubicado a mano izquierda de la ventana de 100 cm de alto y 150 cm de largo (P).

Con lo anterior definido se pueden obtener los ángulos límites que resuelven la constante k que vale 1 si el sol no se encuentra bloqueado y 0 en caso contrario.



Esto se resuelve de manera separada para los cuatro cuadrantes.



↑ Figura 16.8 Definición de ángulos con base en dimensiones de alero

### 16.2.2.1.1. AERO HORIZONTAL

Para el alero horizontal, resolvemos el cuadrante 1 y el 4 de la siguiente manera:

$$si(0 < \gamma_{solar} < \gamma_{alero}) ; si(\alpha\gamma_{solar}(Cuadrante\ 1) > \alpha_{solar}); 1\ si\ no\ 0$$

Donde:

$$\alpha\gamma_{solar}(Cuadrante\ 1) = \text{atan} \left( \frac{H/2 + D}{\sqrt{(W/2 * \tan(\gamma_{solar}))^2 + (W/2)^2}} \right)$$

El cuadrante 2 y 3 se resuelve de la siguiente manera:

$$si(\gamma_{alero} < \gamma_{solar} < 90) ; si(\alpha\gamma_{solar}(Cuadrante\ 2) > \alpha_{solar}); 1\ si\ no\ 0$$

Donde:

$$\alpha\gamma_{solar}(Cuadrante\ 2) = \text{atan} \left( \frac{H/2 + D}{\sqrt{(L * \tan(90 - \gamma_{solar}))^2 + (L)^2}} \right)$$

Donde:

1 corresponde a situación de visibilidad solar

0 corresponde a bloqueo solar.



### 16.2.2.1.2. ALERO VERTICAL

Considerando que este alero se encuentra siempre en el cuadrante 1, se resuelve lo mismo que para el alero horizontal, salvo que la condición de bloqueado o no bloqueado (0 o 1) es inversa. Caso idéntico si fuese en el cuadrante 4 o ambos.

$$si(0 < \gamma_{solar} < \gamma_{alero}) ; si(\alpha\gamma_1_{solar} > \alpha_{solar}); 0 si no 1$$

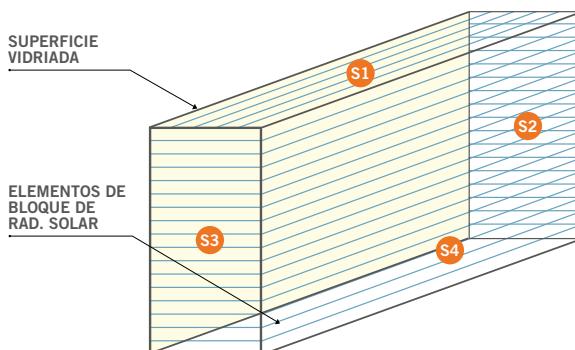
### 16.2.2.1.3. CELOSÍAS

Las celosías, horizontales y verticales, corresponden a un caso particular de los aleros, horizontales o verticales, pero resuelto para franjas de ventanas delimitadas por las celosías. Finalmente, el k binario obtenido para la franja es aplicable para el área completa de la ventana.

### 16.2.2.2. CÁLCULO DE LA VISIBILIDAD DIFUSA $\beta_{FAV}$

Para contar con modelo simple de la visibilidad difusa se consideró lo siguiente.

- Una superficie vertical (ventana) es capaz de recibir radiación difusa equivalente a una superficie visible de un cuarto ( $\frac{1}{4}$ ) de esfera, debido a la fracción de bóveda celeste que es visible desde dicha ventana.
- Las superficies que bloquean dicha radiación se componen de cuatro subsuperficies que pueden ser determinadas para cada tipología de elemento de bloqueo (aleros, celosías, etc.). Estas superficies se detallan en la figura siguiente:



↑ Figura. 16.9. Esquema de una ventana y sus cuatro posibles superficies de bloqueo de radiación.

Con base en el esquema anterior, el porcentaje de visibilidad difusa se determina como:

$$\beta_{FAV} = \frac{\sum \text{Superficies sin elementos de bloqueo}}{\text{Superficie Total}}$$

A modo de ejemplo, una ventana que solo tiene un alero superior presenta una visibilidad difusa de:

$$\beta_{FAV} = \frac{S2 + S3 + S4}{S1 + S2 + S3 + S4}$$

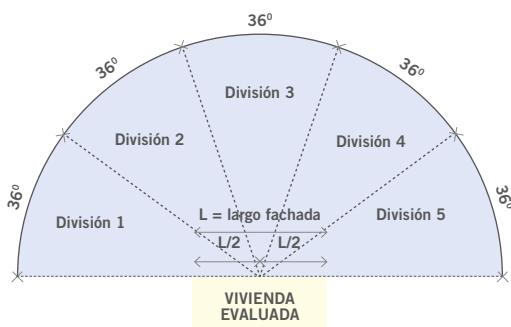
Estas superficies se calculan para cada alero, por lo que finalmente se diseña con el porcentaje de bloqueo generado por la combinación más desfavorable.

$$\beta_{FAV}: \text{Min}(FAV1; FAV3 \text{ Horiz}) * \text{Min}(FAV2; FAV3 \text{ vert})$$

### 16.2.3. FAR

Los FAR se definen únicos por orientación y se calculan considerando el punto central de cada fachada como punto de referencia.

Como simplificación para la ubicación del obstáculo se definieron cinco divisiones para ubicar los obstáculos. Cada división corresponde a una sección de  $36^\circ$  del semicírculo al que tiene visibilidad en planta cada ventana.

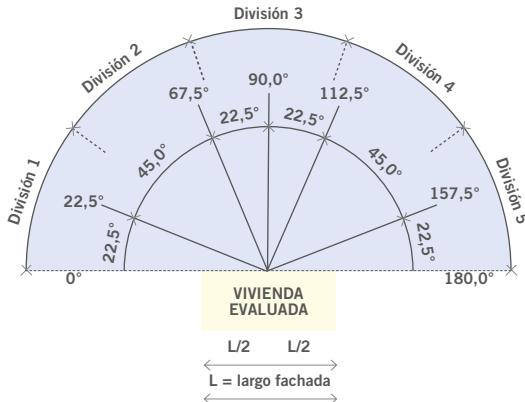


↑ Figura. 16.10. Divisiones para cálculo de FAR

### 16.2.3.1. CALCULO VALOR BINARIO K<sub>FAR</sub>

Para el cálculo del valor k se debe conocer si el sol se encuentra bloqueado por la obstrucción remota FAR, lo cual se resuelve con base en geometría comparando ángulos horizontales ( $\gamma$ ) y verticales ( $\alpha$ ).

En este caso, a diferencia del cálculo del FAV, los ángulos horizontales ( $\gamma$ ) son cinco fijos.



↑ Figura. 16.11. Ángulos horizontales

### 16.2.3.2. CÁLCULO DE LA VISIBILIDAD DIFUSA B<sub>FAR</sub>

Para contar con un modelo simple de la visibilidad difusa se consideró lo siguiente:

- Una superficie vertical (ventana) es capaz de recibir radiación difusa equivalente a una superficie visible de un cuarto ( $\frac{1}{4}$ ) de esfera, debido a la fracción de bóveda celeste que es visible desde dicha ventana.

Con base en lo anterior el porcentaje de visibilidad difusa se determina como:

$$\beta_{FAR} = \frac{\sum \text{Superficies sin elementos de bloqueo}}{\text{Superficie Total}}$$

$$\beta_{FAR} = 1 - \frac{\sum \partial \cdot g}{\pi}$$

**Donde:**

$\partial_i$ =Ángulo vertical bloqueado por la obstrucción

$g_i$ =Ángulo horizontal bloqueado por la obstrucción

Con:

$$\partial = \text{atan} \left( \frac{A}{B} \right)$$

$$g = 2 * \text{atan} \left( \frac{D}{2 * B} \right)$$

**Donde:**

**A [m]:** Diferencia de altura entre ventana y obstáculo

**B [m]:** Distancia entre ventana y obstáculo medido desde el centro de la ventana al centro del obstáculo

**D [m]:** Ancho obstáculo perpendicular a la ventana



## 16.2.4. ILUMINACIÓN NATURAL

El aporte de iluminación natural se calcula con base en la metodología de Factor luz día, para el cálculo del porcentaje de radiación que ingresa del exterior considerando la radiación directa y difusa real que se tiene por orientación en un perfil horario.

$$FLD = \frac{0.85 * FS * A_w * \theta}{A_{rec} * (1 - R^2)}$$

*Donde:*

**FLD:** Factor luz día de la ventana

**FS:** Factor solar de la ventana, incluyendo tintes, protecciones cercanas (FAV) y lejanas (FAR)

**A<sub>w</sub>:** Área ventana

**θ:** Ángulo del cielo visible, en grados, (Se considera 90°)

**A<sub>rec</sub>:** Suma de todas las superficies interiores del recinto

**R:** Reflectancia media (para recintos coloreados en tonos claros se considera un valor de 0,5)

Con base en el porcentaje de luz visible obtenido particularmente para cada ventana, se deberá incorporar una transformación de [W] aportados por el perfil horario de la sumatoria de radiación directa y difusa particular de cada ventana, a través de la siguiente ecuación:

$$Lux_{vivienda} = \sum FLD_i * \phi * \tau$$

*Donde:*

**Lux<sub>Vivienda</sub>:** Lux que ingresa a la vivienda a través de todas las ventanas

**FLD<sub>i</sub>:** Factor luz día de la ventana

**φ:** Flujo en Watts aportados a la ventana *i* por la radiación directa y difusa considerando las protecciones particulares de dicha ventana; FAV, FAR y tinte del vidrio.

**τ:** Transformación de radiación directa y difusa en watts a lúmenes, se considera:  
 $\tau = 95$  [lúmenes/Watt]

Con lo anterior se conocen los lux al interior de la vivienda, evaluada como una monozona, para cada hora y cada mes.

## 16.3. ENVOLVENTE

Corresponde a la transferencia de calor asociada a la envolvente. Es particular de cada caso. Se utiliza un valor de transmitancia térmica para muros, techumbre, piso y ventanas de forma separada, así como el perfil dinámico de temperaturas exteriores.

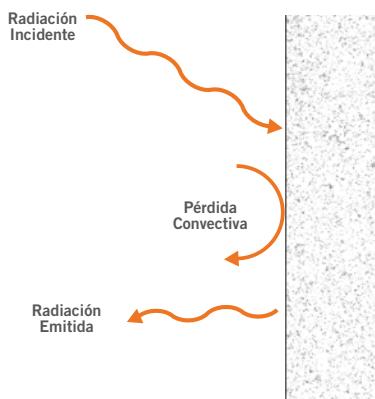
$$\dot{\Phi}_{Envolvente} = U \cdot A \cdot \Delta T$$

$$E_{Envolvente} = U \cdot A \cdot (T_i^{Exterior} - T_i^{Interior}) \cdot \Delta t$$

La expresión anterior, típicamente utilizada para la condición de invierno, corresponde a la transferencia de calor a través de un elemento de envolvente bajo el supuesto que el gradiente térmico que moviliza dicho flujo de calor, queda establecido con base en la diferencia de temperaturas exterior vs interior. Este supuesto, si bien es apropiado en condición de invierno, pierde alguna validez para la condición de verano. La diferencia fundamental es que la superficie exterior de la envolvente, por ejemplo, de un muro, presenta una temperatura significativamente superior a la temperatura exterior ambiente debido a su exposición a la radiación solar.

Para corregir esta situación es que se utiliza una temperatura exterior ficticia, llamada  $T_{Sol-Air}$ , que modela de mejor forma el fenómeno de una temperatura superficial exterior mayor que la ambiente. Lo anterior se realiza con base en lo señalado en el antecedente (14) del capítulo 18 "Referencias".

Si se considera el balance de calor en una superficie expuesta a la radiación solar se tiene:



↑ Figura. 16.12. Balance de calor en superficie bajo radiación solar.



$$\frac{\phi}{A} = \alpha \cdot E + h_o \cdot (T_e - T_s) - \varepsilon \cdot \Delta R$$

*Donde:*

$\phi/A$ : Flujo partido por área de incidencia [W/m<sup>2</sup>]

$\alpha$ : Absortividad de la superficie expuesta a la radiación solar [factor adimensional]

$E$ : Radiación total incidente en la superficie [W/m<sup>2</sup>]

$h_o$ : Coeficiente de película exterior [W/m<sup>2</sup> K]

$T_e$ : Temperatura exterior [°C]

$T_s$ : Temperatura superficial exterior [°C]

$\varepsilon$ : Emisividad de la superficie [factor adimensional]

$\Delta R$ : Diferencia entre la radiación de onda larga incidente sobre el elemento desde el cielo y los alrededores y la emitida por un cuerpo negro a temperatura exterior [W/m<sup>2</sup>]

Si se modela el problema general planteado en la ecuación anterior con base en una trasferencia meramente convectiva hacia el interior del elemento, pero en función de una temperatura exterior equivalente llamada  $T_{sol-air}$  ( $T_{sol}$ ), entonces se puede escribir:

$$\frac{\phi}{A} = h_o \cdot (T_{sol} - T_s)$$

Igualando ambas ecuaciones para obtener  $T_{sol}$ , se llega a:

$$T_{sol} = T_e + \frac{\alpha \cdot E}{h_o} - \frac{\varepsilon \cdot \Delta R}{h_o}$$

Para superficies horizontales, como techumbres, con base en lo señalado en antecedente (14) del capítulo 18 "Referencias" según Bliss (1961),  $\Delta R$  se estima cercano a 63 [W/m<sup>2</sup>], por lo que para una emisividad igual a 1 y un coeficiente de película de 17 [W/m<sup>2</sup> K] se puede reducir a 4K. Asimismo, las superficies verticales reciben radiación desde edificios vecinos, suelo, etc., las diferencias entre radiación emitida y recibida son menores, lo que, para efectos prácticos, se asume  $\Delta R=0$ .

La ecuación final de trasferencia de calor a través de la envolvente que utiliza el motor de cálculo se escribe como sigue:

$$E_{Envolvente} = U \cdot A \cdot (T_i^{Sol} - T_i^{Interior}) \cdot \Delta t$$

*Donde:*

***U:*** Transmitancia ponderada

***A:*** Área

***Δt:*** Intervalo de tiempo

Para bajos valores de radiación incidente, en condición de invierno,  $T_{sol}$  se aproxima a  $T_{exterior}$ , por lo que este modelo se ajusta de buena forma a ambos escenarios.

## 16.4. RENOVACIONES DE AIRE EN LA VIVIENDA

El objetivo es calcular las renovaciones de aire para determinar la pérdida de calor de la vivienda, pero sin dejar de lado la consideración de la ventilación mínima que debe tener la vivienda, considerando tipología de vivienda, sistema constructivo, grado de estanqueidad de la envolvente térmica y sistemas de ventilación según sea natural o mecánica.

Se tienen en cuenta dos factores. En primer lugar, se define un valor mínimo de ventilación requerido del punto de vista sanitario. Por otra parte, se calcula el flujo de aire por infiltraciones, el cual se compara con el flujo de aire requerido para ventilación en diferentes escenarios, para con esto poder determinar el valor de tasa de renovaciones por hora a utilizar en el cálculo de pérdida de calor de la vivienda.



## 16.4.1. FLUJO MÍNIMO DE VENTILACIÓN REQUERIDO

Se define la renovación de aire mínima requerida desde el punto de vista higiénico.

Las renovaciones de aire higiénicas [Ren/h] corresponden al valor mínimo a considerar. En el caso de un sistema de ventilación controlado por la medición de CO<sub>2</sub>, el concepto de flujo mínimo se reemplaza por la ventilación necesaria para tener una concentración máxima de CO<sub>2</sub> de 1000 PPM.

Las renovaciones de aire higiénicas ( $F_{min}$ ) se calculan mediante la siguiente ecuación:

$$F_{min} = (0,3 * AV + 2,5 * NP) * 3,6 / VV$$

*Donde:*

**AV:** Área de piso de la vivienda [ $m^2$ ]

**NP:** Número de personas de la vivienda. Corresponde al número de habitaciones + 1

**VV:** Volumen de la vivienda [ $m^3$ ]

El valor obtenido por esta ecuación corresponde al valor recomendado por la norma chilena NCH 3308, el sistema de calificación CES y manual Ashrae.

## 16.4.2. CÁLCULO DE LAS RENOVACIONES DE AIRE NATURALES – MODELO DETALLADO

Para realizar los estudios paramétricos, fijar algunas variables a controlar y generar el modelo de cálculo a usar en la calificación, previamente se genera un modelo detallado de cálculo de renovaciones de aire, que considera en forma conjunta las renovaciones de aire naturales y el efecto de los elementos mecánicos.

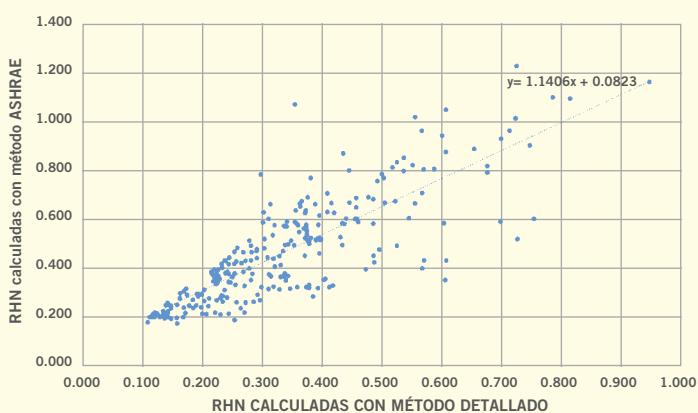
En efecto, esta parte del trabajo se realizó con un estudio para algunas tipologías típicas basado en un programa de cálculo detallado (tipo TRNFLOW), donde se genera un sistema de ecuaciones para el cálculo del flujo de aire por cada orificio. El cálculo del flujo se basa en las características del orificio (proveniente de un test de presurización) y de las presiones de aire en cada lado del orificio. Para el cálculo de las presiones, se considera tanto la presión del viento como la presión de la diferencia de densidades. El sistema de ecuaciones se resuelve en forma simultánea para obtener la presión interior. Con esto, se calcula el flujo

de aire por cada orificio. Este procedimiento se repite para cada hora de los tres meses más fríos del año para obtener las infiltraciones promedio del período.

Esto se hace para todas las zonas climáticas y para todas las tipologías.

Además de este modelo detallado, se considera un modelo empírico que corresponde al modelo de Sherman, el cual fue mejorado y publicado en Ashrae (ASHRAE, 2009) como propuesta para realizar este cálculo. Este modelo tiene la ventaja de que se trata de un modelo empírico. Este se basa en mediciones realizadas mediante el método de presurización, para caracterizar la estanqueidad de la vivienda y luego mediante ensayos de dilución de contaminantes se obtienen los valores de infiltración para la operación normal de la vivienda. Sin embargo, tiene la desventaja de que el modelo empírico ha sido obtenido a partir de mediciones en viviendas en Estados Unidos, donde se tienen características de construcción muy diferentes a las de Chile. Además, dado que es un modelo que requiere poca información de entrada, no tiene en cuenta detalles constructivos de la vivienda como lo hace el modelo detallado.

La figura siguiente muestra la comparación entre el modelo detallado y el modelo de Ashrae.



↑ Figura 16.13 Comparación entre los resultados del modelo detallado y del modelo TRNSYS.

Se observa una gran dispersión de resultados, debido a que, como se dijo antes, el método Ashrae no considera todos los detalles de cada vivienda que sí considera el método detallado. Sin embargo, en general, este método sobredimensiona las infiltraciones. En este caso, se toma la condición más desfavorable desde el punto de vista del consumo de energía, y se toman como base los resultados del modelo de Ashrae. Esta base corresponde a los resultados de una vivienda de un piso en la zona central de Chile.

A partir de esta base, se proponen algunos factores de corrección F1, F2, F3 y F4 para tener en cuenta otras variables. Estos factores, se calculan como un promedio de lo que entrega el modelo Ashrae y lo que entrega el modelo detallado. En los casos en que el modelo Ashrae no pueda representar una situación específica, los factores de corrección se calculan solo con base en los resultados del modelo detallado.

Se debe tener en cuenta que, para el cálculo de consumo de energía, se tomó la opción de usar el valor más alto obtenido de los dos modelos, como condición más desfavorable. Por tanto, en la práctica es muy posible que las tasas de infiltraciones sean significativamente menores a las calculadas acá. Es muy importante tener esto en consideración, de manera que se tomen los debidos resguardos a la hora de asegurar una ventilación mínima requerida, considerando que las infiltraciones reales pueden ser mucho menores a las calculadas por la planilla.

Los valores de diferencia de temperatura entre el interior y exterior ( $\Delta T$ ) y velocidad promedio del viento considerados en el presente estudio se muestran en la tabla siguiente. Estos se obtienen de los archivos de clima de cada zona térmica.

↓ Tabla 16.3 Condiciones meteorológicas consideradas

LOCALIDAD	VELOCIDAD DEL VIENTO PROMEDIO [M/S]	DIFERENCIA DE TEMPERATURA MEDIA INTERIOR- EXTERIOR EN INVIERNO[°C]
Iquique	3,05	5,6
Copiapó	3,70	9,5
Valparaíso	3,28	9,4
Santiago	2,80	12,0
Concepción	2,70	12,1
Temuco	2,50	13,6
Osorno	2,70	13,7
El Teniente	4,18	16,8
Punta Arenas	6,70	18,9
Calama	5,97	13,7

## 16.4.3. PROCEDIMIENTO PARA EL CÁLCULO DE LAS RENOVACIONES DE AIRE EN UNA VIVIENDA

Para la presente calificación se genera un modelo de cálculo para obtener las renovaciones de aire naturales a partir de los resultados del test de presurización de la vivienda. En el caso en que no se disponga del resultado del test de presurización, se pone a punto también un modelo para el cálculo del nivel de permeabilidad de la vivienda, lo que es equivalente al resultado del test de presurización. A continuación, se describen ambos modelos.

### 16.4.3.1. CÁLCULO DE HERMETICIDAD DE LA VIVIENDA

El ensayo de hermeticidad o de presurización se produce induciendo un flujo de aire en el interior de la construcción a través de un ventilador. En general, se induce una diferencia de presión de 50 [Pa] entre el interior y el exterior de la construcción, y se mide cual es el flujo de aire que se debe inyectar para mantener esta diferencia de presiones.

Para la calificación energética es posible hacer el ensayo a 50 [Pa] de la vivienda completa y obtener el flujo de infiltraciones, o hacer el ensayo por cada uno de los elementos y luego sumarlos para obtener el total. También se pueden obtener los valores de hermeticidad a partir de una base de datos por defecto integrada a la calificación.

Por tanto, se tienen tres opciones para calcular las infiltraciones de aire en la calificación.

- 1.** Estimar las infiltraciones con base en valores por defecto propuestos por tipo de elemento.
- 2.** Utilizar un certificado por algunos elementos de puertas y ventanas y el resto por los valores por defecto.
- 3.** Realizar ensayo de hermeticidad de la vivienda completa.

Cualquiera de estas opciones entrega un valor de [ren/h a 50 Pa].

Los valores por defecto a utilizar cuando no se tienen las características de los elementos, se muestran en las tablas siguientes, los cuales se obtuvieron del proyecto Fondef D10/1025 “Establecimiento de clases de infiltraciones aceptables de edificios para Chile” realizado por el Citec UBB. Los valores a usar por defecto corresponden a los valores máximos reportados por este estudio.



↓ Tabla 16.4. Valores de hermeticidad por defecto para las ventanas.

<b>VENTANAS A 100 [PA]</b>	<b>[m<sup>3</sup>/h m<sup>2</sup>]</b>
AL-PVC Abatir	5,6
AL-PVC Corredera (1M-1F)	35,0
AL-PVC Corredera (2M)	46,0
AL-PVC Guillotina	28,6
AL_PVC Proyectante	12,7
AL-PVC Fija	10,0
Madera	85,0
Madera DVH europea	4,0
Fierro	120,0

↓ Tabla 16.5. Valores por defecto para la hermeticidad de las puertas

<b>PUERTAS</b>	<b>[m<sup>3</sup>/h m<sup>2</sup>]</b>
Cholguán	140
Madera	120
Aluminio	118

↓ Tabla 16.6. Valores de hermeticidad para la construcción completa sin incluir puertas y ventanas.

<b>CASA COMPLETA EXCEPTO PUERTAS Y VENTANAS A 50 [PA]</b>	<b>[m<sup>3</sup>/h m<sup>2</sup>]</b>
Hormigón	6,4
Ladrillo	7,2
Ladrillo – Madera	11,8
Ladrillo – Metalcón	11,8
Madera	20,4
Metalcón	14,0

Para la calificación, es necesario tener también el efecto de los ductos de ventilación, ya que los ensayos de presurización se realizan con estos ductos sellados. Por tal motivo, primero se calculan las renovaciones a 50 Pa sin los ductos de ventilación y luego se le agrega el efecto de los ductos de ventilación.

Las renovaciones por hora final, con los ductos, se calculan como:

$$RH_{50Pa} = RH_{50Pa \text{ sin ductos}} + RH_{50Pa \text{ DV}}$$

*Donde:*

**RH<sub>50 Pa sin ductos</sub>:** Valor obtenido del cálculo o de la medición estandarizada a 50 [Pa]

**RH<sub>50 Pa DV</sub>:** Corresponde al aumento de las infiltraciones por efecto de ductos de ventilación u otros ductos

*Donde*

$$RH_{50Pa \text{ DV}} = \frac{250}{V} \sqrt{N_1 + 1.5 * N_2}$$

**V:** Volumen de la vivienda

**N<sub>1</sub>:** Número de ductos de ventilación o chimeneas existentes en la vivienda

**N<sub>2</sub>:** Número de celosías de ventilación que comuniquen con el exterior y que no tengan dámper

Se debe tener en cuenta que solo se deben considerar los ductos u otros elementos que no sean operables, es decir que no se puedan cerrar cuando no se requiera la ventilación.



### 16.4.3.2. MODELO DE CÁLCULO DE LA TASA EFECTIVA DE RENOVACIÓN DE AIRE

La ecuación de cálculo de las renovaciones por hora naturales en la condición natural en que se encuentra la vivienda se expresa por la ecuación:

$$RHN = \frac{RH_{50Pa}}{N} F_1 \times F_2 \times F_3 \times F_4$$

$$N = 20,8$$

*Donde:*

**N:** coeficiente empírico que, para este caso vale 20,8

**RHN:** Número de renovaciones de aire por hora promedio de la vivienda. El factor se puede calcular en verano o invierno en forma diferenciada.

**RH<sub>50Pa</sub>:** Número de renovaciones de aire por hora a 50 [Pa] de diferencia de presión entre el interior y el exterior. Este valor se puede obtener a partir de un ensayo de presurización o de un procedimiento de cálculo que se explicó en el punto anterior.

Los valores de RHN se han aumentado en un 15 % (respecto a los valores más probables) considerando la dispersión en los resultados y la complejidad del método de cálculo de infiltraciones naturales, y considerando también que los valores por defecto deben ser los más desfavorables para promover la mejora en la calidad térmica de las construcciones.

Los factores  $F_i$  corresponden a coeficientes empíricos que tienen en cuenta diferentes elementos como:

**F<sub>1</sub>:** Factor que tiene en cuenta la zona térmica donde está ubicada la vivienda.

**F<sub>2</sub>:** Factor que tiene en cuenta el número de pisos de la vivienda.

**F<sub>3</sub>:** Factor que considera la existencia o no de ductos de ventilación o evacuación de gases como calefón y celosías de ventilación o similar.

**F<sub>4</sub>:** Factor que tiene en cuenta la época en la cual se realiza el cálculo (invierno o verano).

Los valores para estos factores se muestran en la tabla 16.7, y se obtienen de los resultados de las simulaciones detalladas de las tipologías en todos los climas y considerando además los resultados del modelo Ashrae en el caso en que el modelo Ashrae permita evaluar esa situación. Por ejemplo, para el F<sub>3</sub> y F<sub>4</sub> solo se consideran los resultados del modelo detallado, ya que el modelo Ashrae no considera estas variables.

↓ Tabla 16.7. Valores de los coeficientes empíricos de la ecuación para cada zona térmica.

LOCALIDAD DE CÁLCULO	ZONA TÉRMICA	F1	F2		F3		F4	
			VIVIENDA DE 1 PISO	VIVIENDA DE 2 PISOS O MÁS	VIVIENDA SIN DUCTO VENTILACIÓN	VIVIENDA CON DUCTO VENTILACIÓN	CÁLCULO PARA INVIERNO	CÁLCULO PARA VERANO
Iquique	A	0.91		1.10		1.23		0.78
Copiapó	B	1.07		1.16		1.16		0.76
Valparaíso	C							
Santiago	D							
Concepción	E	1.00	1.00	1.18	1.00	1.24	1.00	0.62
Temuco	F							
Osorno	G							
El Teniente	H	1.36		1.15		1.16		0.70
Punta Arenas	I	1.91		1.19		1.04		0.83
Calama	B-H	1.75		1.09		1.07		0.84

Las zonas CDEFG se han considerado como una sola zona, ya que no se encontraron diferencias significativas entre los resultados de las mismas.



### 16.4.3.3. ENSAYO DE DILUCIÓN DE CONTAMINANTES

Se puede modificar el valor de  $RHN$  a usar en la calificación a partir de un ensayo de dilución de contaminante. En ese caso, primero se debe realizar un ensayo de presurización para definir el valor de  $RH_{50\text{ Pa}}$  y luego, se realiza el ensayo de dilución de contaminantes para obtener el valor de  $RHN_{ed}$ . Posteriormente, se determinan los valores de  $F_{1ed}$ ,  $F_{2ed}$ ,  $F_{3ed}$  y  $F_{4ed}$  para las condiciones en que se realizó el ensayo. Con estos datos, se obtiene el valor de  $N_{ed}$  de la ecuación siguiente, que se basa en la ecuación de la definición de RHN

$$N_{ed} = \frac{RH_{50\text{Pa}}}{RHN_{ed}} F_{1ed} \times F_{2ed} \times F_{3ed} \times F_{4ed}$$

**Nota:** El subíndice “ed” indica que los resultados corresponden al ensayo de dilución de contaminantes.

Luego, se calculan los valores de  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$  y  $F_4$  para las condiciones nominales que exige el cálculo, y se obtiene finalmente el valor de RHN a usar en la calificación con la ecuación siguiente:

$$RHN = \frac{RH_{50\text{Pa}}}{N_{ed}} F_1 \times F_2 \times F_3 \times F_4$$

El valor de  $F_1$  depende de la velocidad del viento y la diferencia de temperaturas entre el interior y el exterior de la vivienda. Este se ha obtenido a partir de una serie de simulaciones anuales horarias en varias tipologías y varios climas. Por tanto, el procedimiento no es directo para obtener un valor de  $F_1$  para las condiciones del ensayo de dilución de contaminantes. Por tanto, para el cálculo de  $F_{1ed}$  se propone una correlación matemática simplificada, la cual se ha obtenido a partir de los resultados generales de las simulaciones y queda expresado por la siguiente ecuación:

$$F_{1ed} = 0.241 \sqrt{0.671 \Delta T + 1.14 V^2}$$

*Donde:*

$\Delta T$ : Es la diferencia de temperaturas promedio entre el interior y el exterior de la vivienda para el período en que se realizó el ensayo.

$V$ : Es la velocidad promedio del viento durante el ensayo en [m/s].

Para que el test sea válido, los valores de  $\Delta T$  y  $V$  que se tengan durante las mediciones deben estar en los rangos que se muestran en la tabla siguiente:

▼ Tabla 16.8. Rango de validez de condiciones ambientales para realizar el ensayo de dilución de contaminantes.

VARIABLE	RANGO
$\Delta T$ [C]	5 a 20
V [m/s]	3 a 6

#### 16.4.3.4. USO DE SISTEMA DE VENTILACIÓN CONTROLADA

El sistema de ventilación controlada puede ser mecánico o natural controlado. El cálculo de este es mucho más complejo, ya que se requiere un modelo de cálculo que resuelva en conjunto el cálculo de las infiltraciones con aberturas de superficie variable y el efecto del ventilador. Además, se debe realizar el cálculo hora a hora para conocer en qué momento del día la ventilación se puede suprir solo con las infiltraciones o es necesario aumentar el área de las aberturas o en último caso hacer funcionar el ventilador. Por tanto, en este caso no es posible diferenciar lo que es infiltraciones de ventilación, ya que estos dos medios de producción de flujo de aire se interfieren en forma muy significativa.

En efecto, dado un patrón de flujo de infiltraciones, cuando se hace funcionar un ventilador, las presiones interiores cambian en forma muy significativa, y los flujos de aire también. Por ejemplo, puede que haya orificios por los que no salga aire, en un caso sin ventilador, mientras que en uno con ventilador, este flujo puede producirse. Se debe tener claro también que este fenómeno no pasa con el uso de un recuperador de calor, ya que, en ese caso, el aire se impulsa y se extrae por dos ventiladores, por tanto, no modifican la presión dentro del recinto.

Para resolver este complejo problema en el marco de la calificación se realizan una serie de simulaciones detalladas, con un modelo que considera un paso de tiempo de seis minutos y se simula en forma completa las infiltraciones y ventilación para los 3 meses más fríos del año. Se simulan algunas tipologías típicas en diferentes climas y con diferentes niveles de hermeticidad. Luego se hace un análisis paramétrico para generar un modelo simplificado para ser usado en el contexto de la calificación.

Si el usuario desea realizar su propio cálculo, puede hacerlo, pero debe utilizar un modelo similar o mejor al utilizado acá y bajo condiciones de borde precisas. El detalle de los requerimientos para la simulación se indica en el Anexo C de este manual.

El principal requerimiento para ser considerado como sistema de ventilación controlada es disponer de uno o varios medidores de  $\text{CO}_2$  que accionen los actuadores que



producirán el control de la ventilación. El número de medidores se define según el criterio que se detalla a continuación:

- Se debe instalar un número de medidores de CO<sub>2</sub> tal que entre cualquier habitación y el medidor de CO<sub>2</sub> más cercano no exista más de una puerta.
- Entre el medidor y cada una de las puertas, no debe haber más de 8 m. Esto implica que, en general, para una vivienda típica pequeña del país, este requerimiento se logra con solo un medidor en el estar o en el pasillo de distribución.
- Este o estos medidores de CO<sub>2</sub> deben comandar un orificio o chimenea de ventilación operable y/o un ventilador. El diseño de este sistema también puede incluir un recuperador de calor, y por tanto acreditar la energía ahorrada por el precalentamiento.

El cálculo para obtener el modelo simplificado se basa en las condiciones de tiempo real (temperatura del aire exterior y velocidad y dirección del viento). Se considera un límite máximo de contaminación interior por CO<sub>2</sub> de 1000 PPM y una generación de CO<sub>2</sub> en el interior de la vivienda dado por la norma chilena NCH 3308. También considera un perfil de uso que se detalla en el Anexo C.

El análisis paramétrico demuestra que, si se ponen los resultados en función de algunas variables adimensionales, una correlación única puede representar los resultados del conjunto de tipologías y climas, a partir de las cuales se puede obtener el flujo de aire requerido para mantener el nivel de CO<sub>2</sub> bajo 1000 PPM y el porcentaje de tiempo que debe operar el ventilador.

Las variables consideradas son:

$$RVN = \frac{RHN}{F_{min}}$$

*Donde:*

**RVN:** Razón entre las renovaciones de aire naturales debido a las infiltraciones y el flujo de aire mínimo requerido como renovación de aire higiénica [-].

**RHN:** Renovaciones por hora naturales. Flujo de aire producido solo por las infiltraciones de la vivienda. [ren/h]

**F<sub>min</sub>:** Flujo de aire mínimo requerido del punto de vista higiénico en la vivienda.

$$RV = \frac{RHT}{F_{min}}$$

**Donde:**

**RV:** Razón entre las renovaciones de aire totales y el flujo de aire mínimo requerido como renovación de aire higiénica [-].

**RHT:** Renovaciones de aire totales. Es el flujo de aire total producto de la ventilación controlada que permite obtener un nivel de CO<sub>2</sub> interior inferior a 1000 PPM.

$$\%UV = \frac{HURV}{HUMAX}$$

**Donde:**

**%UV:** Razón entre las horas de uso real del ventilador, en el contexto de la ventilación controlada y las horas de uso en el caso de que no se tenga un sistema de control.

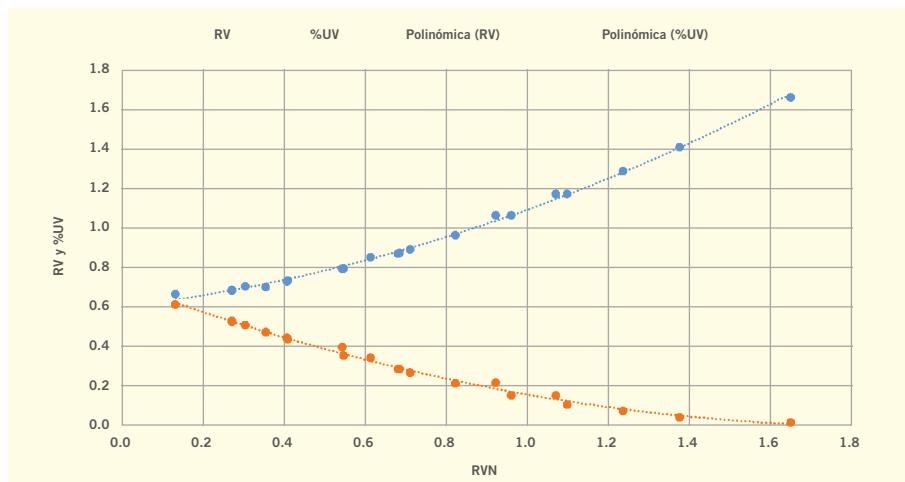
**HURV:** Número de horas que debe operar el ventilador para asegurar el nivel máximo admisible de 1000 PPM de CO<sub>2</sub> en el contexto del sistema de ventilación controlada para las condiciones de borde descritas en los párrafos anteriores de este mismo apartado.

**Humax:** Número de horas que debe operar el ventilador en el caso de que no se tenga un sistema de control. En este caso se considera que debe operar en forma continua durante todo el año, ya que es la única forma de asegurar que se tiene la ventilación mínima requerida.

Se debe señalar que el indicador %UV es válido para el caso en que no se tenga un sistema de ventilación natural controlada; es decir en que no se tengan orificios de área variable controlados por el medidor de CO<sub>2</sub> para manejar la ventilación en forma natural. En el caso de que además del ventilador se tenga un sistema de ventilación natural controlada, que actúe previo al uso del ventilador, los valores de %UV serán reducidos en un 20 %. En el caso de que se tenga un sistema en que la reducción en forma natural permite una reducción mayor al 20 % y en el caso de que se quiera acreditar para la presente calificación, se puede hacer el cálculo en forma manual y detallada, respetando siempre las condiciones de borde y la metodología de cálculo indicada en este manual.



La figura siguiente muestra la relación entre estas variables, la cual es utilizada en la presente calificación.



↑ Figura 16.14 Relación entre RV, %UV y RVN a usar en la calificación.

En la calificación no se utiliza exactamente esta correlación, ya que es la condición más probable y en general los valores por defecto corresponden a los valores más desfavorables. Por tanto, se castigarán estos resultados en porcentajes diferentes para cada caso, con la finalidad de promover una mejora en las condiciones de ventilación.

#### 16.4.4. CONSIDERACIONES PARA LA APLICACIÓN DE LAS INFILTRACIONES EN EL CÁLCULO DEL CONSUMO DE ENERGÍA

Mediante el procedimiento explicado antes, se calcula el valor de las RHN, luego se debe determinar cuál es el valor de renovaciones de aire a considerar para el cálculo de la pérdida de calor por renovaciones de aire.

El valor a considerar depende del tipo de sistema de ventilación que se disponga. Para el presente sistema de calificación se consideran cinco casos, estos son:

- **Caso 1.** No tiene sistema de ventilación
- **Caso 2.** Dispone de un extractor de aire sin control y por tanto debe estar encendido todo el tiempo

- **Caso 3.** Dispone de un sistema de recuperador de calor
- **Caso 4.** Dispone de un sistema de ventilación controlado
- **Caso 5.** Sistema de ventilación controlada con recuperador de calor

Para los casos 1, 2 y 3, se debe considerar que se requiere al menos una renovación de aire mínima de  $F_{min}$ , la cual debe asegurarse por algún medio. Para el caso 3, si bien se cumple que el flujo de aire mínimo es  $F_{min}$ , la pérdida de calor es menor, debido al precalentamiento del aire que ingresa a la vivienda.

Para ser más específicos respecto al flujo de aire requerido (en caso de no tener control), considerando que los problemas de ventilación no son instantáneos, se requiere que el 80 % de los días de los tres meses más fríos del año, el promedio diario de renovación de aire sea igual o superior a  $F_{min}$  [ren/h]. De todas formas, dada la variabilidad de la ventilación natural, el 20 % del tiempo restante, los valores diarios de las renovaciones de aire son también aceptables.

A continuación, se analiza cada uno de los casos.

- **Caso 1. No se tiene sistema de ventilación**

La ventilación solo se produce por las infiltraciones. En el caso de que la vivienda tenga una hermeticidad tal que no asegure un flujo de aire mínimo higiénico, se deben incorporar orificios de ventilación fijos, de tal forma que se logre la ventilación mínima requerida.

Se considera que, de no existir un sistema de ventilación controlada adecuada, las aberturas de ventilación natural se deben aumentar para permitir que la mayor parte del tiempo se tenga la ventilación mínima requerida. En este sentido, se propone que los orificios de ventilación natural fijos se aumenten en un 35 % respecto de los orificios para obtener una ventilación mínima requerida en promedio ( $F_{min}$ ). Por tanto, cuando no se tiene un sistema de renovación de aire controlado, el flujo de aire mínimo a considerar para el consumo energético es de:

$$1,35 * F_{min} \text{ [ren/h].}$$

El dato de  $1,35 * F_{min}$  [ren/h] se obtiene de una serie de simulaciones con el modelo detallado hora a hora para diferentes climas y diferentes tipologías, donde se obtiene que para una vivienda con una renovación media de 1 [ren/h], el 80 %



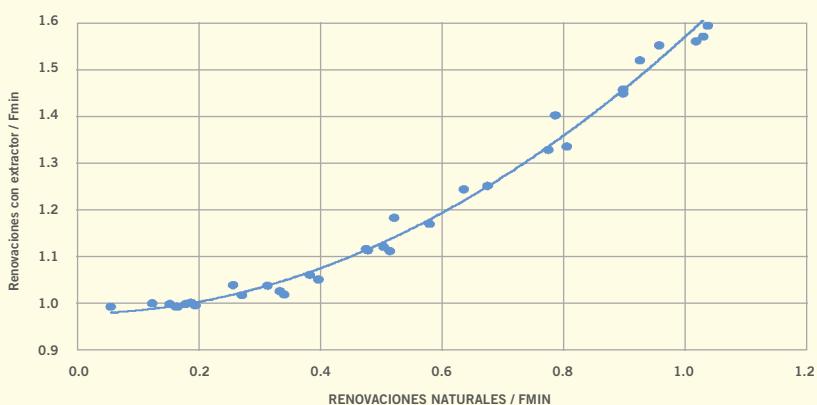
del tiempo o más del periodo de invierno, se tiene una renovación de aire igual o superior a 0,75 [ren/h].

- **Caso 2. Extractor de aire sin control.**

Físicamente, este caso corresponde a un ventilador que permita extraer o impulsar un flujo equivalente a  $F_{min}$  [ren/h] en forma permanente todo el tiempo.

En una vivienda de baja hermeticidad, el agregar un flujo constante de  $F_{min}$  [ren/h], además de asegurar una ventilación mínima, implica que, en ciertos momentos, los flujos de renovaciones de aire aumentan claramente sobre los valores mínimos requeridos.

La figura siguiente muestra los resultados de las simulaciones en diferentes tipologías en las que se va aumentando la hermeticidad de la vivienda y se analiza cómo se comporta la renovación de aire total, considerando que en todos los casos se tiene un extractor con un flujo de  $F_{min}$  [ren/h].



↑ Figura 16.15 Relación entre las renovaciones de aire naturales de una vivienda y las renovaciones de aire que tendría esta misma vivienda después de instalar un extractor de aire de  $F_{min}$  [ren/h]

Como se ve, para una hermeticidad del edificio baja, desde 0,8 (Renovaciones naturales /  $F_{min}$ ), comienza a ser atractivo la instalación del ventilador de  $F_{min}$  [ren/h], ya que permite bajar del valor de 1,35  $F_{min}$  [ren/h] que se asignaría en el caso en que no tuviera ventilador.

Por tanto, para este caso, la ecuación propuesta para el cálculo de las renovaciones por hora a considerar en el consumo energético es:

$$RACE = F_{min}(0.9856 - 0.0014X + 0.5785X^2)$$

$$X = \frac{RHN}{F_{min}}$$

Para este caso, se tienen las siguientes opciones:

- Si las ( $RHN/F_{min}$ ) son mayor que 0.8, no se considera este ventilador y se recomienda que se use solo en eventos de alto nivel de contaminación o simplemente que no se use.
- En caso contrario, se considera un valor de RACE según ecuación anterior.

Para este caso, se debe considerar también el consumo eléctrico del ventilador, teniendo en cuenta que este debe estar encendido las 24 horas del día durante todo el año.

En este caso, si se instala un ventilador con un flujo menor a  $F_{min}$  [ren/h], se debe demostrar mediante cálculo realizado por el evaluador energético, que se cumple la condición de que al menos un 80 % del tiempo las renovaciones de aire por hora serán superiores a  $F_{min}$  [ren/h]. Además, deberá obtener el flujo de renovación de aire promedio que se alcanzaría en estas condiciones para los tres meses más fríos del año. Este será el valor a usar en la calificación. El evaluador debe entregar la memoria de cálculo, donde se incluyan todos los detalles necesarios para la verificación del cálculo. El modelo a usar debe ser un modelo detallado con una resolución temporal de una hora.

#### • Caso 3. Dispone de un sistema de recuperador de calor

Para entrar en esta categoría se debe instalar un recuperador de calor aire-aire que precaliente el aire de ventilación con el aire que sale de la vivienda. El procedimiento que se detalla a continuación solo es válido para este tipo de recuperadores. En el caso de que se tenga otro tipo de recuperador de calor, como precalentador de aire bajo tierra o similar, se debe adjuntar memoria de cálculo en formato libre donde demuestre claramente los ahorros en energía por renovación de aire a considerar.

Para el caso del recuperador aire-aire, este debe estar diseñado para proveer la totalidad



de la ventilación necesaria para la vivienda, es decir las  $F_{min}$  [ren/h]. El flujo de aire a utilizar para calcular el consumo de energía queda expresado por la siguiente ecuación:

$$RACE = F_{min} * (1-\varepsilon) + RHN$$

*Donde:*

$\varepsilon$  = es la eficiencia del intercambiador de calor.

Dado que el recuperador de calor extrae el mismo flujo de aire que expulsa, no modifica la presión al interior de la vivienda, por tanto, no inhibe las infiltraciones. Esto implica que independiente de la existencia o no del recuperador, las infiltraciones van a permanecer igual (RHN).

En la memoria de cálculo se debe demostrar con base en la certificación del fabricante y cálculos propios, cuál es la eficiencia del intercambiador de calor para las condiciones de uso en su vivienda. Es imprescindible que además de las certificaciones del fabricante, adjunte su propio cálculo donde demuestre la eficiencia del recuperador de calor en las condiciones de uso de la vivienda.

#### • Caso 4. Dispone de sistema de ventilación controlada automáticamente

El sistema de ventilación controlada puede ser mecánico o natural controlado. En cualquier caso, se debe justificar claramente el funcionamiento de este, y entregar una memoria de cálculo completa, teniendo en cuenta las consideraciones que se describen más adelante. Por otra parte, si se considera un sistema de ventilación mecánico controlado, se debe considerar también el consumo de energía eléctrica del ventilador.

El principal requerimiento que debe ser considerado en el caso 4, es disponer de uno o varios medidores de CO<sub>2</sub> que accionen los actuadores que producirán el control de la ventilación. El número de medidores se define según el criterio que se detalla a continuación: se debe instalar un número de medidores de CO<sub>2</sub> tal que entre cualquier habitación y el medidor de CO<sub>2</sub> más cercano no exista más de una puerta. Además, entre el medidor y cada una de las puertas, no debe haber más de 8 m. Esto implica que, en general, para una vivienda típica pequeña del país, este requerimiento se logra con solo un medidor en el estar o en el pasillo de distribución. Este o estos medidores de CO<sub>2</sub> deben comandar un orificio o chimenea de ventilación operable y/o un ventilador. El diseño de este sistema también puede incluir un recuperador de calor, y por tanto acreditar la energía ahorrada por el precalentamiento.

Al incorporar la existencia de un sistema de este tipo, se calcula internamente el flujo de ventilación a usar. Se debe entregar una memoria de cálculo que justifiquen los valores usados.

En el caso en que se desee usar un valor distinto de este, se debe realizar un cálculo bajo las condiciones indicadas en el Anexo C: "Sistema de Ventilación Controlado" del presente manual, agregando la memoria de cálculo y los elementos probatorios correspondientes.

- **Caso 5. Dispone de un sistema de control automático y recuperador de calor**

En este caso se combinan ambos efectos. El valor a usar por defecto se obtiene multiplicando por 0,85 el flujo de ventilación obtenido por el uso del recuperador de calor.

Si es que se desea usar un valor distinto de este, se debe realizar un cálculo bajo las condiciones indicadas en el Anexo C: "Sistema de Ventilación Controlado" del presente manual, realizando un modelo detallado y en conjunto de ambos sistemas. En este caso, se debe agregar la memoria de cálculo y los elementos probatorios correspondientes.

## 16.5. VENTILACIÓN

Particularmente para el motor de cálculo, los flujos de ventilación se definen según lo señalado en el punto 7.3 Ventilación, donde las renovaciones de aire (RAH) se aplican de la siguiente manera:

$$\dot{\phi}_{Ventilación} = \dot{m}_{Ventilacion} \cdot Cp \cdot \Delta T$$

$$E_{Ventilacion} = V_{aire} \cdot \left( \frac{N}{3600} \Delta t \right) \cdot \rho_{aire} \cdot Cp \cdot (T_i^{Exterior} - T_i^{Interior})$$

*Donde:*

***m***<sub>Ventilacion</sub>: Masa de aire

***Cp***: Calor específico del aire

***Vaire***: Volumen de aire

***Paire***: Densidad del aire

***N***: Corresponde a las renovaciones de aire por hora en el recinto [1/hr]

Esta expresión es idéntica a la utilizada para efectos del cálculo de infiltraciones, donde solo cambia el valor de N.



## 16.6. PUENTES TÉRMICOS

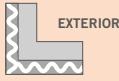
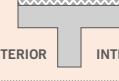
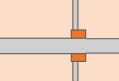
Se dispone de un procedimiento que permite considerar el efecto de puente térmico discriminando por tipología de vivienda, sistema constructivo y posición del aislante térmico.

Desde el punto de vista del consumo energético, un puente térmico se considera como un aumento de la pérdida de calor de un elemento de la envolvente debido a una disminución de la aislación o aumento del área de pérdida de calor.

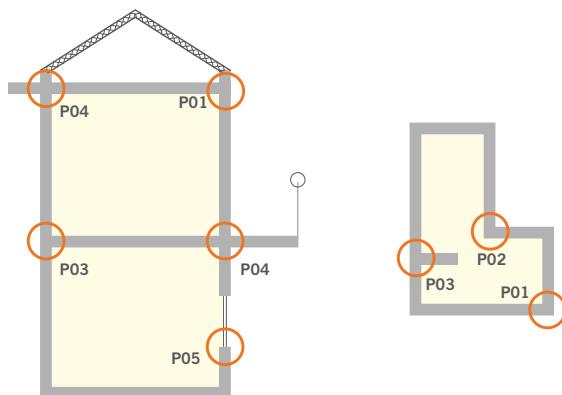
Se hace un análisis para determinar cuáles son los puentes térmicos más relevantes a considerar. Se analizó la bibliografía relacionada con los puentes térmicos. Dentro de este conjunto de información de puentes térmicos destacan algunas publicaciones, por ser más bien una recopilación de puentes. El primero es una publicación del código técnico de la edificación española (Ministerio de Fomento Español, 2014). En él se indica la metodología de los puentes térmicos y se entrega una extensa base de datos. Otras publicaciones interesantes son dos tesis de Magíster (Pusila, Jenni. 2015) (Moreno, Javier. 2011), donde hacen un completo análisis de los puentes térmicos en la construcción y agregan una importante base de datos para puentes térmicos.

De todas las bases de datos y publicaciones con los puentes térmicos típicos, y teniendo en cuenta el correcto cálculo de los mismos y el hecho de no complicar el análisis, se consideran los siguientes puentes térmicos:

↓ Tabla 16.9. Identificación de los puentes térmicos

TIPO DE PUENTE	CÓDIGO	ESQUEMA
Esquina saliente	P01	 INTERIOR
Esquina entrante	P02	 EXTERIOR
Losa o muro interior sin aislación	P03	 INTERIOR      INTERIOR
Terraza o corniza	P04	
ventanas	P05	 EXTERIOR Hormigón o ladrillo INTERIOR

Los puntos típicos en que se encuentran estos puentes térmicos se muestran en la figura siguiente:

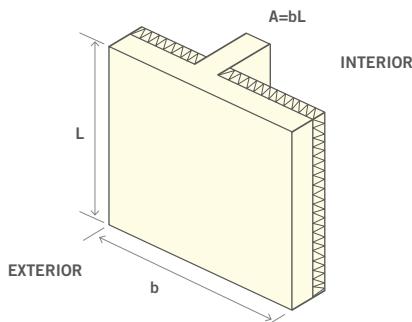


↑ Figura 16.16 Identificación de la ubicación típica de los principales puentes térmicos en la vivienda.

Los puentes térmicos propios de la estructura, no se consideran en esta base de datos, sino que se deben calcular en detalle para el cálculo del U de los elementos.

Para los puentes del P01 al P05, se genera una base de datos de puentes térmicos para las diferentes condiciones, la cual es incluida en la calificación energética. Para ello, se calcula el coeficiente de transmitancia térmica lineal de cada puente térmico  $\psi$  [W/m K], utilizando la metodología de NCh 3136 y los resultados generados por el software THERM.

La figura 16.17 muestra un esquema típico que permite ilustrar la problemática y la teoría de un puente térmico. Este ejemplo corresponde al encuentro entre un muro exterior y un muro interior. En este caso, la aislación se ubica por el lado interior del muro exterior.



↑ Figura 16.17 Ejemplo para definir algunas variables geométricas de un puente térmico.

La ecuación siguiente muestra los términos generales en los cuales se calcula un puente térmico:

$$Q_{puente\ térmico} = Q_{elemento\ con\ puente} - Q_{elemento\ sin\ puente}$$

Como se trata de puentes térmicos lineales, el flujo de calor se calcula como se muestra a continuación:

$$Q_{puente\ térmico} = \psi L \Delta T [W]$$

*Donde:*

*L: longitud del puente térmico [m]*

*ΔT: La diferencia de temperaturas entre el interior y el exterior [K]*

*ψ : El coeficiente lineal de transferencia de calor [W/m K]*

*A: área ( $b^*L$ ) ver fig. 16.17*

Aplicando la definición del flujo de calor por un puente térmico en la primera ecuación, se tiene:

$$\psi L \Delta T = (\overline{U_{cp}} - \overline{U_{sp}}) A \Delta T$$

*Donde:*

*$\overline{U_{cp}}$ : es el coeficiente global de transferencia de calor del sistema completo, incluido el puente térmico y se obtiene a partir de un análisis por elementos finitos en dos dimensiones.*

*$\overline{U_{sp}}$ : es el coeficiente de transferencia de calor del elemento sin considerar el puente térmico y se obtiene a partir de un análisis teórico del elemento sin perturbación.*

Dividiendo por  $\Delta T$  y expresando el área como ( $L \times b$ ), según las dimensiones mostradas en la figura 16.17, se tiene:

$$\psi L = (\overline{U_{cp}} - \overline{U_{sp}}) b L$$

Finalmente, dividiendo por  $L$  se obtiene la expresión para el cálculo del coeficiente lineal de transferencia de calor para el puente térmico:

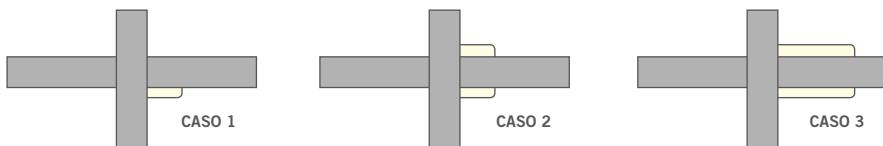
$$\psi = (\overline{U_{cp}} - \overline{U_{sp}})b \quad \left[ \frac{W}{m K} \right]$$

Los resultados demuestran que el valor  $\psi$  del puente térmico es independiente del clima.

En general, en el cálculo de un puente térmico, se debe elegir un área de referencia. Esta elección es arbitraria, pero se debe mantener tanto para la generación de los valores de  $\psi$  como para el posterior cálculo de los flujos de calor. En este caso, como la calificación energética toma las áreas interiores para los cálculos de transferencia de calor, para el cálculo de puentes térmicos también se utilizará el área interior.

Para el caso del puente térmico P04, además de calcular los puentes térmicos, se consideraron algunas formas de mitigación, las cuales se incorporan en la base de datos. Claramente, estas no son las únicas formas de mitigación. Si se quiere utilizar otra forma de mitigación, se debe adjuntar la memoria de cálculo que justifique el valor utilizado.

Dentro de los valores por defecto se consideran los tres casos de mitigación que se muestran en la siguiente figura:



↑ Figura 16.18 Esquemas de los tres casos aislación considerados para el puente P04. La banda amarilla corresponde a una capa de aislante. Es todos los casos se supone que el aislante está por el lado externo, es decir en la proyección hacia el exterior.

- El caso 1 corresponde a aislación por la parte inferior con 20 [mm] de espesor y 300 [mm] de ancho
- El caso 2 corresponde a aislación superior e inferior de 20 [mm] de espesor y 300 [mm] de ancho
- El caso 3 corresponde a 40 [mm] de espesor y 600 [mm] de ancho

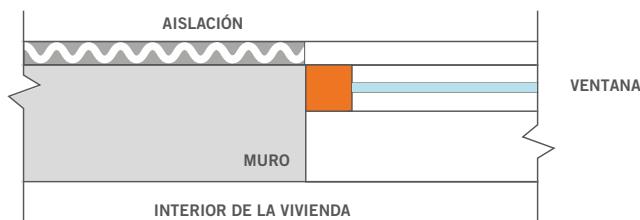
Se debe dejar en claro que para el caso 1, si bien la aislación está en la parte inferior, el puente térmico se aplica tanto a la parte inferior como a la parte superior.

Para optar a estos casos de mitigación se debe tener al menos las longitudes y espesores indicados antes. Si se tienen espesores o longitudes mayores u otro tipo de forma de aislación, se debe adjuntar memoria de cálculo.

Para el caso de las ventanas, se consideran varias situaciones relativas a la posición de la ventana en el vano y el remate de la aislación térmica.

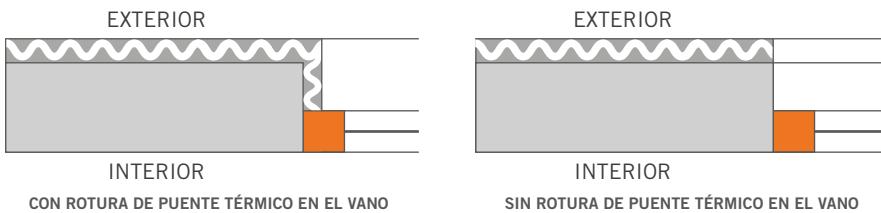
Respecto a la posición del marco de la ventana se consideran tres casos. El primero corresponde al caso en que el marco de la ventana está a plomo con la superficie interior del muro. El segundo caso corresponde al marco centrado en el espesor del muro y el tercer caso corresponde al marco de la ventana a plomo con la superficie exterior del muro. Este tercer caso, no se considera como puente térmico; por tanto, se debe indicar que no se tiene puente térmico.

La figura siguiente ilustra este tercer caso. Se considera dentro de este caso que el marco este a plomo con la superficie del muro mismo, y no es necesario que esté sobre la zona del aislante. De cualquier forma, si está sobre el aislante, también se considera como que no genera puente térmico.



↑ Figura 16.19 Ubicación de la ventana para el caso 3

Para los casos 1 y 2, desde el punto de vista del remate de la aislación, se consideran dos situaciones. Una en que el aislante se prolonga para cubrir la parte del muro que queda expuesta al exterior (se le denomina con rotura de puente térmico del vano) y la otra en que la aislación se corta aislando solo la cara principal del muro. Ambos casos se muestran en la figura siguiente.



↑ Figura 16.20 Casos del detalle de instalación de la aislación en la ventana

Para cumplir con la condición de rotura de puente térmico en el vano, independiente del espesor de aislación del muro base, se exige un espesor de aislación de la parte perpendicular a la cara del muro de al menos 2 [cm].

Se debe poner atención en diferenciar los términos de rotura del puente térmico en el vano, que es el caso mostrado antes, y rotura de puente térmico en el marco que corresponde específicamente a los marcos con RPT y que no tiene que ver con el vano.

## 16.7. INERCIA TÉRMICA

Como antecedentes para dicha calibración se consideraron los estudios y calibraciones citados en los puntos (8), (9) y (10) del capítulo 18: "Referencias".

El concepto utilizado en el motor de cálculo PBTD desarrollado para modelar la inercia térmica que pueda presentar una vivienda corresponde a la incorporación de una masa que intercambia calor con el aire interior.



La forma en la que la masa intercambia calor con el interior de la vivienda en dicho modelo se simplifica y corresponde a convección pura. La ecuación de transferencia de calor para convección pura corresponde a la siguiente:

$$\dot{Q}_{Convección} = h \cdot A \cdot \Delta T$$

*Donde:*

***h:*** Corresponde al coeficiente convectivo o coeficiente de película

***A:*** Área de intercambio de calor

***ΔT:*** Diferencia de temperatura entre la masa incorporada y el interior del recinto analizado

En la literatura es relativamente simple encontrar valores para coeficiente de convección natural en aire que en general varían entre 2 y 25. El presente modelo utiliza un valor de 8,3 [W/m<sup>2</sup> K], esto fundamentalmente para poder compatibilizar este parámetro con respecto al valor de resistencia superficial interior establecido en nuestra legislación.

Hay que tener en mente que cuando la OGUC establece resistencias superficiales de 0,12 interior y 0,05 [m<sup>2</sup> K/W] exterior, está utilizando un valor h interior de 8,3 [W/m<sup>2</sup> K] para el valor interior, esto se demuestra de la siguiente manera:

$$\dot{Q}_{Envolvente} = U \cdot A \cdot \Delta T$$

$$U = \frac{1}{Rsi + \sum \frac{e}{\lambda} + Rse}$$

$$Rsi = 0.12 = \frac{1}{h} \Rightarrow h = 8.3 \left[ \frac{W}{m^2 K} \right]$$

Por otro lado, la superficie de intercambio de calor corresponde a la superficie de la envolvente de un recinto, piso, techo y cuatro muros para un caso simplificado.

$$A_{Intercambio} = A_{Envolvente}$$

Así, la masa que intercambia calor se calcula como sigue:

$$m_{Intercambio} = e \cdot A_{Envolvente}$$

*Donde:*

*e:* Corresponde al espesor de muros, piso y techo que participa del intercambio de calor. Este espesor es variable y oscila dependiendo de si la vivienda se clasifica como pesada o liviana.

Finalmente, la temperatura de la masa se calcula como:

$$T_{i+1}^{masa} [^{\circ}\text{C}] = T_i^{masa} + \frac{\phi_{Convección} \cdot \Delta t}{m_{Intercambio} \cdot Cp}$$

Con lo anterior, el modelo simplifica la participación de la inercia térmica a 1 constante y las condiciones de los materiales y el recinto.

$$Inercia\ Térmica = f(m, C_p, A_{Envolvente}, e)$$

Con base en la selección de materiales y posición de aislaciones el modelo asigna masas de la siguiente manera:

$$\text{posición aislación} \left\{ \begin{array}{l} \text{Interior} \\ \text{Ambas caras} \left\{ \begin{array}{l} \text{Materialidad Liviana} \\ \text{Exterior} \end{array} \right. \\ \text{Inter Capas} \left\{ \begin{array}{l} \text{Materialidad original del muro} \\ \text{Sin aislación} \end{array} \right. \end{array} \right.$$

Donde las materialidades posibles son:

- Pesado
- Intermedio
- Liviano

Finalmente, el modelo agrega masa liviana correspondiente a subdivisiones interiores existentes en el hogar. De manera simplificada se consideró esta superficie como el doble de la superficie de la envolvente, considerando una casa equivalente cuadrada.

El supuesto detrás de esto corresponde a la consideración de una longitud de divisiones interiores equivalente al perímetro de la vivienda, considerando además que dichas divisiones están en contacto con el aire interior por ambas caras.

$$\text{superficie extra interior} = \sum 4 * \sqrt{A_i} * h_i * 2 \text{ (caras)}$$

*Donde:*

*A<sub>i</sub>:* Área de cada planta de la vivienda

*h<sub>i</sub>:* Altura de cada planta de piso

## 16.8. CLIMATIZACIÓN

El calor aportado por un sistema de climatización es entendido en esta lógica de cálculo como el calor necesario para llevar la temperatura interior a los límites de la banda de confort cuando la temperatura del recinto se encuentra fuera de ella.

En consideración del método de confort adaptativo descrito a continuación, el sistema de clima opera de la siguiente forma:

- De la revisión de métodos de confort adaptativos se utiliza el de Dear y Brager señalado en los Fundamentals de Ashrae, capítulo “Thermal Comfort”.
- Se utiliza como banda de confort temperaturas que permitan tener al 90 % de los usuarios dentro de un rango de “aceptabilidad”, lo que se traduce en rango de +2,5 °C a -2,5 °C con respecto a la temperatura media.
- Se calcula la demanda para los doce meses del año.
- Se disminuye el rango de confort en horario nocturno; 22:00 a 6:00 horas, en 2 °C con respecto al valor mínimo obtenido mediante el método de Dear y Brager. Con un mínimo fijo de 17 °C.

## 16.9. CONFORT ADAPTATIVO

El desarrollo del modelo de confort adaptativo considera temperaturas de confort que dependen linealmente de la temperatura media mensual exterior.

$$T_n \text{ [ } ^\circ C \text{ ]} = A + B * T_m$$

*Donde:*

**$T_n$ :** corresponde a la temperatura interior media de confort

**$T_m$ :** corresponde a la temperatura media mensual exterior

**A;B:** Constantes

En el antecedente (14) del capítulo 18: "Referencias" se definen como rangos de confort aceptables, los siguientes:

**$T_n+3$ :** Caliente

**$T_n+2$ :** Tibio

**$T_n+1$ :** Levemente tibio

**$T_n$ :** Neutral

**$T_n-1$ :** Levemente fresco

**$T_n-2$ :** Fresco

**$T_n-3$ :** Frío

Donde se considera que en un rango de 2,5 °C sobre o bajo la temperatura neutral se tiene un 90 % de aceptabilidad de la temperatura por parte de los usuarios.

Esto define que en un rango de temperaturas entre  $T_n-2,5$  hasta  $T_n+2,5$  el 90 % de los ocupantes se deberían encontrar cómodos con la temperatura.



## 16.10. MODELOS COMPARATIVOS

Como comparación se utilizan tres perfiles de temperatura de confort:

1. Método citado por Andris Auliciems y Steven V. Szokolay.
  2. Método simplificado de confort adaptativo.
  3. Método propuesto por Dear y Brager.
- **Método citado por Andris Auliciems y Steven V. Szokolay**

Se propone una banda de confort donde las constantes A y B definidas anteriormente corresponden a 17,8 y 0,31.

- **Método simplificado de confort adaptativo, citado en Ashrae**

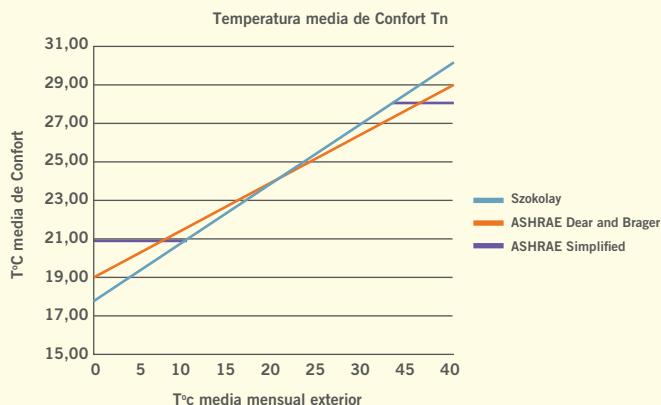
Ashrae, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc, propone una banda de confort donde las constantes A y B definidas anteriormente corresponden a 17,8 y 0,31. Dicho modelo se encuentra acotado a temperaturas medias exteriores mínimas de 10 °C y máximas de 33 °C, y no señala extrapolaciones para dichos rangos.

Este método propone una ecuación que coincide con la propuesta por Szokolay, y dado que no existe información respecto de cómo obtener la temperatura de confort fuera del rango 10-33 °C, se propone para temperaturas medias mensuales menores a 10 °C considerar una temperatura de confort idéntica a la obtenida para 10 °C, de modo que así se fija el mínimo admisible. De igual manera para temperaturas medias mensuales máximas superiores a los 33 °C.

- **Método propuesto por Dear y Brager (1998), citado en Ashrae**

Se propone una banda de confort donde las constantes A y B definidas anteriormente corresponden a 18,9 y 0,255.

Lo anterior se grafica de la siguiente manera:



↑ Figura 16.21 Temperatura de confort neutral  $T_n$ .

Estas tres ecuaciones se traducen en las siguientes  $T^\circ$  mínimas y máximas para las diez zonas térmicas a considerarse en Chile para el mes de julio y enero, representativos del mes más frío y caluroso del año.

Se presentan en la siguiente tabla:

- Límite superior de la banda de confort para enero:  $T_n + 2,5$
- Límite inferior de la banda de confort para julio:  $T_n - 2,5$



↓ Tabla 16.10 T° máximas de enero y mínimas de julio en diez zonas térmicas.

		ENERO (Temperatura máxima)			JULIO (Temperatura mínima)		
ZONA TÉRMICA	CIUDAD REPRESENTATIVA	SZOKOLAY	ASHRAE DEAR Y BRAGER	ASHRAE SIMPPLIFICADO	SZOKOLAY	ASHRAE DEAR Y BRAGER	ASHRAE SIMPPLIFICADO
A	Iquique	26,77	26,73	26,77	20,02	20,50	20,02
B	Copiapó	26,24	26,29	26,24	18,77	19,51	18,77
C	Valparaíso	26,02	26,10	26,02	18,99	19,58	18,99
D	Santiago	26,60	26,58	26,60	17,97	18,55	18,40
E	Concepción	25,71	25,85	25,71	17,27	18,70	18,40
F	Temuco	25,74	25,88	25,74	17,65	18,39	18,40
G	Osorno	25,42	25,61	25,42	17,47	18,39	18,40
H	El Teniente	25,13	25,37	25,13	16,68	17,63	18,40
I	Punta Arenas	24,04	24,47	24,04	16,03	17,03	18,40
B2	Calama	25,26	25,48	25,26	18,20	18,43	18,40

De lo anterior se observa que los tres métodos analizados difieren levemente en la predicción de la temperatura máxima de confort para enero. Tanto los métodos de Szokolay como ambos propuestos por Ashrae presentan una amplitud máxima entre Iquique y Punta Arenas de 2,73 °C, lo que se considera razonable.

En el caso del invierno, las temperaturas mínimas de los dos métodos que permiten un diseño bajo los 10 °C de temperatura media exterior presentan una amplitud de 3,99 °C para el método de Szokolay y de 3,47 °C en el caso de Dear y Brager y mínimas de 16,03 y 17,03, respectivamente, para Punta Arenas.

El modelo Ashrae simplificado no considera temperaturas medias exteriores menores a 10 °C, por lo que, considerando una banda de confort constante bajo dicha temperatura, el valor mínimo para la temperatura de confort corresponde a 18,4 °C, que se ve reflejado desde la zona D hasta la B2.

En consideración de los valores que se obtienen, y recordando que la ecuación entre el método simplificado y el de Szokolay presentan las mismas constantes, se propone descartar ambos métodos y utilizar la alternativa propuesta por Dear y Brager, la cual se encuentra como una de las propuestas. En vista que se considera pertinente calcular la demanda de manera anual, y considerando lo anterior, se obtienen los siguientes mínimos y máximos mes a mes para las diez zonas térmicas.

↓ Tabla 16.11 Máximos para diez zonas térmicas como método Dear y Brager

	<b>TN+2,5 °C 90% ACEPTABILIDAD CON MÉTODO DEAR Y BRAGER</b>											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
<b>IQUIQUE</b>	26,7	26,6	26,4	26,1	25,8	25,5	25,3	25,3	25,5	25,7	26,1	26,5
<b>COPÍAPÓ</b>	26,3	26,2	25,9	25,3	24,8	24,5	24,3	24,3	24,9	25,1	25,5	25,9
<b>VALPARAÍSO</b>	26,1	26,0	25,7	25,3	24,9	24,6	24,4	24,5	24,7	25,1	25,5	25,9
<b>SANTIAGO</b>	26,6	26,5	25,9	25,0	24,2	23,5	23,6	23,8	24,4	25,1	25,6	26,3
<b>CONCEPCIÓN</b>	25,9	25,6	25,2	24,6	24,2	23,7	23,0	23,6	24,0	24,5	25,1	25,6
<b>TEMUCO</b>	25,9	25,8	25,3	24,5	24,0	23,4	23,3	23,5	23,9	24,4	24,9	25,5
<b>OSORNO</b>	25,6	25,3	25,0	24,3	24,0	23,4	23,2	23,3	23,7	24,2	24,9	25,5
<b>EL TENIENTE</b>	25,4	25,2	24,8	24,3	23,3	22,6	22,5	22,5	23,1	23,5	24,2	25,0
<b>PUNTA ARENAS</b>	24,5	24,1	23,7	23,0	22,4	22,0	22,0	22,1	22,6	23,3	23,5	24,0
<b>CALAMA</b>	25,5	25,3	24,8	24,5	24,1	23,4	23,8	23,8	24,4	24,4	25,0	25,0

Cabe señalar que la temperatura nocturna no se considera inferior a 17 °C.v

↓ Tabla 16.12 Mínimos para diez zonas térmicas con método Dear y Brager

	<b>TN-2,5 °C 90% ACEPTABILIDAD CON MÉTODO DEAR Y BRAGER</b>											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
<b>IQUIQUE</b>	21,7	21,6	21,4	21,1	20,8	20,5	20,3	20,3	20,5	20,7	21,1	21,5
<b>COPÍAPÓ</b>	21,3	21,2	20,9	20,3	19,8	19,5	19,3	19,3	19,9	20,1	20,5	20,9
<b>VALPARAÍSO</b>	21,1	21,0	20,7	20,3	19,9	19,6	19,4	19,5	19,7	20,1	20,5	20,9
<b>SANTIAGO</b>	21,6	21,5	20,9	20,0	19,2	18,5	18,6	18,8	19,4	20,1	20,6	21,3
<b>CONCEPCIÓN</b>	20,9	20,6	20,2	19,6	19,2	18,7	18,0	18,6	19,0	19,5	20,1	20,6
<b>TEMUCO</b>	20,9	20,8	20,3	19,5	19,0	18,4	18,3	18,5	18,9	19,4	19,9	20,5
<b>OSORNO</b>	20,6	20,3	20,0	19,3	19,0	18,4	18,2	18,3	18,7	19,2	19,9	20,5
<b>EL TENIENTE</b>	20,4	20,2	19,8	19,3	18,3	17,6	17,5	17,5	18,1	18,5	19,2	20,0
<b>PUNTA ARENAS</b>	19,5	19,1	18,7	18,0	17,4	17,0	17,0	17,1	17,6	18,3	18,5	19,0
<b>CALAMA</b>	20,5	20,3	19,8	19,5	19,1	18,4	18,8	18,8	19,4	19,4	20,0	20,0



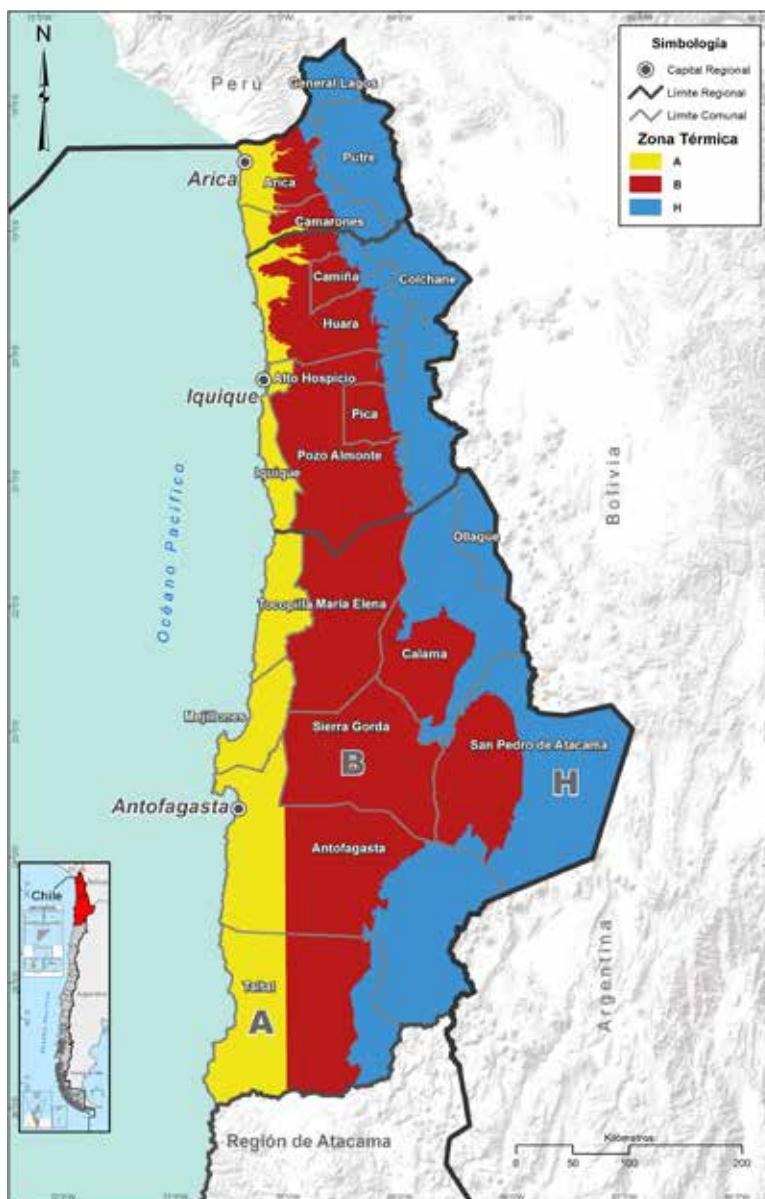


# **17. ANEXO F: MAPAS ZONIFICACIÓN TÉRMICA PARA LA CEV**



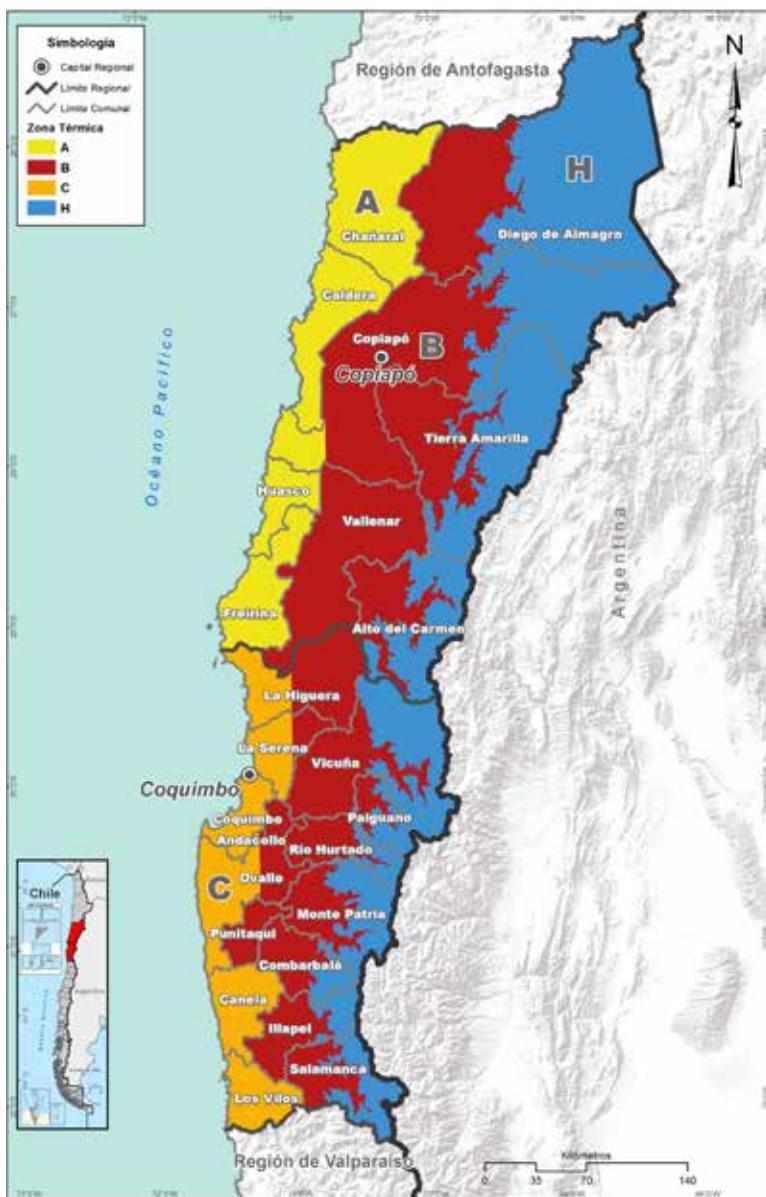
## 17.1. ZONA NORTE GRANDE

### REGIONES ARICA Y PARINACOTA, TARAPACÁ, ANTOFAGASTA



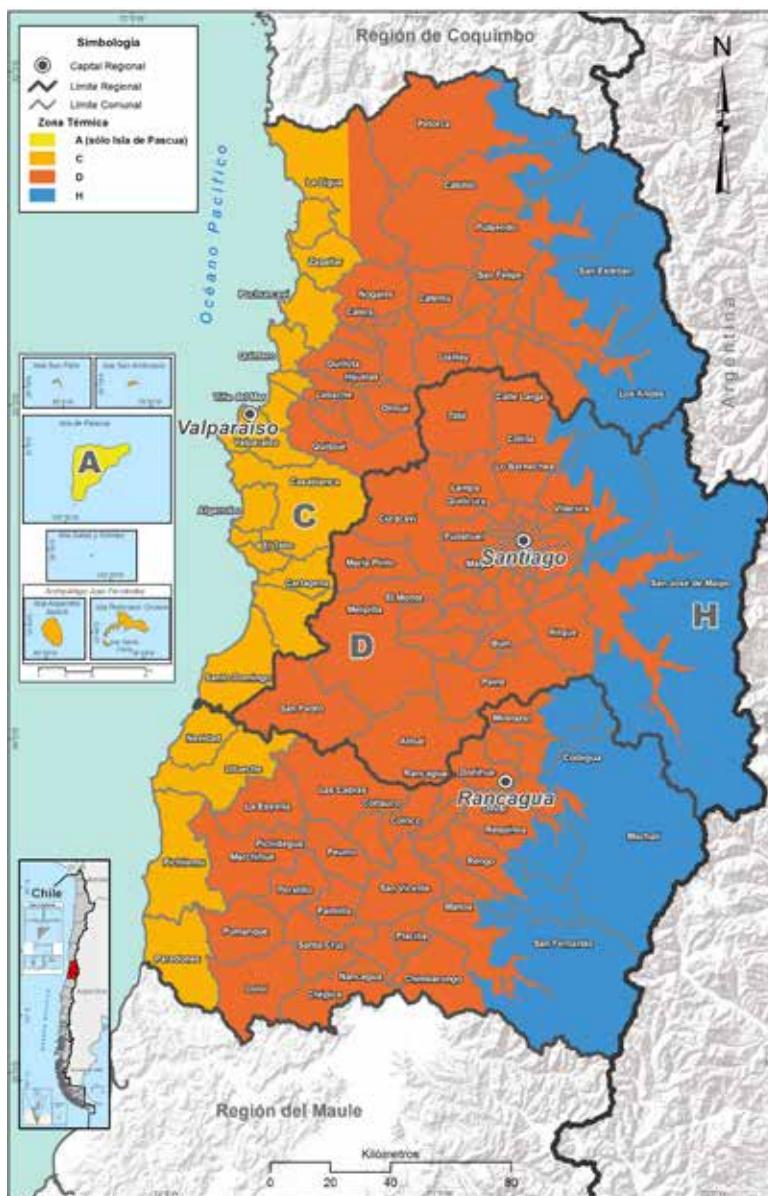
## 17.2. ZONA NORTE CHICO

### REGIONES ATACAMA, COQUIMBO



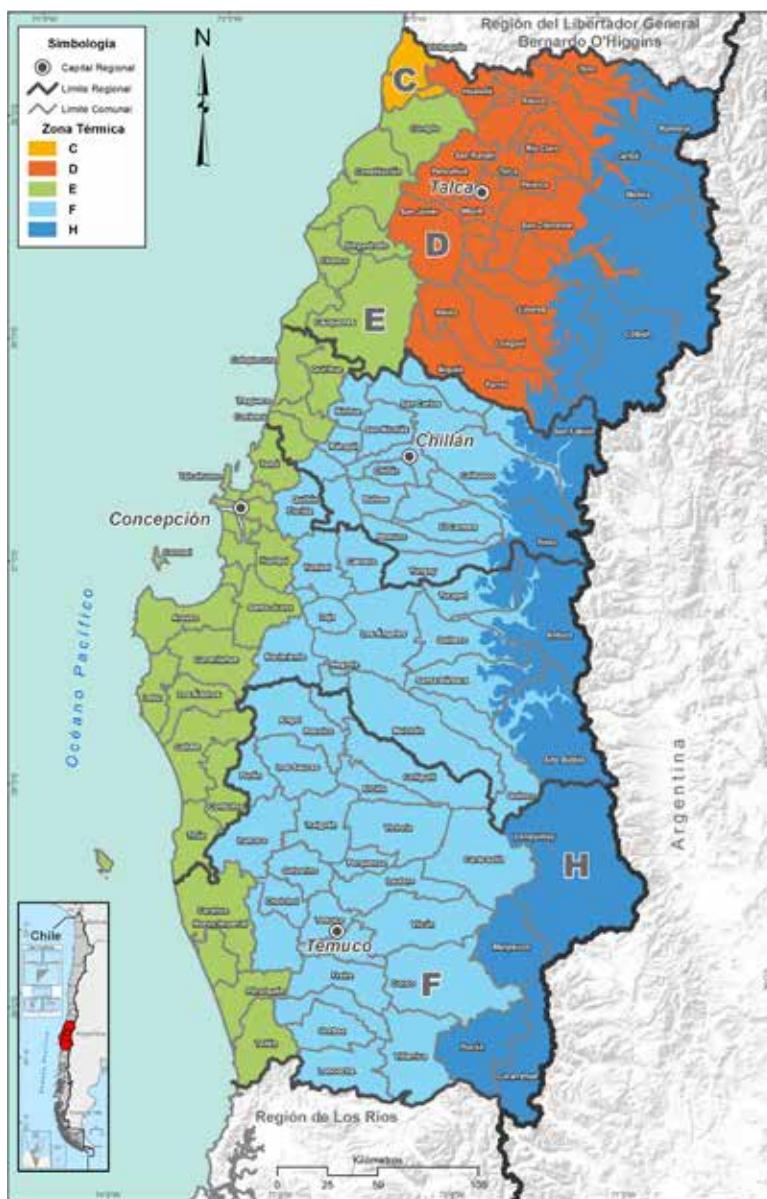
## 17.3. ZONA CENTRO NORTE

### REGIONES VALPARAÍSO, METROPOLITANA, O'HIGGINS



## 17.4. ZONA CENTRO SUR

### REGIONES MAULE, ÑUBLE, BIOBÍO, ARAUCANÍA



# 17.5. ZONA SUR

## REGIONES LOS RÍOS, LOS LAGOS



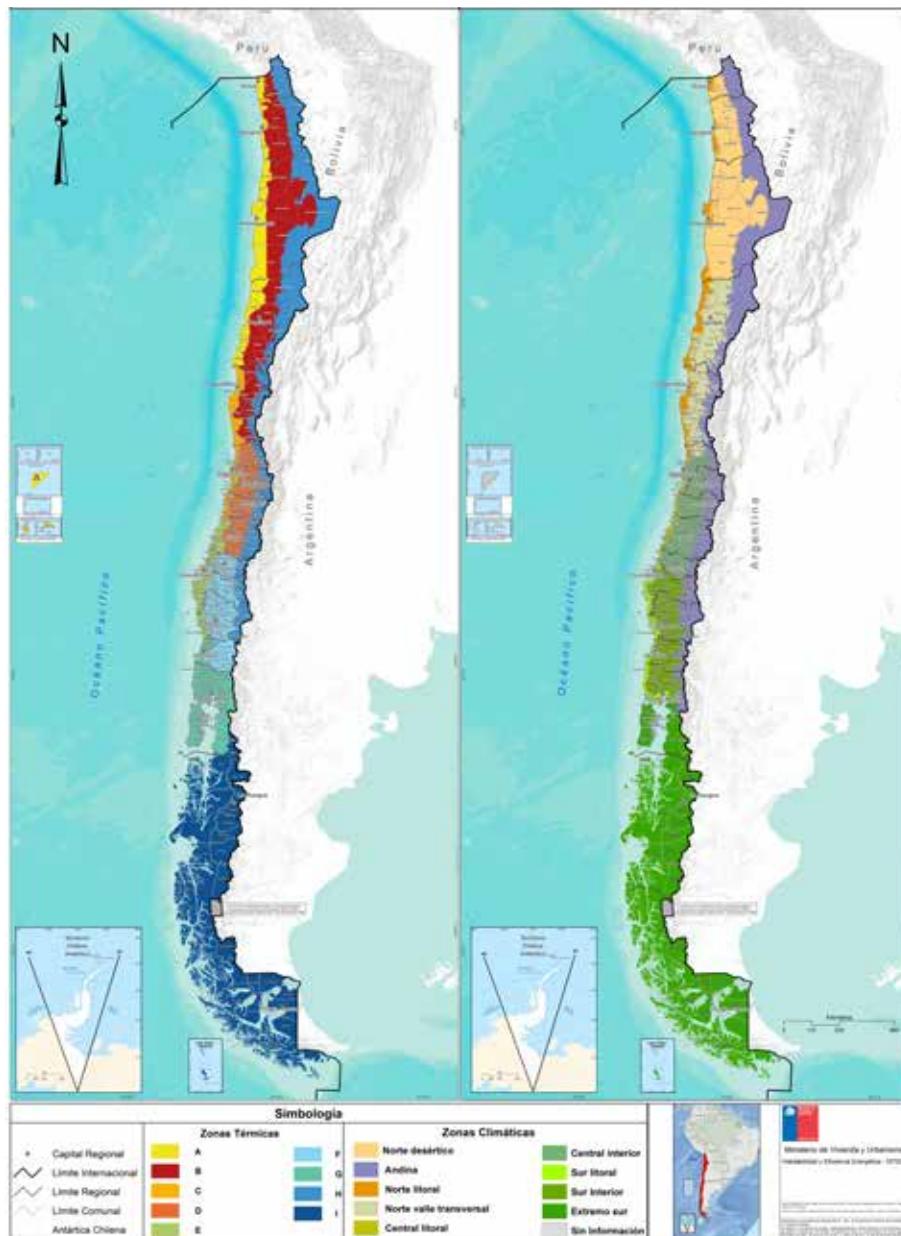
# 17.6. ZONA EXTREMO SUR

## REGIONES AYSÉN, MAGALLANES, ANTARTICA CHILENA



# 17.7. ZONIFICACIÓN

## TERMICA NACIONAL CLIMATICA NACIONAL



# 18. REFERENCIAS

1. OGUC. *Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.*
2. NTM 11/2014. *Requisitos y mecanismos de acreditación para acondicionamiento ambiental de las edificaciones. Parte 2: Comportamiento higrotérmico.*
3. NCh 853/2014. *Componentes y elementos para la edificación – Resistencia térmica y transmitancia térmica – Método de cálculo.*
4. NCh1973/2014. *Comportamiento higrotérmico de elementos y componentes de construcción – Temperatura superficial interior para evitar la humedad superficial crítica y la condensación intersticial – Métodos de cálculo.*
5. NCh 1079.Of 2008. *Arquitectura y construcción - Zonificación climático habitacional para Chile y recomendaciones para el diseño arquitectónico.*
6. Hoogenboom & Huck. *A method for estimating missing hourly temperatures using daily maximum and minimum temperatures.*
7. Bustamante, Waldo. *Definición de tipologías edificatorias y límites de confort de acuerdo al modelo adaptativo.*
8. Calibración Palacio Schacht. *Calibración del modelo PBTD con edificio de alta inercia térmica elaborado por E3 Ingeniería.*
9. Calibración Inercia. *Calibración del modelo PBTD con recinto de bajas renovaciones de aire para dicho estudio realizado por E3 Ingeniería.*
10. Fissore, Adelqui. *Adecuación de las zonas térmicas de la propuesta NTM11-2 en la CEV.*
11. Fissore, Adelqui. *Archivo de datos Temperatura, radiación total y difusa para 9 zonas térmicas y Calama.*
12. Manual CES. *Manual Certificación Edificio Sustentable Versión 1, 2014.*
13. ASHRAE. *ASHRAE Fundamentals 200. Chapter 30 – Non Residential cooling and heating load calculations.*
14. Duffey & Beckman. *Solar Engineering of Thermal Processes, 4th edition.*
15. Minvu. *Estándares de Construcción Sustentable para Viviendas en Chile.*









“Evaluación objetiva y  
estandarizada que permite conocer  
y optimizar el requerimiento  
energético de una vivienda”

ISBN: 978-956-9432-87-3



9 789569 432873