



**EE Chile**  
Eficiencia Energética

## SISTEMAS DISTRITALES CALEFACCIÓN/ENFRIAMIENTO/ACS PARA PROYECTOS DE PEQUEÑA Y MEDIANA ESCALA EN CHILE

### **George Sommerhoff**

Ingeniero Acústico, UACH  
MBA, UACH  
Dr. Ing. Industrial, Politécnica de Madrid  
Gerente EEChile

### **Rolf Thiele**

Ingeniero Civil Mecánico, USM  
MSc (c) Sustainable Energy, KTH Sweden  
Gerente EEChile

27 de Mayo de 2020

### Organizadores



**RedPE**  
Red de Pobreza Energética



# Distritales en base a bombas de calor en el sur de Chile

Sistemas distritales calefacción/enfriamiento/ACS para proyectos de pequeña y mediana escala en Chile



**Condominio Frankfurt**  
34 casas (2012)  
Temuco  
Distrital Geotermia



**Condominio Jardines de Luxemburgo**  
3 edificios, 90 departamentos (2020)  
Temuco  
Distrital Aerotermia



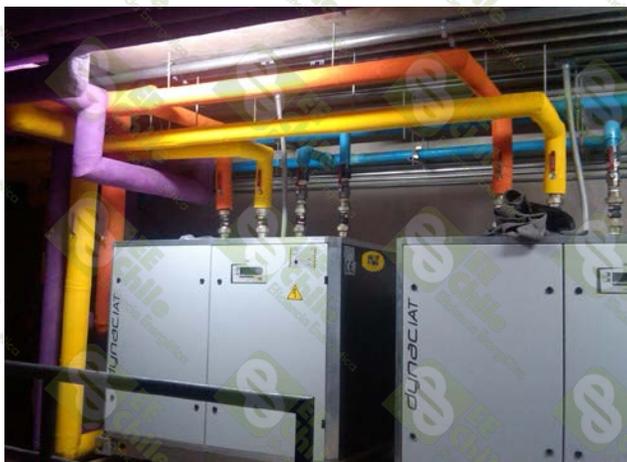
**Condominio 12 edificios**  
60.000m<sup>2</sup> (2020)  
Distrital Aerotermia  
Calefacción/enfriamiento/ACS

**URBES**  
negocios inmobiliarios

# Sistema distrital geotérmico Condominio Frankfurt

34 casas, 5.000m<sup>2</sup> - Temuco 2012

Sistemas distritales calefacción/enfriamiento/ACS para proyectos de pequeña y mediana escala en Chile



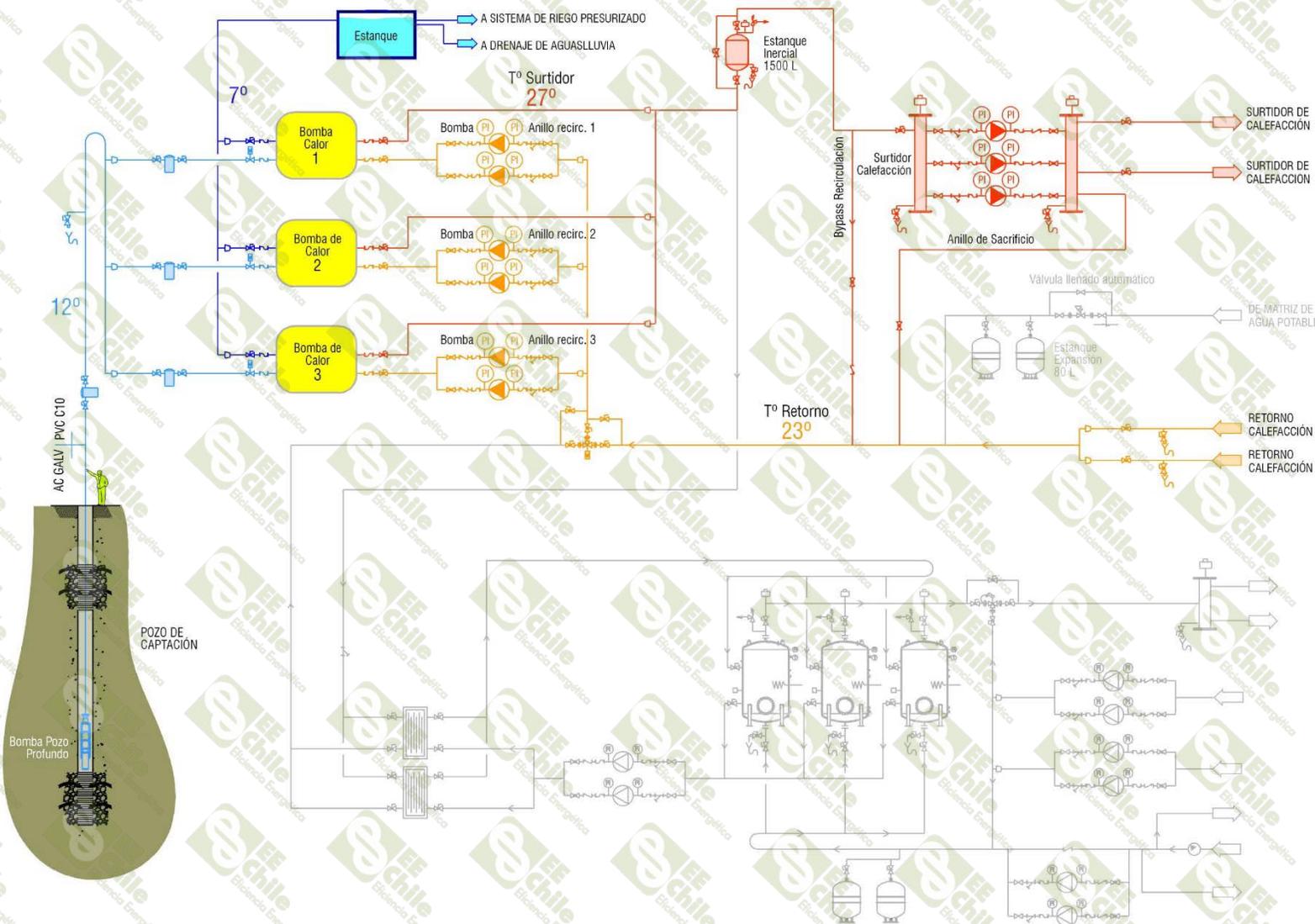
# Sistema distrital geotérmico Condominio Frankfurt

34 casas, 5.000m<sup>2</sup> - Temuco 2012

Sistemas distritales calefacción/enfriamiento/ACS para proyectos de pequeña y mediana escala en Chile



CONDOMINIO  
Frankfurt



# Sistema distrital aerotérmico Condominio Jardines de Luxemburgo

3 edificios, 90 departamentos, 9.000m<sup>2</sup> - Temuco 2020

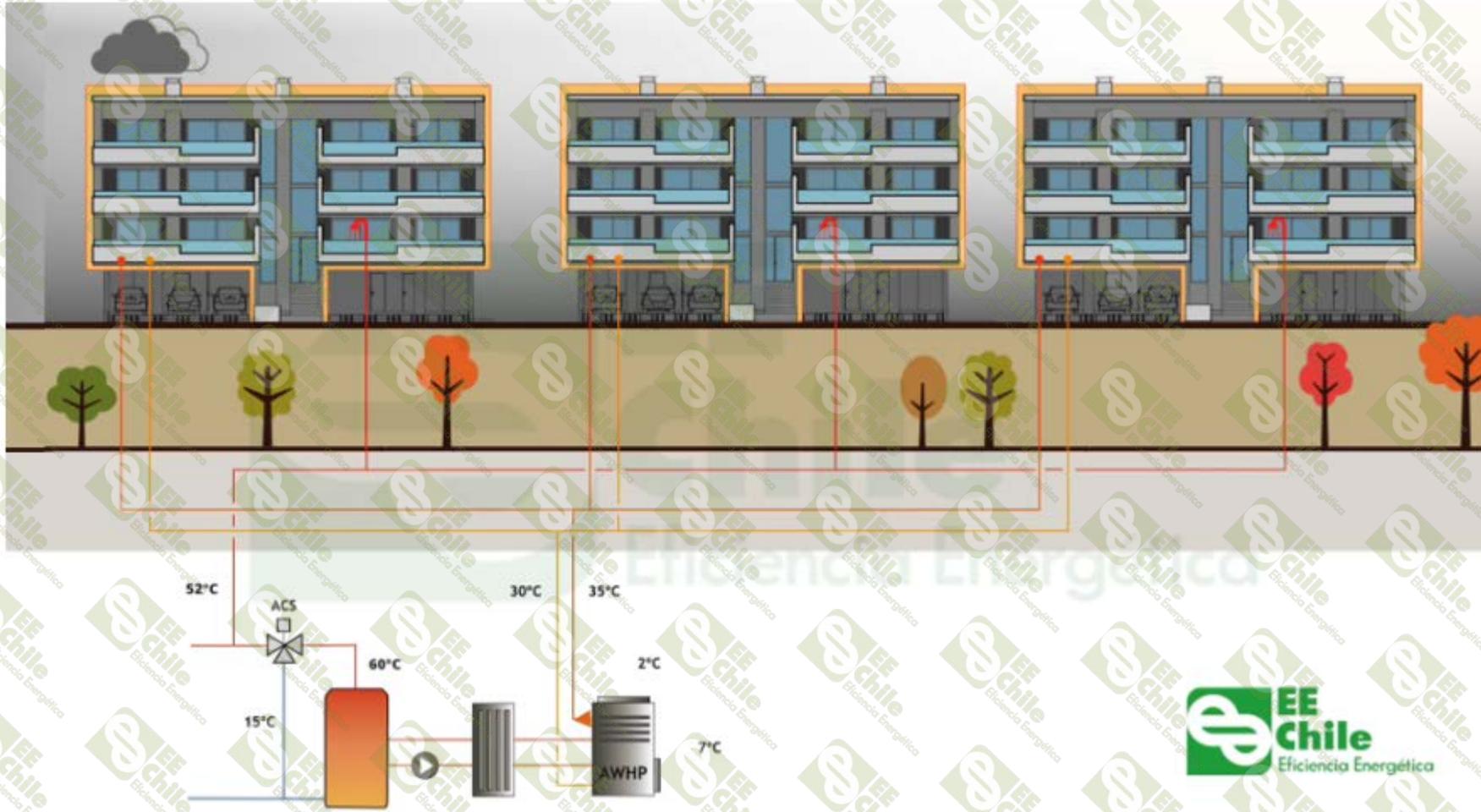
Sistemas distritales calefacción/enfriamiento/ACS para proyectos de pequeña y mediana escala en Chile



# Sistema distrital aerotérmico Condominio Jardines de Luxemburgo

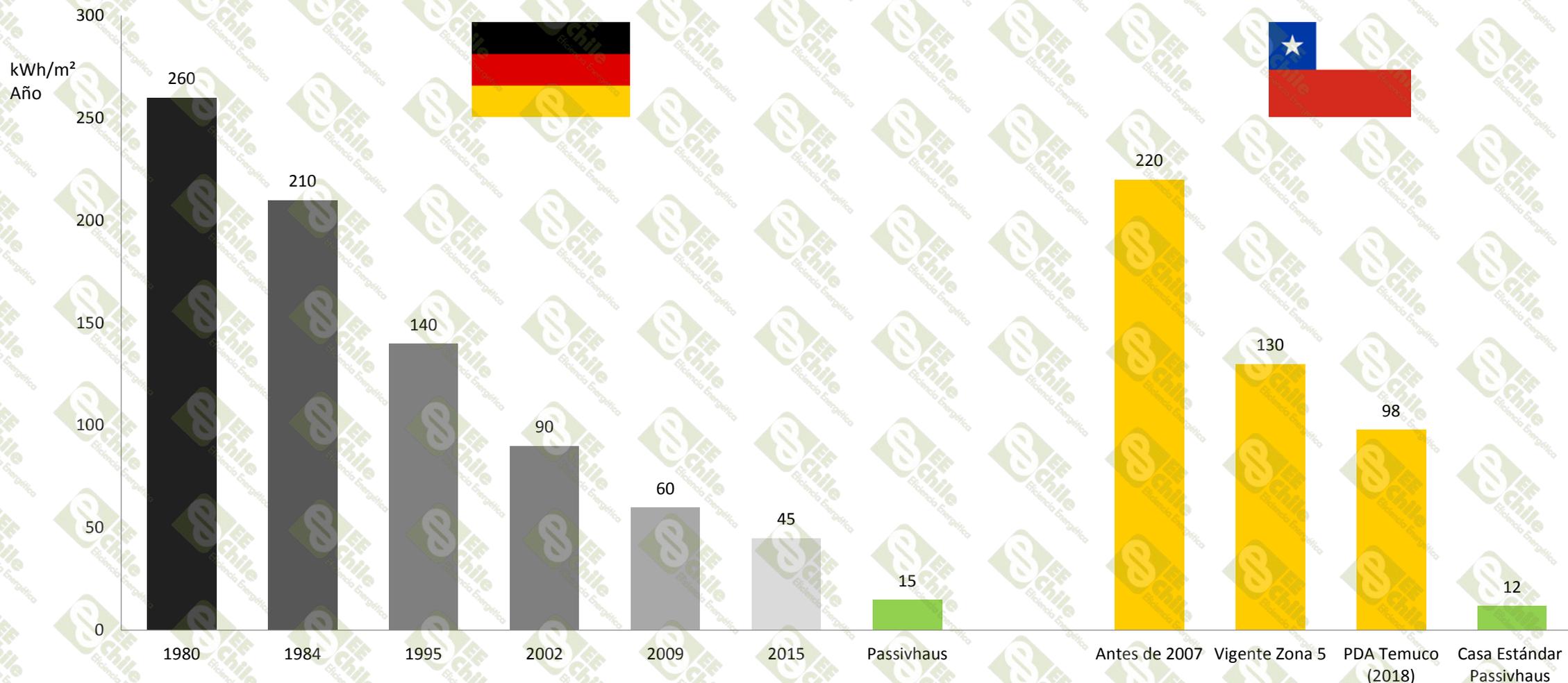
3 edificios, 90 departamentos, 9.000m<sup>2</sup> - Temuco 2020

Sistemas distritales calefacción/enfriamiento/ACS para proyectos de pequeña y mediana escala en Chile



# Demanda térmica anual para calefacción. Evolución normas alemanas y chilenas

Sistemas distritales calefacción/enfriamiento/ACS para proyectos de pequeña y mediana escala en Chile



# 5 Principios básicos de diseño Passivhaus

Sistemas distritales calefacción/enfriamiento/ACS para proyectos de pequeña y mediana escala en Chile

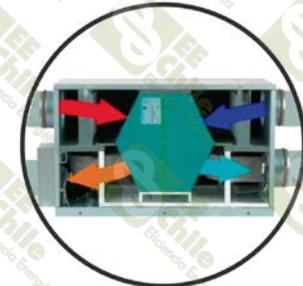
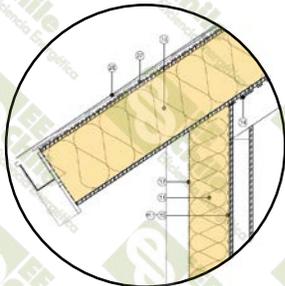
Liberación de Puentes térmicos

Ventanas de Alto Desempeño

Hermeticidad

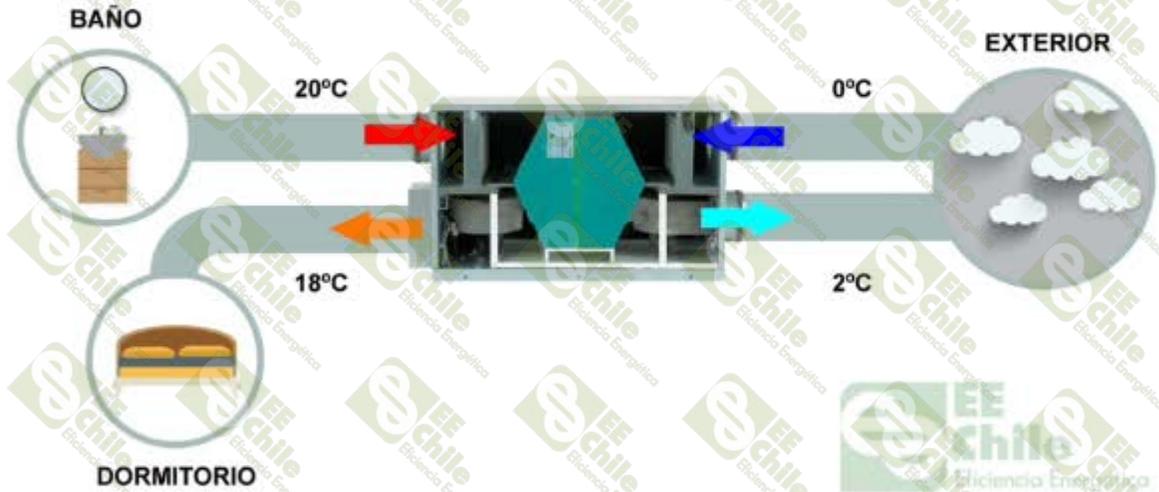
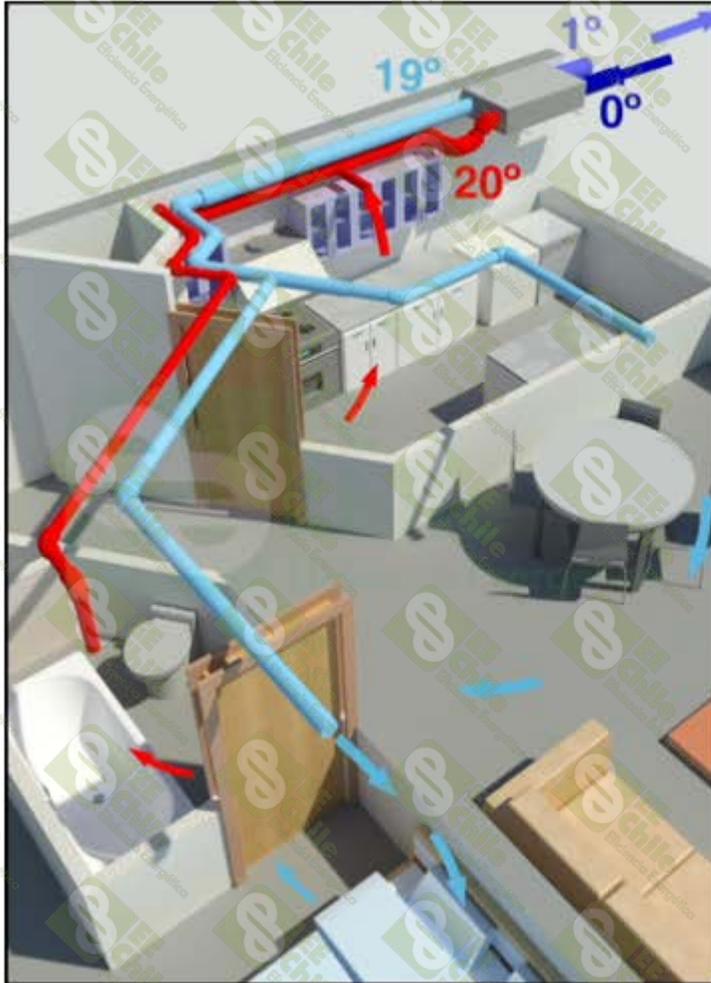
Envolvente Térmica de Alto Desempeño

Ventilación con Recuperación de Calor



# Sistema de ventilación con recuperación de calor

Sistemas distritales calefacción/enfriamiento/ACS para proyectos de pequeña y mediana escala en Chile



# Comparación casa PDA Temuco 2018 vs casa Passivhaus

Sistemas distritales calefacción/enfriamiento/ACS para proyectos de pequeña y mediana escala en Chile



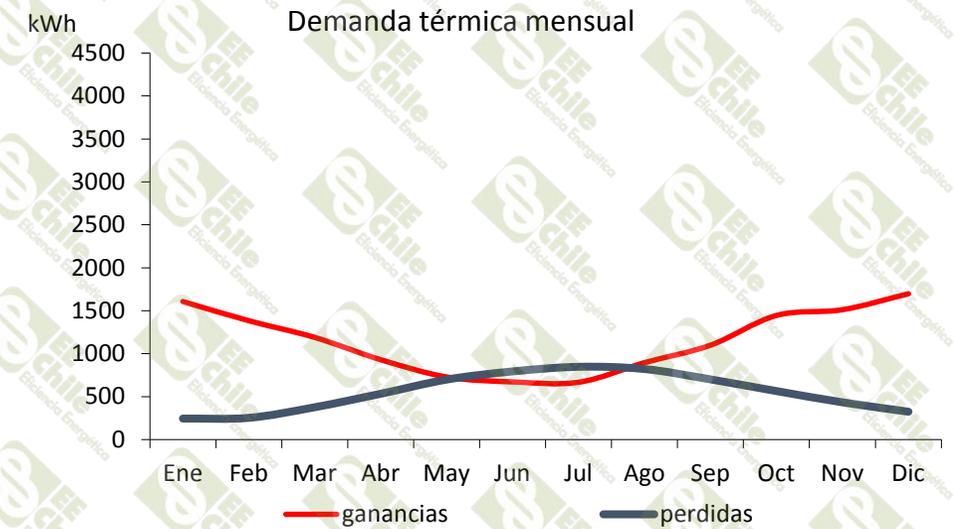
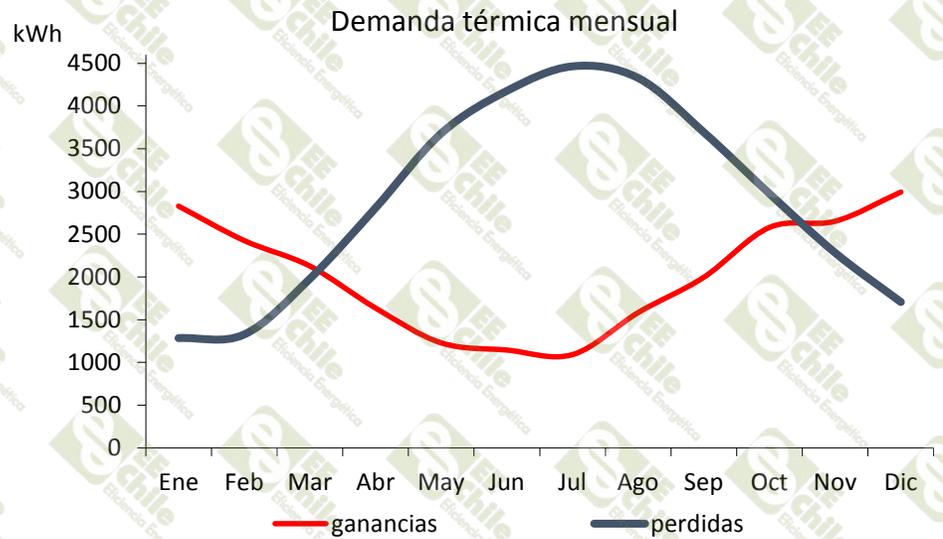
# Comparación casa PDA Temuco 2018 vs casa Passivhaus

Sistemas distritales calefacción/enfriamiento/ACS para proyectos de pequeña y mediana escala en Chile

### Casa PDA Temuco 2018



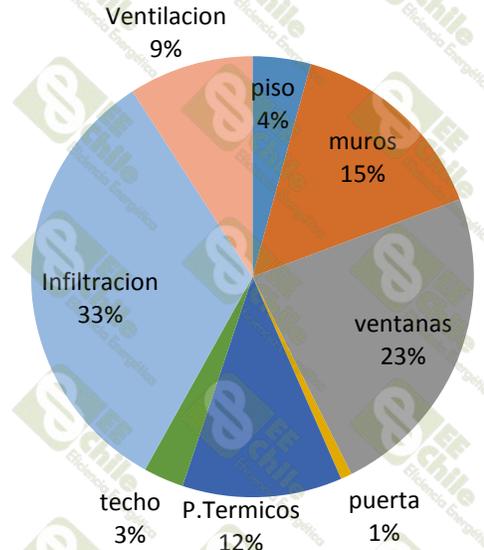
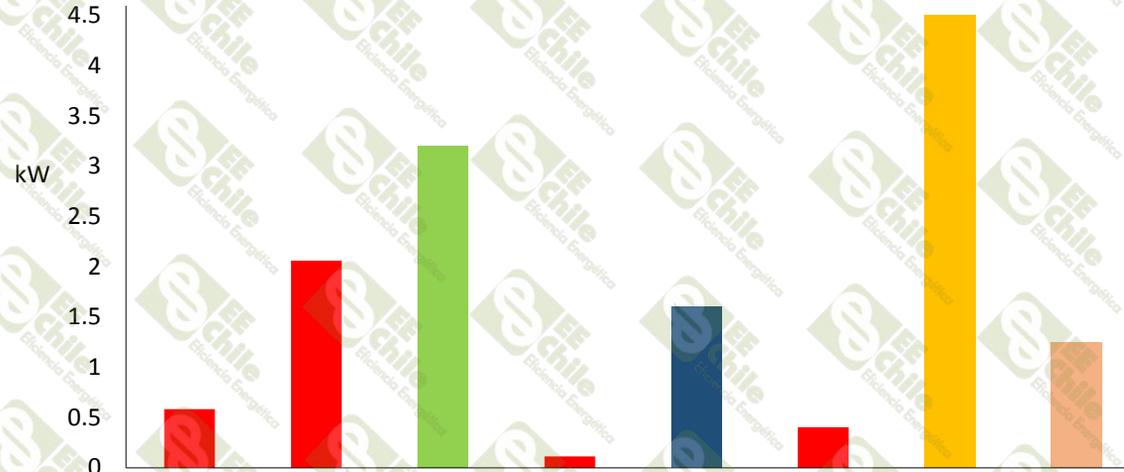
### Casa estándar Passivhaus



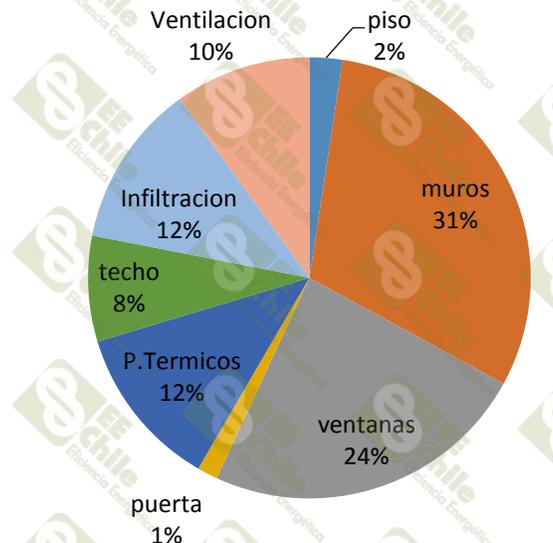
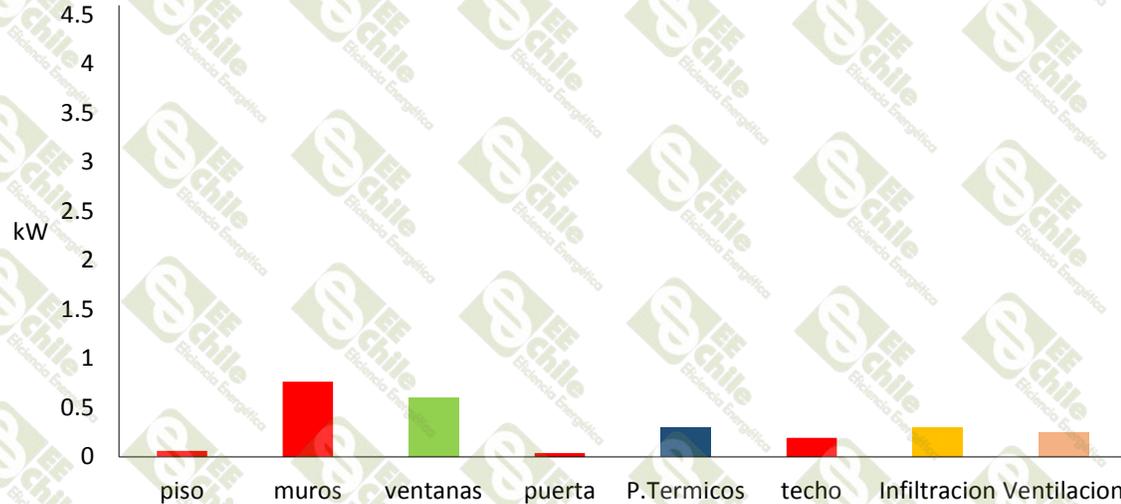
# Comparación casa PDA Temuco 2018 vs casa Passivhaus

Sistemas distritales calefacción/enfriamiento/ACS para proyectos de pequeña y mediana escala en Chile

Casa PDA Temuco 2018

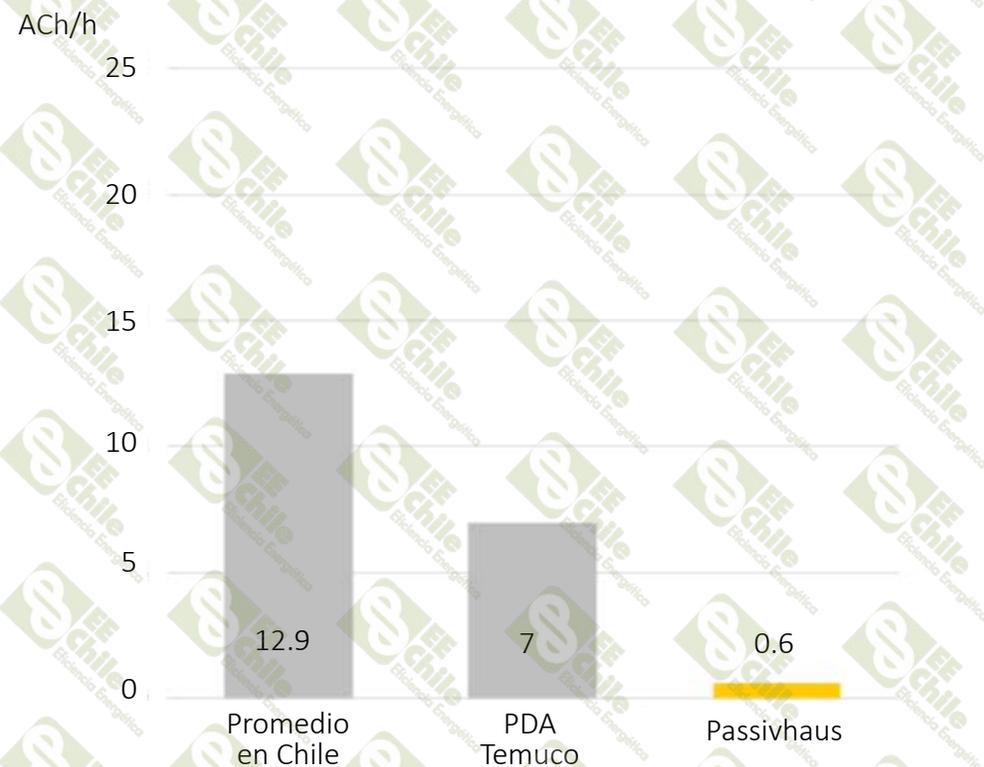
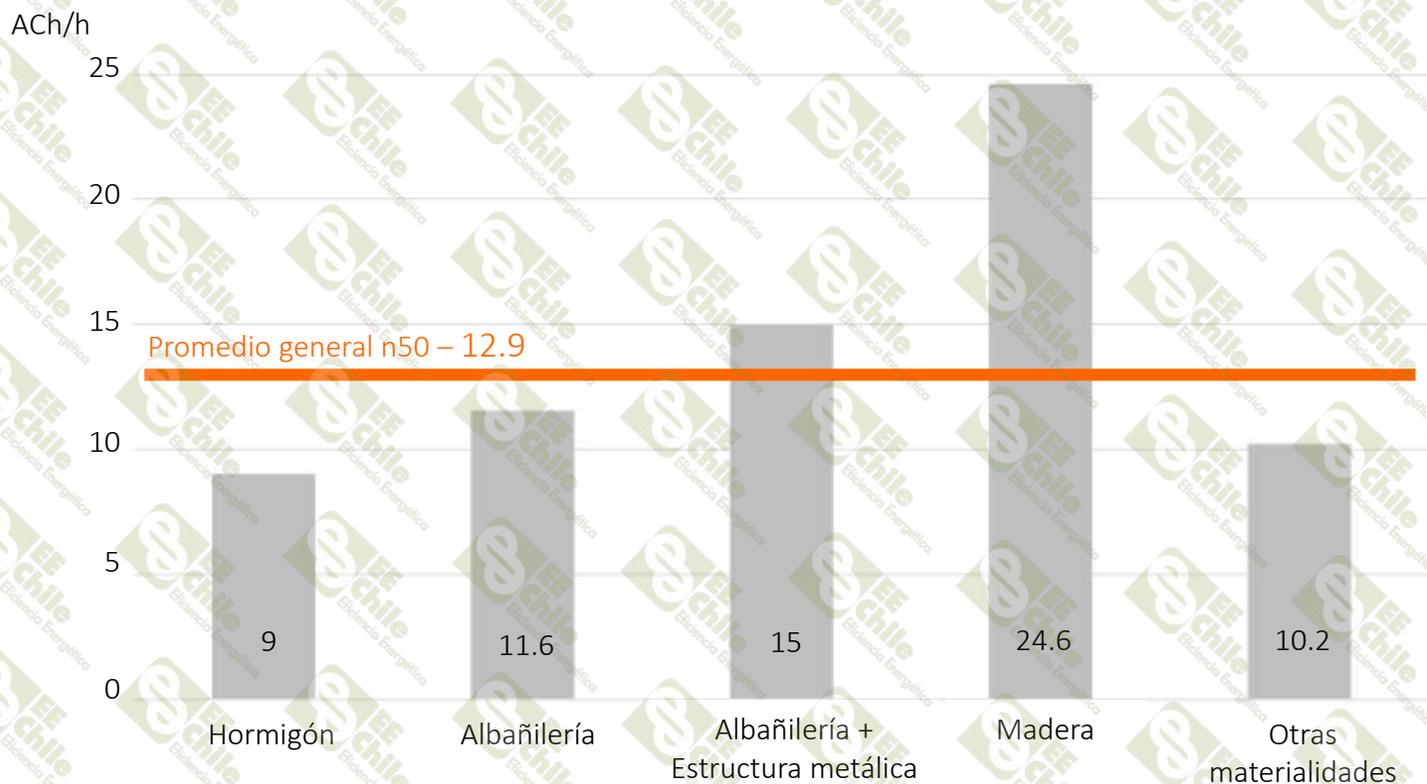


Casa estándar Passivhaus



# Hermeticidad

Sistemas distritales calefacción/enfriamiento/ACS para proyectos de pequeña y mediana escala en Chile



\* Manual de Hermeticidad al aire de edificaciones, Proyecto Fondef, CITEC - UBB, DECON - UC.

# Hermeticidad

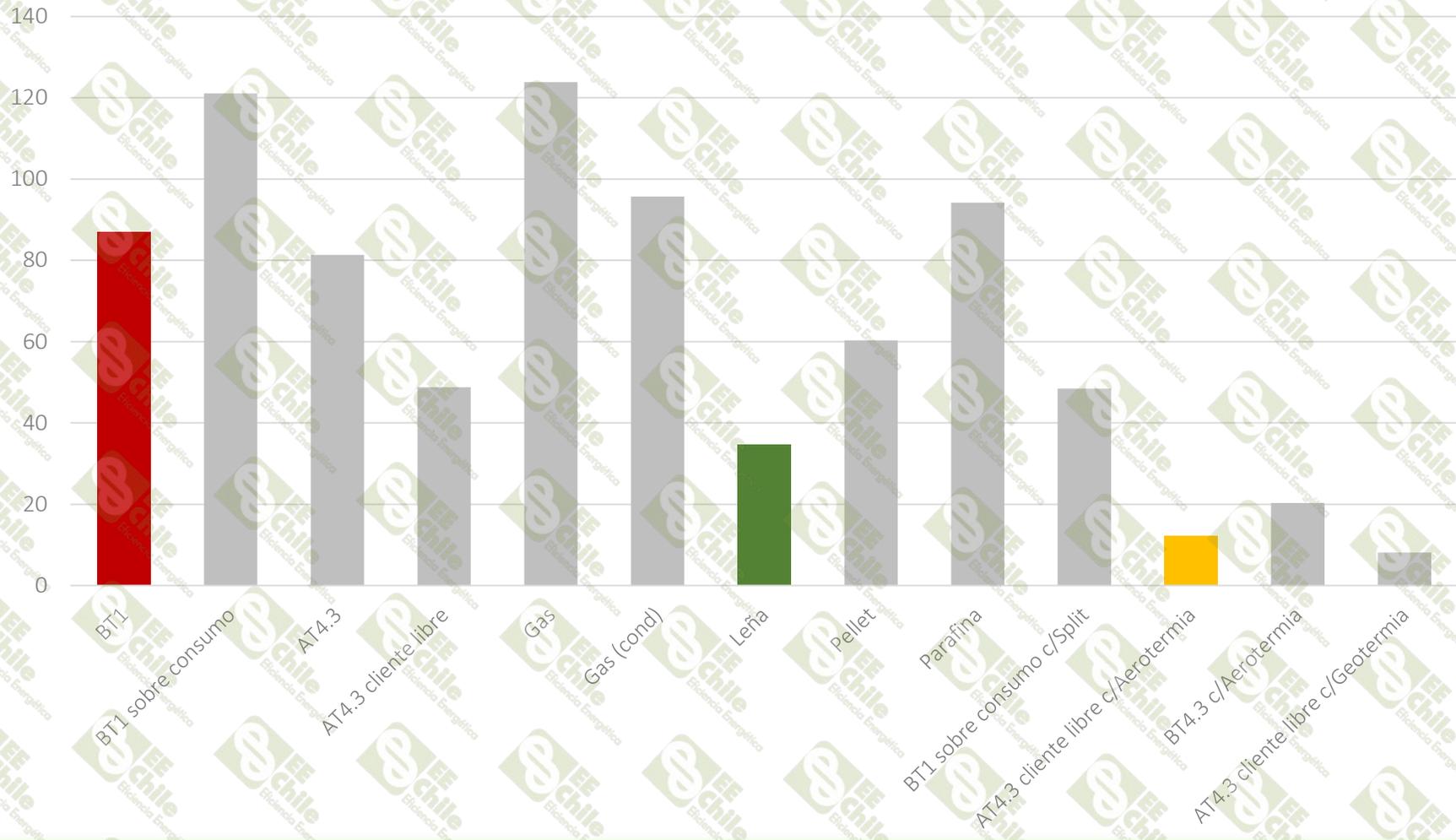
Sistemas distritales calefacción/enfriamiento/ACS para proyectos de pequeña y mediana escala en Chile



# Costos unitarios energético Temuco Mayo 2020

Sistemas distritales calefacción/enfriamiento/ACS para proyectos de pequeña y mediana escala en Chile

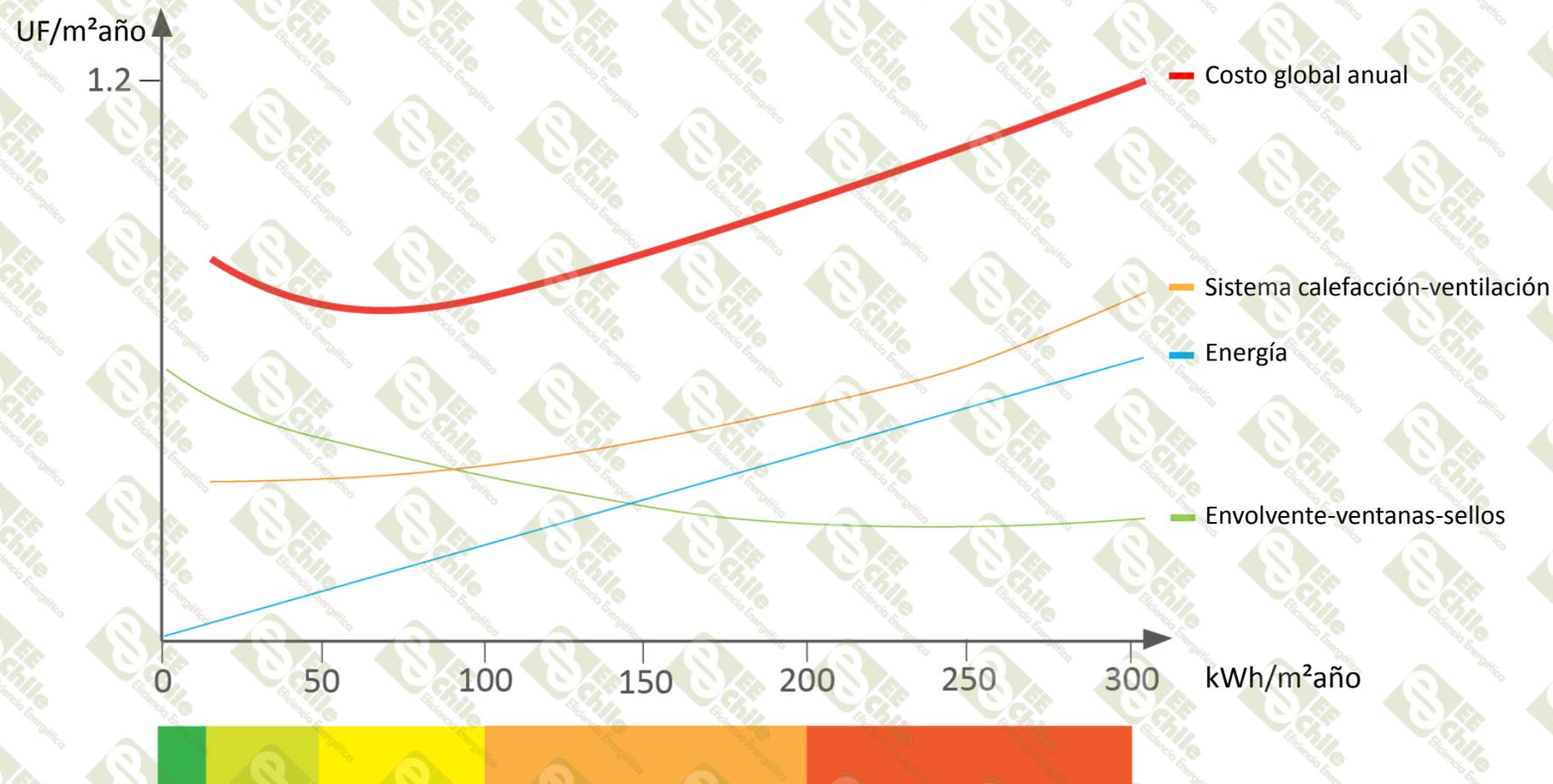
\$/kWh c/IVA



TARIFA	\$/kWh c/IVA
BT1	86,95
BT1 sobre consumo	121,06
AT4.3	81,34
AT4.3 cliente libre	48,80
Gas	123,86
Gas (cond)	95,71
Leña	34,79
Pellet	60,32
Parafina	94,18
BT1 sobre consumo c/Split	48,43
AT4.3 cliente libre c/Aerotermita	12,20
BT4.3 c/Aerotermita	20,34
AT4.3 cliente libre c/Geotermita	8,13

# Costo global anual

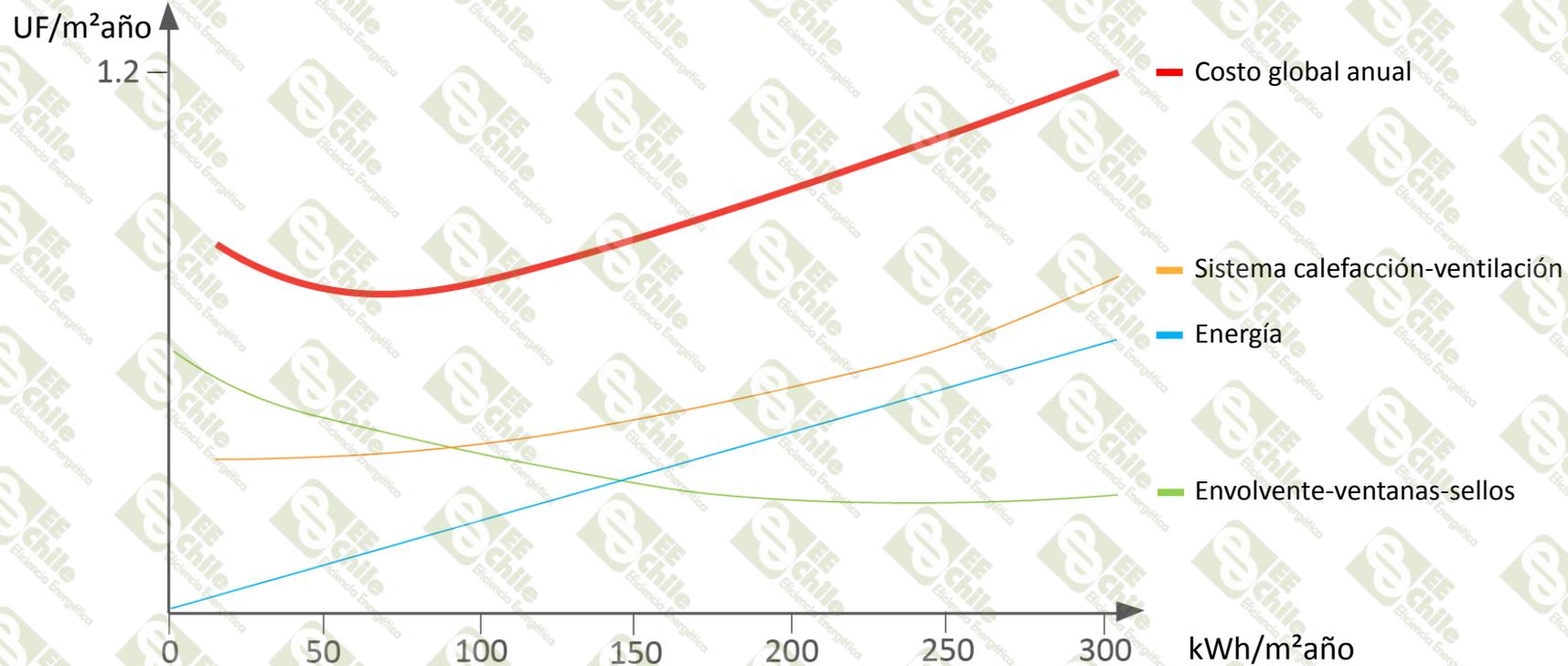
Sistemas distritales calefacción/enfriamiento/ACS para proyectos de pequeña y mediana escala en Chile



- Passivhaus
- Low Energy
- PDA Temuco 2018
- Normativa vigente Zona 5
- Previo a Normativa

# Costo global anual

Sistemas distritales calefacción/enfriamiento/ACS para proyectos de pequeña y mediana escala en Chile

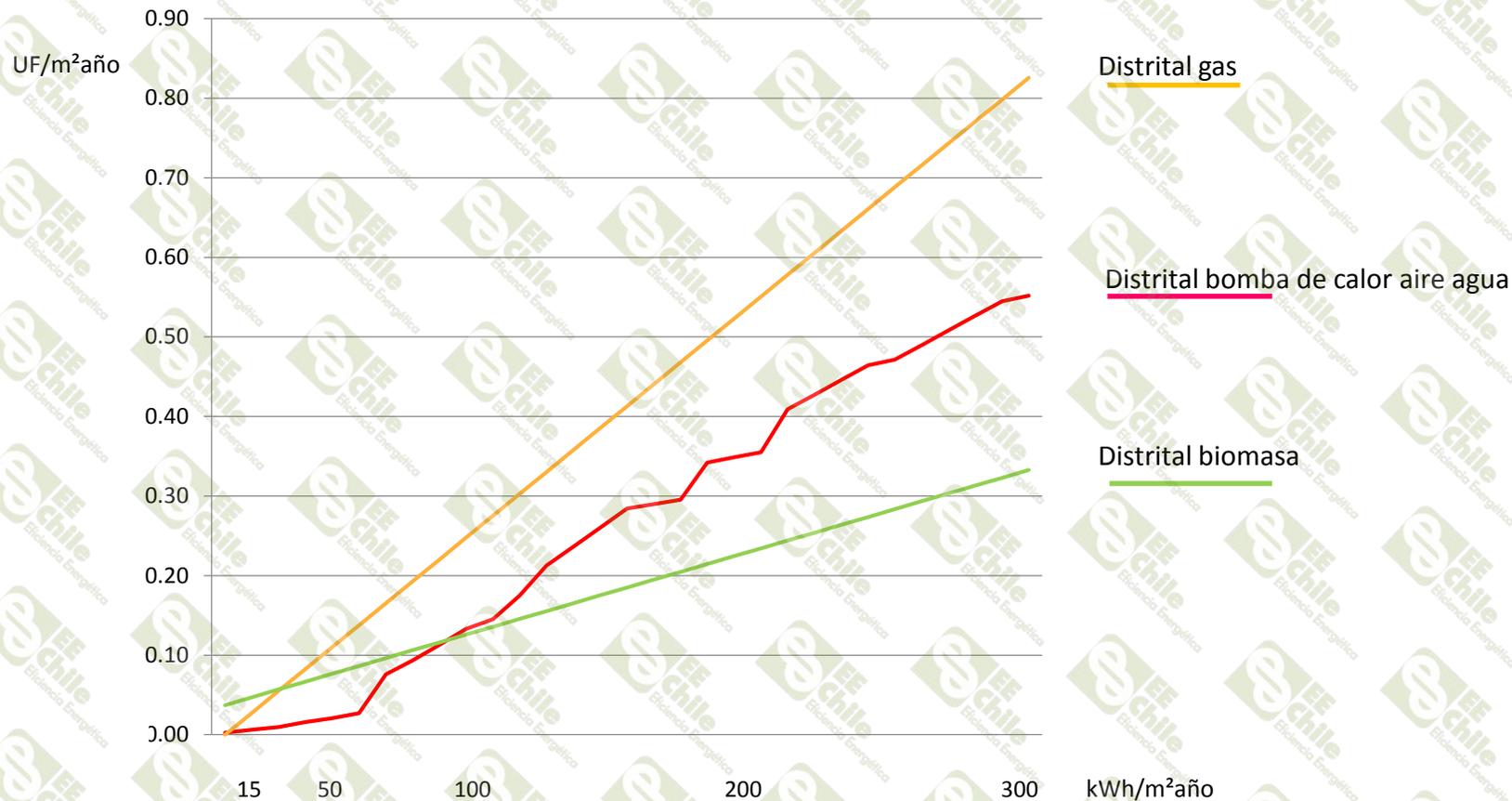


ACH/h a 50Pa	0.6	1.5	7	13	20
W/m²	10	30	80	110	130
U muros	0.2	0.3	0.45	1.6	3.6
Ug	1.1	1.6	3.6	3.6	5.0

- Passivhaus
- Low Energy
- PDA Temuco 2018
- Normativa vigente Zona 5
- Previo a Normativa

# Costo anual en calefacción Condominio 12 edificios - 60.000m<sup>2</sup>

Sistemas distritales calefacción/enfriamiento/ACS para proyectos de pequeña y mediana escala en Chile

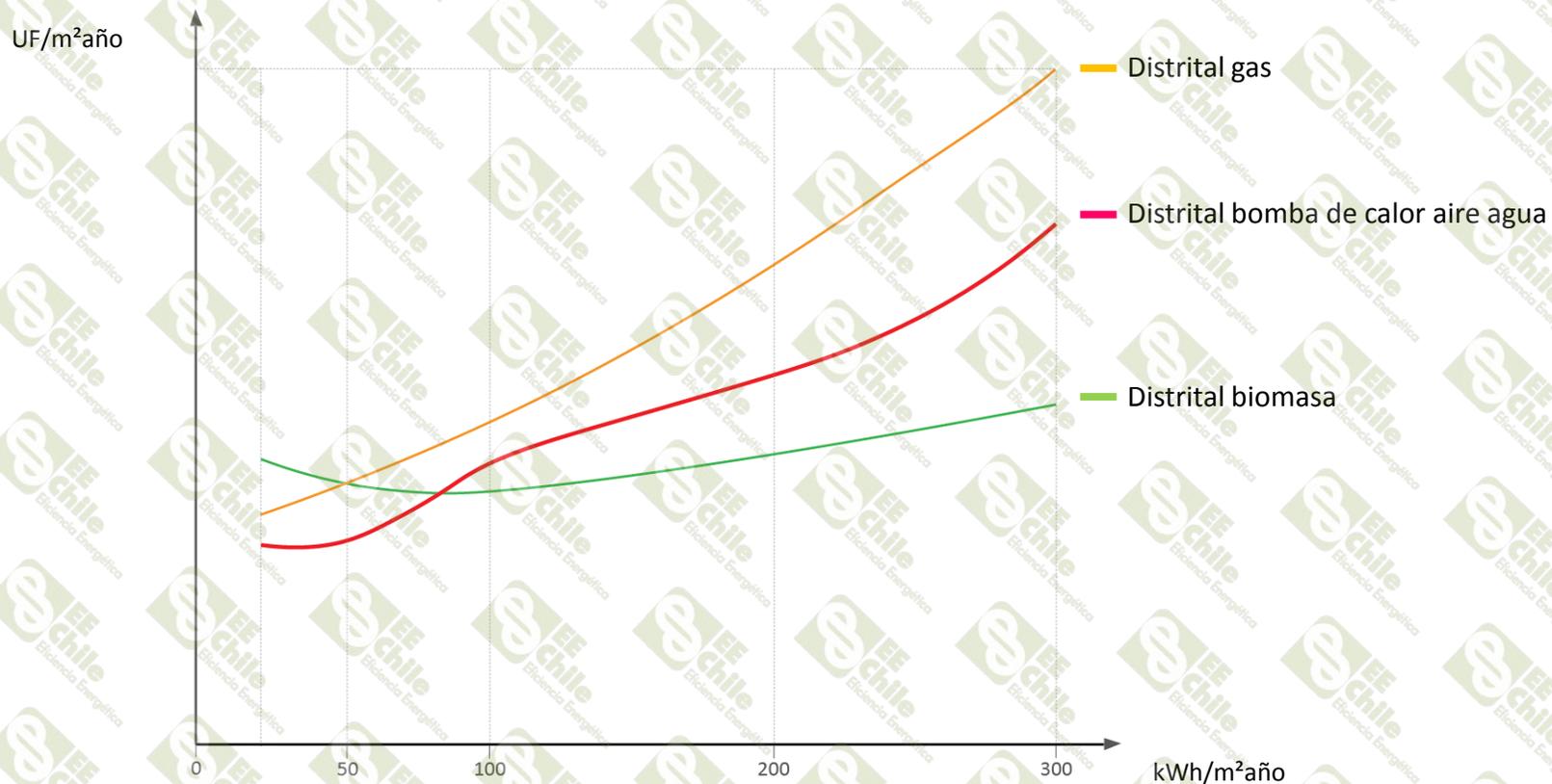


ACH/h a 50Pa	0.6	1.5	7	13	20
W/m <sup>2</sup>	10	30	80	110	130
U muros	0.2	0.3	0.45	1.6	3.6
Ug	1.1	1.6	3.6	3.6	5.0

- Passivhaus
- Low Energy
- PDA Temuco 2018
- Normativa vigente Zona 5
- Previo a Normativa

# Costo global anual Condominio 12 edificios - 60.000m<sup>2</sup>

Sistemas distritales calefacción/enfriamiento/ACS para proyectos de pequeña y mediana escala en Chile



n : 25 años  
i : 4% anual  
Ciudad : Temuco

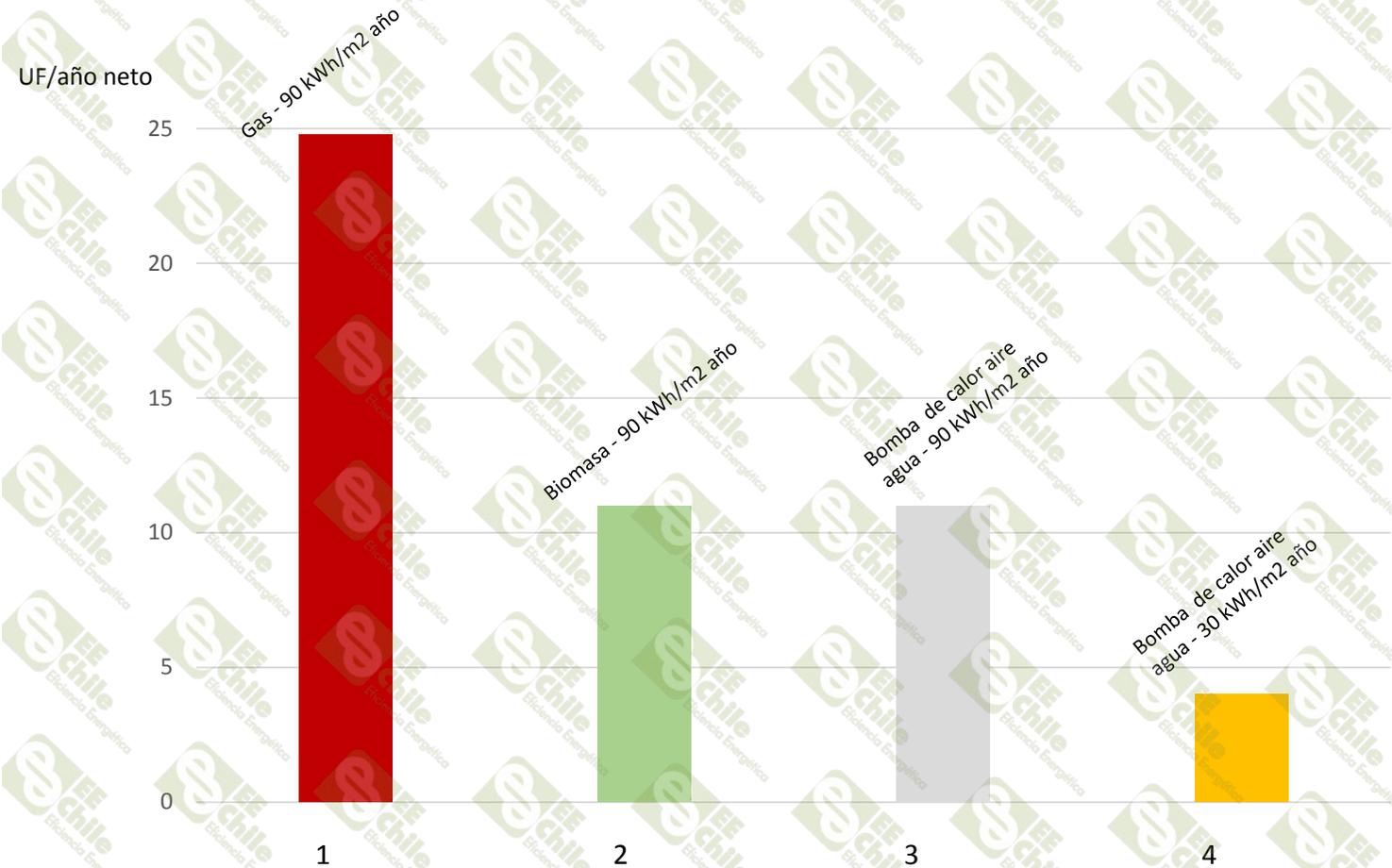


ACH/h a 50Pa	0.6	1.5	7	13	20
W/m <sup>2</sup>	10	30	80	110	130
U muros	0.2	0.3	0.45	1.6	3.6
Ug	1.1	1.6	3.6	3.6	5.0

- Passivhaus
- Low Energy
- PDA Temuco 2018
- Normativa vigente Zona 5
- Previo a Normativa

# Costo anual en calefacción departamento 100m<sup>2</sup> en Temuco

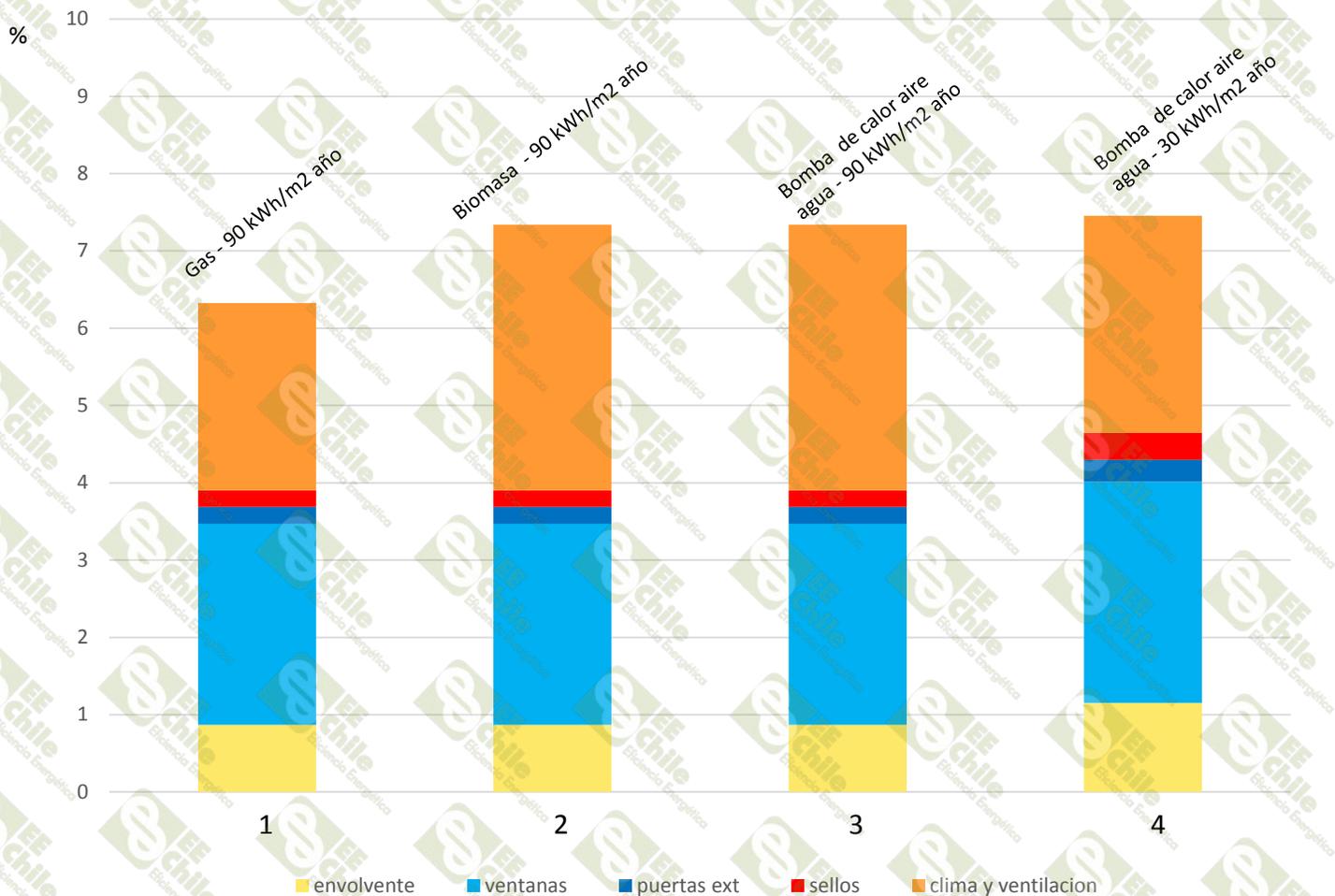
Sistemas distritales calefacción/enfriamiento/ACS para proyectos de pequeña y mediana escala en Chile



	1	2	3	4
Estándar térmico	PDA 2018 Temuco	PDA 2018 Temuco	PDA 2018 Temuco	Low Energy
kWh/m² año	90	90	90	30
Sist. de clima	Distrital gas condensación	Distrital biomasa	Distrital bomba calor aire agua	Distrital bomba calor aire agua

# Inversiones departamento 100m<sup>2</sup> en Temuco

Sistemas distritales calefacción/enfriamiento/ACS para proyectos de pequeña y mediana escala en Chile



	1	2	3	4
Estándar térmico	PDA 2018 Temuco	PDA 2018 Temuco	PDA 2018 Temuco	Low Energy
kWh/m <sup>2</sup> año	90	90	90	30
Sist. de clima	Distrital gas condensación	Distrital biomasa	Distrital bomba calor aire agua	Distrital bomba calor aire agua

Inversiones depto. 100m <sup>2</sup>	1	2	3	4
%	%	%	%	%
Envoltente	0,9	0,9	0,9	1,2
Ventanas	2,6	2,6	2,6	2,9
Puertas ext.	0,2	0,2	0,2	0,3
Sellos	0,2	0,2	0,2	0,3
Clima y ventilación	2,4	3,4	3,4	2,8
Costo base	93,7	93,7	93,7	93,7
<b>Total</b>	<b>100,0</b>	<b>101,0</b>	<b>101,0</b>	<b>101,1</b>

# Sistema distrital aerotérmico calefacción-enfriamiento y ACS

Condominio 12 edificios - 60.000m<sup>2</sup>

Sistemas distritales calefacción/enfriamiento/ACS para proyectos de pequeña y mediana escala en Chile



# Sistema distrital aerotérmico calefacción-enfriamiento y ACS

Condominio 12 edificios - 60.000m<sup>2</sup>

Sistemas distritales calefacción/enfriamiento/ACS para proyectos de pequeña y mediana escala en Chile



# Sistema distrital aerotérmico calefacción-enfriamiento y ACS

Condominio 12 edificios - 60.000m<sup>2</sup>

Sistemas distritales calefacción/enfriamiento/ACS para proyectos de pequeña y mediana escala en Chile



# Sistema distrital aerotérmico calefacción-enfriamiento y ACS

Condominio 12 edificios - 60.000m<sup>2</sup>

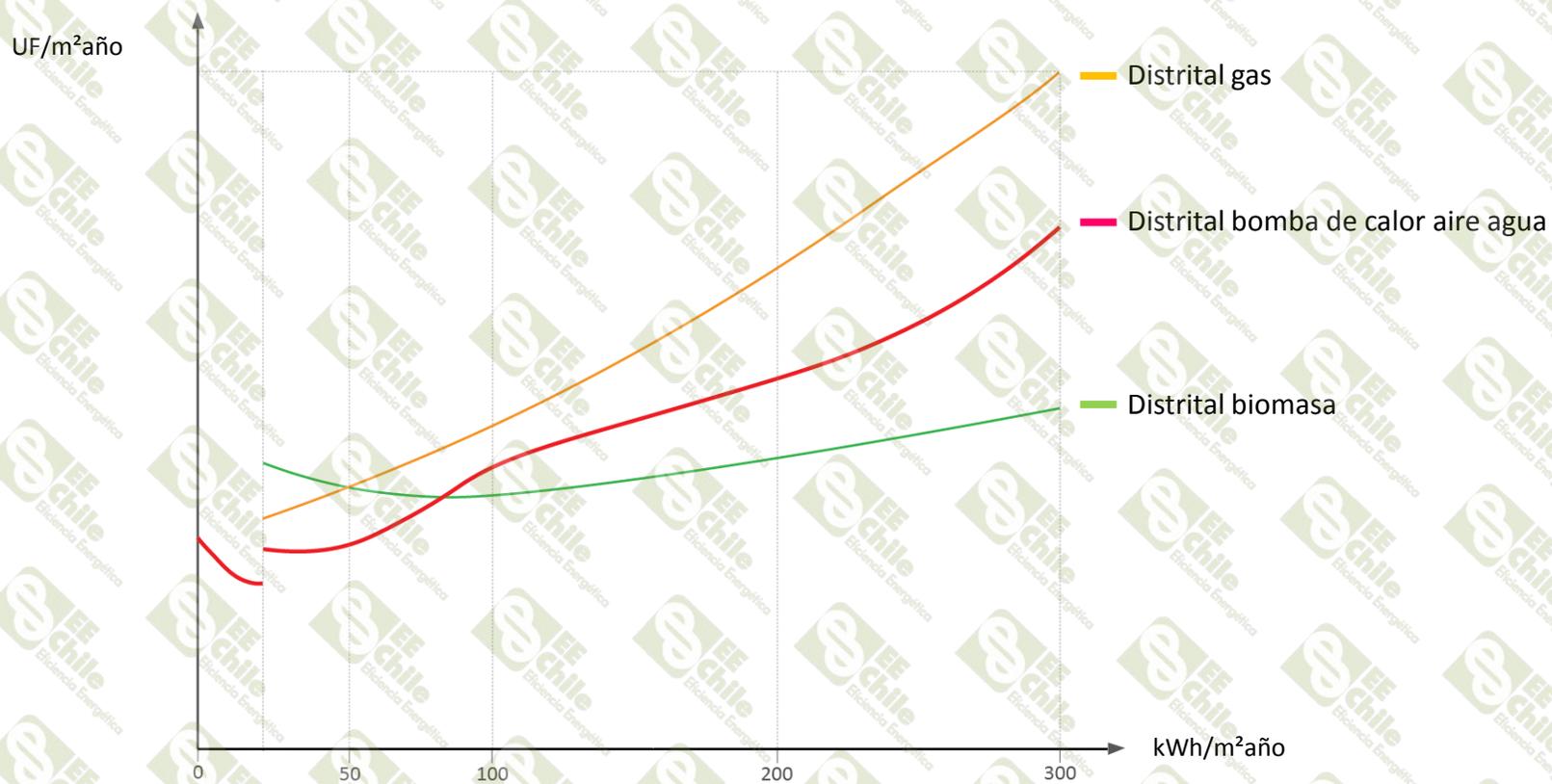
Sistemas distritales calefacción/enfriamiento/ACS para proyectos de pequeña y mediana escala en Chile



# Costo global anual

Condominio 12 edificios – 60.000m<sup>2</sup>

Sistemas distritales calefacción/enfriamiento/ACS para proyectos de pequeña y mediana escala en Chile



n: 25 años  
i: 4% anual  
Ciudad: Temuco

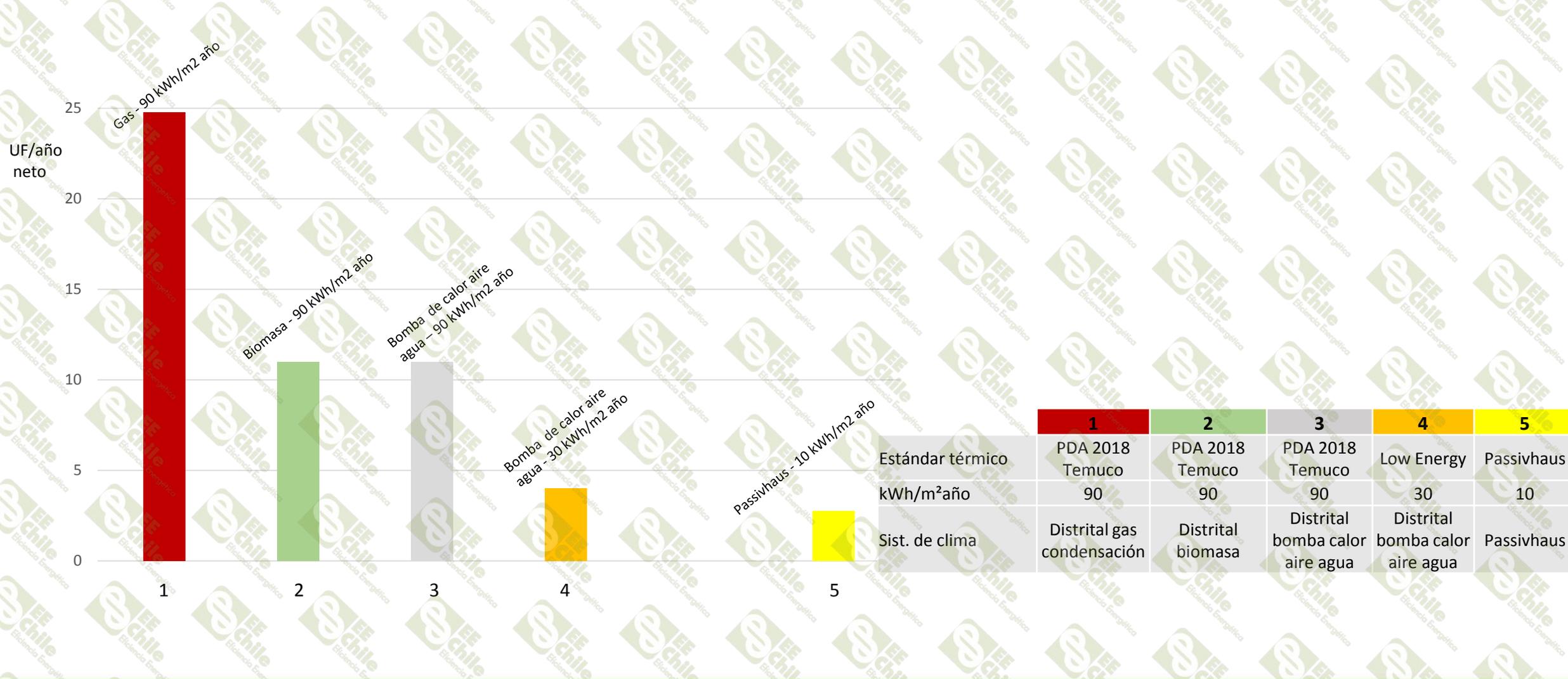


ACH/h a 50Pa	0.6	1.5	7	13	20
W/m <sup>2</sup>	10	30	80	110	130
U muros	0.2	0.3	0.45	1.6	3.6
Ug	1.1	1.6	3.6	3.6	5.0

- Passivhaus
- Low Energy
- PDA Temuco 2018
- Normativa vigente Zona 5
- Previo a Normativa

# Costo anual en calefacción departamento 100 m<sup>2</sup> en Temuco

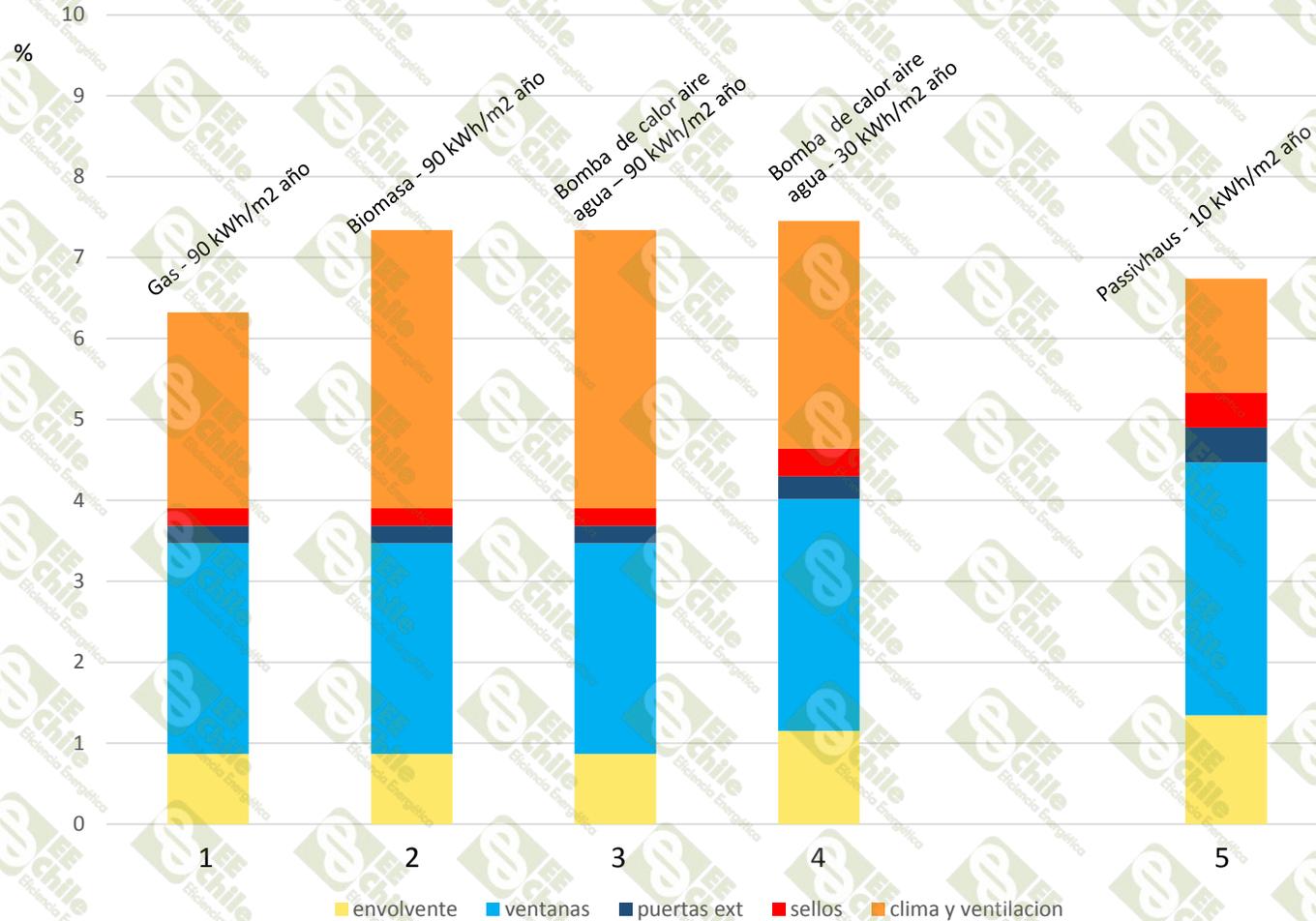
Sistemas distritales calefacción/enfriamiento/ACS para proyectos de pequeña y mediana escala en Chile



	1	2	3	4	5
Estándar térmico kWh/m <sup>2</sup> año	PDA 2018 Temuco 90	PDA 2018 Temuco 90	PDA 2018 Temuco 90	Low Energy 30	Passivhaus 10
Sist. de clima	Distrital gas condensación	Distrital biomasa	Distrital bomba calor aire agua	Distrital bomba calor aire agua	Passivhaus

# Inversiones departamento 100m<sup>2</sup> en Temuco

Sistemas distritales calefacción/enfriamiento/ACS para proyectos de pequeña y mediana escala en Chile



	1	2	3	4	5
Estándar térmico kWh/m <sup>2</sup> año	PDA 2018 Temuco 90	PDA 2018 Temuco 90	PDA 2018 Temuco 90	Low Energy 30	Passivhaus 10
Sist. de clima	Distrital gas condensación	Distrital biomasa	Distrital bomba calor aire agua	Distrital bomba calor aire agua	Passivhaus

Inversiones depto. 100m <sup>2</sup> 1	1	2	3	4	5
	%	%	%	%	%
Envoltente	0,9	0,9	0,9	1,2	1,3
Ventanas	2,6	2,6	2,6	2,9	3,1
Puertas ext.	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4
Sellos	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4
Clima y ventilación	2,4	3,4	3,4	2,8	1,4
Costo base	93,7	93,7	93,7	93,7	93,7
<b>Total</b>	<b>100,0</b>	<b>101,0</b>	<b>101,0</b>	<b>101,1</b>	<b>100,4</b>

# Consultorías y proyectos con estándar Passivhaus desarrollados en Chile

Sistemas distritales calefacción/enfriamiento/ACS para proyectos de pequeña y mediana escala en Chile

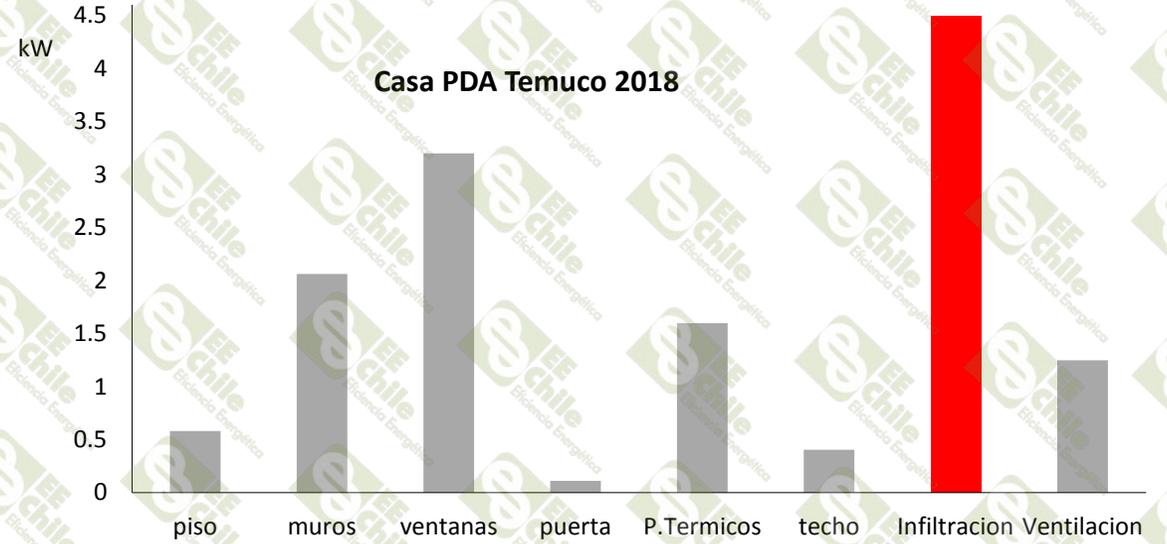


Proyecto	Sucursal BCI (Santiago)	Casa Passivhaus (Valdivia)	Puerta del Sol (Temuco)	Eloísa (Santiago)	A Student (Santiago)	Mirador de Cotapos (Valdivia)	Residencia Valdivia (Valdivia)	Isidora (Concepción)	Alicia (Santiago)	Casa MCCM (Valencia-España)
m <sup>2</sup>	182	120	145	5.850	2.500	1.400	6.000	4.400	3.200	140
Inmobiliaria	-	-	Schiele & Werth	Urbes	Urbes	Boetsch Sur	Boetsch Sur	Urbes	Urbes	MCCM
IPHA Patrocinador	-	IPHCL	IPHCL	IPHCL	IPHCL	-	-	IPHCL	IPHCL	-
Arquitecto	Arquiambiente Gabriele Stange	-	Héctor Schiele	VARQ Arquitectos	VARQ Arquitectos	Sergio Rojo Verónica Ortega	Alonso Balaguer	David Bedodo	ARC Arquitectos Asociados	M <sup>a</sup> Carmen Gilabert
Consultoría y proyecto Passivhaus	Marcelo Huenchunir	EEChile	EEChile	EEChile	EEChile	EEChile	EEChile	EEChile	EEChile	EEChile
Certificador Passivhaus	Passivhaus Institut Alemania	Passivhaus Institut Alemania	Passivhaus Institut Alemania	Passivhaus Institut Alemania	Passivhaus Institut Alemania	Passivhaus Institut Alemania	Passivhaus Institut Alemania	Passivhaus Institut Alemania	Passivhaus Institut Alemania	Passivhaus Institut Alemania
Estatus obra	Construido 2010	Construido 2010	Construido 2016	En construcción	En construcción	Inicio construcción	Inicio construcción	Inicio construcción	Inicio construcción	Diseño
Estatus certificación	Certificado	En proceso	En proceso	En proceso	En proceso	En proceso				

# Una Gran oportunidad de Mejora...

Sistemas distritales calefacción/enfriamiento/ACS para proyectos de pequeña y mediana escala en Chile

Casa PDA Temuco 2018



Casa estándar Passivhaus



# Una Gran oportunidad de Mejora...

Sistemas distritales calefacción/enfriamiento/ACS para proyectos de pequeña y mediana escala en Chile

N° 41.309

## Ministerio del Medio Ambiente

(IdDO 966325)

### ESTABLECE PLAN DE DESCONTAMINACIÓN ATMÓSFERICA POR MP2,5, PARA LAS COMUNAS DE TEMUCO Y PADRE LAS CASAS Y DE ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE DESCONTAMINACIÓN POR MP10, PARA LAS MISMAS COMUNAS

Núm. 8.- Santiago, 27 de febrero de 2015.

**Artículo 33.-** A partir del 1 de enero de 2018, toda vivienda nueva que se construya en la zona saturada y aquellas viviendas que a partir de esa fecha serán objeto del subsidio de acondicionamiento térmico referido en el artículo 29 del presente Decreto, deberán cumplir al menos con los siguientes estándares:



Fuente: Manual construcción PDA SERVIU Araucanía

#### 3- Infiltraciones de aire:

Los proyectos de viviendas nuevas y de Acondicionamiento Térmico de viviendas existentes deberán verificar el estándar para la vivienda que se señala en la tabla N° 22.

Tabla N° 22. Infiltraciones de aire

Elemento	Estándar	Temuco Padre Las Casas
Vivienda	Clase de infiltración de aire a 50Pa (ach)	7

Nota: El cumplimiento de la clase de infiltración de aire está referido principalmente a partidas de sellos de puertas y ventanas, sello de uniones en encuentros entre distintos elementos, sello de canalizaciones y perforaciones de instalaciones.

Asimismo, las puertas y ventanas deberán cumplir con el grado de estanqueidad al viento indicado en la Tabla N° 23.

Tabla N° 23. Grado de estanqueidad al viento

Elemento	Estándar	Temuco Padre Las Casas
Puerta y ventana	Grado de estanqueidad al viento a 100 Pa ( $m^2/h m^2$ )	10

Para efectos de cumplir los estándares señalados en las tablas precedentes, se podrá optar por alguna de las siguientes alternativas:

- Mediante un Certificado de Ensaye otorgado por un laboratorio con inscripción vigente en el Registro Oficial de Laboratorios de Control Técnico de Calidad de la Construcción del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, efectuado a una vivienda o una muestra representativa de un conjunto de viviendas, en terreno, en base a las Normas NCh3295, NCh3296 y NCh3297, según corresponda, y conforme al procedimiento de muestreo que el referido Ministerio defina para ello.
- Para el estándar de infiltración de aire y a falta de laboratorios acreditados en la certificación de ensaye de dicho estándar, éste podrá cumplirse mediante Especificaciones Técnicas Mínimas. Esta alternativa dejará de estar permitida cuando el Ministerio de Vivienda y Urbanismo así lo establezca, mediante el correspondiente acto administrativo.

Corresponderá al arquitecto informar la alternativa adoptada al solicitar el permiso de edificación.

En proyectos de Acondicionamiento Térmico de viviendas existentes, los estándares de infiltración de aire y de grado de estanqueidad al viento deberán cumplirse conforme a alguna de las alternativas señaladas en este número. Corresponderá al profesional competente o al Prestador de Servicio de Asistencia Técnica (PSAT), si lo hubiere, informar la alternativa adoptada al momento del ingreso o la recepción del proyecto por parte del SERVIU, según corresponda.

#### 4- Ventilación:

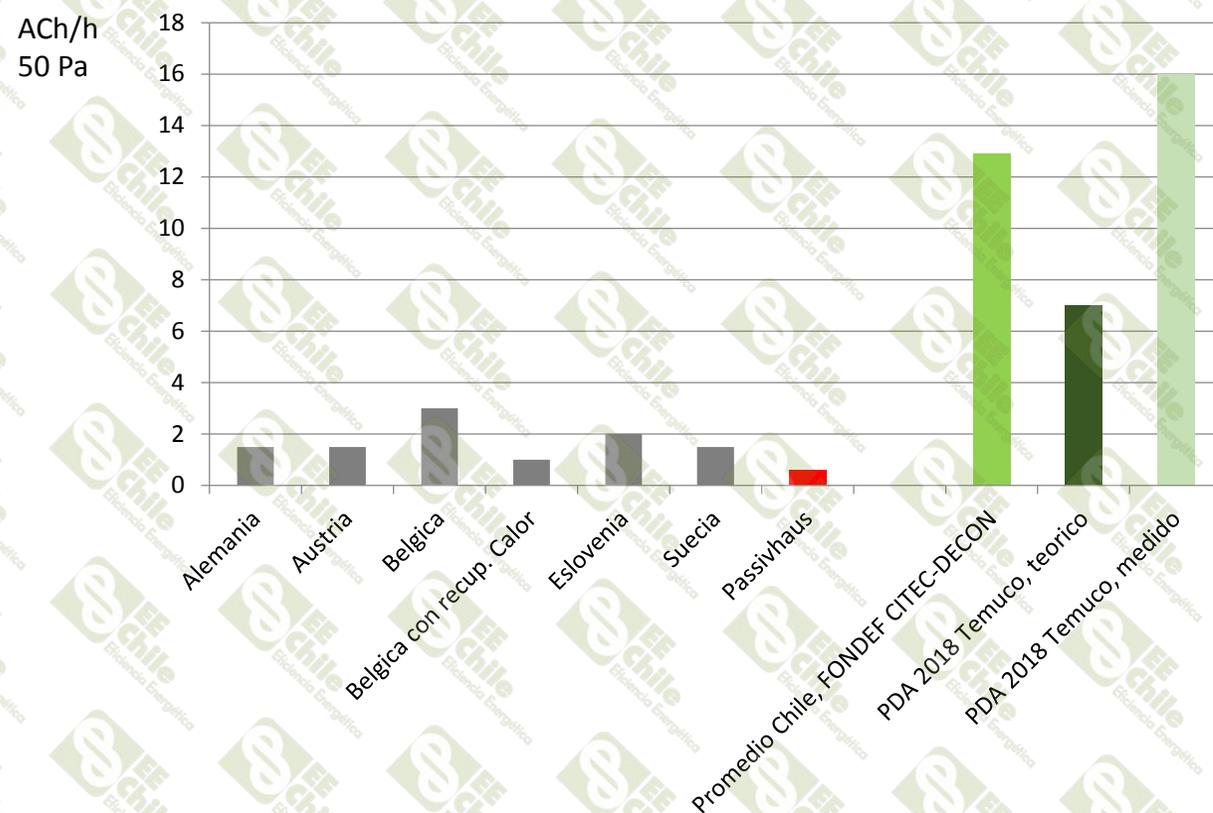
Las viviendas deberán contar con un sistema de ventilación que garantice la calidad del aire interior.

En proyectos de vivienda nueva, el proyecto de ventilación deberá ser presentado por el proyectista para la obtención del permiso de edificación, diseñado en base a las Normas NCh3308 y NCh3309, según corresponda. El sistema de ventilación deberá considerar sistemas mecánicos de salida del aire al exterior, pudiendo ser las entradas de aire natural o mecánica, con al menos dos puntos de extracción de aire ubicados en baño y cocina con encendido mediante control de higróstico. En proyectos de Acondicionamiento Térmico de viviendas existentes, el proyecto de ventilación será acreditado según lo indicado en el párrafo anterior y deberá ser presentado por el PSAT o responsable del proyecto al momento del ingreso del proyecto al SERVIU.

# Una Gran oportunidad de Mejora...

Sistemas distritales calefacción/enfriamiento/ACS para proyectos de pequeña y mediana escala en Chile

## Hermeticidad n50 en Chile y el mundo





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