

INFORME DE CUMPLIMIENTO NORMATIVO DE PRODUCTOS

CÁLCULO VALOR U

Producto: Losa LE-225

Fecha: 02/05/2026

Realizado: Christopher A. Casas-Cordero Z.

Contacto: cccordero19@gmail.com

Índice

- 1. Antecedentes**
- 2. Descripción del sistema constructivo**
- 3. Geometría del componente constructivo**
- 4. Resultados Planilla Higrotérmica**
- 5. Condiciones de borde y parámetros térmicos**
- 6. Mallado del modelo**
- 7. Resultados gráficos**
- 8. Resultados numéricos**
- 9. Conclusión**
- 10. Anexos bibliográficos**

1. Antecedentes

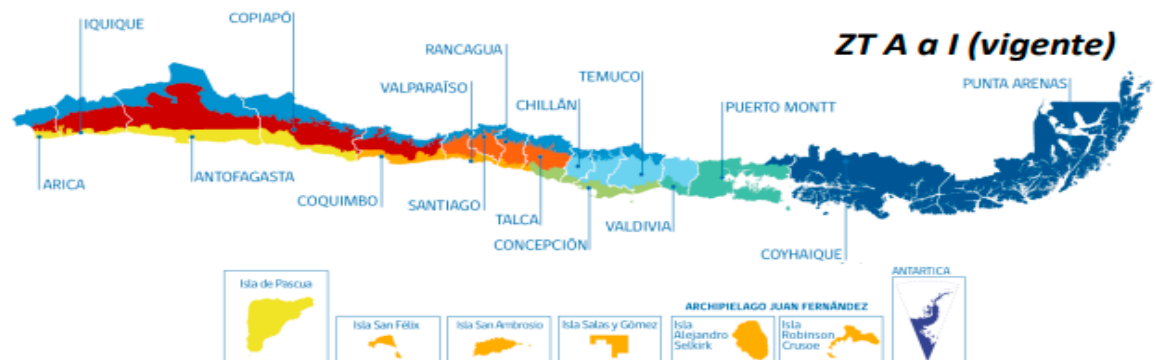
En virtud de lo establecido en la **Resolución Exenta N° 1802 del Ministerio de Vivienda y Urbanismo**, el cálculo de la resistencia térmica total de elementos constructivos compuestos por capas heterogéneas debe verificar un error relativo máximo igual o inferior al 20%. En aquellos casos donde dicha condición no se cumple, la normativa permite la utilización de un método de cálculo detallado, conforme a lo indicado en el punto **4.3 de la NCh853**.

Dicho apartado establece que el cálculo detallado debe realizarse mediante simulación numérica del comportamiento térmico del elemento constructivo completo o de una sección representativa, considerando explícitamente las condiciones geométricas y las propiedades de los materiales. A su vez, este enfoque se fundamenta en los lineamientos definidos por la norma **ISO 10211** (equivalente a NCh3136), la cual regula los métodos numéricos para la determinación de flujos térmicos, transmitancias y temperaturas superficiales en régimen estacionario.

En este contexto, el análisis desarrollado en el presente informe se llevó a cabo mediante el uso del software de simulación **THERM versión 7.6**, el cual implementa métodos numéricos basados en elementos finitos para la resolución bidimensional de campos de temperatura y flujo de calor, en concordancia con los principios establecidos en la **ISO 10211**. Esta herramienta permite representar con precisión la geometría real de los encuentros constructivos, superando las limitaciones inherentes a los métodos simplificados basados en resistencias térmicas equivalentes.

De este modo, el uso de simulación numérica constituye una aplicación directa del método detallado reconocido por la normativa vigente, permitiendo obtener resultados con un mayor nivel de precisión y consistencia física, especialmente en soluciones constructivas con heterogeneidad material o discontinuidades térmicas relevantes. En consecuencia, la metodología adoptada se ajusta a lo dispuesto en la Resolución Exenta N° 1802 y a los criterios técnicos establecidos en la **NCh853**, asegurando la validez del análisis térmico efectuado.

Las exigencias por zonas térmicas recopiladas por el **Diario Oficial, (Decreto N° 15 de Vivienda y Urbanismo, publicado el 27 de mayo de 2024)** y según la actualización **4.1.10** de la reglamentación térmica (2025), en este caso de la A hasta la I, se expresa en la siguiente imagen:

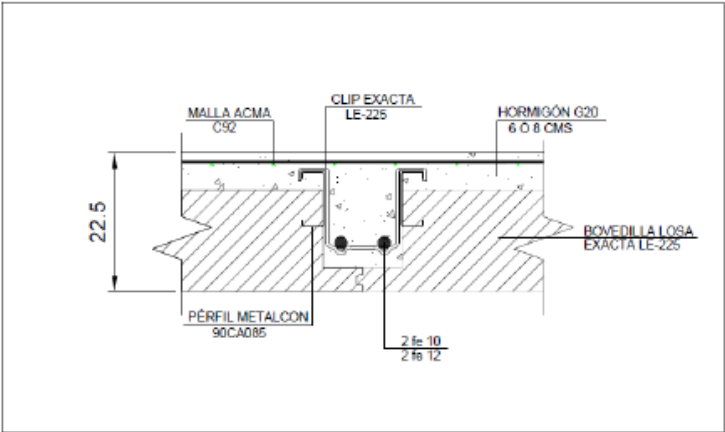


2. Descripción del sistema constructivo

“La losa aislante EXACTA® es una losa nervada que trabaja en complemento con los muros aislantes de EXACTA®. Está compuesta por bovedillas de Poliestireno expandido de alta densidad con perfiles de acero galvanizado insertos dentro de las bovedillas, formando un encofrado. Las bovedillas quedan incorporadas a la losa disminuyendo el peso propio de la estructura, aportando aislación térmica y acústica.” (Exacta, 2019).

Para el caso de este informe, se considera la solución constructiva dispuesta en esta imagen:

Losa Exacta® 225



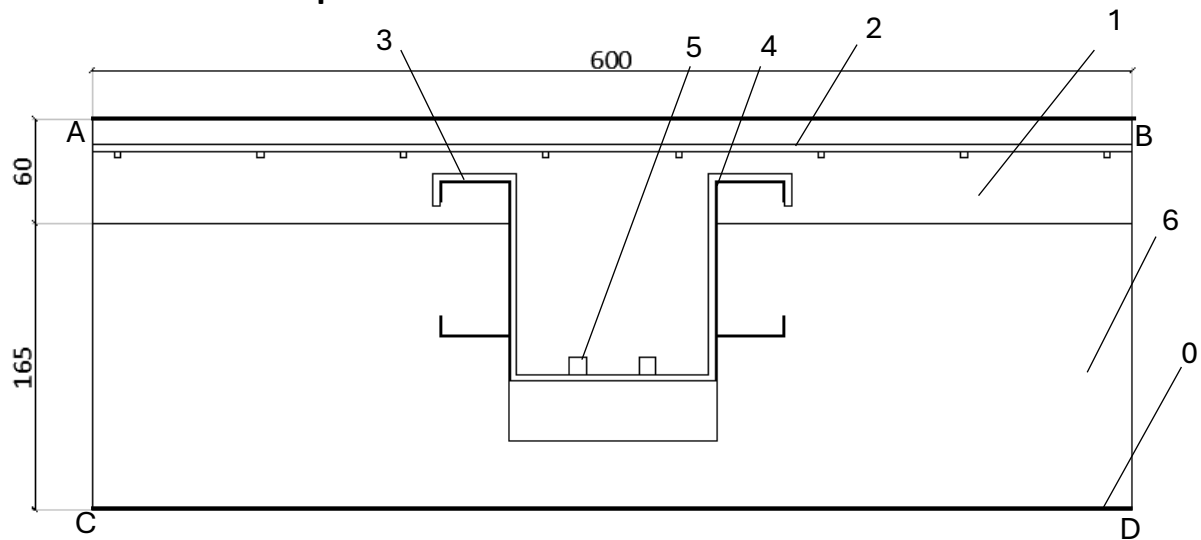
Según la tabla oficial para zonas climáticas, dispuesta por el Diario Oficial (Decreto N° 15 de Vivienda y Urbanismo, publicado el 27 de mayo de 2024), se tomará en cuenta el siguiente desarrollo para los criterios de este informe:

ZONA TÉRMICA	COMPLEJO DE TECHUMBRE		COMPLEJO DE MUROS PERIMETRALES		COMPLEJO DE PISO VENTILADO		COMPLEJO DE PUERTAS OPACAS	
	U ^(*)	Rt ^(*)	U ^(*)	Rt ^(*)	U ^(*)	Rt ^(*)	U ^(*)	Rt ^(*)
	W/m²K	m²K/W	W/m²K	m²K/W	W/m²K	m²K/W	W/m²K	m²K/W
A	0,84	1,19	2,10	0,48	3,60	0,28		
B	0,47	2,13	0,80	1,25	0,70	1,43	1,70	0,59
C	0,47	2,13	0,80	1,25	0,87	1,15	1,70	0,59
D	0,38	2,63	0,80	1,25	0,60	1,67	1,70	0,59
E	0,33	3,03	0,60	1,67	0,60	1,67	1,70	0,59
F	0,28	3,57	0,45	2,22	0,50	2,00	1,70	0,59
G	0,28	3,57	0,40	2,50	0,39	2,56	1,70	0,59
H	0,25	4,00	0,30	3,33	0,32	3,13	1,70	0,59
I	0,25	4,00	0,35	2,86	0,32	3,13	1,70	0,59

*U: flujo de calor que pasa por unidad de superficie del elemento y por grado de diferencia de temperatura entre los dos ambientes separados por dicho elemento.

*Rt: oposición al paso del calor que presentan los elementos de construcción. Corresponde al inverso de la transmitancia térmica.

3. Geometría del componente constructivo



Elaboración según archivo Exacta® LE 225.

	Espesor (m).	Densidad (kg/m³).	Conductividad (λ).	Factor de resistencia al vapor (μ).
0. Estuco EIFS	0,008	-	-	13
1. Hormigón G20	0,60	2400	1,63	44
2. Malla Acma C92 (acero galvanizado)	0,0037	7800	50	Inf.
3. Clip Exacta LE-185 (acero galvanizado)	0,038	7800	50	Inf.
4. Perfil acero galvanizado 90CA085	0,00085	7800	50	Inf.
5. Hierro	Ø 0,01	7500	50	Inf.
6. EPS	0,165	15	0,041	35

Datos Planilla higrotérmica v2026.01

4. Resultados Planilla Higrotérmica

TRANSMITANCIA TÉRMICA SEGÚN NCH 853.OF2021		
Resistencia Térmica Total, R_T =	1,79	[m²K/W]
Límite superior Resistencia Térmica Total, $R_{T'}'$ =	2,20	[m²K/W]
Límite inferior Resistencia Térmica Total, $R_{T''}$ =	1,38	[m²K/W]
Error máximo relativo, e =	23,09	[%]
Nota: El método no es válido para cuando la relación entre el límite superior e inferior excede 1,5 (error relativo máximo > 20%).		

Dado que se observa un porcentaje de error significativo, que alcanza un **23,09%**, la Resolución Exenta N° 1802 establece la necesidad de analizar el apartado 4.3 de la Nch853:2021. En consecuencia, para efectos de este informe se usará el software **Therm**.

5. Condiciones de borde y parámetros térmicos

Las condiciones de borde se definen como restricciones térmicas en los límites exteriores de un sistema, que incluyen la temperatura del aire ambiente.

En este caso las temperaturas están contempladas según **ISO10211:2017**, bajo régimen estacionario: Interior 20° y exterior 0°.

Para el cumplimiento de **NCh853:2021**, se utilizarán estos datos:

Tabla 7 – Resistencias superficiales convencionales

Resistencias superficiales $m^2 \text{ K/W}$	Dirección del flujo de calor		
	Ascendente	Horizontal	Descendente
R_{si}	0,10	0,13	0,17
R_{se}	0,04	0,04	0,04

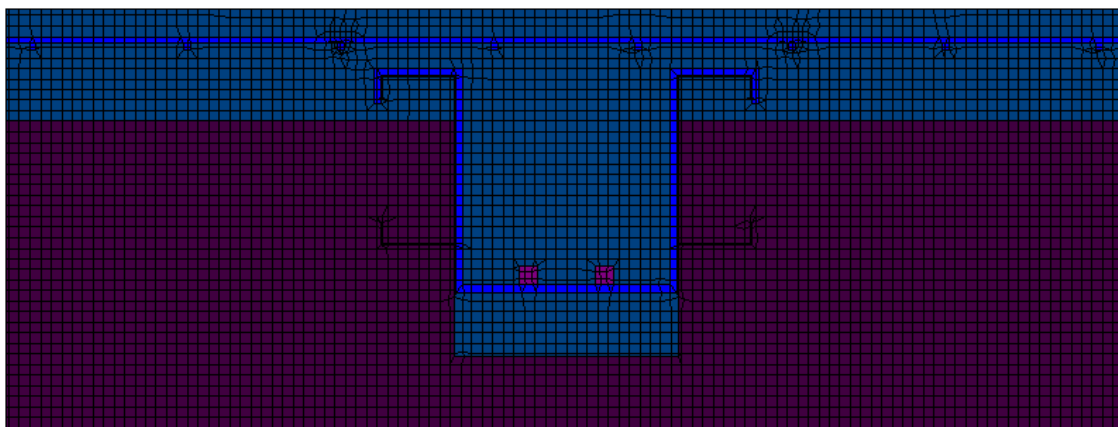
NOTA 1 Las resistencias superficiales se aplican a las superficies en contacto con el aire. No se aplican a aquellas superficies en contacto con otro material.

NOTA 2 Los valores de resistencias superficiales interiores se calculan para $E = 0,9$ y con h_{i0} evaluado a 20 °C. El valor de resistencia superficial exterior se calcula para $E = 0,9$, h_{e0} evaluado a 10 °C y $v = 4 \text{ m/s}$.

Ver 5.9.4 para R_{se} en caso de un componente que contiene una capa de aire muy ventilada.

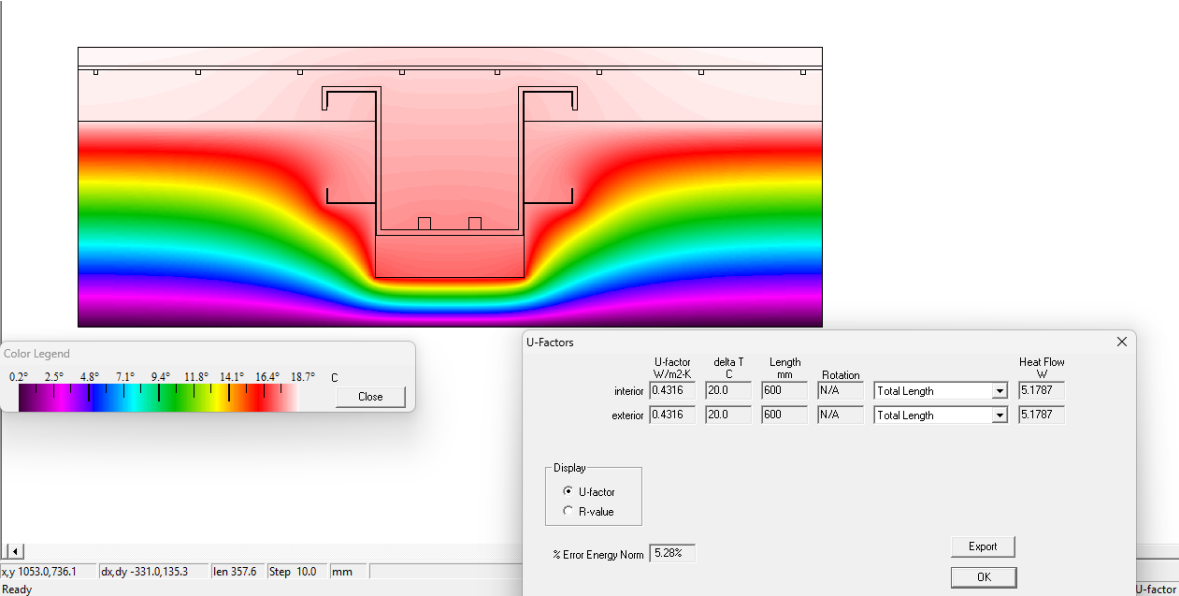
Son parámetros de condición de borde configurado para la solución constructiva, en el sistema se contempla los límites longitudinales superiores AB como R_{si} y los límites longitudinales inferiores CD como R_{se} .

6. Mallado del modelo



Luego de generar el modelo para la simulación en **Therm 7.6**, se obtiene la siguiente geometría, el mallado interpreta la incidencia de puentes térmicos en la solución, como se aprecia en la imagen los puntos de calor están concentrados en los elementos de acero galvanizado.

7. Resultados gráficos



Los resultados obtenidos en la termografía señalan que el valor U ponderado tanto para el interior como para el exterior del sistema es de **0.43 (W/m²K)**. Cómo se observa en la tabla dispuesta por el Diario Oficial (Decreto N° 2 de Vivienda y Urbanismo, publicado el 27 de mayo de 2024), se tomará en cuenta los siguientes resultados:

TABLA 1. Transmitancia térmica U máxima y resistencia térmica Rt mínima para complejos de techumbre, muros perimetrales, piso ventilado y puertas opacas.

ZONA TÉRMICA	COMPLEJO DE TECHUMBRE		COMPLEJO DE MUROS PERIMETRALES		COMPLEJO DE PISO VENTILADO		COMPLEJO DE PUERTAS OPACAS	
	U(*)	Rt(*)	U(*)	Rt(*)	U(*)	Rt(*)	U(*)	Rt(*)
	W/m²K	m²K/W	W/m²K	m²K/W	W/m²K	m²K/W	W/m²K	m²K/W
A	0,84	1,19	2,10	0,48	3,60	0,28		
B	0,47	2,13	0,80	1,25	0,70	1,43	1,70	0,59
C	0,47	2,13	0,80	1,25	0,87	1,15	1,70	0,59
D	0,38	2,63	0,80	1,25	0,60	1,67	1,70	0,59
E	0,33	3,03	0,60	1,67	0,60	1,67	1,70	0,59
F	0,28	3,57	0,45	2,22	0,50	2,00	1,70	0,59
G	0,28	3,57	0,40	2,50	0,39	2,56	1,70	0,59
H	0,25	4,00	0,30	3,33	0,32	3,13	1,70	0,59
I	0,25	4,00	0,35	2,86	0,32	3,13	1,70	0,59

*U: flujo de calor que pasa por unidad de superficie del elemento y por grado de diferencia de temperatura entre los dos ambientes separados por dicho elemento.

*Rt: oposición al paso del calor que presentan los elementos de construcción. Corresponde al inverso de la transmitancia térmica.

El cumplimiento es en estricto rigor **desde la zona térmica A hasta la F.**

8. Resultados numéricos

Según **NCh3136:2014**, se calcula para esta solución, la transmitancia térmica lineal.

9.2 Cálculo de la transmitancia térmica lineal y puntual

Los valores de Ψ se determinan a partir de:

$$\Psi = L_{2D} - \sum_{j=1}^{N_j} U_j \cdot l_j \quad (13)$$

en que:

L_{2D} = coeficiente de acoplamiento térmico obtenido a partir de un cálculo bidimensional del componente separando los dos ambientes considerados;

U_j = transmitancia térmica de un componente unidimensional, j , separando los dos ambientes considerados;

l_j = longitud sobre el que aplica el valor U_j .

El valor obtenido es: $\Psi = 0$ (W/mK), Lo cual indica que hay influencia de un puente térmico lineal sobre el flujo de calor total.

Desarrollo de la solución:

-Paso 1

12.1 Two boundary temperatures

The heat flow rate per metre length, Φ_l , of the linear thermal bridge from the internal environment, designated by the subscript "int", to the external environment, designated by the subscript "e", is given by [Formula \(15\)](#):

$$\Phi_l = L_{2D} \cdot (\theta_{\text{int}} - \theta_e) \quad (15)$$

where L_{2D} is the thermal coupling coefficient obtained from a 2-D calculation of the component separating the two environments being considered.

$\Phi = 5,17$ (W/m).

$\Theta = 20 - 0$ (°K).

$L_{2D} = 5,17/20 = 0,25$ (W/mK)

-Paso 2

$U_j = 0,43$ (W/m²K)

$l_j = 0,6$ (m)

$U_j \cdot l_j = 0,25$ (W/mK)

Despejando da $\Psi = 0,25 - 0,25$ (W/mK)

$\Psi = 0$ (W/mK).

Validación y Estimación de Error (NCh3136):

12.2.5 Estimación de error

Los procedimientos numéricos proporcionan soluciones aproximadas que convergen en soluciones analíticas, si las hay. Para evaluar la fiabilidad de los resultados, se debería estimar el error residual como se describe a continuación:

- para estimar errores debidos al número insuficiente de celdas, se deben realizar uno o varios cálculos complementarios de acuerdo con cláusula A.2. Se debe declarar la diferencia entre los resultados de ambos cálculos;
- para estimar los errores de la solución numérica del sistema de ecuaciones, se debe dar la suma de los flujos de calor (positivos y negativos) sobre todos los contornos del elemento del edificio, dividida por el flujo de calor total.

NOTA La cláusula A.2 especifica que este cociente ha de ser menor que 0,000 1.

En el presente análisis, la simulación mediante el software **THERM 7.6** alcanzó una convergencia óptima, registrando un error residual de **0,000 (0%)**. Este valor no solo cumple, sino que supera el estándar de precisión exigido por la normativa nacional, validando el modelo como una representación fiel del comportamiento térmico del sistema estudiado. En consecuencia, los valores de transmitancia térmica lineal (ψ) y temperaturas superficiales se informan con una precisión de **tres decimales**, asegurando el cumplimiento estricto del protocolo de reporte normativo.

9. Conclusión

El sistema constructivo de Losa LE-225 presenta cumplimiento con las exigencias normativas de transmitancia térmica para las zonas térmicas A hasta la F, evidenciando un adecuado desempeño en términos de eficiencia energética de la envolvente.

Alcances y limitaciones del estudio.

El cálculo de la transmitancia térmica (valor U) ha sido realizado mediante simulación bidimensional en régimen estacionario utilizando el software THERM, en concordancia con los principios establecidos en la ISO 10211 (NCh3136) y considerando condiciones de contorno consistentes con la ISO 6946 (NCh853) para la evaluación de elementos constructivos.

El modelo adoptado corresponde a un análisis bajo condiciones estacionarias, por lo que asume un flujo de calor constante en el tiempo y no considera efectos transitorios asociados a variaciones climáticas, inercia térmica ni almacenamiento de calor en los materiales. Asimismo, se emplean propiedades térmicas constantes para cada material, sin incorporar la posible variación de la conductividad térmica en función de la temperatura o del contenido de humedad.

En este contexto, la simulación no contempla fenómenos acoplados de transferencia de calor y humedad, tales como difusión de vapor, condensación intersticial, transporte de humedad en fase líquida o efectos higroscópicos de los materiales. Tampoco se consideran infiltraciones de aire, movimientos convectivos internos en cavidades, ni la incidencia de filtraciones de agua por lluvia o procesos de humectación externa.

Adicionalmente, el modelo simplifica las condiciones de borde mediante coeficientes superficiales interiores y exteriores constantes, y representa de forma idealizada las uniones y contactos entre materiales, lo que puede diferir del comportamiento real en obra. La influencia de la radiación solar y de onda larga no se incluye explícitamente, salvo en la definición de condiciones superficiales equivalentes.

En virtud de lo anterior, los resultados obtenidos representan una estimación del desempeño térmico del elemento en términos de transmitancia bajo condiciones idealizadas, siendo especialmente adecuados para la comparación relativa entre soluciones constructivas. No obstante, pueden presentar desviaciones respecto del comportamiento real en situaciones donde predominen efectos transitorios, variaciones higrótérmicas o condiciones de uso no estacionarias.

Nota de alcance técnico.

El presente informe ha sido elaborado por **Christopher A. Casas-Cordero Z**, en calidad de **Arquitecto Consultor**, utilizando metodologías reconocidas en la disciplina, incluyendo modelación térmica mediante THERM, en concordancia con los criterios establecidos en las normas NCh853, NCh1973 y NCh3136, a través del uso de planillas proporcionadas por DITEC.

El presente documento corresponde a un **informe de evaluación de desempeño térmico de soluciones constructivas**, desarrollado a partir de modelación numérica bidimensional bajo condiciones estacionarias, conforme a los estándares técnicos vigentes en Chile.

La **integración del presente informe dentro del expediente del proyecto**, así como su uso para fines reglamentarios ante la Dirección de Obras Municipales (DOM) u otras entidades, debe ser validada por los profesionales responsables del proyecto, tales como el **Arquitecto Proyectista y/o el Ingeniero Calculista**, en el marco de sus competencias y conforme a la normativa vigente (OGUC).

Este informe es válido exclusivamente para la solución constructiva, geometría y condiciones analizadas, no siendo aplicable a otras configuraciones sin la revisión expresa del autor.



Christopher A. Casas-Cordero Z.
Arquitecto Consultor
Rut: 20.251.662-9

10. Anexos bibliográficos

International Organization for Standardization. (2017). *Thermal bridges in building construction - Heat flows and surface temperatures - Detailed calculations* (ISO Standard No. 10211:2017). <https://www.iso.org/standard/65710.html>

Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (2019). *Manual de procedimientos: Calificación energética de viviendas en Chile*. <https://www.calificacionenergetica.cl/media/Manual-CEV-2019-1.pdf>

Lawrence Berkeley National Laboratory. (2017). *THERM* (Versión 7.6) [Software de computación]. windows.lbl.gov

Instituto Nacional de Normalización. (2014). *Puentes térmicos en construcción de edificios - Flujos de calor y temperaturas superficiales - Cálculos detallados* (NCh3136:2014).

Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (2026). *Planilla de análisis higratérmico (v2026-01)* [Conjunto de datos]. https://www.minvu.gob.cl/wp-content/uploads/2026/01/Planilla-analisis-higrotermico_Excel365_v2026-01.zip

Del Congreso Nacional, B. (2025, 03 diciembre). *Biblioteca del Congreso Nacional*. <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1219241>

Instituto Nacional de Normalización. (2021). *Acondicionamiento térmico - Envolvente térmica de edificios - Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas* (Norma Chilena NCh853:2021)

Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (2024). *Modifica decreto supremo N° 47, de 1992, Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, en el sentido de actualizar sus estándares y normas técnicas referidas al acondicionamiento térmico, estableciendo requisitos y mecanismos de acreditación para las edificaciones que señala* (Decreto N° 15). *Diario Oficial de la República de Chile*. <https://www.diariooficial.interior.gob.cl/publicaciones/2024/05/27/43860/01/2494861.pdf>

Nueva reglamentación térmica - Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (2026, febrero 12). *Ministerio de Vivienda y Urbanismo*. <https://www.minvu.gob.cl/nueva-reglamentacion-termica/>