NORMA

EM.110 CONFORT TÉRMICO Y LUMÍNICO CON EFICIENCIA ENERGÉTICA

ÍNDICE

1 Generalidades
2 Objeto
3 Campo de Aplicación
4 Marco Normativo

4.1 Base legal
4.2 Referencias normativas internacionales

5 Glosario
6 Zonificación Bioclimática del Perú

6.1 Definición de las zonas bioclimáticas
6.2 Selección de zonas bioclimáticas

7 Confort térmico: Demanda energética máxima por zona bioclimática

7.1 Transmitancias térmicas máximas de los elementos constructivos de la edificación
7.2 Condensaciones
7.3 Permeabilidad al aire de las carpinterías

8 Confort lumínico
9 Productos de construcción
10 ANEXOS

ANEXO Nº 1: (A) Ubicación de provincia por zona bioclimática
ANEXO Nº 1: (B) Características climáticas de cada zona bioclimática
ANEXO Nº 2: Metodología de Cálculo para obtener Confort Térmico
ANEXO Nº 3: Lista de características higrométricas de los materiales de construcción
ANEXO Nº 4: Metodología para el cálculo de condensaciones superficiales
ANEXO Nº 5: Clases de permeabilidad al aire en carpinterías de ventanas
ANEXO Nº 6: Metodología de Cálculo para obtener Confort Lumínico
ANEXO Nº 7: Control Solar (Informativo)

1 Generalidades

A nivel mundial, aproximadamente la tercera parte de toda la energía primaria es utilizada en las edificaciones.

Mientras que en los países de ingresos altos y medios, la generación de energía se obtiene mayormente a través de combustibles fósiles, en los países de ingresos bajos la fuente de energía dominante es la biomasa. Sin embargo, ambas formas de consumo son intensivas, contribuyendo al calentamiento global.

En el Perú, el consumo de energía en las edificaciones está relacionado al diseño arquitectónico, al tipo de artefactos que la edificación alberga (para iluminación, calefacción, refrigeración, etc.) y a los hábitos de las familias o usuarios. Es necesario que los profesionales generen desde el diseño, edificaciones con eficiencia energética de acuerdo a los criterios modernos de sostenibilidad, para que a lo largo de la vida de la edificación se consuma menos energía.

El documento desarrollado a continuación, se convierte en la primera norma nacional que trata de mejorar a partir del diseño arquitectónico, las condiciones de confort térmico y lumínico con eficiencia energética de las edificaciones. En tal sentido, a través del tiempo esta norma debe perfeccionarse y actualizarse de acuerdo al desarrollo del país.

Entre los beneficios directos más saltantes de esta Norma se encuentran:

Beneficios Económicos

• Reducción de gastos de operación y mantenimiento para usuarios.
• Creación de valor agregado a la edificación.
• Mejora productividad de trabajadores.
• Revaloración de materiales locales.

Beneficios Ambientales

• Protección de hábitats naturales.
• Mejora de la calidad de aire y agua.
• Reducción de residuos sólidos.
• Conservación de recursos naturales.
• Disminución de emisiones de gases de efecto invernadero.

Beneficios Sociales y en Salud

• Mejora del ambiente térmico y lumínico.
• Aumento del confort y salud de usuarios.

2 Objeto

• Establecer zonas del territorio de la República del Perú de acuerdo a criterios bioclimáticos para la construcción, indicando las características de cada zona.
• Establecer lineamientos o parámetros técnicos de diseño para el confort térmico y lumínico con eficiencia energética, para cada zona bioclimática definida.

3 Campo de Aplicación

La presente norma se aplica optativamente en el territorio nacional a toda edificación nueva así como en la ampliación, remodelación, refacción y/o acondicionamiento de edificaciones existentes, siempre que estén incluidas en las Modalidades B, C y D, de la Ley de Regulación de Habilitaciones Urbanas y de Edificaciones (Ley 29090) y sus modificatorias.

Para el caso del confort térmico, se excluye en la presente Norma a aquellos ambientes no habitables. Ver en el Capítulo 5. Glosario, la definición de "Ambiente no habitable".

4 Marco Normativo

La presente Norma se enmarca en la siguiente base legal existente.

4.1 Base legal

a) Constitución Política del Perú (29.12.1993)
b) Decreto Supremo Nº 011-2006-VIVIENDA (05.05.2006): Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE)
c) Ley Nº 27345 (01.09.2000): Ley de promoción del uso eficiente de la energía.
d) Decreto Supremo Nº 053-2007-EM (22.10.2007): Reglamento de la Ley de promoción del uso eficiente de la energía.
e) Decreto Supremo Nº 034-2008-EM (18.06.2008): Dictan medidas para el ahorro de energía en el sector público.
f) Decreto Supremo Nº 009-2009-MINAM (14.05.2009): Medidas de eco-eficiencia para el sector público.
g) Decreto Supremo Nº 064-2010-EM (23.11.2010): Aprueban la Política Energética Nacional del Perú 2010 – 2040.
h) Ley Nº 29090 (24.09.2007): Ley de Regulación de Habilitaciones Urbanas y de Edificaciones.

La presente Norma ha tomado como documentos fuente las siguientes referencias normativas internacionales.

4.2 Referencias normativas internacionales

a) Norma IRAM 11603 (Argentina): Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina. Diciembre 1996.
b) Norma IRAM 11604 (Argentina): Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en calefacción. Coeficiente volumétrico G de pérdidas de calor. Cálculo y valores límite. Febrero 2001.
c) Norma IRAM 11625 (Argentina): Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Verificación del riesgo de condensación de vapor de agua superficial e intersticial en los paños centrales de muros exteriores, pisos y techos de edificios en general. Abril 2000.
d) Norma NCh 853-2007 (Chile): Acondicionamiento térmico – Envolvente térmica de edificios – Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas. Mayo 2007.
e) Modificación a Decreto Supremo Nº 47, de Vivienda y Urbanismo, de 1992, Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (Chile). Enero 2006.
f) Real Decreto 2429/79 (España), del 6 de julio de 1979, por el que se aprueba la Norma Básica de la Edificación NBE-CT-79, sobre Condiciones Térmicas en los Edificios.
g) Documento básico HE (España): Ahorro de energía. Marzo 2006.
h) Código Técnico de la Edificación – CTE (España): Catálogo de elementos constructivos del CTE. Marzo 2010.
i) Norma UNE-EN ISO 10077-1: Características térmicas de ventanas, puertas y contraventanas. Cálculo del coeficiente de transmisión térmica. Parte 1: Método simplificado. Junio 2001.
j) Norma NOM -020-ENER-2011: Eficiencia energética en edificaciones – Envolvente de edificios para uso habitacional. Agosto 2011.
k) Código de edificación de vivienda (México). 2010.
l) Norma ASHRAE 55/1992 - Thermal environmental conditions for human occupancy.

5 Glosario

Para efectos de esta Norma, se establecen las siguientes definiciones de los conceptos fundamentales que en ella aparecen. Todas las magnitudes se expresan en las unidades del sistema internacional (SI).

5.1. Ábaco psicométrico: Diagrama que se utiliza para representar las propiedades termodinámicas del aire húmedo y del efecto de la humedad atmosférica en los materiales y en el confort humano, también utilizado para para controlar las propiedades térmicas del aire húmedo.

5.2. Ambiente no acondicionado: Cualquier ambiente no habitable donde no existen equipos de aire acondicionado para calefacción o refrigeración.

5.3. Ambiente habitable: Recinto interior destinado a la reunión o al uso de personas cuya densidad de ocupación y tiempo de estancia exigen unas condiciones acústicas, térmicas y de salubridad adecuadas.

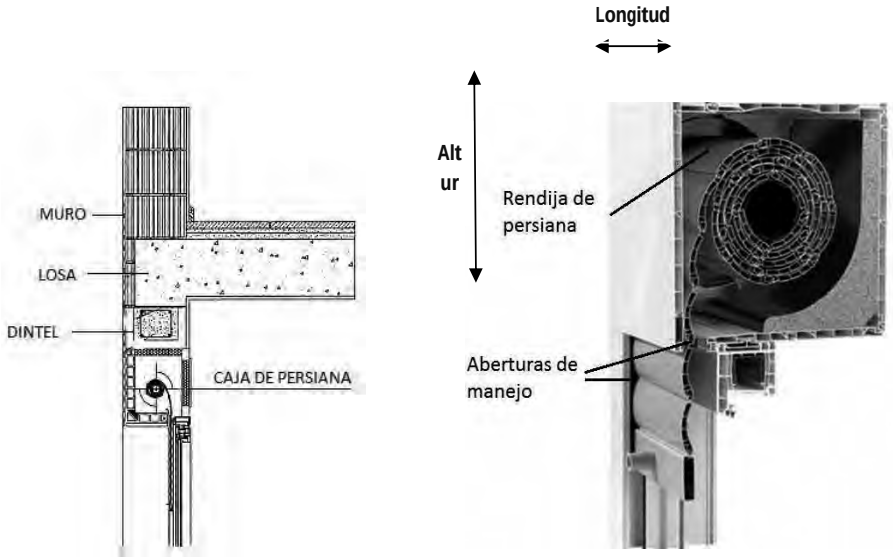
5.4. Ambiente no habitable: Para la presente Norma, se incluye bajo este rubro al ambiente o espacio cerrado que no ha sido construido para ser ocupado por tiempo prolongado por seres humanos, tales como estacionamientos cerrados, tanques, cisternas, cuartos de máquinas, cajas de ascensor, cuartos de bombas, cuartos de equipos electromecánicos y similares.

5.5. Azotea: El nivel accesible encima del techo del último nivel techado. La azotea puede ser libre o tener construcciones de acuerdo con lo que establecen los planes urbanos.

5.6. Barrera de vapor: Parte o material que conforma un elemento constructivo a través del cual el vapor de agua no puede pasar. En la práctica se definen generalmente como barreras de vapor aquellos materiales cuya resistencia al vapor es superior a 10 MN s/g, es decir, su permanencia al vapor es inferior al 0,1 g/MN s.

5.7. Caja de persiana: Elemento constructivo que contiene en su interior una persiana enrollable y que se empotra en un muro exterior. Representa un puente térmico como consecuencia de la disminución del espesor del muro y de las filtraciones de aire a través de la rendija de las persianas y las aberturas de manejo, sobre todo cuando la caja tiene conexión directa con la cámara de aire. Este elemento se calculará en el caso que esté previsto en el proyecto.

https://waltervillavicencio.com

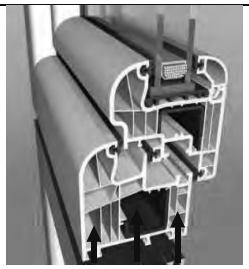
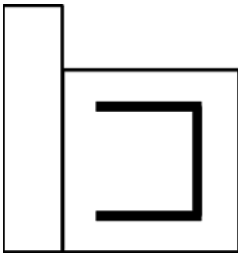
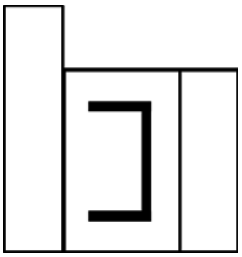


5.8. Calor: El calor se puede definir como una sensación. Es producido por la combustión, por el paso de la corriente eléctrica, por la compresión brusca de un gas y también por ciertas reacciones químicas y nucleares. El calor es una fuente de energía y puede producir trabajo.

5.9. Calor específico: Es la cantidad de calor necesario para elevar 1 °C la temperatura de 1 kg de un cuerpo. Se expresa en Vatios hora por kilogramo grado centígrado (Wh/kg °C)

5.10. Cámara de aire (en Muros, Techos o Pisos): Para efectos de la presente Norma, es una cámara cerrada por todos sus lados cuyos elementos de separación pueden estar en forma paralela o no. En donde se encuentre la denominación "cámara de aire" se deberá entender que es "no ventilada".

5.11. Cámara de aire en marcos de PVC de ventanas: Para efectos de la presente Norma, cualquier abertura con más de 5 mm de distancia entre paredes opuestas, se considerará como cámara de aire en marcos de PVC de ventanas.

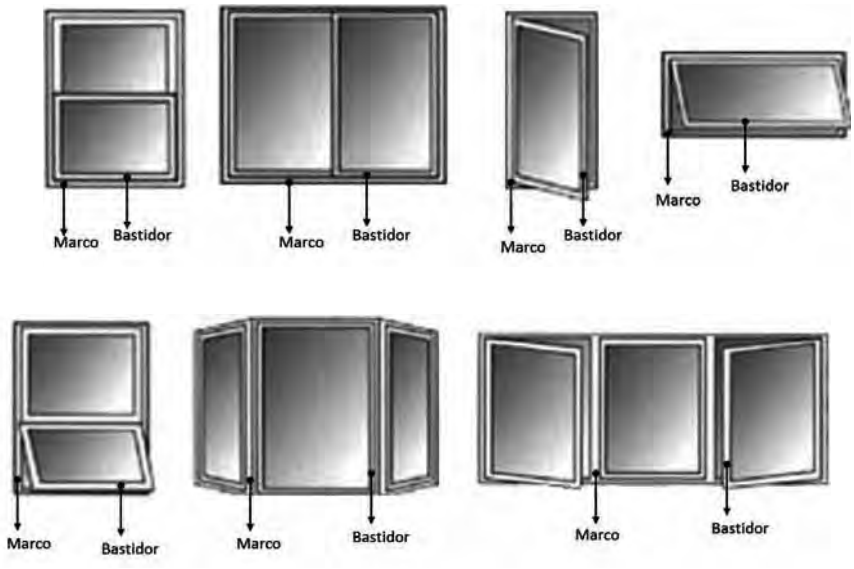
Imagen de marco de PVC	Marco PVC con dos cámaras	Marco PVC con tres cámaras
 Cámaras de aire		

5.12. Cantidad de calor (Q): Es la cantidad de energía medible. Por ejemplo, para elevar la temperatura de un cuerpo es necesario aportar una cantidad de energía calorífica, que irá creciendo proporcionalmente al número de grados que deseemos alcanzar. Se expresa en Vatios (W).

5.13. Carpintería: Para efectos de esta norma, considerando que un vano normalmente se conforma del marco y de la hoja o panel (en caso de puertas) o de la superficie vidriada, transparente o traslúcida (en caso de ventanas, mamparas, claraboyas, etc.), se considerará carpintería como el marco del vano.

Existen ventanas que además del marco tienen bastidores que sujetan los vidrios. Para tales casos, se considerará carpintería al marco y al bastidor.

Diversos tipos de carpinterías de ventanas



Espesor del marco (X), espesor del bastidor (Y) ⟹ X + Y = Espesor total de carpintería

5.14. Coeficiente de conductividad térmica (k): Cantidad de calor que atraviesa, por unidad de tiempo, una unidad de superficie de una muestra plana de caras paralelas y espesor unitario, cuando se establece entre las caras una diferencia de temperatura de un grado.

La conductividad térmica es una propiedad característica de cada material, su valor puede depender de la temperatura y de una serie de factores tales como la densidad, porosidad, contenido de humedad, diámetro de fibra, tamaño de los poros y tipo de gas que encierre el material.

Se expresa en Vatios por metro y grado Kelvin (W/m K).

5.15. Coeficiente de transmisión de luz visible (T): Es la fracción de luz visible que pasa a través del vidrio.

El Peruano
www.elperuano.pe | DIARIO OFICIAL

FE DE ERRATAS

Se comunica a las entidades que conforman el Poder Legislativo, Poder Ejecutivo, Poder Judicial, Organismos constitucionales autónomos, Organismos Públicos, Gobiernos Regionales y Gobiernos Locales, que conforme a la Ley Nº 26889 y el Decreto Supremo Nº 025-99-PCM, para efecto de la publicación de Fe de Erratas de las Normas Legales, deberán tener en cuenta lo siguiente:

1. La solicitud de publicación de Fe de Erratas deberá presentarse dentro de los 8 (ocho) días útiles siguientes a la publicación original. En caso contrario, la rectificación sólo procederá mediante la expedición de otra norma de rango equivalente o superior.
2. Sólo podrá publicarse una única Fe de Erratas por cada norma legal por lo que se recomienda revisar debidamente el dispositivo legal antes de remitir su solicitud de publicación de Fe de Erratas.
3. La Fe de Erratas señalará con precisión el fragmento pertinente de la versión publicada bajo el título “Dice” y a continuación la versión rectificada del mismo fragmento bajo el título “Debe Decir”; en tal sentido, de existir más de un error material, cada uno deberá seguir este orden antes de consignar el siguiente error a rectificarse.
4. El archivo se adjuntará en un disquete, cd rom o USB con su contenido en formato Word o éste podrá ser remitido al correo electrónico **normaslegales@editoraperu.com.pe**

LA DIRECCIÓN

https://waltervillavicencio.com

5.16. Coeficiente de transmisión térmica lineal (λ): Es el flujo de calor que atraviesa un elemento por unidad de longitud del mismo y por grado de diferencia de temperatura.

Se suele emplear en elementos en los que prevalece claramente la longitud frente a las otras dimensiones, como, por ejemplo, un puente térmico lineal, el perímetro lineal, el perímetro del edificio, etc. Se expresa en Vatios por metro y grado Kelvin (W/m K)

5.17. Coeficiente superficial de transmisión térmica (h_e o h_i): Es la transmisión térmica por unidad de área hacia o desde una superficie en contacto con aire u otro fluido, debido a la convección, conducción y radiación, dividido por la diferencia de temperatura entre la superficie del material y la temperatura seca del fluido. En el caso del ambiente de un local, será la temperatura seca del mismo, cuando éste está saturado y en reposo, en condiciones de estado estacionario (a temperatura exterior poco cambiante).

El valor del coeficiente superficial depende de muchos factores, tal como el movimiento del aire u otro fluido, las rugosidades de la superficie y la naturaleza y temperatura del ambiente. Se expresa en Vatios por metro cuadrado y grado Kelvin (W/m^2 K).

5.18. Condensación: Consiste en el paso de una sustancia en forma gaseosa a forma líquida, generalmente cuando el tránsito se produce a presiones cercanas a la ambiental. La condensación se produce al bajar la temperatura, por ejemplo, con el rocío en la madrugada. Se produce siempre que el aire descienda su temperatura hasta un nivel igual o inferior a su punto de rocío, o cuando el vapor contenido en el aire se encuentre en contacto con un envolvente u objeto cuya temperatura sea inferior al punto de rocío.

5.19. Condensación superficial: Es la condensación que aparece en la superficie de un envolvente o elemento constructivo cuando su temperatura superficial es inferior o igual al punto de rocío de aire que está en contacto con dicha superficie.

5.20. Conductividad térmica (k): Capacidad de los materiales para dejar pasar el calor a su través. La inversa de la conductividad térmica es la resistividad térmica (capacidad de los materiales para oponerse al paso del calor). Se expresa en Vatio por metro grado Kelvin (W/m K).

5.21. Confort térmico: Es una sensación neutra de la persona respecto a un ambiente térmico determinado. Según la norma ISO 7730 “es una condición mental en la que se expresa la satisfacción con el ambiente térmico”.

5.22. Confort lumínico: Para fines de la presente Norma, se entiende como la condición mental que se expresa en la satisfacción visual para la percepción espacial y de los objetos que rodean al individuo.

5.23. Cubiertas: Capa superior del techo que lo separa del exterior y está en contacto con el aire cuya inclinación sea inferior a 60º respecto a la horizontal.

5.24. Densidad: Cantidad de masa contenida en un determinado volumen. Se expresa en Kilogramo por metro cúbico (kg/m^3).

5.25. Difusividad térmica (m^2/h): Es la capacidad de un material de variar su temperatura según la cantidad de calor que recibe. Entre más alto el valor de difusividad térmica, más rápido se adapta el material a la temperatura ambiente.

5.26. Edificio: Obra ejecutada por el hombre para albergar sus actividades.

5.27. Edificación: Obra de carácter permanente, cuyo destino es albergar actividades humanas. Comprende las instalaciones fijas y complementarias adscritas a ella.

5.28. Elemento constructivo: Conjunto de materiales que debidamente dimensionados cumplen una función definida, tales como muros, ventanas, puertas, techos, pisos, etc.

5.29. Envolvente: Elemento constructivo del edificio que lo separa del ambiente exterior, ya sea aire, terreno u otro edificio. Estos elementos pueden ser muros, techos y pisos. Los vanos tales como puertas, ventanas, claraboyas, compuertas, etc., se incluyen como parte del elemento constructivo pertinente (Ejemplo: puertas y ventanas en muros, claraboyas y compuertas en techos, etc.)

Se considera envolvente a los muros que forman patios, ductos o pozos de luz mayor a dos metros de distancia entre caras paralelas o no paralelas.

Para realizar el cálculo de transmitancias térmicas, se han clasificado los siguientes tipos de envolventes:

Tipo 1: Envolventes en contacto con el ambiente exterior. En el caso de los pozos o ductos para ventilación e iluminación, se considerará este tipo de envolvente para una distancia igual o mayor de dos metros entre los muros de éstos. Para mayor información respecto a otras formas geométricas de pozos, ductos o patios, ver la Guía para el Diseño de Edificaciones Energéticamente Eficientes en el Perú

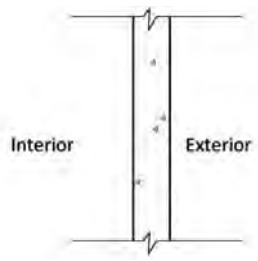
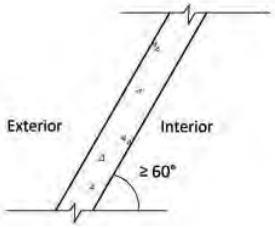
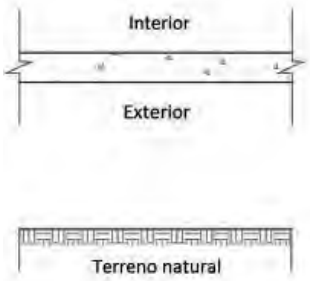
El Peruano
www.elperuano.pe | DIARIO OFICIAL

REQUISITOS PARA PUBLICACIÓN DE DECLARACIONES JURADAS

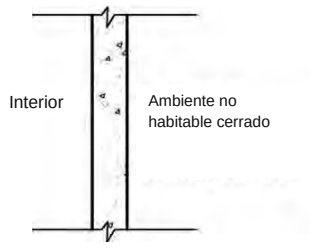
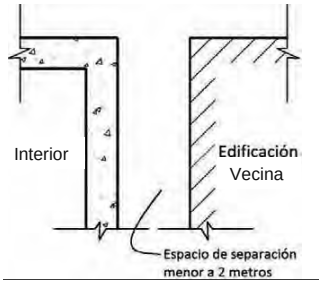
Se comunica a los organismos públicos que, para efecto de la publicación en la Separata Especial de Declaraciones Juradas de Funcionarios y Servidores Públicos del Estado, se deberá tomar en cuenta lo siguiente:

1. La solicitud de publicación se efectuará mediante oficio dirigido al Director del Diario Oficial El Peruano y las declaraciones juradas deberán entregarse en copias autenticadas o refrendadas por un funcionario de la entidad solicitante.
2. La publicación se realizará de acuerdo al orden de recepción del material y la disponibilidad de espacio en la Separata de Declaraciones Juradas.
3. La documentación a publicar se enviará además en archivo electrónico (diskette o cd) y/o al correo electrónico: ***dj@editoraperu.com.pe***, precisando en la solicitud que el contenido de la versión electrónica es idéntico al del material impreso que se adjunta; de no existir esta identidad el cliente asumirá la responsabilidad del texto publicado y del costo de la nueva publicación o de la Fe de Erratas a publicarse.
4. Las declaraciones juradas deberán trabajarse en Excel, presentado en dos columnas, una línea por celda.
5. La información se guardará ***en una sola hoja de cálculo***, colocándose una declaración jurada debajo de otra.

LA DIRECCIÓN

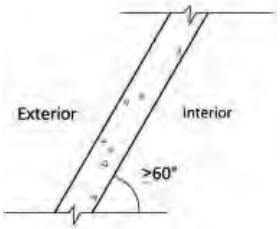
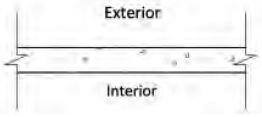
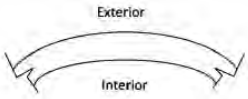
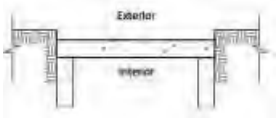
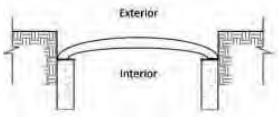
Tipo 1A: Muro vertical o muro inclinado igual o mayor a 60º con la horizontal de separación entre el interior de la edificación con el ambiente exterior. Están incluidos dentro de este tipo, los muros que forman ductos, patios o pozos para ventilación o iluminación que tienen una distancia entre muros paralelos, mayor a dos metros. En caso existan ductos o pozos para ventilación o iluminación de forma triangular, trapezoidal, circular, cónica o irregular, estarán incluidos en este tipo si la menor distancia entre sus paredes paralelas es de dos metros o más. En el caso de ductos o pozos circulares, estarán incluidos en este tipo aquellos cuyos diámetros sean de dos metros o más. También se incluyen dentro de este caso, a las puertas, ventanas, mamparas y otros vanos verticales que conforman este tipo de muro, que separan el interior de la edificación con el ambiente exterior.	 
Tipo 1B: Losa horizontal o ligeramente inclinada de separación entre el interior de la edificación con un espacio exterior. El espacio exterior está definido por el piso o terreno natural y la losa de la edificación por analizar. Los elementos macizos estructurales o no estructurales (tabiques, mamparas, puertas, muros, columnas, placas, etc.) ubicados entre la losa y el terreno natural deben ocupar hasta un máximo del 75% de su perímetro total o, en todo caso, dejar uno de los lados del perímetro permanentemente abierto. También se incluyen dentro de este caso a las claraboyas, compuertas u otros vanos que conforman este tipo de losa, que separan el interior de la edificación con el ambiente exterior.	

Tipo 2: Envolventes de separación con otros edificios o con ambientes no habitables. En el caso de los pozos o ductos para ventilación e iluminación, se considerará este tipo de envolvente para una distancia igual o menor a dos metros entre los muros de éstos.

Tipo 2A: Muro vertical de separación entre el interior de la edificación con ambientes no habitables cerrados o muro vertical de separación entre el interior de la edificación con otra edificación, cuando el espacio de separación es igual o menor a dos metros. Están incluidos dentro de este tipo, los muros verticales que forman ductos, patios o pozos para ventilación o iluminación que tienen una distancia entre muros paralelos menor a dos metros. También se incluyen dentro de este caso, a las puertas, ventanas, mamparas u otros vanos verticales que conforman este tipo de muro, que separan el interior de la edificación con ambientes no habitables cerrados o que separan el interior de la edificación con otra edificación.	 

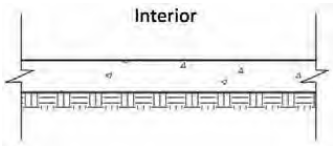
Tipo 2B: Losa horizontal de separación entre el interior de la edificación con ambientes no habitables cerrados (garajes, almacenes, depósitos, etc.) igual o mayor a un metro de altura. Los elementos macizos estructurales o no estructurales (tabiques, mamparas, puertas, muros, columnas, placas, etc.) ubicados entre la losa del edificio por analizar y el piso o el terreno natural. El ambiente no habitable cerrado podrá contener espacios que sirvan de entrada y salida de personas o vehículos, y que permanezcan cerrados el resto del tiempo. También se incluyen dentro de este caso, a las claraboyas, compuertas u otros vanos que conforman este tipo de losa de separación del interior de la edificación con el ambiente no habitable.	

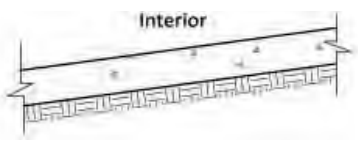
Tipo 3: Envolventes de techo o cubierta.

Tipo 3A: Techo inclinado de separación entre el interior de la edificación con el ambiente exterior (inclinación igual o menor a 60º con la horizontal). También se incluyen dentro de este caso, a las claraboyas, ventanas, compuertas u otros vanos que conforman este tipo de techo, que separan el interior de la edificación con el ambiente exterior.	
Tipo 3B: Techo horizontal o curvo de separación entre el interior de la edificación con el ambiente exterior. También se incluyen dentro de este caso, a las claraboyas, ventanas, compuertas u otros vanos que conforman este tipo de techo, que separan el interior de la edificación con el ambiente exterior.	 
Tipo 3C: Techo horizontal, curvo o inclinado de separación entre el interior de la edificación con el ambiente exterior, cuya cubierta final se encuentra debajo del nivel del terreno natural y donde toda la superficie de los muros está en contacto con el terreno natural. También se incluyen dentro de este caso, a las claraboyas, ventanas, compuertas u otros vanos que conforman este tipo de techo, que separan el interior de la edificación con el ambiente exterior.	 

Tipo 4: Envolventes de separación con el terreno.

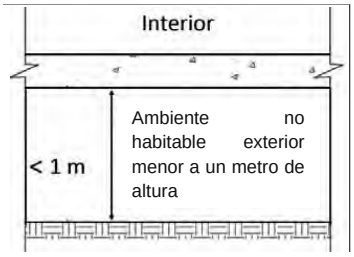
Tipo 4A: Losa o piso horizontal o ligeramente inclinado de separación entre el interior de la edificación con el terreno natural.



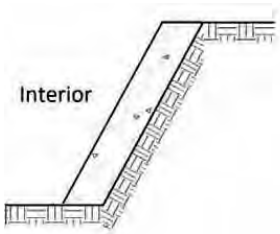


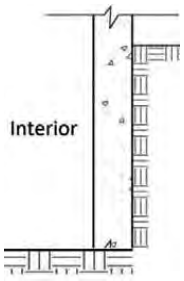
Tipo 4B: Losa o piso horizontal de separación entre el interior de la edificación con un ambiente no habitable exterior, menor a un metro.

También se incluyen dentro de este caso, a las compuertas u otros vanos que conforman este tipo de losa, que separan el interior de la edificación con el ambiente no habitable exterior.



Tipo 4C: Muro vertical o inclinado de separación entre el interior de la edificación con el terreno natural. El techo puede encontrarse sobre o debajo del nivel del terreno natural.





5.30. Factor de luz diurna (FLD): Es la iluminación de luz natural medida en un punto situado en un plano determinado, debida a la luz recibida directa o indirectamente desde un cielo de supuesta o conocida distribución de iluminación.

5.31. Factor de mantenimiento (M): Cociente entre la iluminancia media sobre el plano de trabajo después de un cierto periodo de uso de una instalación de alumbrado y la iluminancia media obtenida bajo la misma condición para la instalación considerada como nueva.

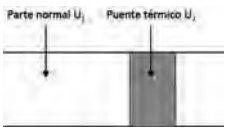
5.32. Factor solar (FS): Cociente entre la radiación solar y la incidencia normal que se introduce en el edificio a través del acristalamiento y la que se introduciría si el acristalamiento se sustituyese por un hueco perfectamente transparente. Es adimensional.

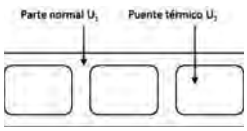
5.33. Heterogeneidad: Comúnmente, los elementos constructivos no son homogéneos, puesto que en mayor o menor grado existen discontinuidades que transforman a estos elementos en heterogéneos desde el punto de vista térmico. Para calcular las transmitancias térmicas de estos elementos, se deberá tener en cuenta la influencia que presentan estas discontinuidades sobre el flujo de calor que se transmite a través del elemento. Una heterogeneidad se clasifica en:

Heterogeneidad simple: Para que un elemento constructivo posea una heterogeneidad simple, deberá cumplir los siguientes requisitos:

• Que esté perfectamente definido y delimitado por dos planos perpendiculares a las caras del elemento
• Que el conjunto tenga una constitución del conjunto tal, que no existan flujos de calor laterales realmente importantes entre la parte heterogénea y el resto del elemento.

Ejemplos de heterogeneidad simple: Las estructuras de paneles de madera con cámara de aire, las nervaduras en paneles y losas de hormigón con cámara de aire, las columnas y vigas, etc.





Heterogeneidad compleja: Se presenta en aquellos elementos en donde no se cumplen las condiciones de la heterogeneidad simple. Ejemplos de heterogeneidades complejas son:



Perfiles en I Perfiles en U Perfiles en T

5.34. Higrotérmico: Más utilizado como confort higrotérmico o comodidad higrotérmica, se define como la ausencia de malestar térmico. Cada material de construcción posee características higrotérmicas que lo definen.

5.35. Humedad Relativa (HR): Es la humedad que contiene una masa de aire, en relación con la máxima humedad absoluta que podría admitir, sin producirse condensación, conservando las mismas condiciones de temperatura y presión atmosférica. Esta es la forma más habitual de expresar la humedad ambiental. Se expresa en porcentaje (%)

5.36. Muro: Para los efectos de la presente Norma, se denomina muro al elemento constructivo usualmente vertical o ligeramente inclinado que sirve para delimitar o separar un espacio. Los muros que separan el interior de una edificación con el medio ambiente exterior conforman la envolvente, junto a los techos y a los pisos.

5.37. Permeabilidad al aire de las carpinterías: Propiedad de la carpintería de una ventana o puerta de dejar pasar el aire cuando se encuentra sometida a una presión diferencial. La permeabilidad al aire se caracteriza por la capacidad de paso del aire. Se expresa en Metros cúbicos por hora (m^3/h), en función de la diferencia de presiones.

5.38. Permeabilidad al vapor de agua: Es la cantidad de vapor de agua que se transmite a través de un material de espesor dado por unidad de área, unidad de tiempo y de diferencia de presión parcial de vapor de agua. Se expresa en Gramos metro por Mega Newton segundo (g m/MN s).

5.39. Piso: Para los efectos de la presente Norma, se denomina piso o losa al elemento constructivo usualmente

horizontal o ligeramente inclinado que sirve para delimitar o separar un espacio de otro espacio (debajo o encima) así como del terreno natural. Los pisos o losas que separan el interior de una edificación con el medio ambiente exterior o terreno natural conforman la envolvente, junto a los muros y a los techos.

5.40. Presión de vapor (P_v): También se designa a veces como presión parcial de vapor.

En el aire húmedo, la presión de vapor es la presión parcial de vapor de agua que contiene. Entre dos recintos o dos puntos con distinta presión de vapor, separados por un medio permeable a éste, el vapor de agua se desplaza del de mayor presión de vapor al de menor presión de vapor. Se expresa en Pascal (Pa).

5.41. Protector solar: Elemento constructivo cuya función principal es regular la iluminación natural así como la temperatura, por efecto del sol, en el interior de una edificación.

5.42. Puente térmico: Es la unión entre elementos constructivos o materiales de diferentes características que produce una discontinuidad en la capacidad aislante de la envolvente de la edificación, que puede producir pérdidas de calor (debido, por ejemplo, a un cambio del espesor del envolvente, de los materiales empleados, por penetración de elementos constructivos con diferente conductividad, etc.), lo que conlleva necesariamente una reducción de la resistencia térmica respecto al resto de los envolventes. Los puentes térmicos son partes sensibles de los edificios donde aumenta la posibilidad de producción de condensaciones superficiales, en la situación de invierno o épocas frías.

5.43. Punto de rocío (t_r): Temperatura a partir de la cual empieza a condensarse el vapor de agua contenido en el aire produciendo rocío, neblina, o en el caso de que la temperatura sea inferior a 0°C, escarcha. Para una masa dada de aire, con una determinada cantidad de vapor de agua (humedad absoluta), la humedad relativa es la proporción de vapor contenida en relación a la necesaria para llegar al punto de saturación, expresada en porcentaje. Cuando el aire se satura (humedad relativa = 100%) se alcanza el punto de rocío.

5.44. Radiación: Mecanismo de transmisión de calor en el que el intercambio se produce mediante la absorción y emisión de energía por ondas electromagnéticas, por lo que no existe la necesidad de que exista un medio material para el transporte de la energía. El sol aporta energía exclusivamente por radiación.

5.45. Radiación solar: Energía procedente del sol en forma de ondas electromagnéticas. Se expresa en Kilovatios hora por metro cuadrado (kWh/m^2).

5.46. Resistencia al vapor de agua (R_v): Es el valor de la resistencia total de un material de espesor "e" o combinación de varios, a la difusión del vapor de agua. Se expresa en MegaNewton segundo por gramo (MN s/g)

5.47. Resistencia térmica (R_t): Capacidad de un material para resistir el paso de flujos de calor. Es la oposición al paso del calor que presenta una capa de cierto espesor (e) de un material de construcción. Es inversamente proporcional a la conductividad térmica y aumenta con el espesor de material. Se expresa en Metros cuadrados y grados Kelvin por vatio (m^2 K / W).

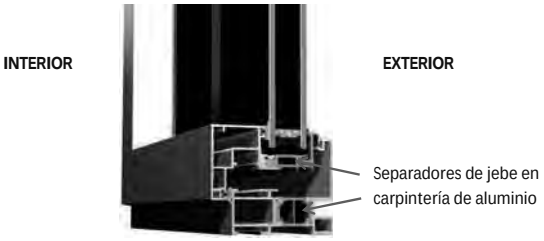
5.48. Resistencia térmica superficial ($1/h_e$ o $1/h_i$): Es la inversa de los coeficientes superficiales de transmisión de calor y su valor depende del sentido del flujo de calor y de la situación exterior o interior de las superficies. Se expresa en Metros cuadrados y grados Kelvin por vatio (m^2 K / W). También se simboliza como R_{se} y R_{si}.

5.49. Retardo térmico o retraso térmico (Φ): Es el tiempo transcurrido que toma un cerramiento o envolvente en dejar pasar calor desde una de sus caras hacia su cara opuesta. Se expresa en horas.

5.50. Rotura de puente térmico: Consiste en evitar la transmisión de calor entre la cara interior y exterior de la carpintería o marco de la ventana a través de un material aislante ubicado al interior del marco.

El aire de la sección del marco no se considera un material aislante.

Para el caso de ventanas de aluminio suele utilizarse un separador de plástico o jebe al interior de cada perfil que conforma el marco.



5.51. Techo: Para efectos de la presente Norma, se denomina techo al elemento constructivo horizontal, inclinado o curvo que sirve de separación o límite final de la edificación con el medio ambiente exterior.

Los techos conforman la envolvente, junto a los muros y a los pisos. La cubierta es la última capa superior del techo que lo separa del medio ambiente exterior.

5.52. Temperatura seca (o temperatura seca del aire): Temperatura del aire, prescindiendo de la radiación calorífica de los objetos que rodean el ambiente y de los efectos de la humedad relativa y de la velocidad del aire. Se expresa en grados Celsius (°C)

5.53. Temperatura de rocío (t_r): Es la temperatura a la cual comienza a condensarse el vapor de agua de un ambiente, para unas condiciones dadas de humedad y presión, cuando desciende la temperatura del ambiente y por tanto la del vapor en el contenido.

La temperatura o punto de rocío es una medida de la humedad del ambiente. La presión de saturación del vapor de agua a la temperatura de rocío es la presión parcial de vapor de agua del ambiente. Se expresa en grados Celsius (°C)

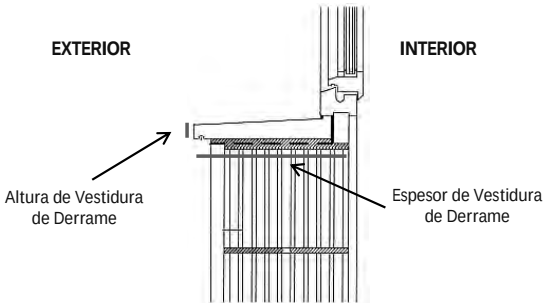
5.54. Transmisión de calor en régimen estacionario: Conducción del calor cuando las temperaturas internas y externas permanecen constantes, de tal manera que la transferencia de calor a través del elemento constructivo se considera como estacionario.

5.55. Transmitancia térmica (U): Flujo de calor, en régimen estacionario, dividido por el área y por la diferencia de temperaturas de los medios situados a cada lado del elemento que se considera. Es la inversa de la resistencia térmica (R_t). Se expresa en vatios por Metro cuadrado y grado Kelvin (W/m^2 K).

5.56. Vano: Abertura, orificio o hueco que se deja usualmente en los muros o techos para colocar puertas, ventanas o claraboyas.

5.57. Vestidura de derrame: Elemento de madera u otro material que coloca sobre la cara superior del alfeizar o en el derrame horizontal del vano (ventana).

Ejemplo: Vista en corte de una vestidura de derrame



5.58. Zona bioclimática: Clasificación climática que define los parámetros ambientales de grandes áreas geográficas, necesaria para aplicar estrategias de diseño bioclimático de una edificación y obtener confort térmico y lumínico con eficiencia energética.

6 Zonificación Bioclimática del Perú

6.1 Definición de las zonas bioclimáticas

Para efectos de la presente Norma, la Zonificación Bioclimática del Perú consta de nueve zonas, las cuales se mencionan a continuación.

Tabla Nº 1: Zonificación Bioclimática del Perú

Zona bioclimática	Definición climática
1	Desértico costero
2	Desértico
3	Interandino bajo
4	Mesoandino
5	Altoandino
6	Nevado
7	Ceja de Montaña
8	Subtropical húmedo
9	Tropical húmedo

Las características climáticas de cada zona bioclimática se muestran en el Anexo Nº 1 de esta Norma.

6.2 Selección de zonas bioclimáticas

Todo proyecto de edificación debe cumplir con los lineamientos indicados en el numeral 7. Confort térmico (según la zona bioclimática donde se ubique) y en el numeral 8. Confort lumínico.

En el *Anexo Nº 1: (A) Ubicación de provincia por zona bioclimática*, se obtiene la zona bioclimática que le corresponde al proyecto, según la provincia donde se ubique este.

Sin embargo, debido a los diferentes climas que puede incluir una provincia, un distrito o hasta un centro poblado de nuestro país, el proyectista podrá cambiar de zona bioclimática solo si sustenta mediante información oficial del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) que el distrito o centro poblado en donde se ubica su proyecto cumple con las ocho características climáticas del Anexo Nº 1: (B) *Características climáticas de cada zona bioclimática.*

7 Confort térmico: Demanda energética máxima por zona bioclimática

Todo proyecto de edificación, según la zona bioclimática donde se ubique, deberá cumplir obligatoriamente con los requisitos establecidos a continuación:

7.1 Transmitancias térmicas máximas de los elementos constructivos de la edificación

Tabla Nº 2: Valores límites máximos de transmitancia térmica (U) en W/m² K

Zona bioclimática	Transmitancia térmica máxima del muro (U_{muro})	Transmitancia térmica máxima del techo (U_{techo})	Transmitancia térmica máxima del piso (U_{piso})
1. Desértico costero	2,36	2,21	2,63
2. Desértico	3,20	2,20	2,63
3. Interandino bajo	2,36	2,21	2,63
4. Mesoandino	2,36	2,21	2,63
5. Altoandino	1,00	0,83	3,26
6. Nevado	0,99	0,80	3,26
7. Ceja de montaña	2,36	2,20	2,63
8. Subtropical húmedo	3,60	2,20	2,63
9. Tropical húmedo	3,60	2,20	2,63

Ninguno de los componentes unitarios de la envolvente (muros, pisos o techos) deberá sobrepasar las transmitancias térmicas máximas según los valores indicados en la Tabla Nº 2.

En el Anexo Nº 2 de la presente Norma, se encuentra la metodología de cálculo para obtener los valores de transmitancia térmica del proyecto.

En el Anexo Nº 3 de la presente Norma, se muestra una lista de los principales productos y materiales de construcción utilizados en el país, con sus respectivos valores higrotérmicos, que deberán ser utilizados para el cálculo desarrollado en el Anexo Nº 2. En caso se utilicen otros tipos de productos y materiales (opacos, transparentes, etc.) que no se incluyen en dicho anexo, el usuario deberá sustentar los valores de transmitancia o conductividad térmica, suministrado formalmente por el fabricante o distribuidor.

7.2 Condensaciones

Para efectos de la presente Norma, las envolventes (muro, pisos y techos) no deberán presentar humedades de condensación en su superficie interior, que degraden sus condiciones. Para esto, la temperatura superficial interna (Tsi) deberá ser superior a la temperatura de rocío (tr).

$$T_{si} > t_r$$

El valor de T_{si} y t_r se obtienen del *Anexo Nº 4: Metodología para el cálculo de condensaciones superficiales*.

7.3 Permeabilidad al aire de las carpinterías

Para efectos de la presente Norma, se deberá tener en cuenta las siguientes clases de carpinterías de ventanas por zona bioclimática. Las clases de carpinterías de ventanas se clasifican de acuerdo a su permeabilidad al aire, que se define como la cantidad de aire que pasa (por causa de la presión) a través de una ventana cerrada.

Tabla Nº 3: Clases de carpinterías de ventanas por zona bioclimática

Zona bioclimática	Clase de permeabilidad al aire
1. Desértico costero	Clase 1
2. Desértico	Clase 1
3. Interandino bajo	Clase 1
4. Mesoandino	Clase 2
5. Altoandino	Clase 2
6. Nevado	Clase 2
7. Ceja de montaña	Clase 1
8. Subtropical húmedo	Clase 1
9. Tropical húmedo	Clase 1

La Tabla Nº 4 establece la permeabilidad al aire de las carpinterías de ventanas, medida con una sobrepresión de 100 Pascales (Pa) y referida a la superficie total, las cuales tendrán unos valores inferiores a las siguientes.

Tabla Nº 4: Rangos de las clases de permeabilidad al aire

Clase de permeabilidad al aire	Rango
Clase 1	< 50 $m^3/h.m^2$ (para presiones hasta 150 Pa)
Clase 2	< 20 $m^3/h.m^2$ (para presiones hasta 300 Pa)

Nota: El fabricante o importador de carpinterías de ventanas deberá certificar la clase de sus productos y ponerla a disposición de los usuarios.

En el Anexo Nº 5 se encuentra el gráfico utilizado para definir las permeabilidades al aire máximas.

8 Confort lumínico

Todo proyecto de edificación deberá aplicar el procedimiento de cálculo que se desarrolla en el Anexo Nº 6 para obtener el área mínima de ventana, necesaria para cumplir con una determinada iluminación interior (E_{int}), la cual no deberá sobrepasar los valores recomendados por el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) en función de la actividad y del ambiente.

No se deberá contabilizar las rejas u otras protecciones adicionales que puedan instalarse sobre la ventana.

9 Productos de construcción

En el marco de esta Norma, todo fabricante o importador de productos de construcción (materiales de construcción opacos, transparentes, semitransparentes, etc.) debe facilitar al usuario las características higrotérmicas, certificadas por entidad competente, que se enumeran a continuación.

Tabla Nº 5: Características higrotérmicas obligatorias de los productos de construcción

Característica higrotérmica	Símbolo	Unidades
Densidad	P	kg / m^3
Transmitancia térmica	U	W / m^2 K
Calor específico	C_p	J / kg °C
Factor de resistividad a la difusión de vapor de agua	M	Adimensional

Tabla Nº 6: Características higrotérmicas obligatorias de los materiales transparentes o semitransparentes

Característica	Símbolo	Unidades
Absorción térmica	A	%
Transmisión térmica	T	%
Conductividad térmica	k	W / m K
Transmitancia térmica	U	W / m^2 K
Factor solar	FS	Adimensional
Coeficiente de sombra	CS	Adimensional



ANEXOS

ANEXO Nº 1: (A) Ubicación de provincia por zona bioclimática

UBICACIÓN DE PROVINCIAS POR ZONA BIOCLIMÁTICA									
Departamento	1 Desértico Marino	2 Desértico	3 Interandino Bajo	4 Mesoandino	5 Alto Andino	6 Nevado	7 Ceja de Montaña	8 Subtropical Húmedo	9 Tropical Húmedo
Amazonas							Chachapoyas		Bagua
							Utcubamba		Condorcanqui
							Bongará		
							Luya		
							Rodríguez de Mendoza		
Ancash	Casma			Asunción	Bolognesi	Mariscal Luzuriaga			
	Huarmey			Pomabamba	Huaraz		Pallasca		
				Aija					
	Santa			Antonio Raimondi	Pomabamba				
				Carhuaz	Recuay				
				Carlos Fermín Fitzcarrald					
				Huari					
				Corongo					
				Huaylas					
				Mariscal Luzuriaga					
				Ocros					
				Pallasca					
				Yungay					
Apurímac				Abancay	Antabamba	Cotabambas	Abancay		
				Andahuaylas	Grau		Chincheros		
				Aymaraes					
				Cotabambas					

Carpintería o marco de madera y:

UBICACIÓN DE PROVINCIAS POR ZONA BIOCLIMÁTICA									
Departamento	1 Desértico Marino	2 Desértico	3 Interandino Bajo	4 Mesoandino	5 Alto Andino	6 Nevado	7 Ceja de Montaña	8 Subtropical Húmedo	9 Tropical Húmedo
Arequipa	Camana		Caravelí	Arequipa	Caylloma	La Unión			
	Islay		Castilla	Condesuyos					
			Condesuyos						
Ayacucho				Cangallo	Huanca Sancos	Lucanas	Huanta		
				Huanta	Sucre	Parinacochas	La Mar		
				Huamanga	Víctor Fajardo		Vilcashuamán		
				La Mar					
				Lucanas					
				Parinacochas					
				Paucar del Sara Sara					
				Vilcashuamán					
Cajamarca			Contumazá	Cajabamba			Cajabamba		
			San Miguel	Cajamarca			Cajamarca		
				Celendín			Celendín		
				Chota			Chota		
				Contumazá			Contumazá		
				Hualgayoc			Cutervo		
				San Marcos			Hualgayoc		
				San Miguel			Jaén		
				San Pablo			San Marcos		
							San ignacio		
							San Pablo		
							Santa Cruz		
Cusco				Cusco	Canas		La Convención	La Convención	
				Paruro	Espinar				
				Canchis	Chumbivilcas				
				Acomayo					
				Anta					
				Calca					
				La Convención					
				Paucartambo					
				Quispicanchi					
				Urubamba					

https://waltervillavicencio.com

UBICACIÓN DE PROVINCIAS POR ZONA BIOCLIMÁTICA									
Departamento	1 Desértico Marino	2 Desértico	3 Interandino Bajo	4 Mesoandino	5 Alto Andino	6 Nevado	7 Ceja de Montaña	8 Subtropical Húmedo	9 Tropical Húmedo
Huancavelica				Castrovirreyna		Angaraes	Tayacaja		
					Huancavelica				
				Tayacaja					
				Churcampa					
				Huaytará					
				Acobamba					
Huánuco			Marañón	Huamalíes	Lauricocha		Ambo	Leoncio Prado	
				Huánuco	Dos de Mayo		Huacaybamba	Puerto Inca	
				Pachitea			Marañón		
				Ambo			Yarowilca		
				Huacaybamba					
				Yarowilca					
Ica		Palpa							
		Ica							
	Chincha	Nazca							
	Pisco								
Junín				Tarma					
				Concepción	Junín		Chanchamayo	Chanchamayo	
				Huancayo				Satipo	
				Chupaca					
				Jauja					
La Libertad	Pacasmayo	Ascope		Bolivar			Gran Chimú		
	Trujillo	Chepén		Sánchez Carrión					
		Gran Chimú		Bolívar					
		Virú		Otuzco					
				Pataz					
				Julcán					
				Santiago de Chuco					
Lambayeque	Chiclayo							Lambayeque	
		Lambayeque							
	Ferreñafe								

UBICACIÓN DE PROVINCIAS POR ZONA BIOCLIMÁTICA									
Departamento	1 Desértico Marino	2 Desértico	3 Interandino Bajo	4 Mesoandino	5 Alto Andino	6 Nevado	7 Ceja de Montaña	8 Suptropical Húmedo	9 Tropical Húmedo
Lima	Barranca		Canta	Cajatambo	Oyón	Oyón			
	Cañete			Huarochiri					
	Huaral			Yauyos					
	Huaura								
	Lima								
Loreto									Maynas
									Alto Amazonas
									Loreto
									Mariscal Ramón Castilla
									Requena
									Datem del Marañón
									Ucayali
Madre de Dios							Manu	Tahuamanu	
								Tambopata	
Moquegua			Mariscal Nieto						
	Ilo		General Sánchez Cerro						
Pasco					Pasco	Daniel Alcides Carrión		Oxapampa	
Piura	Talara	Paita		Huancabamba			Ayabaca	Huancabamba	
		Sechura		Ayabaca				Morropón	
		Piura						Sullana	

UBICACIÓN DE PROVINCIAS POR ZONA BIOCLIMÁTICA									
Departamento	1 Desértico Marino	2 Desértico	3 Interandino Bajo	4 Mesoandino	5 Alto Andino	6 Nevado	7 Ceja de Montaña	8 Suptropical Húmedo	9 Tropical Húmedo
Puno				Sandia	Azángaro	Carabaya		San Antonio de Putina	
				Yunguyo	Carabaya	Chucuito		Sandia	
					Chucuito	El Collao			
					El Collao	Huancané			
					Huancané	Puno			
					Lampa	Yunguyo			
					Melgar				
					Moho				
					Puno				
					San Román				

UBICACIÓN DE PROVINCIAS POR ZONA BIOCLIMÁTICA									
Departamento	1 Desértico Marino	2 Desértico	3 Interandino Bajo	4 Mesoandino	5 Alto Andino	6 Nevado	7 Ceja de Montaña	8 Suptropical Húmedo	9 Tropical Húmedo
San Martín				Rioja			Rioja		Bellavista
				Tocache					Mariscal Cáceres
				Mariscal Cáceres					San Martín
									El Dorado
									Huallaga
									Lamas
									Moyobamba
									Picota
									Tocache
Tacna		Jorge Basadre	Jorge Basadre	Tacna	Tacna	Candarave			
		Tacna				Tarata			
Tumbes			Contralmirante Villar					Tumbes	
		Tumbes						Zarumilla	
Ucayali									Purús
									Padre Abad
									Atalaya
									Coronel Portillo

ANEXO Nº 1: (B) Características Climáticas de cada zona bioclimática

Características climáticas		ZONAS BIOCLIMATICAS DEL PERU								
		1 Desértico Costero	2 Desértico	3 Interandino Bajo	4 Mesoandino	5 Alto Andino	6 Nevado	7 Ceja de Montaña	8 Subtropical Húmedo	9 Tropical Húmedo
1	Temperatura media anual	18 a 19°C	24°C	20°C	12°C	6°C	< 0°C	25 a 28°C	22°C	22 a 30°C
2	Humedad relativa media	> 70%	50 a 70%	30 a 50%	30 a 50%	30 a 50%	30 a 50%	70 a 100%	70 a 100%	70 a 100%
3	Velocidad de viento	Norte: 5-11 m/s Centro: 4-5 m/s Sur: 6-7 m/s	Norte: 5-11 m/s Centro: 4-5 m/s Sur: 6-7 m/s	Norte: 4 m/s Centro: 6 m/s Sur: 5-7 m/s	Norte: 10 m/s Centro: 7,5 m/s Sur: 4 m/s Sur - Este : 7 m/s	Centro: 6 m/s Sur: 7 m/s Sur Este: 9 m/s	Centro: 7 m/s Sur: 7 m/s	Norte: 4-6 m/s Centro: 4-5 m/s Sur: 6-7 m/s	Norte: 5-7 m/s Este: 5-7 m/s Centro: 5 m/s	Este: 5-6 m/s Centro: 5 m/s
4	Dirección predominante del viento	S - SO - SE	S - SO - SE	S	S - SO - SE	S - SO	S - SO	S - SO - SE	S - SO - SE	S - SO
5	Radiación solar	5 a 5,5 kWh/m²	5 a 7 kWh/m²	2 a 7,5 kWh/m²	2 a 7,5 kWh/m²	S kWh/m²	s kWh/m²	3 a 5 kWh/m²	3 a 5 kWh/m²	3 a 5 kWh/m²
6	Horas de sol	Norte: 5 horas Centro: 4,5 horas Sur: 6 horas	Norte: 6 horas Centro: 5 horas Sur: 7 horas	Norte: 5-6 horas Centro: 7-8 horas Sur: 6 horas	Norte: 6 horas Centro: 8-10 horas Sur: 7-8 horas	Centro: 8 a 10 horas Sur: 8 a 10 horas	Centro: 8 a 10 horas Sur: 8 a 11 horas	Norte: 6-7 horas Centro: 8-11 horas Sur: 6 horas	Norte: 4-5 horas Sur-Este: 4-5 horas	Norte: 4-5 horas Este: 4-5 horas
7	Precipitación anual	< 150 mm	< 150 a 500 mm	< 150 a 1,500 mm	150 a 2,500 mm	< 150 a 2,500 mm	250 a 750 mm	150 a 6000 mm	150 a 3000 mm	150 a 4000 mm
8	Altitud	0 a 2000 msnm	400 a 2000 msnm	2000 a 3000 msnm	3000 a 4000 msnm	4000 a 4800 msnm	> 4800 msnm	1000 a 3000 msnm	400 a 2000 msnm	80 a 1000 msnm
Equivalente en la clasificación Koppen		BSs-BW, BW	Bw	BSw	Dwb	ETH	EFH	Cw	Aw	Af

ANEXO Nº 2: Metodología de Cálculo para obtener Confort Térmico

1. Metodología

La metodología para hallar las transmitancias térmicas (U) de la envolvente de una edificación se puede desarrollar de dos maneras:

• En forma manual, utilizando la *Ficha Nº 1: Cálculo de la transmitancia térmica U de las envolventes* ubicada al final del presente Anexo Nº 2 y que contiene todos los tipos de envolvente precisados en el numeral *5.29 Envolvente*.

• Utilizando la hoja de cálculo que estará publicada en el portal web de la Dirección Nacional de Construcción: www.vivienda.gob.pe/dnc/normas.aspx.

1.1. Cálculo Manual

Paso 1:

El usuario deberá identificar la zona bioclimática donde se ubica un proyecto según lo indicado en *6.2 Selección de zonas bioclimáticas.*

Luego de identificarla, debe llenar el recuadro señalado a continuación, que está incluido en la *Ficha de Cálculo*, al final de este Anexo Nº 2.

DATOS DEL PROYECTO ARQUITECTÓNICO

Ubicación geográfica	
Zona bioclimática	

Paso 2:

El usuario deberá identificar los valores de las transmitancias térmicas máximas para muros, techos y pisos de la zona bioclimática donde se ubica su proyecto (ver *Tabla Nº 2: Valores límites máximos de transmitancia térmica (U) en W/m² K*)

El usuario deberá diseñar la envolvente de su proyecto de edificación (muros, pisos y techos que separan la edificación del exterior) de tal manera que sus valores de transmitancia térmica no sobrepasen a los valores indicados en la *Tabla Nº 2.*

Ninguno de los componentes unitarios de la envolvente (muros, pisos o techos) deberá sobrepasar las transmitancias térmicas máximas según los valores indicados en la *Tabla Nº 2.*

Asimismo, se deberá tener en cuenta que el área total de las elevaciones debe ser igual a la suma de las áreas de ventanas, puertas, muros, etc., que componen dichas elevaciones.

Paso 3:

Verificar el tipo de envolvente que posee el proyecto de edificación (Tipo 1, 2, 3 y/o 4). Ver la definición en el *Capítulo 5. Glosario, numeral 5.29. Envolvente*.

• Si la edificación posee envolventes Tipo 1, se debe llenar los datos (celdas) que incluye la columna “Tipo 1” incluida en la *Ficha Nº 1*, siguiendo lo indicado en el Paso 4.

• Si la edificación posee envolventes Tipo 2, se debe llenar los datos (celdas) que incluye la columna “Tipo 2” incluida en la *Ficha Nº 1*, siguiendo lo indicado en el Paso 5.

• Si la edificación posee envolventes Tipo 3, se debe llenar los datos (celdas) que incluye la columna “Tipo 3” incluida en la *Ficha Nº 1*, siguiendo lo indicado en el Paso 6.

• Si la edificación posee envolventes Tipo 4, se debe llenar los datos (celdas) que incluye la columna “Tipo 4” incluida en la *Ficha Nº 1*, siguiendo lo indicado en el Paso 7.

Paso 4:

Para el *Tipo 1. Envolventes en contacto con el ambiente exterior* (Ver definición en *numeral 5.29. Envolvente*), se debe llenar los datos (celdas) que incluye la columna “*Tipo 1: Envolventes Tipo 1A y 1B*”, que se muestra en la siguiente página y que forma parte de la *Ficha Nº 1*.

Para el cálculo de la transmitancia térmica de muros tipo 1A, se puede aplicar el procedimiento incluido a continuación: 1. Ventanas o mamparas 2. Puertas 3. Muros (1A) 4. Columnas 5. Sobrecimientos 6. Vigas 7. Vestidura de derrame (en caso el proyecto lo incluya) 8. Caja de persianas (en caso el proyecto lo incluya)	Para el cálculo de transmitancia térmica de pisos tipo 1B, se puede aplicar el procedimiento incluido en el numeral 10. Pisos.

1. Ventanas o mamparas: Calcular la transmitancia térmica (U) de las ventanas o mamparas que separan el interior de la edificación con el medio ambiente exterior

Para efectos de esta Norma, las ventanas o mamparas se componen de:

• Vidrio o material transparente o traslúcido.
• Marco o carpintería.

1.1 Para hallar la transmitancia térmica (U) del tipo de vidrio o del material transparente o traslúcido

a) Llenar la celda “Vidrio 1” ubicada debajo de “Tipo de vidrio”, escribiendo el nombre del tipo de vidrio o material transparente o traslúcido que forma la ventana (vidrio templado, vidrio crudo, vidrio aislado, plástico, cristal, policarbonato, etc.)

Tipo 1	Componentes	Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m2 °C/W)	Coef. de transmisión térmica k (W/m °C)	S_1	U_1	$S_1 \times U_1$
Envolventes Tipo 1A y 1B	Ventanas, mamparas o superficies vidriadas, transparentes o translúcidas, y puertas (verticales o inclinadas más de 60° con la horizontal)	Ventanas								
		Tipo de vidrio:								
		Vidrio 1	X					X	X	X
		Vidrio 2, etc.	X					X	X	X
		Tipo de carpintería del marco								
		Carpintería 1	X		X			X	X	X
		Carpintería 2, etc.	X		X			X	X	X
		Puertas								
		Tipo de puerta:								
		Puerta 1						X	X	X
		Puerta 2, etc.						X	X	X
	Muros tipo 1A (verticales o inclinados más de 60° con la horizontal)	Resistencias superficiales								
		Resistencia superficial externa (Rse)				X				
		Resistencia superficial interna (Rsi)				X				
		Muro sin cámara de aire N° 1								
		Composición del muro:						X	X	X
		Material 1	X				X			
		Material 2, etc.	X				X			
		Muro sin cámara de aire N° 2								
		Composición del muro:						X	X	X
		Material 1	X				X			
		Material 2, etc.	X				X			
		Muro con cámara de aire N° 1								
		Resistencia de la cámara de aire (Rca)				X				
		Composición del muro:						X	X	X
		Material 1	X				X			
		Material 2, etc.	X				X			
		Muro con cámara de aire N° 2								
		Resistencia de la cámara de aire (Rca)				X				
		Composición del muro:						X	X	X
		Material 1	X				X			
		Material 2, etc.	X				X			
		Puente Térmico: Columnas Tipo N° 1								
		Composición:						X	X	X
		Material 1	X				X			
		Material 2, etc.	X				X			
		Puente Térmico: Columnas Tipo N° 2								
		Composición:						X	X	X
		Material 1	X				X			
		Material 2, etc.	X				X			
		Puente Térmico: Sobrecimiento N° 1								
		Composición:						X	X	X
		Material 1	X				X			
		Material 2, etc.	X				X			
		Puente Térmico: Sobrecimiento N° 2								
		Composición:						X	X	X
		Material 1	X				X			
		Material 2, etc.	X				X			
		Puente Térmico: Viga N° 1								
		Composición:						X	X	X
		Material 1	X				X			
		Material 2, etc.	X				X			
		Puente Térmico: Viga N° 2								
		Composición:						X	X	X
		Material 1	X				X			
		Material 2, etc.	X				X			
		Puente Térmico: Vestidura de derrame (en caso el proyecto lo contemple). Ver definición en numeral 5.53 del Glosario								
		Tipo de carpintería del marco								
		Composición:								
		Carpintería 1	X		X			X	X	X
		Carpintería 2, etc.	X		X			X	X	X
		Puente Térmico: Caja de persianas (en caso el proyecto lo contemple). Ver definición en numeral 5.7 del Glosario								
		Resistencia de la cámara de aire (Rca)				X		X	X	X
		Composición:								
		Material 1	X				X			
		Material 2, etc.	X				X			
	Pisos tipo 1B sobre ambientes exteriores mayores a 1 metro	Resistencias superficiales								
		Resistencia superficial externa (Rse)				X				
		Resistencia superficial interna (Rsi)				X		X	X	X
		Composición:								
		Material 1	X				X			
		Material 2, etc.	X				X			
				TRANSMITANCIA (U_1^{final}) = **Σ** S x U / **Σ** S						

b) En la celda ubicada en la intersección de la columna "Espesor" y de la fila donde se ha escrito el nombre del tipo de vidrio, se coloca su espesor según diseño del proyecto. Unidad de medida: Metro lineal.

c) En la celda ubicada en la intersección de la columna "S_1" y de la fila donde se ha escrito el nombre del tipo de vidrio o material translúcido o transparente, se coloca únicamente el resultado de la suma de las áreas de todas las superficies vidriadas, transparentes o translúcidas de un mismo tipo, medidas desde las caras interiores de los marcos, excluyendo todo material opaco (marcos, molduras, cerrajería, etc.) Unidad de medida: Metro cuadrado.

d) En la celda ubicada en la intersección de la columna "U_1" y de la fila donde se ha escrito el nombre del tipo de vidrio o material translúcido o transparente, se coloca su transmitancia térmica, según se indica en el *Anexo Nº 3 "Lista de características higrométricas de los materiales de construcción"*. Unidad de medida: W/m^2 K.

e) En la celda ubicada en la intersección de la columna "S_1 x U_1" y de la fila donde se ha escrito el nombre del tipo de vidrio o material translúcido o transparente, se coloca el producto entre la superficie total (m^2) por la transmitancia térmica (U). Unidad de medida: W / K.

f) En caso existan diferentes tipos de vidrios o de materiales transparentes o traslúcidos, se debe agregar sucesivamente una fila debajo de la anterior y realizar el mismo procedimiento (Vidrio 2, Vidrio 3, etc.)

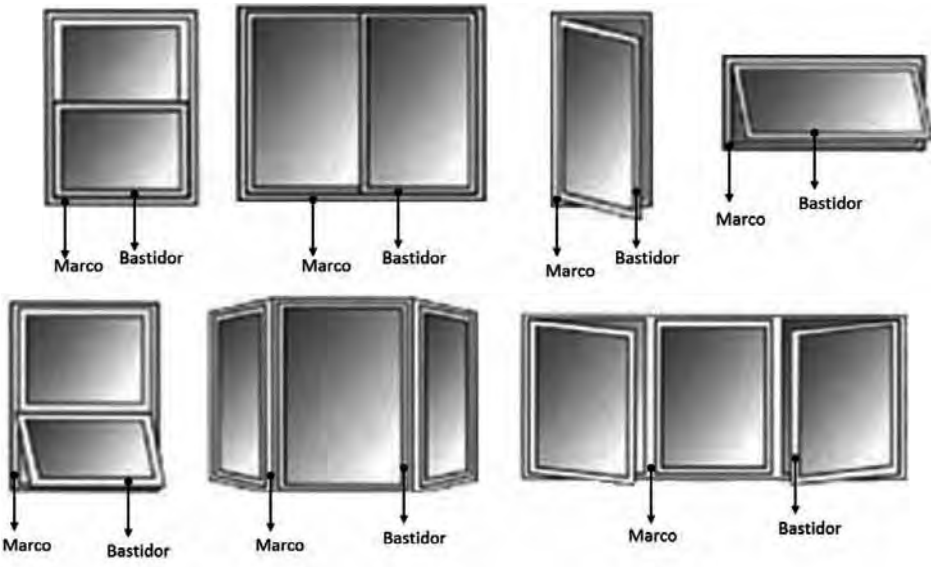
Nota: En caso se utilicen otros tipos de vidrios que no están en el Anexo Nº 3, el usuario deberá sustentar los valores de transmitancia térmica de dichos vidrios, suministrado por el fabricante o distribuidor.

1.2 Para hallar la transmitancia térmica (U) del tipo de marco o carpintería de las ventanas

a) Llenar la celda "Carpintería 1" ubicada debajo de "Tipo de carpintería del marco", escribiendo el nombre del tipo de carpintería o marco que forma la ventana (madera, metal, aluminio, etc.).

b) En la celda ubicada en la intersección de la columna "Espesor" y de la fila donde se ha escrito el nombre del tipo de carpintería o marco, se coloca su espesor o sección según diseño del proyecto. Unidad de medida: Metro lineal.

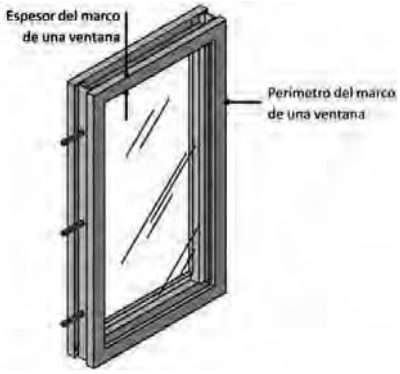
Diversos tipos de carpinterías de ventanas



Espesor del marco (X), espesor del bastidor (Y) ➡ X + Y = Espesor total de carpintería

Nota: El espesor se entiende como el ancho de la carpintería fijada al muro. En caso las superficies vidriadas tengan otras carpinterías o marcos adicionales, se sumarán los respectivos espesores y se tendrá el total del espesor.

c) En la celda ubicada en la intersección de la columna "Perímetro" y de la fila donde se ha escrito el nombre del tipo de carpintería o marco, se coloca el resultado de la suma del perímetro total de todos los marcos de un mismo tipo, según el diseño del proyecto. Unidad de medida: Metro lineal.



d) En la celda ubicada en la intersección de la columna "S_1" y de la fila donde se ha escrito el nombre del tipo de carpintería o marco, se coloca el área o superficie (espesor x perímetro), según diseño del proyecto. Unidad de medida: m^2.

Nota: Para el caso de ventanas o mamparas, se entiende por perímetro de la carpintería a la fracción del vano ocupado por el marco.

e) En la celda ubicada en la intersección de la columna "U_1" y de la fila donde se ha escrito el nombre del tipo de carpintería o marco, se coloca la transmitancia térmica, según se indica en la Tabla Nº 7. Unidad de medida: W/m^2 K.

Tabla Nº 7: Transmitancia térmica según tipos de carpintería o marco de ventanas en muros tipo 1A

Material	U (W/m^2 K) vertical
Metálico	
Sin rotura de puente térmico (Ver definición en el *Capítulo 5. Glosario, numeral 5.50*)	5,7
Con rotura de puente térmico, entre 4 y 12 mm	4,0
Con rotura de puente térmico, mayor a 12 mm	3,2
Madera (1)	
Madera de densidad media alta[1]. Densidad: 700 kg/m3	2,2
Madera de densidad media baja[1]. Densidad: 500 kg/m3	2,0
PVC (2)	
PVC (dos cámaras)[2]	2,2
PVC (tres cámaras)[2]	1,8

(1) Para conocer las densidades según el tipo de madera, ver Anexo Nº 3 - Lista de características higrométricas de los materiales de construcción.

(2) Dos cámaras quiere decir que el marco de PVC posee 2 cavidades de aire. Tres cámaras, quiere decir que posee 3 cavidades de aire. Dichas cavidades deberán ser mayores a 5 mm de espesor para ser consideradas como cámaras.

Nota: En caso se utilicen otros materiales para las ventanas que no están en el *Anexo Nº 3 – Lista de las características higrotérmicas de los materiales de la construcción* o en la Tabla Nº 7, deberán acreditarse los valores de transmitancia térmica por el fabricante o distribuidor.

f) En la celda ubicada en la intersección de la columna "S_1 x U_1" y de la fila donde se ha escrito el nombre del tipo de carpintería o marco, se coloca el producto de la superficie o área S_1 (en m^2) de cada tipo de carpintería o marco por la transmitancia térmica (U_1). Unidad de medida: W / K.

g) En caso existan diferentes tipos de carpintería o marco, se debe agregar sucesivamente una fila debajo de la anterior y realizar el mismo procedimiento (Carpintería 2, Carpintería 3, etc.)

1.3 El resultado final de este Paso 4 es el llenado de la celda respectiva, con el resultado de la multiplicación de la superficie o área de cada tipo de carpintería o marco de ventana por sus respectivas transmitancias térmicas: S_1 x U_1.

Hasta este paso, las celdas que se han debido llenar son las siguientes:

Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m2 °C/W)	Coef. de transmisión térmica k (W/m °C)	S_1	U_1	S_1 x U_1
Ventanas								
Tipo de vidrio:								
Vidrio 1	X					X	X	X
Vidrio 2, etc.	X							
Tipo de carpintería del marco								
Carpintería 1	X		X			X	X	X
Carpintería 2, etc.	X		X					

Nota: En el cálculo manual, el usuario deberá colocar el espesor de los vidrios y de las carpinterías. En la hoja de cálculo, los espesores ya están incluidos en las definiciones de los elementos.

2. Puertas: Calcular la transmitancia térmica de puertas que separan el interior de la edificación con el ambiente exterior

2.1 Para hallar la transmitancia térmica (U) del tipo de puerta

a) Llenar la celda "Puerta 1" ubicada debajo de "Tipo de puerta", escribiendo el nombre del tipo de puerta y precisando el material de la hoja de la puerta, así como su marco o carpintería. (Ejemplo: Puerta maciza de madera tornillo y marco de madera tornillo).

b) En la celda ubicada en la intersección de la columna "S_1" y de la fila donde se ha escrito el nombre del tipo de puerta, se coloca el resultado de la suma de las áreas o superficies de los vanos de puertas de un mismo tipo, según el diseño del proyecto. Unidad de medida: Metro cuadrado.

c) En la celda ubicada en la intersección de la columna "U_1" y de la fila donde se ha escrito el nombre del tipo de puerta, se coloca la transmitancia térmica de la hoja, según se indica en la Tabla Nº 8, para puertas que separan al interior con el ambiente exterior. Unidad de medida: W/m^2 K.

Tabla Nº 8: Transmitancia térmica de puertas en muros tipo 1A

Tipo de puerta	Transmitancia Térmica (U) W/m^2 K
	Separación con el ambiente exterior
Carpintería o marco de madera y:	
Hoja maciza de madera (cualquier espesor)	3.5
Hoja contraplacada de fibra MDF (espesor: 4 cm)	4.7
Hoja de vidrio simple en < 30% de la superficie de la hoja de madera maciza (cualquier espesor)	4.0
Hoja de Vidrio simple en 30% a 60% de la superficie de la hoja de madera maciza (cualquier espesor)	4.5
Hoja de Vidrio doble	3.3
Carpintería o marco metálico y:	

Tipo de puerta	Transmitancia Térmica (U) W/m² K
	Separación con el ambiente exterior
Hoja de metal	5.8
Puerta cortafuego de una hoja (cualquier espesor)	3.0
Puerta cortafuego de dos hojas (espesor: 83 mm)	1.9
Hoja de Vidrio simple	5.8
Hoja de Vidrio doble con cámara de aire de 6 mm en < 30% de su superficie	5.5
Hoja de Vidrio doble con cámara de aire de 6 mm en 30% a 70% de su superficie	4.8
Hoja de Vidrio doble al 100%	2.8
Hoja de vidrio sin carpintería y/o marco	5.8

Nota: En caso se utilicen otros materiales para las hojas de las puertas que no están en esta tabla, deberán acreditarse los valores de transmitancia térmica por el fabricante o distribuidor.

d) En la celda ubicada en la intersección de la columna "S_1 x U_1" y de la fila donde se ha escrito el nombre del tipo de puerta, se coloca el producto de la superficie o área (en m^2) de tipos de puertas por la transmitancia térmica (U) de la hoja. Unidad de medida: W / K.

e) En caso existan diferentes tipos de puertas, se debe agregar sucesivamente una fila debajo de la anterior y realizar el mismo procedimiento (Puerta 2, Puerta 3, etc.)

f) Finalmente, se llena las celdas "S_1 x U_1" con el resultado de la multiplicación entre la superficie o área de cada tipo de puerta por sus respectivas transmitancias térmicas.

Hasta este paso, las celdas que se han debido llenar son las siguientes:

Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m2 °C/W)	Coef. de transmisión térmica k (W/m °C)
Puertas					
Tipo de puerta:					
Puerta 1					
Puerta 2, etc.					

S_1	U_1	S_1 x U_1
X	X	X

3. Muros: Calcular la transmitancia térmica de muros Tipo 1A, que separan el interior de la edificación con el ambiente exterior

3.1 Procedimiento para hallar las resistencias superficiales

a) En la celda ubicada en la intersección de la columna "RST/RSA" y de la fila "Resistencia Superficial Externa (R_{se})", se coloca el siguiente valor: 0,11 W/m² K.

b) En la celda ubicada en la intersección de la columna "RST/RSA" y de la fila "Resistencia Superficial Interna (R_{si})", el siguiente valor: 0,06 W/m² K.

3.2 Procedimiento para el cálculo de las trasmitancias térmicas en caso de muros tipo 1A.

Nota: La superficie o área total de los muros de una edificación, con cámara de aire o sin ella, deberá excluir cualquier tipo de vano (ventana, mampara, puerta, etc.) y cualquier tipo de puente térmico. Éstos se calculan aparte y cada elemento tendrá su propia superficie o área total.

3.2.1 Para muros tipo 1A, que separan el interior de la edificación con el ambiente exterior y que **no** tienen una cámara de aire en su interior.

a) Debajo de la fila "Muro sin cámara de aire 1", existe la fila "Composición", que corresponde a la composición del muro por tipo de material y que no debe llenarse. Debajo de la fila "Composición", se debe aumentar un número de filas igual al número de materiales que conforman el muro sin cámara de aire hasta el acabado final. La o las celdas que se encuentran debajo de la celda "Muro sin cámara de aire", deben ser llenadas con el nombre y especificaciones técnicas del material (por ejemplo: Material 1. *Ladrillo de arcilla King Kong 18 huecos (9 x 12.50 x 23.20)*, Material 2: *Revestimiento de arena-cemento (Espesor = 1.5 cm*.). No se incluyen capas de acabado menor a 5 mm (por ejemplo: pinturas o barnices).

Nota: Si existe un revestimiento exterior y un revestimiento interior, aunque estén conformados por los mismos materiales, se deberán calcular en forma separada, utilizando una línea adicional de material.

b) En las celdas ubicadas en la intersección de la columna "Espesor" y de las filas donde se ha detallado cada material con que está fabricado el muro sin cámara de aire, se coloca el espesor de cada capa de material, según el diseño del proyecto. Unidad de medida: Metro lineal.

c) En la celda ubicada en la intersección de la columna "Coeficiente de transmisión térmica (k)" y de las filas donde se han detallado cada material con que está fabricado el muro sin cámara de aire, se coloca el Coeficiente de transmisión térmica (k) de cada capa de material. Ver *Anexo Nº 3: Lista de características higrométricas de los materiales de construcción*. Unidad de medida: W/m² K.

d) En la celda ubicada en la intersección de la columna "S_1" y de la celda que agrupa a todas las filas en las que se ha caracterizado cada material componente del muro sin cámara de aire, se coloca la superficie total o área total del muro sin cámara de aire, según el proyecto. Unidad de medida: m²

e) En la celda ubicada en la intersección de la columna "U_1" y de la celda que agrupa a todas las filas en las que se ha caracterizado cada material componente del muro sin cámara de aire, se coloca la transmitancia térmica de todo el muro ($U_{1\text{-muro sin cámara}}$). Esta transmitancia térmica es el resultado de la suma de las transmitancias térmicas de cada capa de material que compone el muro sin cámara de aire a la cual se añaden las resistencias superficiales interna (R_{si}) y externa (R_{se}). Se utiliza la siguiente fórmula:

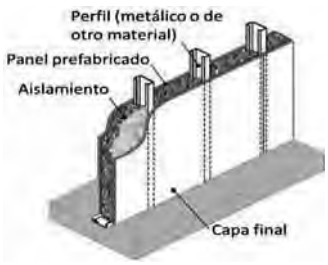
$$U_{1-muro\ \text{sin}\ cámara} = \frac{1}{\left(\frac{e_{material\ 1}}{k_{material\ 1}} + \frac{e_{material\ 2}}{k_{material\ 2}} + \frac{e_{material\ 3}}{k_{material\ 3}} + \ldots + R_{si} + R_{se}\right)}$$

Donde,

$e_{material\ 1}$ espesor del material 1 componente del muro, etc.

$k_{material\ 1}$ coeficiente de transmisión térmica del material 1 componente del muro, etc.

Nota: En el caso de que existan paneles prefabricados que contienen en su interior perfiles de metal u otro material que origine un puente térmico (según el *Capítulo 5. Glosario, numeral 5.42 Puente térmico*), para hallar la transmitancia térmica $U_{1\text{-muro sin cámara}}$, se deberá utilizar las siguientes fórmulas:



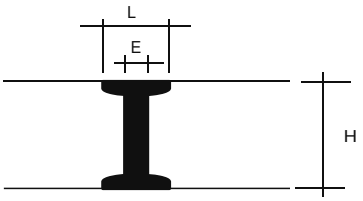
Ejemplo de sistema constructivo en seco con perfiles metálicos dentro del panel prefabricado

Ejemplo de sistema constructivo en seco con perfiles metálicos dentro del panel prefabricado

- **Para perfiles en I:**

$$\frac{1}{U} = (R_{si} + R_{se})\frac{1}{1+\frac{E}{L}} + \frac{H}{k_m}\left(\frac{L}{E} - \frac{L}{H}\right)$$

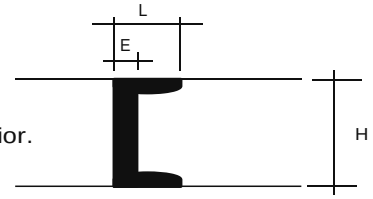
Donde k_m es la conductividad térmica del metal del perfil. E, L y H son las dimensiones acotadas en la figura, expresadas en metros, R_{si} y R_{se} son las resistencias superficiales interna y externa, indicadas en el numeral 3.1



- **Para perfiles en C (o en U):**

$$\frac{1}{U} = (R_{si} + R_{se})\frac{1}{1+\frac{E}{L}} + \frac{H}{k_m} \times \frac{L}{E}$$

Con las mismas condiciones que en el caso anterior.



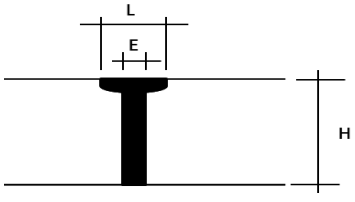
- **Para perfiles en T:**

Longitud (*L)* pegada a hacia la plancha, panel o muro interior de la edificación):

$$\frac{1}{U} = R_{si} \times \frac{\frac{E}{L}}{1+\frac{E}{L}} + \frac{H}{k_m}\left(1 - 0{,}75\frac{E}{H}\right) + R_{se}$$

Longitud (*L)* pegada a la cara exterior del muro (hacia el medio ambiente exterior):

$$\frac{1}{U} = R_{si} + \frac{H}{k_m}\left(1 - 0{,}75\frac{E}{H}\right) + R_{se} \times \frac{\frac{E}{L}}{1+\frac{E}{L}}$$



Con las mismas condiciones que en el caso anterior.

Nota: Esta diferenciación en la fórmula solamente se aplica para perfiles en T

f) Una vez hallada la transmitancia térmica de todo el muro sin cámara de aire ($U_{1\text{-muro sin cámara}}$), se multiplica este resultado por la superficie total que ocupa este muro (S_1). El producto se coloca en la intersección de la columna "S_1 x U_1" y de la celda que agrupa a todas las filas en las que se ha caracterizado cada material componente del muro sin cámara de aire.

Notas:

1. En caso la envolvente de la edificación tenga dos o más tipos de muro sin cámara de aire, se deberá aplicar el mismo procedimiento explicado anteriormente para cada tipo de muro ("Muro sin cámara de aire Nº 2", "Muro sin cámara de aire Nº 3", etc.

2. Todos los productos de la columna "S_1 x U_1" de cada tipo de muro sin cámara de aire serán sumados al final para hallar la transmitancia térmica U de estos tipos de muro.

Hasta este paso, las celdas que se han debido llenar son las siguientes:

Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m2 °C/W)	Coef. de transmisión térmica k (W/m °C)	S_1	U_1	S_1 x U_1
Resistencias superficiales								
Resistencia superficial externa (Rse)				X				
Resistencia superficial interna (Rsi)				X				
Muro sin cámara de aire N° 1								
Composición del muro:						X	X	X
Material 1	X				X			
Material 2, etc.	X				X			
Muro sin cámara de aire N° 2								
Composición del muro:						X	X	X
Material 1	X				X			
Material 2, etc.	X				X			

3.2.2 Para muros tipo 1A que separan el interior de la edificación con el ambiente exterior y que **sí** tienen una cámara de aire en su interior.

a) Debajo de la fila "Muro con cámara de aire Nº 1", existe la celda "Resistencia de la cámara de aire (R_{ca})". En la celda ubicada en la intersección de la columna "U_1" y de la fila "Resistencia de la cámara de aire (R_{ca})", se coloca la transmitancia térmica de la cámara de aire utilizando los valores de la siguiente tabla.

Tabla Nº 9: Transmitancia térmica de la cámara de aire (R_{ca}) según su espesor (en m² K / W) en muros tipo 1A

Situación de la cámara y dirección del flujo de calor	Espesor de la cámara (mm)				
	10	20	50	100	≥ 150
Cámara de aire para muros Tipo 1A y 1B	0,14	0,16	0,18	0,17	0,16

Nota: Cámaras de aire con un espesor menor a 10 mm, no se considera muro con cámara de aire. Los valores intermedios se extrapolan en forma lineal.

b) Debajo de la celda "Composición", que corresponde a la composición del muro por tipo de material, se debe aumentar un número de filas igual al número de materiales que conforman el muro con cámara de aire Nº 1 hasta el acabado final. La o las celdas que se encuentran debajo de la celda "Composición" deben ser llenadas con el nombre y especificaciones técnicas del material (por ejemplo: material 1, *ladrillo de arcilla king kong 18 huecos (9 x 12.50 x 23.20)*; material 2, *revestimiento de arena-cemento (espesor=1.5 cm*.). No se incluyen capas de acabado menor a 5 mm (ejemplo: pinturas o barnices).

Nota: Si existe un revestimiento exterior y un revestimiento interior, aunque estén conformados por los mismos materiales, se deberán calcular en forma separada, utilizando una línea adicional de material.

c) Proseguir con el llenado de las celdas de acuerdo a la metodología indicada en los Pasos 3.2.1 b) al 3.2.1 d). Considerar en dichos pasos, que cuando se lee "Muro sin cámara de aire", se debe entender que en este caso es para "Muro con cámara de aire".

d) En la celda ubicada en la intersección de la columna "U_1" y de la celda que agrupa a todas las filas en las que se ha caracterizado cada material componente del muro con cámara de aire, se coloca la transmitancia térmica de todo el muro ($U_{1\text{-muro con cámara}}$). Esta transmitancia térmica es el resultado de la suma de las transmitancias térmicas de cada capa de material que compone el muro con cámara de aire a la cual se añaden las resistencias superficiales interna (R_{si}) y externa (R_{se}), y la resistencia de la cámara de aire (R_{ca}). Se utiliza la siguiente fórmula:

$$U_{1-muro\ con\ cámara} = \frac{1}{\left(\frac{e_{material\ 1}}{k_{material\ 1}} + \frac{e_{material\ 2}}{k_{material\ 2}} + \frac{e_{material\ 3}}{k_{material\ 3}} + \ldots + R_{si} + R_{se} + R_{ca}\right)}$$

Donde,

$e_{material\ 1}$ espesor del material 1 componente del muro, etc.
$k_{material\ 1}$ coeficiente de transmisión térmica del material 1 componente del muro, etc.
R_{si} resistencia térmica superficial interna
R_{se} resistencia térmica superficial externa
R_{ca} resistencia térmica de la cámara de aire

e) Una vez hallada la transmitancia térmica de todo el muro con cámara de aire ($U_{1\text{-muro con cámara}}$), se multiplica este resultado por la superficie total que ocupa este muro (S_1). El producto se coloca en la intersección de la columna "S_1 x U_1" y de la celda que agrupa a todas las filas en las que se ha caracterizado cada material componente del muro con cámara de aire.

Notas:

1. En caso la envolvente de la edificación tenga dos o más tipos de muro con cámara de aire, se deberá aplicar el mismo procedimiento explicado anteriormente para cada tipo de muro ("Muro con cámara de aire Nº 2", "Muro con cámara de aire Nº 3", etc.
2. Todos los productos de la columna "S_1 x U_1" de cada tipo de muro con cámara de aire serán sumados al final para hallar la transmitancia térmica U de estos tipos de muro.

Hasta este paso, las celdas que se han debido llenar son las siguientes:

Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m2 °C/W)	Coef. de transmisión térmica k (W/m °C)	S_1	U_1	S_1 x U_1
Muro con cámara de aire N° 1								
Resistencia de la cámara de aire (Rca)				X				
Composición del muro:						X	X	X
Material 1	X				X			
Material 2, etc.	X				X			
Muro con cámara de aire N° 2								
Resistencia de la cámara de aire (Rca)				X				
Composición del muro:						X	X	X
Material 1	X				X			
Material 2, etc.	X				X			

4. Columnas: Calcular la transmitancia térmica del puente térmico "Columnas" en muros tipo 1A, con cámara de aire o sin ella, que separan el interior de la edificación con el ambiente exterior

Se puede dar el caso de que exista más de un tipo de columna (diferencia de sección, diferencia de material: concreto armado, metal, madera, etc.). En este caso, se deberá realizar un cálculo por cada tipo, separando los puentes térmicos como "Columna Nº 1", "Columna Nº 2", etc. El siguiente cálculo es el mismo para cualquier tipo de columna.

Se reitera que las columnas que se deben analizar corresponden a los muros de la envolvente (en este caso, tipo 1A).

a) En la celda ubicada en la intersección de la columna "Espesor" y de las filas "Material 1", "Material 2", etc. se coloca el espesor de la (las) capa(s) o elemento (s) que conforman la columna (por ejemplo: mortero cemento-arena 0.015 m., concreto armado 0.25 m., mortero cemento-arena 0.015 m.).

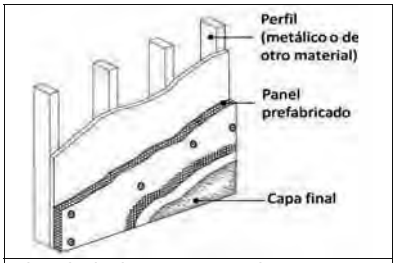
No se incluyen capas de acabado menor a 5 mm (por ejemplo: pintur as o barnices).

b) En la celda ubicada en la intersección de la columna "Coeficiente de transmisión térmica" y de las filas "Material 1", "Material 2", etc. se coloca el coeficiente de transmisión térmica del Anexo Nº 3, por cada material.

c) En la celda ubicada en la intersección de la columna "Área (S)" y de la fila que agrupa los diferentes materiales con que está compuesto el Puente Térmico: Columnas, se coloca el área total de la (s) cara (s) de las Columnas de la envolvente (en este caso, en contacto con el ambiente exterior).

La altura de las columnas se considera como la distancia entre el nivel del terreno natural donde empieza la edificación y la cara superior del techo final o del último nivel.

Nota: En el caso de un muro (por ejemplo, hecho mediante un panel prefabricado) fijado a pies derechos o perfiles (metálico, de madera o de otro material) los cuales sobresalen o están expuestos hacia el interior o exterior de la edificación (según muestra el gráfico adjunto), no se considerará el cálculo de dichos pies derechos o perfiles.



Ejemplo de sistema constructivo en seco con perfiles metálicos que sobresalen del panel prefabricado

Ejemplo de sistema constructivo en seco con perfiles metálicos que sobresalen del panel prefabricado

d) En la celda ubicada en la intersección de la columna "U_1" y de la celda que agrupa a todas las filas en las que se ha caracterizado cada material del puente térmico columna, se coloca la transmitancia térmica de este elemento ($U_{1\text{-columna tipo }1}$). Se calcula con la siguiente fórmula:

$$U_{1-columna\ tipo\ 1} = \frac{1}{\left(\frac{e_{material\ 1}}{k_{material\ 1}} + \frac{e_{material\ 2}}{k_{material\ 2}} + \frac{e_{material\ 3}}{k_{material\ 3}} + \cdots\right)}$$

Donde,

$e_{material\ 1}$ espesor del material 1 componente de la columna, etc.

$k_{material\ 1}$ coeficiente de transmisión térmica del material 1 componente de la columna, etc.

e) Finalmente, se completan las celdas "S_1 x U_1" con el resultado de la multiplicación entre la superficie o área total de cada tipo de columna existente por sus respectivas transmitancias térmicas.

Hasta este paso, las celdas que se han debido llenar son las siguientes:

Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m2 °C/W)	Coef. de transmisión térmica k (W/m °C)	S_1	U_1	S_1 x U_1
Puente Térmico: Columnas Tipo N°1						X	X	X
Composición								
Material 1	X				X			
Material 2, etc.	X				X			
Puente Térmico: Columnas Tipo N° 2						X	X	X
Composición								
Material 1	X				X			
Material 2, etc.	X				X			

5. Sobrecimientos: Calcular la transmitancia térmica del puente térmico "Sobrecimientos" en muros tipo 1A, con cámara de aire o sin ella, y que separan el interior de la edificación con el medio ambiente exterior

Se puede dar el caso de que exista más de un tipo de sobrecimiento (diferencia de sección, diferencia de material: concreto armado, concreto simple, etc.) En este caso, se deberá realizar un cálculo por cada tipo, enumerando los puentes térmicos como "Sobrecimiento Nº 1", "Sobrecimiento Nº 2", etc. El siguiente cálculo es el mismo para cualquier tipo de sobrecimiento.

Se reitera que los sobrecimientos que se deben analizar corresponden a los muros de la envolvente (en este caso, tipo 1A).

a) En la celda ubicada en la intersección de la columna "Espesor" y de las filas "Material 1", "Material 2", etc. se coloca el espesor de la (las) capa(s) o elemento (s) que conforman el sobrecimiento (por ejemplo: mortero cemento-arena 0.015 m., concreto armado 0.13 m., mortero cemento-arena 0.015 m.).

No se incluyen capas de acabado menor a 5 mm (por ejemplo: pinturas o barnices).

b) En la celda ubicada en la intersección de la columna "Coeficiente de transmisión térmica" y de las filas "Material 1", "Material 2", etc. se coloca el coeficiente de transmisión térmica del Anexo Nº 3, por cada material.

c) En la celda ubicada en la intersección de la columna "Área (S)" y de la fila que agrupa los diferentes materiales con que está compuesto el Puente Térmico: Sobrecimientos, se coloca el área total de la (s) cara (s) de los sobrecimientos de la envolvente (en este caso, en contacto con el ambiente exterior).

Si es que un sobrecimiento estuviera delimitado por dos columnas, la longitud del sobrecimiento se considera como la distancia entre las caras de las columnas en contacto con el sobrecimiento.

d) En la celda ubicada en la intersección de la columna "U_1" y de la celda que agrupa a todas las filas en las que se ha caracterizado cada material del puente térmico sobrecimiento, se coloca la transmitancia térmica de este elemento ($U_{1\text{-sobrecim}}$). Se calcula con la siguiente fórmula:

$$U_{1-sobrecim} = \frac{1}{\left(\frac{e_{material\ 1}}{k_{material\ 1}} + \frac{e_{material\ 2}}{k_{material\ 2}} + \frac{e_{material\ 3}}{k_{material\ 3}} + \cdots\right)}$$

Donde,

$e_{material\ 1}$ espesor del material 1 componente del sobrecimiento, etc.
$k_{material\ 1}$ coeficiente de transmisión térmica del material 1 componente del sobrecimiento, etc.

e) Finalmente, se completan las celdas "S_1 x U_1" con el resultado de la multiplicación entre la superficie o área total de cada tipo de sobrecimiento existente por sus respectivas transmitancias térmicas.

Hasta este paso, las celdas que se han debido llenar son las siguientes:

Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m2 °C/W)	Coef. de transmisión térmica k (W/m °C)	S_1	U_1	S_1 x U_1
Puente Térmico: Sobrecimiento N°1								
Composición						X	X	X
Material 1	X				X			
Material 2, etc.	X				X			
Puente Térmico: Sobrecimiento N° 2								
Composición								
Material 1	X				X	X	X	X
Material 2, etc.	X				X			

6. Vigas: Calcular la transmitancia térmica del puente térmico "Vigas" en muros tipo 1A, con cámara de aire o sin ella, y que separan el interior de la edificación con el ambiente exterior

Se puede dar el caso de que exista más de un tipo de viga (diferencia de sección, diferencia de material: concreto armado, madera, etc.) En este caso, se deberá realizar un cálculo por cada tipo, enumerando los puentes térmicos como "Viga Nº 1", "Viga Nº 2", etc. El siguiente cálculo es el mismo para cualquier tipo de viga.

Se reitera que las vigas que se deben analizar corresponden a los muros de la envolvente (en este caso, tipo 1A).

a) En la celda ubicada en la intersección de la columna "Espesor" y de las filas "Material 1", "Material 2", etc. se coloca el espesor de la (las) capa(s) o elemento (s) que conforman la viga (por ejemplo: mortero cemento-arena 0.015 m., concreto armado 0.20 m., mortero cemento-arena 0.015 m.).

No se incluyen capas de acabado menor a 5 mm (por ejemplo: pinturas o barnices).

b) En la celda ubicada en la intersección de la columna "Coeficiente de transmisión térmica" y de las filas "Material 1", "Material 2", etc. se coloca el coeficiente de transmisión térmica del Anexo Nº 3, por cada material.

c) En la celda ubicada en la intersección de la columna "Área (S)" y de la fila que agrupa los diferentes materiales con que está compuesto el Puente Térmico: Vigas, se coloca el área total de la (s) cara (s) de las vigas de la envolvente (en este caso, en contacto con el ambiente exterior).

La longitud de la viga se considera como la distancia entre las caras de las columnas en contacto con la viga.

d) En la celda ubicada en la intersección de la columna "U_1" y de la celda que agrupa a todas las filas en las que se ha caracterizado cada material del Puente Térmico: Viga, se coloca la transmitancia térmica de este elemento ($U_{1\text{-viga}}$). Se calcula con la siguiente fórmula:

$$U_{1-viga} = \frac{1}{\left(\frac{e_{material\ 1}}{k_{material\ 1}} + \frac{e_{material\ 2}}{k_{material\ 2}} + \frac{e_{material\ 3}}{k_{material\ 3}} + \cdots\right)}$$

Donde,

$e_{material\ 1}$ espesor del material 1 componente de la viga, etc.
$k_{material\ 1}$ coeficiente de transmisión térmica del material 1 componente de la viga, etc.

e) Finalmente, se completan las celdas "S_1 x U_1" con el resultado de la multiplicación entre la superficie o área total de cada tipo de viga existente por sus respectivas transmitancias térmicas.

Hasta este paso, las celdas que se han debido llenar son las siguientes:

Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m2 °C/W)	Coef. de transmisión térmica k (W/m °C)	S_1	U_1	S_1 x U_1
Puente Térmico: Viga N°1						X	X	X
Composición								
Material 1	X				X			
Material 2, etc.	X				X			
Puente Térmico: Viga N° 2						X	X	X
Composición								
Material 1	X				X			
Material 2, etc.	X				X			

7. Vestidura de derrame (en caso el proyecto lo contemple): Calcular la transmitancia térmica del puente térmico "Vestidura de derrame" en muros tipo 1A, con cámara de aire o sin ella, y que separan el interior de la edificación con el ambiente exterior. Ver definición de vestidura de derrame en el *Capítulo 5. Glosario, numeral 5.57* de la Norma

a) El área de cada tipo de Vestidura de Derrame existente se coloca en la intersección de la columna "S1" y de la fila "Carpintería 1", "Carpintería 2", etc. El área se obtendrá de multiplicar la altura (h) por el perímetro (L) de la Vestidura de Derrame.

b) Se coloca la transmitancia térmica de cada tipo de carpintería ($U_{1\text{-}vdd}$) en la celda ubicada en la intersección de la columna "U_1" con la fila donde se ha escrito el nombre del tipo de carpintería del marco (Carpintería 1, Carpintería 2, etc.), cuyos valores se tomarán del *Anexo Nº 3: Lista de características higrométricas de los materiales de construcción*. Se calcula con la siguiente fórmula:

$$U_{1-vdd} = \frac{1}{\left(\frac{e_{material\ 1}}{k_{material\ 1}} + \frac{e_{material\ 2}}{k_{material\ 2}} + \frac{e_{material\ 3}}{k_{material\ 3}} + \cdots\right)}$$

Donde,

$e_{material\ 1}$ espesor del material 1 componente de la vestidura de derrame, etc.

$k_{material\ 1}$ coeficiente de transmisión térmica del material 1 componente de la vestidura de derrame, etc.

c) Finalmente, se llenan las celdas "S_1 x U_1" con el resultado de la multiplicación entre la superficie o área total de las vestiduras de derrame por sus respectivas transmitancias térmicas.

Hasta este paso, las celdas que se han debido llenar son las siguientes:

Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m2 °C/W)	Coef. de transmisión térmica k (W/m °C)	S_1	U_1	S_1 x U_1
Puente Térmico: Vestidura de derrame (en caso el proyecto lo contemple). Ver definición en numeral 5.53 del Glosario								
Tipo de carpintería de marco								
Composición								
Carpintería 1	X		X			X	X	X
Carpintería 2, etc.	X		X			X	X	X

8. Caja de persianas (en caso el proyecto lo contemple): Calcular la transmitancia térmica del puente térmico "Caja de persianas" en muros tipo 1A, con cámara de aire o sin ella, y que separan el interior de la edificación con el medio ambiente exterior. Ver definición en el *Capítulo 5. Glosario, numeral 5.7* de la Norma

a) En la celda ubicada en la intersección de la columna "RCT/RSA" y de la fila "Resistencia de la cámara de aire (R_{ca})", se utiliza la Tabla Nº 9, colocando el valor que corresponda al espesor de la cámara de aire.

b) En la celda ubicada en la intersección de la columna "Espesor" y de las filas donde se han definido cada material de la caja de persiana, se coloca sus espesores (en metros lineales).

c) En la celda ubicada en la intersección de la columna "Coeficiente de transmisión térmica" y de las filas donde se han definido cada material de la caja de persiana, se coloca el valor del coeficiente de transmisión térmica de cada material. Este valor k (en W/mK) se encuentra en el *Anexo Nº 3: Lista de características higrotérmicas de los materiales de construcción*.

d) El área de cada tipo de Caja de Persiana existente se coloca en la columna "S_1". Se considerará el área como la altura (h) por la longitud (L) de la Caja de Persiana.

Ver *Capítulo 5. Glosario, numeral 5.7 Caja de Persiana*.

e) En la celda ubicada en la intersección de la columna "U_1" y de la celda que agrupa a todas las filas en las que se ha nombrado cada material del puente térmico caja de persiana, se coloca la transmitancia térmica de este elemento ($U_{1\text{-}cdp}$). Esta transmitancia térmica es el resultado de la suma de las transmitancias térmicas de cada capa de material que componen las cajas de persiana y de la resistencia térmica de la cámara de aire (R_{ca}). Se calcula con la siguiente fórmula:

$$U_{1-cdp} = \frac{1}{\left(\frac{e_{material\ 1}}{k_{material\ 1}} + \frac{e_{material\ 2}}{k_{material\ 2}} + \frac{e_{material\ 3}}{k_{material\ 3}} + \cdots + R_{ca}\right)}$$

Donde,

$e_{material\ 1}$ espesor del material 1 componente de la viga, etc.

$k_{material\ 1}$ coeficiente de transmisión térmica del material 1 componente de la viga, etc.

R_{ca} resistencia térmica de la cámara de aire.

f) Finalmente, se realiza el llenado de las celdas respectivas, con el resultado de la multiplicación de la superficie o área de las cajas de persiana por sus respectivas transmitancias térmicas: S_1 x U_1.

Hasta este paso, las celdas que se han debido llenar son las siguientes:

Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m2 °C/W)	Coef. de transmisión térmica k (W/m °C)	S_1	U_1	S_1 x U_1
Puente Térmico: Caja de persianas (en caso el proyecto lo contemple). Ver definición en numeral 5.7 del Glosario						X	X	X
Resistencia de la cámara de aire (Rca)				X				
Composición								
Material 1	X				X			
Material 2, etc.	X				X			

9. Procedimiento para el cálculo de la trasmitancia térmica final de los muros de tipo 1A con cámara de aire y sin ella, en contacto con el ambiente exterior

Una vez que se hayan calculado todos los elementos parciales descritos en la tabla de más abajo, el siguiente paso es calcular la transmitancia térmica (U) final de la envolvente Tipo 1 tomando en cuenta las superficies (S) totales.

Muros (Tipo 1A): 1. Ventanas o mamparas 2. Puertas 3. Muros (1A) 4. Columnas 5. Sobrecimientos 6. Vigas 7. Vestidura de derrame (en caso el proyecto lo incluya) 8. Caja de persianas (en caso el proyecto lo incluya)	Pisos: Tipo 1B.

Los datos que se poseen hasta el momento y ayudarán a calcular la transmitancia térmica final para los muros Tipo 1A (U_{1A}^{final}) son:

Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m2 °C/W)	Coef. de transmisión térmica k (W/m °C)	S_1	U_1	$S_1 \times U_1$
Ventanas						X	X	X
Tipo de vidrio:								
Vidrio 1	X							
Vidrio 2, etc.	X							
Tipo de carpintería del marco						X	X	X
Carpintería 1	X		X					
Carpintería 2, etc.	X		X					

Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m2 °C/W)	Coef. de transmisión térmica k (W/m °C)	S_1	U_1	$S_1 \times U_1$
Puertas						X	X	X
Tipo de puerta:								
Puerta 1								
Puerta 2, etc.								

Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m2 °C/W)	Coef. de transmisión térmica k (W/m °C)	S_1	U_1	$S_1 \times U_1$
Resistencias superficiales								
Resistencia superficial externa (Rse)				X				
Resistencia superficial interna (Rsi)				X				
Muro sin cámara de aire N°1						X	X	X
Composición del muro:								
Material 1	X				X			
Material 2, etc.	X				X			
Muro sin cámara de aire N°2								
Composición del muro:						X	X	X
Material 1	X				X			
Material 2, etc.	X				X			

Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m2 °C/W)	Coef. de transmisión térmica k (W/m °C)	S_1	U_1	$S_1 \times U_1$
Muro con cámara de aire N°1								
Resistencia de la cámara de aire (Rca)				X				
Composición del muro:						X	X	X
Material 1	X				X			
Material 2, etc.	X				X			
Muro con cámara de aire N°2								
Resistencia de la cámara de aire (Rca)				X				
Composición del muro:								
Material 1	X				X	X	X	X
Material 2, etc.	X				X			

Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m2 °C/W)	Coef. de transmisión térmica k (W/m °C)	S_1	U_1	$S_1 \times U_1$
Puente Térmico: Columnas Tipo N°1						X	X	X
Composición								
Material 1	X				X			
Material 2, etc.	X				X			
Puente Térmico: Columnas Tipo N°2						X	X	X
Composición								
Material 1	X				X			
Material 2, etc.	X				X			

Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m2 °C/W)	Coef. de transmisión térmica k (W/m °C)	S_1	U_1	$S_1 \times U_1$
Puente Térmico: Sobrecimiento N°1								
Composición:								
Material 1	X				X	X	X	X
Material 2, etc.	X				X			
Puente Térmico: Sobrecimiento N°2								
Composición:								
Material 1	X				X	X	X	X
Material 2, etc.	X				X			

Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m2 °C/W)	Coef. de transmisión térmica k (W/m °C)	S_1	U_1	S_1 x U_1
Puente Térmico: Viga N°1						X	X	X
Composición								
Material 1	X				X			
Material 2, etc.	X				X			
Puente Térmico: Viga N°2						X	X	X
Composición								
Material 1	X				X			
Material 2, etc.	X				X			

Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m2 °C/W)	Coef. de transmisión térmica k (W/m °C)	S_1	U_1	S_1 x U_1
Puente Térmico: Vestidura de derrame (en caso el proyecto lo contemple). Ver definición en numeral 5.53 del Glosario								
Tipo de carpintería del marco								
Composición:								
Carpintería 1	X		X			X	X	X
Carpintería 2, etc.	X		X			X	X	X

Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m2 °C/W)	Coef. de transmisión térmica k (W/m °C)	S_1	U_1	S_1 x U_1
Puente Térmico: Caja de persianas (en caso el proyecto lo contemple). Ver definición en numeral 5.7 del Glosario						X	X	X
Resistencia de la cámara de aire (Rca)				X				
Composición:								
Material 1	X				X			
Material 2, etc.	X				X			

La transmitancia térmica U final (U_{1A}^{final}) para muros de tipo 1A, con cámara de aire y sin ella, se calcula con la siguiente fórmula:

$$U_{1A}^{final} = \frac{\sum S_i \times U_i}{\sum S_i} = \frac{S_1 \times U_1 + S_2 \times U_2 + S_3 \times U_3 + \cdots}{S_1 + S_2 + S_3 + \cdots}$$

Donde,

- ΣS_i suma total de las superficies de cada tipo de elemento de la envolvente.
- $\Sigma S_i \times U_i$ suma total de todos los productos "S_i x U_i" encontrados:
  - S x U de los tipos de ventanas
  - S x U de los tipos de carpintería de los marcos
  - S x U de los tipos de puertas
  - S x U de los muros sin cámara de aire
  - S x U de los muros con cámara de aire
  - S x U de los puentes térmicos "Columnas"
  - S x U de los puentes térmicos "Vigas"
  - S x U de los puentes térmicos "Sobrecimientos"
  - S x U de los puentes térmicos "Vestiduras de derrame"
  - S x U de los puentes térmicos "Caja de persianas"

Este resultado (U_{1A}^{final}) se compara con la transmitancia térmica máxima (U_{max}) para muros, de acuerdo a la zona bioclimática respectiva, dada por la *Tabla Nº 2 de la Norma*.

⇒ Si U_{1A}^{final} es menor o igual a U_{max} entonces el muro CUMPLE con la Norma.

⇒ Si U_{1A}^{final} es mayor a U_{max} entonces el muro NO CUMPLE con la Norma. El usuario deberá hallar otra solución.

10. Pisos: Calcular la transmitancia térmica de pisos tipo 1B sobre ambientes exteriores mayores a 1 metro, que separan el interior de la edificación con el ambiente exterior

a) En la celda ubicada en la intersección de la columna "U_1" y de la fila "Resistencia Superficial Externa (R_{se})", se coloca lo siguiente:

• 0,09 W/m² K ⇒ cuando el flujo de calor es ascendente (o sea, cuando el calor tiende a salir del ambiente interior al ambiente exterior). Este valor se aplicará para las Zonas Bioclimáticas 4, 5 y 6.

• 0,17 W/m² K ⇒ cuando el flujo de calor es descendente (o sea, cuando el calor tiende a entrar al ambiente interior desde el ambiente exterior). Este valor se aplicará para las Zonas Bioclimáticas 1, 2, 3, 7, 8 y 9.

b) En la celda ubicada en la intersección de la columna "U_1" y de la fila "Resistencia Superficial Interna (R_{si})", se coloca lo siguiente:

• 0,09 W/m² K ⇒ cuando el flujo de calor es ascendente (o sea, cuando el calor tiende a salir del ambiente interior al ambiente exterior). Este valor se aplicará para las Zonas Bioclimáticas 4, 5 y 6.

• 0,17 W/m² K ⇒ cuando el flujo de calor es descendente (o sea, cuando el calor tiende a entrar al ambiente interior desde el ambiente exterior). Este valor se aplicará para las Zonas Bioclimáticas 1, 2, 3, 7, 8 y 9.

c) Debajo de la celda "Composición" se definen los materiales de construcción de los cuales está conformado el piso tipo 1C ("Material 1", "Material 2", etc.). Asimismo, se completan las celdas correspondientes de cada espesor ***e*** (m) del material de construcción y las celdas correspondientes a cada coeficiente de transmisión térmica ***k*** (W/mK) por material de construcción.

d) En la celda ubicada en la intersección de la columna "S_1" y de la celda que agrupa a todas las filas en las que se ha caracterizado cada material de construcción componente del piso, se coloca su superficie o área total, según el proyecto. Unidad de medida: m²

e) En la celda ubicada en la intersección de la columna "U_1" y de la celda que agrupa a todas las filas en las que se ha caracterizado cada material de construcción componente del piso, se coloca la transmitancia térmica de todo el piso ($U_{1\text{-}piso}$). Esta transmitancia térmica es el resultado de la suma de las transmitancias térmicas de cada material de construcción que compone el piso a la cual se añaden las resistencias superficiales interna (R_{si}) y externa (R_{se}). Se utiliza la siguiente fórmula:

$$U_{1-piso} = \frac{1}{\left(\frac{e_{material\ 1}}{k_{material\ 1}} + \frac{e_{material\ 2}}{k_{material\ 2}} + \frac{e_{material\ 3}}{k_{material\ 3}} + \ \ldots + R_{si} + R_{se}\right)}$$

Donde,

$e_{material\ 1}$ espesor del material 1 componente del piso, etc.
$k_{material\ 1}$ coeficiente de transmisión térmica del material 1 componente del piso, etc.

f) Una vez hallada la transmitancia térmica de todo el piso ($U_{1\text{-}piso}$), se multiplica este resultado por la superficie total que ocupa este piso (S_1). El producto se coloca en la intersección de la columna "S_1 x U_1" y de la celda que agrupa a todas las filas en las que se ha caracterizado cada material de construcción componente del piso.

Notas:

1. En caso la envolvente de la edificación tenga dos o más tipos de piso, se deberá aplicar el mismo procedimiento explicado anteriormente para cada tipo de piso ("Piso Nº 1", "Piso Nº 2", etc.)
2. Todos los productos de la columna "S_1 x U_1" de cada tipo de piso serán sumados al final para hallar la transmitancia térmica U de estos tipos de piso.

Hasta este paso, las celdas que se han debido llenar son las siguientes:

Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m2 °C/W)	Coef. de transmisión térmica k (W/m °C)
Piso Tipo C sobre ambientes exteriores mayores a 1 metro					
Resistencias superficiales					
Resistencia superficial externa (Rse)				X	
Resistencia superficial interna (Rsi)				X	
Composición					
Material 1	X				X
Material 2, etc.	X				X

S_1	U_1	S_1 x U_1
X	X	X

11. Procedimiento para el cálculo de la trasmitancia térmica final de los pisos de tipo 1B en contacto con el ambiente exterior

La transmitancia térmica U final (U_{1B}^{final}) para pisos de tipo 1B se calcula con la siguiente fórmula:

$$U_{1B}^{final} = \frac{\sum S_i \times U_i}{\sum S_i} = \frac{S_1 \times U_1 + S_2 \times U_2 + S_3 \times U_3 + \cdots}{S_1 + S_2 + S_3 + \cdots}$$

Donde,

ΣS_i suma total de las superficies de cada tipo de piso.
$\Sigma S_i \times U_i$ suma total de todos los productos "S_i x U_i" encontrados.

Este resultado (U_{1B}^{final}) se compara con la transmitancia térmica máxima (U_{max}) para pisos, de acuerdo a la zona bioclimática respectiva, dada por la *Tabla Nº 3 de la Norma*.

⇒ Si U_{1B}^{final} es menor o igual a U_{max} entonces el piso CUMPLE con la Norma.

⇒ Si U_{1B}^{final} es mayor a U_{max} entonces el piso NO CUMPLE con la Norma. El usuario deberá modificar su solución.

Finaliza cálculo (llenado de celdas) para Envolventes en contacto con el ambiente exterior (Tipo 1A y 1B)

Paso 5:

Para el *Tipo 2. Envolventes de separación con otros edificios o con ambientes no habitables.* (Ver definición en el *Capítulo 5. Glosario, numeral 5.29. Envolvente*), se debe llenar los datos (celdas) que incluye la columna "*Envolventes Tipo 2A y 2B*", que se muestra en la siguiente página y que forma parte de la *Ficha Nº 1*.

Para el cálculo de la transmitancia térmica de muros tipo 2A, se puede aplicar el procedimiento incluido a continuación: 1. Ventanas o mamparas 2. Puertas 3. Muros (2A) 4. Columnas 5. Sobrecimientos 6. Vigas 7. Vestidura de derrame (en caso el proyecto lo incluya) 8. Caja de persianas (en caso el proyecto lo incluya)	Para el cálculo de transmitancia térmica de pisos tipo 2B se puede aplicar el procedimiento incluido en: 10. Pisos.

1. Ventanas o mamparas: El usuario deberá seguir el procedimiento del Paso 4, numeral 1. Ventanas o mamparas.

Donde se lea S_1, U_1 o S_1 x U_1 deberá entenderse que para este paso corresponde a las celdas S_2, U_2 o S_2 x U_2.

2. Puertas: El usuario deberá seguir el procedimiento del Paso 4, numeral 2. Puertas.

Donde se lea S_1, U_1 o S_1 x U_1 deberá entenderse que para este paso corresponde a las celdas S_2, U_2 o S_2 x U_2.

Se deberá tener en cuenta que los valores de transmitancia térmica incluidos en la *Tabla Nº 8: Transmitancia térmica por tipos de carpinterías o marcos de puertas para muros tipo 1A*, deberán ser sustituidos por los valores de la siguiente *Tabla Nº 10: Transmitancia térmica por tipos de carpinterías o marcos de puertas para muros tipo 2A y 2B*

Tabla Nº 10: Transmitancia térmica por tipos de carpinterías o marcos de puertas para muros tipo 2A y 2B

Material	Transmitancia Térmica (U) W/m² K
	Separación con ambiente no acondicionado
Carpintería o marco de madera y:	
Hoja maciza de madera (cualquier espesor)	2.0
Carpintería o marco metálico y:	
Hoja de metal	4.5
Hoja de vidrio sin carpintería	4.5

(1) Para conocer las densidades según el tipo de madera, ver Anexo Nº 3 - Lista de características higrométricas de los materiales de construcción.

(2) Dos cámaras quiere decir que el marco de PVC posee 2 cavidades de aire. Tres cámaras, quiere decir que posee 3 cavidades de aire. Dichas cavidades deberán ser mayores a 5 mm de espesor para ser consideradas como cámaras.

Nota: En caso se utilicen otros materiales para las hojas de las puertas que no están en esta tabla, deberán acreditarse los valores de transmitancia térmica por el fabricante o distribuidor.

Tipo 2	Componentes	Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m2 °C/W)	Coef. transmisión térmica k (W/m °C)	S_2	U_2	$S_2 \times U_2$
Envolventes Tipo 2A y 2B	Ventanas, mamparas o superficies vidriadas, transparentes o translúcidas, y puertas (verticales o inclinadas más de 60° con la horizontal)	Ventanas								
		Tipo de vidrio:								
		Vidrio 1	X					X	X	X
		Vidrio 2, etc.	X					X	X	X
		Tipo de carpintería del marco								
		Carpintería 1	X		X			X	X	X
		Carpintería 2, etc.	X		X			X	X	X
		Puertas								
		Tipo de puerta:								
		Puerta 1						X	X	X
		Puerta 2, etc.						X	X	X
	Muros Tipo 2A (verticales de separación con ambientes no acondicionados o espacios de separación)	Resistencias superficiales								
		Resistencia superficial externa (Rse)				X				
		Resistencia superficial interna (Rsi)				X				
		Muro sin cámara de aire N° 1						X	X	X
		Composición del muro:								
		Material 1	X				X			
		Material 2, etc.	X				X			
		Muro sin cámara de aire N° 2						X	X	X
		Composición del muro:								
		Material 1	X				X			
		Material 2, etc.	X				X			
		Muro con cámara de aire N° 1								
		Resistencia de la cámara de aire (Rca)				X				
		Composición del muro:						X	X	X
		Material 1	X				X			
		Material 2, etc.	X				X			
		Muro con cámara de aire N° 2								
		Resistencia de la cámara de aire (Rca)				X				
		Composición del muro:						X	X	X
		Material 1	X				X			
		Material 2, etc.	X				X			
		Puente Térmico: Columnas Tipo N° 1						X	X	X
		Composición:								
		Material 1	X				X			
		Material 2, etc.	X				X			
		Puente Térmico: Columnas Tipo N° 2						X	X	X
		Composición:								
		Material 1	X				X			
		Material 2, etc.	X				X			
		Puente Térmico: Sobrecimiento N° 1						X	X	X
		Composición:								
		Material 1	X				X			
		Material 2, etc.	X				X			
		Puente Térmico: Sobrecimiento N° 2						X	X	X
		Composición:								
		Material 1	X				X			
		Material 2, etc.	X				X			
		Puente Térmico: Viga N° 1						X	X	X
		Composición:								
		Material 1	X				X			
		Material 2, etc.	X				X			
		Puente Térmico: Viga N° 2						X	X	X
		Composición:								
		Material 1	X				X			
		Material 2, etc.	X				X			
		Puente Térmico: Vestidura de derrame (en caso el proyecto lo contemple). Ver definición en numeral 5.53 del Glosario								
		Tipo de carpintería del marco								
		Composición:								
		Carpintería 1	X		X			X	X	X
		Carpintería 2, etc.	X		X			X	X	X
		Puente Térmico: Caja de persianas (en caso el proyecto lo contemple). Ver definición en numeral 5.7 del Glosario						X	X	X
		Resistencia de la cámara de aire (Rca)				X				
		Composición:								
		Material 1	X				X			
		Material 2, etc.	X				X			
	Losas tipo 2B sobre ambientes no habitables de altura igual o mayor a 1metro	Resistencias superficiales								
		Resistencia superficial externa (Rse)				X				
		Resistencia superficial interna (Rsi)				X				
		Composición:						X	X	X
		Material 1	X				X			
		Material 2, etc.	X				X			
					TRANSMITANCIA (U_2^{final}) = 0.5 x Σ S x U / Σ S					

3. Muros: El usuario deberá seguir el procedimiento del Paso 4, numeral 3. Muros.

Donde se lea S_1, U_1 o S_1 x U_1 deberá entenderse que para este paso corresponde a las celdas S_2, U_2 o S_2 x U_2.

Asimismo, se debe tener en cuenta lo siguiente:

3.1 Para muros 2A sin cámara de aire

⇒ Ir al numeral 3.1 a) del Paso 4.
En la celda ubicada en la intersección de la columna "U_2" y de la fila "Resistencia Superficial Externa (R_{se})", se coloca el siguiente valor: 0,11 W/m² K.

⇒ Ir al numeral 3.1 b) del Paso 4.
En la celda ubicada en la intersección de la columna "U_2" y de la fila "Resistencia Superficial Interna (R_{si})", se coloca el siguiente valor: 0,11 W/m² K.

3.2 Para muros 2A con cámara de aire

Se debe aplicar el mismo procedimiento indicado en el numeral 3.2.2 a) utilizando los mismos valores de la Tabla Nº 9.

4. Columnas: El usuario deberá seguir el procedimiento del Paso 4, numeral 4. Donde se lea S_1, U_1 o S_1 x U_1 deberá entenderse que para este paso corresponde a las celdas S_2, U_2 o S_2 x U_2.

5. Sobrecimientos: El usuario deberá seguir el procedimiento del Paso 4, numeral 5. Donde se lea S_1, U_1 o S_1 x U_1 deberá entenderse que para este paso corresponde a las celdas S_2, U_2 o S_2 x U_2.

6. Vigas: El usuario deberá seguir el procedimiento del Paso 4, numeral 6. Donde se lea S_1, U_1 o S_1 x U_1 deberá entenderse que para este paso corresponde a las celdas S_2, U_2 o S_2 x U_2.

7. Vestidura de derrame (en caso el proyecto lo contemple): El usuario deberá seguir el procedimiento del Paso 4, numeral 7. Donde se lea S_1, U_1 o S_1 x U_1 deberá entenderse que para este paso corresponde a las celdas S_2, U_2 o S_2 x U_2.

8. Caja de persianas (en caso el proyecto lo contemple): El usuario deberá seguir el procedimiento del Paso 4, numeral 8. Donde se lea S_1, U_1 o S_1 x U_1 deberá entenderse que para este paso corresponde a las celdas S_2, U_2 o S_2 x U_2.

9. Procedimiento para el cálculo de la transmitancia térmica total de los muros con cámara de aire y sin ella, en muros tipo 2A.

La transmitancia térmica U final ($U_{2A,2B}^{final}$) para muros de tipo 2A, con cámara de aire y sin ella, se calcula con la siguiente fórmula:

$$U_{2A}^{final} = 0{,}5 \times \frac{\sum S_i \times U_i}{\sum S_i} = 0{,}5 \times \left(\frac{S_1 \times U_1 + S_2 \times U_2 + S_3 \times U_3 + \cdots}{S_1 + S_2 + S_3 + \cdots}\right)$$

Este resultado (U_{2A}^{final}) se compara con la transmitancia térmica máxima (U_{max}) para muros, de acuerdo a la zona bioclimática respectiva, dada por la *Tabla Nº 3 de la Norma*.

⇒ Si U_{2A}^{final} es menor o igual a U_{max} entonces el muro CUMPLE con la Norma.

⇒ Si U_{2A}^{final} es mayor a U_{max} entonces el muro NO CUMPLE con la Norma. El usuario deberá modificar su solución.

10. Pisos: El usuario deberá seguir el procedimiento del Paso 4, numeral 10. Donde se lea S_1, U_1 o S_1 x U_1 deberá entenderse que para este paso corresponde a las celdas S_2, U_2 o S_2 x U_2.

11. Procedimiento para el cálculo de la Transmitancia térmica final de los pisos de tipo 2B en contacto con el ambiente exterior.

La transmitancia térmica U final (U_{2B}^{final}) para pisos de tipo 2B se calcula con la siguiente fórmula:

$$U_{2B}^{final} = 0{,}5 \times \frac{\sum S_i \times U_i}{\sum S_i} = 0{,}5 \times \left(\frac{S_1 \times U_1 + S_2 \times U_2 + S_3 \times S_3 + \cdots}{S_1 + S_2 + S_3 + \cdots}\right)$$

Donde,

ΣS_i suma total de las superficies de cada tipo de piso.
$\Sigma S_i \times U_i$ suma total de todos los productos "S_i x U_i" encontrados.

Este resultado (U_{2B}^{final}) se compara con la transmitancia térmica máxima (U_{max}) para pisos, de acuerdo a la zona bioclimática respectiva, dada por la *Tabla Nº 3 de la Norma*.

⇒ Si U_{2B}^{final} es menor o igual a U_{max} entonces el piso CUMPLE con la Norma.

⇒ Si U_{2B}^{final} es mayor a U_{max} entonces el piso NO CUMPLE con la Norma. El usuario deberá modificar su solución.

Finaliza cálculo (llenado de celdas) para Envolventes de separación con otros edificios o con ambientes no habitables (Tipo 2A y 2B)

Paso 6

Para el *Tipo 3. Envolventes de techo o cubierta.* (Ver definición en el *Capítulo 5. Glosario, numeral 5.29. Envolvente*), se debe llenar los datos (celdas) que incluye la columna "*Envolventes Tipo 3A, 3B y 3C*", que se muestra a continuación y que forma parte de la *Ficha Nº 1*.

Tipo 3	Componentes	Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m2 °C/W)	Coef. transmisión térmica k (W/m °C)	S_3	U_3	S_3 x U_3
Envolventes Tipo 3A, 3B y 3C	Vanos: Ventanas, lucernarios, claraboyas y otros vanos traslúcidos o transparentes sobre techo	Vanos								
		Tipo de vidrio/policarbonato:								
		Vidrio 1 / Policarbonato 1	X						X	
		Vidrio 2 / Policarbonato 2, etc.	X						X	
		Tipo de carpintería del marco								
		Carpintería 1							X	
		Carpintería 2, etc.							X	
	Vanos: Compuertas sobre techo	Compuertas						X	X	X
		Tipo de compuerta:								
		Compuerta 1								
		Compuerta 2, etc.								
	Techos Tipo 3B[3] y Techos Tipo 3C	Resistencias superficiales								
		Resistencia superficial externa (Rse)				X				
		Resistencia superficial interna (Rsi)				X				
		Techo (azotea) sin cámara de aire								
		Composición:						X	X	X
		Material 1	X				X			
		Material 2, etc.	X				X			
		Techo (azotea) con cámara de aire								
		Resistencia de la cámara de aire (Rca)				X				
		Composición:								
		Material 1	X				X	X	X	X
		Material 2, etc.	X				X			

	Techos Tipo 3A inclinados menos de 60° con la horizontal	Resistencias superficiales								
		Resistencia superficial externa (Rse)				X				
		Resistencia superficial interna (Rsi)				X				
		Techo sin cámara de aire								
		Composición:						X	X	X
		Material 1	X				X			
		Material 2, etc.	X				X			
		Techo con cámara de aire								
		Resistencia de la cámara de aire (Rca)				X				
		Composición:								
		Material 1	X				X	X	X	X
		Material 2, etc.	X				X			
		Puente Térmico: Viga N° 1								
		Composición:						X	X	X
		Material 1	X				X			
		Material 2, etc.	X				X			
		Puente Térmico: Viga N° 2								
		Composición:						X	X	X
		Material 1	X				X			
		Material 2, etc.	X				X			
				TRANSMITANCIA (U_3^{final}) = **Σ** S x U / **Σ** S						

Para el cálculo de la transmitancia térmica del techo o cubierta Tipo 3, se puede aplicar el procedimiento incluido a continuación:

1. Ventanas, lucernarios, claraboyas y otros vanos traslúcidos o transparentes sobre el techo o cubierta.
2. Compuertas sobre el techo o cubierta
3. Vigas del techo o cubierta
4. Techos inclinados (Tipo 3A), Azoteas (Tipo 3B) y Pisos Enterrados (Tipo 3C)

1. Ventanas, lucernarios, claraboyas y otros vanos traslúcidos o transparentes sobre el techo

El usuario deberá seguir el procedimiento del Paso 4, numeral 1. Ventanas o mamparas. Donde se lea S_1, U_1 o S_1 x U_1 deberá entenderse que para este paso corresponde a las celdas S_3, U_3 o S_3 x U_3.

a) Para hallar la transmitancia térmica (U) del tipo de vidrio o del material transparente o traslúcido, el usuario deberá seguir el procedimiento indicado desde el numeral 1.1 a) hasta 1.1 e), incluidos en el Paso 4.

b) Para hallar la transmitancia térmica (U) del tipo de marco o carpintería de las ventanas, lucernarios, claraboyas y otros vanos traslúcidos o transparentes sobre el techo o cubierta, el usuario deberá seguir el procedimiento del Paso 4, desde el numeral 1.2 a) hasta 1.2 g).

Sin embargo deberá tener en cuenta lo siguiente:

• En el numeral 1.2 d) del Paso 4, la ventana que se considera para los muros está en posición vertical o inclinada. sin embargo, para este caso la ventana debe considerarse en una posición horizontal o menor a 60º con la horizontal (techo inclinado).

• En el numeral 1.2 e), para colocar la transmitancia térmica del tipo de carpintería o marco, no se deberá utilizar la Tabla Nº 7, sino más bien se deberá utilizar la siguiente Tabla Nº 11. Unidad de medida: W/m² K.

Tabla Nº 11: Transmitancia térmica según tipos de carpintería o marco de ventanas o vanos para techos tipo 3A, 3B y 3C

Material	U (W/m² K) horizontal
Metálico	
Sin rotura de puente térmico (Ver definición en el *Capítulo 5. Glosario, numeral 5.50*)	7.2
Con rotura de puente térmico entre 4 y 12 mm	4.5
Con rotura de puente térmico > 12 mm	3.5
Madera	
Madera de densidad media alta[1]. Densidad: 700 kg/m3	2,4
Madera de densidad media baja[1]. Densidad: 500 kg/m3	2,1
PVC	
PVC (dos cámaras)[2]	2.4
PVC (tres cámaras)[2]	1.9

(1) Para conocer las densidades según el tipo de madera, ver Anexo Nº 3 - Lista de características higrométricas de los materiales de construcción.

(2) Dos cámaras quiere decir que el marco de PVC posee 2 cavidades de aire. Tres cámaras, quiere decir que posee 3 cavidades de aire. Dichas cavidades deberán ser mayores a 5 mm de espesor para ser consideradas como cámaras.

Nota: En caso se utilicen otros materiales para las ventanas, lucernarios, etc. que no están en el Anexo Nº 3 o en la Tabla Nº 11, deberán acreditarse los valores de transmitancia térmica por el fabricante o distribuidor.

c) Finalmente, se llena la celda "S_3 x U_3" con el resultado de la multiplicación de la superficie o área de cada tipo de carpintería o marco de ventana por sus respectivas transmitancias térmicas.

Hasta este paso, las celdas que se han debido llenar son las siguientes:

Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m2 °C/W)	Coef. de transmisión térmica k (W/m °C)	S_3	U_3	S_3 x U_3
Vanos								
Tipo de vidrio/ policarbonato:								
Vidrio 1/ Policarbonato 1						X	X	X
Vidrio 2 / Policarbonato 2, etc.						X	X	X
Tipo de carpintería del marco								
Carpintería 1						X	X	X
Carpintería 2, etc.						X	X	X

2. Compuertas sobre el techo

En caso el techo o cubierta incluya una compuerta o elemento corredizo o batiente (opaco) que al abrirlo pueda ingresar el aire y la luz del ambiente exterior hacia el interior de la edificación, el usuario deberá seguir el mismo procedimiento indicado en el numeral 2. Puertas, incluido en el Paso 4.

Donde se lea S_1, U_1 o S_1 x U_1 deberá entenderse que para este paso corresponde a las celdas S_3, U_3 o S_3 x U_3.

Los valores de transmitancia térmica deberán ser tomados de la *Tabla Nº 8: Transmitancia térmica por tipos de carpinterías o marcos de puertas en muros tipo 1A*, para el caso de compuertas de separación con el ambiente exterior.

Finalmente, se llena la celda "S_3 x U_3" con el resultado de la multiplicación de la superficie o área de cada tipo de carpintería o marco de puerta por sus respectivas transmitancias térmicas.

Hasta este paso, las celdas que se han debido llenar son las siguientes:

Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m2 °C/W)	Coef. de transmisión térmica k (W/m °C)	S_3	U_3	S_3 x U_3
Compuertas								
Tipo de compuerta:								
Compuerta 1						X	X	X
Compuerta 2, etc.						X	X	X

3. Vigas: Calcular la transmitancia térmica del puente térmico "Vigas" en techos, con cámara de aire o sin ella, y que separan el interior de la edificación con el ambiente exterior

Se puede dar el caso de que exista más de un tipo de vigas (diferentes alturas, diversas composiciones, etc.). En este caso, se deberá realizar un cálculo por cada tipo, enumerando los puentes térmicos como "Viga Nº 1", "Viga Nº 2", etc. El siguiente cálculo es el mismo para cualquier tipo de viga.

a) En la celda ubicada en la intersección de la columna "Espesor" y de la fila "Ancho al exterior (metros)", se coloca el espesor (ancho) de la cara de la viga que está en contacto con el ambiente exterior.

b) En la celda ubicada en la intersección de la columna "Perímetro (m)" y de la fila "Perímetro al exterior (metros)", se coloca la longitud de la parte de la viga que está en contacto con el ambiente exterior.

c) El área de cada tipo de viga existente será el producto obtenido del valor de "Ancho al exterior (metros)" multiplicado por el valor del "Perímetro al exterior (metros)". Este valor se coloca en la columna "S_1" y se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$S_i = e_i \times P_i = e_1 \times P_1 + e_2 \times P_2 + \cdots$$

Donde,

S_i área de la viga tipo i
e_i espesor (ancho) de la viga tipo i al exterior
P_i perímetro de la viga tipo i al exterior

d) En las celdas ubicadas debajo de la celda "Composición", se colocan todas las capas de materiales componentes de las vigas (como concreto, revestimientos, enchapes, etc.)

e) En la celda ubicada en la intersección de la columna "Coeficiente de transmisión térmica" (k) y de las filas donde se ha detallado todas las capas de materiales con los que se ha fabricado la viga, se colocan sus respectivos coeficientes de transmisión térmica. Este valor k (en W/mK) se encuentra en el *Anexo Nº 3: Lista de características higrotérmicas de los materiales de construcción*.

f) En la celda ubicada en la intersección de la columna "U_1" y de la celda que agrupa a todas las filas en las que se ha caracterizado cada material del puente térmico viga, se coloca la transmitancia térmica de este elemento ($U_{1\text{-viga}}$). Se calcula con la siguiente fórmula:

$$U_{1-viga} = \frac{1}{\left(\frac{e_{material\ 1}}{k_{material\ 1}} + \frac{e_{material\ 2}}{k_{material\ 2}} + \frac{e_{material\ 3}}{k_{material\ 3}} + \cdots\right)}$$

Donde,

$e_{material\ 1}$ espesor del material 1 componente de la viga, etc.
$k_{material\ 1}$ coeficiente de transmisión térmica del material 1 componente de la viga, etc.

g) Finalmente, se completan las celdas "S_1 x U_1" con el resultado de la multiplicación entre la superficie o área total de cada tipo de viga existente por sus respectivas transmitancias térmicas.

Hasta este paso, las celdas que se han debido llenar son las siguientes:

Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m2 °C/W)	Coef. de transmisión térmica k (W/m °C)	S_3	U_3	S_3 x U_3
Puente Térmico: Viga N°1						X	X	X
Composición:								
Material 1	X				X			
Material 2, etc.	X				X			
Puente Térmico: Viga N°2						X	X	X
Composición:								
Material 1	X				X			
Material 2, etc.	X				X			
			TRANSMITANCIA (U_3 final) = Σ S x U / Σ S					

4. Techos inclinados (Tipo 3A), techos horizontales y curvos (Tipo 3B) y Pisos Enterrados (Tipo 3C): Calcular envolvente tipo 3A, 3B y 3C con o sin cámara de aire, que separan el interior del ambiente exterior (Ver definición en el *Capítulo 5. Glosario, numeral 5.29. Envolvente*). Nota: En este caso los techos horizontales pueden incluir a las "Azoteas".

El usuario deberá seguir el procedimiento del Paso 4, numeral 3. Donde se lea S_1, U_1 o S_1 x U_1 deberá entenderse que para este paso corresponde a las celdas S_3, U_3 o S_3 x U_3. Donde se lea muro, se deberá entender que para este paso corresponde a un techo.

Para el caso de las resistencias superficiales, se deberá tomar los siguientes valores:

⇒ En la celda ubicada en la intersección de la columna "U_1" y de la fila "Resistencia Superficial Externa (R_{se})", se coloca el valor: 0,05 W/m² K para cualquier zona bioclimática.

⇒ En la celda ubicada en la intersección de la columna "U_3" y de la fila "Resistencia Superficial

Interna (R_{si})", se coloca el valor: 0,17 W/m² K para las zonas bioclimáticas 1, 2, 3, 7, 8 y 9, y el valor: 0,09 W/m² K para las zonas bioclimáticas 4, 5 y 6.

Para el caso de las resistencias térmicas del techo con cámara de aire, se deberá tomar los siguientes valores de la Tabla Nº 12:

Tabla Nº 12: Transmitancia térmica de la cámara de aire (R_{ca}) según su espesor (en m² K / W) en techos tipo 3A, 3B y 3C

Situación de la cámara y dirección del flujo de calor	Espesor de la cámara (mm)				
	10	20	50	100	≥ 150
Cámara de aire horizontal y flujo ascendente (Zonas bioclimáticas: 4, 5 y 6)	0,14	0,15	0,16	0,16	0,16
Cámara de aire horizontal y flujo descendente (Zonas bioclimáticas: 1, 2, 3, 7, 8 y 9)	0,15	0,18	0,21	0,21	0,21

Nota: Cámaras de aire con un espesor menor a 10 mm, no se considera techo con cámara de aire. Los valores intermedios se extrapolan en forma lineal.

Para el caso de las vigas, el usuario deberá utilizar el procedimiento del Paso 4, numeral 6.

Hasta este paso, las celdas que se han debido llenar son las siguientes:

Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m2 °C/W)	Coef. transmisión térmica k (W/m °C)	S_3	U_3	$S_3 \times U_3$
Resistencias superficiales								
Resistencia superficial externa (Rse)				X				
Resistencia superficial interna (Rsi)				X				
Techo (azotea) sin cámara de aire						X	X	X
Composición:								
Material 1	X				X			
Material 2, etc.	X				X			
Techo (azotea) con cámara de aire								
Resistencia de la cámara de aire (Rca)				X				
Composición:						X	X	X
Material 1	X				X			
Material 2, etc.	X				X			
Resistencias superficiales								
Resistencia superficial externa (Rse)				X				
Resistencia superficial interna (Rsi)				X				
Techo sin cámara de aire						X	X	X
Composición:								
Material 1	X				X			
Material 2, etc.	X				X			
Techo con cámara de aire								
Resistencia de la cámara de aire (Rca)				X				
Composición:						X	X	X
Material 1	X				X			
Material 2, etc.	X				X			

5. Procedimiento para el cálculo de la Transmitancia térmica final de la Envolvente Tipo 3: *Envolventes de techo o cubierta*.

Finalmente, en el caso de la Envolvente de Tipo 3, el coeficiente de transmitancia térmica promedio (U_3) se calcula con la siguiente fórmula:

$$U_3^{final} = \frac{\sum S_i \times U_i}{\sum S_i} = \frac{S_1 \times U_1 + S_2 \times U_2 + S_3 \times S_3 + \cdots}{S_1 + S_2 + S_3 + \cdots}$$

Donde,

- ΣS_i suma total de las superficies de cada tipo de elemento de la envolvente.
- $\Sigma S_i \times U_i$ suma total de todos los productos "S_i x U_i" encontrados:

Este resultado (U_3^{final}) se compara con la transmitancia térmica máxima (U_{max}) para techos, de acuerdo a la zona bioclimática respectiva, dada por la *Tabla Nº 3 de la Norma*.

⇒ Si U_3^{final} es menor o igual a U_{max} entonces el techo CUMPLE con la Norma.

⇒ Si U_3^{final} es mayor a U_{max} entonces el techo NO CUMPLE con la Norma. El usuario deberá modificar su solución.

Finaliza cálculo (llenado de celdas) para Envolventes de techo o cubierta (Tipo 3A, 3B y 3C)

Paso 7

Para el *Tipo 4. Envolventes de separación con el terreno.* (Ver definición en el *Capítulo 5. Glosario, numeral 5.29. Envolvente*), se debe llenar los datos (celdas) que incluye la columna "*Envolventes Tipo 4A, 4B y 4C*", que se muestra a continuación y que forma parte de la *Ficha Nº 1*.

Tipo 4	Componentes	Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m2 °C/W)	Coef. transmisión térmica k (W/m °C)	S_4	U_4	$S_4 \times U_4$
Envolventes de Tipo 4A, 4B y 4C (2)	Pisos tipo 4A horizontales o ligeramente inclinados de separación entre el interior de la edificación con el terreno natural	Resistencias superficiales								
		Resistencia superficial externa (Rse)				X				
		Resistencia superficial interna (Rsi)				X				
		Piso sin cámara de aire						X	X	X
		Composición:								
		Material 1	X				X			
		Material 2, etc.	X				X			
		Piso con cámara de aire								
		Resistencia de la cámara de aire (Rca)				X				
		Composición:						X	X	X
		Material 1	X				X			
		Material 2, etc.	X				X			

	Pisos tipo 4B sobre espacio exterior de altura < 1 m (cámara de aire)	Resistencias superficiales								
		Resistencia superficial externa (Rse)				X				
		Resistencia superficial interna (Rsi)				X				
		Piso con cámara de aire								
		Resistencia de la cámara de aire (Rca)				X				
		Composición:						X	X	X
		Material 1	X				X			
		Material 2, etc.	X				X			
	Muros tipo 4C enterrados o semienterrados	Resistencias superficiales								
		Resistencia superficial interna (Rsi)				X				
		Muro						X	X	X
		Composición:								
		Material 1	X				X			
		Material 2, etc.	X				X			

1. Procedimiento para envolventes de separación con el terreno: Losa o piso tipo 4A y 4B

1.1 Losa o Piso tipo 4A (sin cámara de aire): Para calcular la transmitancia térmica de losas o pisos tipo 4A horizontales o ligeramente inclinados de separación entre el interior de la edificación con el terreno natural, **sin** cámara de aire, se debe tomar en cuenta lo siguiente:

a) En la celda ubicada en la intersección de la columna "RST/RCA" y de la fila "Resistencia Superficial Externa (R_{se})", se coloca lo siguiente:

- ⇒ 0,09 W/m² K, cuando el flujo de calor es ascendente (o sea, cuando el calor tiende a salir del ambiente interior al ambiente exterior). Se aplica para las zonas bioclimáticas 4, 5 y 6.
- ⇒ 0,17 W/m² K, cuando el flujo de calor es descendente (o sea, cuando el calor tiende a entrar al ambiente interior desde el ambiente exterior). Se aplica para las zonas bioclimáticas 1, 2, 3, 7, 8 y 9.

b) En la celda ubicada en la intersección de la columna "RST/RCA" y de la fila "Resistencia Superficial Interna (R_{si})", se coloca lo siguiente:

• 0,09 W/m² K ⇒ cuando el flujo de calor es ascendente (o sea, cuando el calor tiende a salir del ambiente interior al ambiente exterior). Se aplica para las zonas bioclimáticas 4, 5 y 6.

• 0,17 W/m² K ⇒ cuando el flujo de calor es descendente (o sea, cuando el calor tiende a entrar al ambiente interior desde el ambiente exterior). Se aplica para las zonas bioclimáticas 1, 2, 3, 7, 8 y 9.

c) Los materiales que componen el piso sin cámara de aire se especificará en las celdas "Material 1", "Material 2", etc., colocando sus "Espesores" y sus "Coeficientes de transmisión térmica k".

d) Se coloca la superficie o área total del piso sin cámara de aire en la columna "S_4".

e) Para hallar la transmitancia térmica "$U_{4A\text{-piso sin cámara}}$" del piso sin cámara de aire, se utilizará la siguiente fórmula:

$$U_{4A-piso\ \mathrm{sin}\ cámara} = \frac{1}{\frac{e_1}{k_1} + \frac{e_2}{k_2} + \frac{e_3}{k_3} + \cdots + R_{se} + R_{si}}$$

Siendo,

e_1 espesor del material 1
k_1 conductividad térmica del material 1, y así sucesivamente.
R_{se} resistencia superficial externa
R_{si} resistencia superficial interna

Hasta este paso, las celdas que se han debido llenar son las siguientes:

Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m2 °C/W)	Coef. transmisión térmica k (W/m °C)	S_4	U_4	S_4 x U_4
Resistencias superficiales								
Resistencia superficial externa (Rse)				X				
Resistencia superficial interna (Rsi)				X				
Piso sin cámara de aire						X	X	X
Composición								
Material 1	X				X			
Material 2, etc.	X				X			

1.2 Losa o Piso tipo 4A (con cámara de aire): Para calcular pisos tipo 4A horizontales o ligeramente inclinados de separación entre el interior de la edificación con el terreno natural, con cámara de aire, se debe tomar en cuenta lo siguiente:

a) En la celda ubicada en la intersección de la columna "RST/RCA" y de la fila "Resistencia de la cámara de aire (R_{ca})", se coloca la transmitancia térmica de la cámara de aire utilizando los valores de la siguiente Tabla Nº 13.

Tabla Nº 13: Transmitancia térmica de la cámara de aire (R_{ca}) según su espesor (en m² K / W)

Situación de la cámara y dirección del flujo de calor	Espesor de la cámara				
	10 mm	20 mm	50 mm	100 mm	≥ 150 mm
Cámara de aire horizontal y flujo ascendente (Zonas bioclimáticas: 4, 5 y 6)	0,14	0,15	0,16	0,16	0,16
Cámara de aire horizontal y flujo descendente (Zonas bioclimáticas: 1, 2, 3, 7, 8 y 9)	0,15	0,18	0,21	0,21	0,21

Nota: Cámaras de aire con un espesor menor a 10 mm, no se considera muro con cámara de aire. Los valores intermedios se extrapolan en forma lineal

b) Debajo de la celda "Composición", se debe aumentar un número de filas igual al número de materiales que conforman el piso con cámara de aire hasta el acabado final. No se incluyen capas de acabado menor a 5 mm (por ejemplo, pinturas o barnices). Se colocan sus "Espesores" y sus "Coeficientes de transmisión térmica k".

c) Se coloca la superficie o área total del piso con cámara de aire en la columna "S_4".

d) Para hallar la transmitancia térmica "$U_{4A\text{-piso con cámara}}$" del piso sin cámara de aire, se utilizará la siguiente fórmula:

$$U_{4A-piso\ \mathrm{con}\ cámara} = \frac{1}{\frac{e_1}{k_1} + \frac{e_2}{k_2} + \frac{e_3}{k_3} + \cdots + R_{ca}}$$

Siendo,

e_1 espesor del material 1
k_1 conductividad térmica del material 1, así sucesivamente.
R_{ca} resistencia de la cámara de aire

Hasta este paso, las celdas que se han debido llenar son las siguientes:

Tipo 4	Componentes	Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m2 °C/W)	Coef. transmisión térmica k (W/m °C)	S_4	U_4	$S_4 \times U_4$
Envolventes de Tipo 4A,	Pisos tipo 4A horizontales o ligeramente inclinados de separación entre el interior de la edificación con el terreno natural	Resistencias superficiales								
		Resistencia superficial externa (Rse)				X				
		Resistencia superficial interna (Rsi)				X				
		Piso sin cámara de aire						X	X	X
		Composición:								
		Material 1	X				X			
		Material 2, etc.	X				X			
		Piso con cámara de aire								
		Resistencia de la cámara de aire (Rca)				X				
		Composición:								
		Material 1	X				X	X	X	X
		Material 2, etc.	X				X			

1.3 Losa o Piso tipo 4B: Para calcular pisos tipo 4B horizontales de separación entre el interior de la edificación con un ambiente no habitable exterior menor a un metro, se debe tomar en cuenta que estando el piso debajo de un ambiente no habitable exterior menor a un metro, no es necesario que se utilice una cámara de aire, convirtiéndose este ambiente no habitable exterior menor a un metro, en una cámara de aire ventilada o no ventilada.

a) En las celdas ubicadas en la intersección de la columna "RST/RCA" y de las filas "Resistencia Superficial Externa (R_{se})"y "Resistencia Superficial Interna (R_{si})", se colocarán las resistencias superficiales térmicas respectivas, utilizando los siguientes valores:

• En la celda ubicada en la intersección de la columna "RST/RSA" y de la fila "Resistencia Superficial Externa (R_{se})", se coloca el siguiente valor: 0,09 W/m² K, para las zonas bioclimáticas 1, 2, 3, 7, 8 y 9.
• En la celda ubicada en la intersección de la columna "RST/RSA" y de la fila "Resistencia Superficial Interna (R_{si})", se coloca el siguiente valor: 0,09 W/m² K, para las zonas bioclimáticas 1, 2, 3, 7, 8 y 9.
• En la celda ubicada en la intersección de la columna "RST/RSA" y de la fila "Resistencia Superficial Externa (R_{se})", se coloca el siguiente valor: 0,17 W/m² K para las zonas bioclimáticas 4, 5 y 6.
• En la celda ubicada en la intersección de la columna "RST/RSA" y de la fila "Resistencia Superficial Interna (R_{si})", el siguiente valor: se coloca el siguiente valor: 0,17 W/m² K para las zonas bioclimáticas 4, 5 y 6.

b) En la celda ubicada en la intersección de la columna "RST/RCA" y de la fila "Resistencia de la cámara de aire (Rca)", se coloca el valor según el tipo de cámara.

b.1) Para ambientes menores a un metro de altura y cerrados se aplicará el cálculo que se describe en la Tabla Nº 14:

Tabla Nº 14: Resistencia térmica de la cámara R_c, (en m² K/W)

Zonas bioclimáticas	Espesor de la cámara (en mm)				
	10	20	50	100	≥ 150
Para zonas bioclimáticas 1, 2, 3, 7, 8 y 9	0,14	0,15	0,16	0,16	0,16
Para zonas bioclimáticas 4, 5 y 6	0,15	0,18	0,21	0,21	0,21

b.2) Para ambientes menores a un metro de altura se aplicará el cálculo que se describe a continuación:

Caso I: Elementos con cámara de aire no ventilada en el que se da la relación:

S/A < 3 cm²/m² (para elementos verticales)
S/l < 3 cm²/m² (para elementos horizontales)

Donde,

S sección total de los orificios de ventilación (en cm²).
A superficie del elemento horizontal (en m²)
l longitud del elemento vertical (en m²)

El coeficiente U (en m² K/W) para este caso se obtiene de la expresión:

$$\frac{1}{U} = R_{si} + R_i + R_{ca} + R_e + R_{si}$$

Donde,

R_i resistencia térmica de la cara interior del elemento constructivo, que se halla dividiendo el espesor entre el coeficiente de conductividad térmica del material del que está compuesto la cara interior del elemento constructivo.
R_{ca} resistencia térmica de la cámara de aire calculada según la Tabla Nº 14.
R_e resistencia térmica de la cara exterior del elemento constructivo, que se halla dividiendo el espesor entre el coeficiente de conductividad térmica del material del que está compuesto la cara exterior del elemento constructivo.
R_{si} coeficiente superficial interno de transmisión térmica, según lo indicado en el numeral 1.3.a).
R_{se} coeficiente superficial externo de transmisión térmica, según lo indicado en el numeral 1.3.a).

Caso II: Elementos con cámara de aire medianamente ventilada en el que se da la relación:

20 ≤ S/l < 500 cm²/m (para elementos verticales)
3 ≤ S/A < 30 cm²/m² (para elementos horizontales)

En este caso, el coeficiente U (en m² K/W) se obtiene de la expresión:

$$U = U_1 + \alpha(U_2 - U_1)$$

Siendo:

U_1 coeficiente U calculado por la fórmula: $\frac{1}{U_1} = R_{si} + R_i + R_c + R_e + R_{se}$

U_2 coeficiente U calculado por la fórmula: $\frac{1}{U_2} = 0{,}26 + R_i$

α Coeficiente de ventilación de la cámara, cuyo valor es 0,4

(Los valores de $R_{si} + R_i + R_c + R_e + R_{se}$ se obtienen de la misma manera que para el Caso I).

Caso III: Elementos con cámara de aire muy ventilada en el que se da la relación.

S/I mayor o igual a 500 cm^2/m (para elementos verticales)
S/A mayor o igual a 30 cm^2/m^2 (para elementos horizontales)

En este caso se pueden presentar dos situaciones:

III.1 Cuando el aire dentro de la cámara está en movimiento

Si la cara exterior del elemento consiste en una pantalla o protección situada a cierta distancia de la cara interior y no existe tabiquerías que conformen una cámara, el espacio de aire está totalmente abierto. Entonces, el coeficiente U (en m^2 K/W) se calcula por la fórmula:

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

Donde (R_{si} + R_{se}) toma los siguientes valores:

• 0,14 W/m^2 K, para las zonas bioclimáticas 1, 2, 3, 7, 8 y 9.
• 0,22 W/m^2 K, para las zonas bioclimáticas 4, 5 y 6.

El valor de R_i se obtiene de la misma manera que para el Caso I.

• Cuando el aire dentro de la cámara se mantiene en reposo

El coeficiente U (en m^2 K/W) se calcula de la expresión:

$$\frac{1}{U} = 0{,}26 + R_i$$

El valor de R_i se obtiene de la misma manera que para el Caso I.

c) En la celda ubicada en la intersección de la columna "Espesor" y de las filas "Material 1", "Material 2", etc. se colocan el espesor de cada uno de los materiales que conforman la losa o piso.
d) En la celda ubicada en la intersección de la columna "Coeficiente de Transmisión Térmica" y de las filas "Material 1", "Material 2", etc. se colocan los valores indicados en el *Anexo 3: Lista de características higrotérmicas de los materiales de construcción*.
e) En la celda ubicada en la intersección de la columna "S_4" y de la celda que agrupa las filas "Material 1", "Material 2", etc. se coloca el área total del piso o losa tipo 4B.
f) En la celda ubicada en la intersección de la columna "U_4" y de la celda que agrupa las filas "Material 1", "Material 2", etc. se coloca el valor $U_{4\text{-piso con cámara}}$ Hallado.
Para hallar la transmitancia térmica "$U_{4\text{-piso con cámara}}$" del piso o losa, se utilizará la siguiente fórmula:

$$U_{4-piso\ con\ cámara} = \frac{1}{\frac{e_1}{k_1} + \frac{e_2}{k_2} + \frac{e_3}{k_3} + \cdots + R_{se} + R_{si} + R_{ca}}$$

Siendo,

e_1 espesor del material 1
k_1 conductividad térmica del material 1, y así sucesivamente.
R_{se} resistencia superficial externa
R_{si} resistencia superficial interna
R_{ca} resistencia de la cámara de aire

Hasta este paso, las celdas que se han debido llenar son las siguientes:

Tipo 4	Componentes	Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m2 °C/W)	Coef. transmisión térmica k (W/m °C)	S_4	U_4	S_4 x U_4
	Pisos tipo 4B: Losa o piso horizontal de separación entre el interior de la edificación con un ambiente no habitable exterior, menos a un metro de altura.	Resistencias superficiales								
		Resistencia superficial externa (Rse)				X				
		Resistencia superficial interna (Rsi)				X				
		Losa o piso								
		Resistencia de la cámara de aire (Rca)				X				
		Composición:								
		Material 1	X				X	X	X	X
		Material 2, etc.	X				X			
				TRANSMITANCIA ($U_{4B\ final}$) = **Σ** S x U / **Σ** S						

2. Procedimiento para envolventes de separación con el terreno: Muros tipo 4C

2.1 Muro tipo 4C: Para calcular la transmitancia térmica de los muros verticales o inclinados, de separación entre el interior de la edificación con el terreno natural de tipo 4C, se debe tomar en cuenta lo siguiente:

a) En la celda ubicada en la intersección de la columna "RST/RCA" y de la fila "Resistencia Superficial Interna (R_{si})", colocar el siguiente valor: 0,11 W/m^2 K. Tratándose de muros en contacto con el terreno natural, no existe resistencia superficial externa (R_{se}).
b) Debajo de la celda "Muro", se debe aumentar un número de filas igual al número de materiales que conforman el muro hasta el acabado final. No se incluyen capas de acabado menor a 5 mm (por ejemplo, pinturas o barnices).
c) En las celdas ubicadas en la intersección de la columna "Espesor" y de las filas donde se ha detallado cada material con que está fabricado el muro 4C, se coloca el espesor de cada capa de material, según el diseño del proyecto. Unidad de medida: Metro lineal.
d) En la celda ubicada en la intersección de la columna "Coeficiente de transmisión térmica (k)" y de las filas donde se han detallado cada material con que está fabricado el muro, se coloca el Coeficiente de transmisión térmica (k) de cada capa de material. Ver *Anexo Nº 3: Lista de características higrométricas de los materiales de construcción.* Unidad de medida: W/m^2 K.
e) En la celda ubicada en la intersección de la columna "S_4" y de las filas donde se han detallado cada material con que está fabricado el muro, se coloca la superficie total o área total de éste, según el proyecto.
f) En la celda ubicada en la intersección de la columna "U_4" y de la celda que agrupa a todas las filas en las que se ha nombrado cada material componente del muro, se coloca la transmitancia térmica de todo el muro U_{4C}. Esta transmitancia térmica es el resultado de la suma de las transmitancias térmicas de cada capa de material que compone el muro:

$$U_{4C} = \frac{1}{(\frac{e_1}{k_1} + \frac{e_2}{k_2} + \frac{e_3}{k_3} + \ ... + R_{si})}$$

Donde,

e_1 espesor del material 1 componente del muro, etc.
k_1 coeficiente de transmisión térmica del material 1 componente del muro, etc.

En caso existan dos o más tipos de muro 4C, se deberá hallar la transmitancia térmica de cada tipo de muro aplicando el procedimiento explicado anteriormente.

g) Una vez hallada la transmitancia térmica de todo el muro U_{4C}, se multiplica este resultado por la superficie total que ocupa este muro (S_4). El producto se coloca en la intersección de la columna "S_4 x U_4" y de la celda que agrupa a todas las filas en las que se ha nombrado cada material componente del muro.

h) Finalmente, se llenan las celdas "S_4 x U_4" con el resultado de la multiplicación entre la superficie o área total del muro por sus respectivas transmitancias térmicas.

Hasta este paso, las celdas que se han debido llenar son las siguientes:

Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m2 °C/W)	Coef. de transmisión térmica k (W/m °C)
Resistencias superficiales					
Resistencia superficial interna (Rsi)				X	
Muro					
Composición:					
Material 1	X				X
Material 2, etc.	X				X
TRANSMITANCIA (U_4^{final}) = Σ S x U / Σ S					

S_4	U_4	S_4 x U_4
X	X	X

3. Procedimiento para el cálculo de la Transmitancia térmica final de los pisos de tipo 4A, 4B y 4C

La transmitancia térmica U final (U_4^{final}) para pisos de tipo 3A, 3B y muros tipo 3C se calcula con la siguiente fórmula:

$$U_4^{final} = \frac{\sum S_i \times U_i}{\sum S_i} = \frac{S_1 \times U_1 + S_2 \times U_2 + S_3 \times S_3 + \cdots}{S_1 + S_2 + S_3 + \cdots}$$

Donde,

ΣS_i suma total de las superficies por cada tipo de piso (3A y/o 3B) y/o por el muro 3C.
$\Sigma S_i \times U_i$ suma total de todos los productos "S_i x U_i" encontrados.

Este resultado (U_4^{final}) se compara con la transmitancia térmica máxima (U_{max}) para pisos, de acuerdo a la zona bioclimática respectiva, dada por la *Tabla Nº 3 de la Norma*.

⇒ Si U_4^{final} es menor o igual a U_{max} entonces el piso CUMPLE con la Norma.

⇒ Si U_4^{final} es mayor a U_{max} entonces el piso NO CUMPLE con la Norma. El usuario deberá modificar su solución.

Finaliza cálculo (llenado de celdas) para Envolventes de separación con el terreno (Tipo 4A, 4B y 4C)



Figura Nº 1: FICHA DE CÁLCULO DE LA TRANSMITANCIA TÉRMICA (U) DE LAS ENVOLVENTES

Los tipos de envolvente de esta ficha son los mismos que los indicados en e l *Capítulo 5. Glosario, numeral 5.29 Envolvente*.

Tipo 1	Componentes	Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m2 °C/W)	Coef. de transmisión térmica k (W/m °C)	S_1	U_1	$S_1 \times U_1$
Envolventes Tipo 1A y 1B	Ventanas, mamparas o superficies vidriadas, transparentes o translúcidas, y puertas (verticales o inclinadas más de 60º con la horizontal)	Ventanas								
		Tipo de vidrio:								
		Vidrio 1	X					X	X	X
		Vidrio 2, etc.	X					X	X	X
		Tipo de carpintería del marco								
		Carpintería 1	X		X			X	X	X
		Carpintería 2, etc.	X		X			X	X	X
		Puertas								
		Tipo de puerta:								
		Puerta 1						X	X	X
		Puerta 2, etc.						X	X	X
	Muros tipo 1A (verticales o inclinados más de 60º con la horizontal)	Resistencias superficiales								
		Resistencia superficial externa (Rse)				X				
		Resistencia superficial interna (Rsi)				X				
		Muro sin cámara de aire Nº 1								
		Composición del muro:								
		Material 1	X				X	X	X	X
		Material 2, etc.	X				X			
		Muro sin cámara de aire Nº 2								
		Composición del muro:								
		Material 1	X				X	X	X	X
		Material 2, etc.	X				X			
		Muro con cámara de aire Nº 1								
		Resistencia de la cámara de aire (Rca)				X				
		Composición del muro:								
		Material 1	X				X	X	X	X
		Material 2, etc.	X				X			
		Muro con cámara de aire Nº 2								
		Resistencia de la cámara de aire (Rca)				X				
		Composición del muro:								
		Material 1	X				X	X	X	X
		Material 2, etc.	X				X			
		Puente Térmico: Columnas Tipo Nº 1								
		Composición:						X	X	X
		Material 1	X				X			
		Material 2, etc.	X				X			
		Puente Térmico: Columnas Tipo Nº 2								
		Composición:						X	X	X
		Material 1	X				X			
		Material 2, etc.	X				X			
		Puente Térmico: Sobrecimiento Nº 1								
		Composición:						X	X	X
		Material 1	X				X			
		Material 2, etc.	X				X			
		Puente Térmico: Sobrecimiento Nº 2								
		Composición:						X	X	X
		Material 1	X				X			
		Material 2, etc.	X				X			
		Puente Térmico: Viga Nº 1								
		Composición:						X	X	X
		Material 1	X				X			
		Material 2, etc.	X				X			
		Puente Térmico: Viga Nº 2								
		Composición:						X	X	X
		Material 1	X				X			
		Material 2, etc.	X				X			
		Puente Térmico: Vestidura de derrame (en caso el proyecto lo contemple). Ver definición en numeral 5.53 del Glosario								
		Tipo de carpintería del marco								
		Composición:								
		Carpintería 1	X		X			X	X	X
		Carpintería 2, etc.	X		X			X	X	X
		Puente Térmico: Caja de persianas (en caso el proyecto lo contemple). Ver definición en numeral 5.7 del Glosario						X	X	X
		Resistencia de la cámara de aire (Rca)				X				
		Composición:								
		Material 1	X				X			
		Material 2, etc.	X				X			
	Pisos tipo 1B sobre ambientes exteriores mayores a 1 metro	Resistencias superficiales								
		Resistencia superficial externa (Rse)				X				
		Resistencia superficial interna (Rsi)				X		X	X	X
		Composición:								
		Material 1	X				X			
		Material 2, etc.	X				X			
				TRANSMITANCIA (U_1^{final}) = **Σ** S x U / **Σ** S						

Tipo 2	Componentes	Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m2 °C/W)	Coef. transmisión térmica k (W/m °C)	S_2	U_2	$S_2 \times U_2$
Envolventes Tipo 2A y 2B	Ventanas, mamparas o superficies vidriadas, transparentes o translúcidas, y puertas (verticales o inclinadas más de 60º con la horizontal)	Ventanas								
		Tipo de vidrio:								
		Vidrio 1	X					X	X	X
		Vidrio 2, etc.	X					X	X	X
		Tipo de carpintería del marco								
		Carpintería 1	X		X			X	X	X
		Carpintería 2, etc.	X		X			X	X	X
		Puertas								
		Tipo de puerta:								
		Puerta 1						X	X	X
		Puerta 2, etc.						X	X	X
	Muros Tipo 2A (verticales de separación con ambientes no acondicionados o espacios de separación)	Resistencias superficiales								
		Resistencia superficial externa (Rse)				X				
		Resistencia superficial interna (Rsi)				X				
		Muro sin cámara de aire Nº 1								
		Composición del muro:						X	X	X
		Material 1	X				X			
		Material 2, etc.	X				X			
		Muro sin cámara de aire Nº 2								
		Composición del muro:						X	X	X
		Material 1	X				X			
		Material 2, etc.	X				X			
		Muro con cámara de aire Nº 1								
		Resistencia de la cámara de aire (Rca)				X				
		Composición del muro:								
		Material 1	X				X	X	X	X
		Material 2, etc.	X				X			
		Muro con cámara de aire Nº 2								
		Resistencia de la cámara de aire (Rca)				X				
		Composición del muro:								
		Material 1	X				X	X	X	X
		Material 2, etc.	X				X			
		Puente Térmico: Columnas Tipo Nº 1								
		Composición:						X	X	X
		Material 1	X				X			
		Material 2, etc.	X				X			
		Puente Térmico: Columnas Tipo Nº 2								
		Composición:						X	X	X
		Material 1	X				X			
		Material 2, etc.	X				X			
		Puente Térmico: Sobrecimiento Nº 1								
		Composición:						X	X	X
		Material 1	X				X			
		Material 2, etc.	X				X			
		Puente Térmico: Sobrecimiento Nº 2								
		Composición:						X	X	X
		Material 1	X				X			
		Material 2, etc.	X				X			
		Puente Térmico: Viga Nº 1								
		Composición:						X	X	X
		Material 1	X				X			
		Material 2, etc.	X				X			
		Puente Térmico: Viga Nº 2								
		Composición:						X	X	X
		Material 1	X				X			
		Material 2, etc.	X				X			
		Puente Térmico: Vestidura de derrame (en caso el proyecto lo contemple). Ver definición en numeral 5.53 del Glosario								
		Tipo de carpintería del marco								
		Composición:								
		Carpintería 1	X		X			X	X	X
		Carpintería 2, etc.	X		X			X	X	X
		Puente Térmico: Caja de persianas (en caso el proyecto lo contemple). Ver definición en numeral 5.7 del Glosario								
		Resistencia de la cámara de aire (Rca)				X		X	X	X
		Composición:								
		Material 1	X				X			
		Material 2, etc.	X				X			
	Losas tipo 2B sobre ambientes no habitables de altura igual o mayor a 1metro	Resistencias superficiales								
		Resistencia superficial externa (Rse)				X				
		Resistencia superficial interna (Rsi)				X		X	X	X
		Composición:								
		Material 1	X				X			
		Material 2, etc.	X				X			
				TRANSMITANCIA (U_2^{final}) = 0.5 x **Σ** S x U / **Σ** S						

Tipo 3	Componentes	Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m2 °C/W)	Coef. transmisión térmica k (W/m °C)	S_3	U_3	$S_3 \times U_3$
Envolventes Tipo 3A, 3B y 3C	Vanos: Ventanas, lucernarios, claraboyas y otros vanos traslúcidos o transparentes sobre techo	Vanos								
		Tipo de vidrio/policarbonato:								
		Vidrio 1 / Policarbonato 1	X						X	
		Vidrio 2 / Policarbonato 2, etc.	X						X	
		Tipo de carpintería del marco								
		Carpintería 1							X	
		Carpintería 2, etc.							X	
	Vanos: Compuertas sobre techo	Compuertas						X	X	X
		Tipo de compuerta:								
		Compuerta 1								
		Compuerta 2, etc.								
	Techos Tipo 3B[3] y Techos Tipo 3C	Resistencias superficiales								
		Resistencia superficial externa (Rse)				X				
		Resistencia superficial interna (Rsi)				X				
		Techo (azotea) sin cámara de aire								
		Composición:						X	X	X
		Material 1	X				X			
		Material 2, etc.	X				X			
		Techo (azotea) con cámara de aire								
		Resistencia de la cámara de aire (Rca)				X				
		Composición:								
		Material 1	X				X	X	X	X
		Material 2, etc.	X				X			
	Techos Tipo 3A inclinados menos de 60º con la horizontal	Resistencias superficiales								
		Resistencia superficial externa (Rse)				X				
		Resistencia superficial interna (Rsi)				X				
		Techo sin cámara de aire								
		Composición:						X	X	X
		Material 1	X				X			
		Material 2, etc.	X				X			
		Techo con cámara de aire								
		Resistencia de la cámara de aire (Rca)				X				
		Composición:								
		Material 1	X				X	X	X	X
		Material 2, etc.	X				X			
		Puente Térmico: Viga Nº 1								
		Composición:						X	X	X
		Material 1	X				X			
		Material 2, etc.	X				X			
		Puente Térmico: Viga Nº 2								
		Composición:						X	X	X
		Material 1	X				X			
		Material 2, etc.	X				X			
				TRANSMITANCIA (U_3^{final}) = **Σ** S x U / **Σ** S						

Tipo 4	Componentes	Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m2 °C/W)	Coef. transmisión térmica k (W/m °C)	S_4	U_4	$S_4 \times U_4$
Envolventes de Tipo 4A, 4B y 4C [2]	Pisos tipo 4A: Losa o piso horizontal o ligeramente inclinado de separación entre el interior de la edificación con el terreno natural.	Resistencias superficiales								
		Resistencia superficial externa (Rse)				X				
		Resistencia superficial interna (Rsi)				X				
		Piso sin cámara de aire								
		Composición:						X	X	X
		Material 1	X				X			
		Material 2, etc.	X				X			
		Piso con cámara de aire								
		Resistencia de la cámara de aire (Rca)				X				
		Composición:								
		Material 1	X				X	X	X	X
		Material 2, etc.	X				X			
	Pisos tipo 4B: Losa o piso horizontal de separación entre el interior de la edificación con un ambiente no habitable exterior, menor a un metro de altura.	Resistencias superficiales								
		Resistencia superficial externa (Rse)				X				
		Resistencia superficial interna (Rsi)				X				
		Losa o Piso								
		Resistencia de la cámara de aire (Rca)				X				
		Composición:								
		Material 1	X				X	X	X	X
		Material 2, etc.	X				X			
	Muros tipo 4C: Muro vertical o inclinado de separación entre el interior de la edificación con el terreno natural. El techo puede encontrarse sobre o debajo del nivel del terreno natural.	Resistencias superficiales								
		Resistencia superficial interna (Rsi)								
		Muro sin cámara de aire								
		Composición:						X	X	X
		Material 1	X				X			
		Material 2, etc.	X				X			
				TRANSMITANCIA (U_4^{final}) = **Σ** S x U / **Σ** S						

Nota (1): Las transmitancias finales deben cumplir los requisitos exigidos en el numeral *7.1 Transmitancias térmicas máximas de los elementos constructivos de la edificación*.
Nota (2): Para efectos del cálculo de capas de materiales de construcción de cada envolvente, solamente se tendrán en cuenta aquellas capas que sean mayores o iguales a 2,00 milímetros (0.002 m.) de espesor. Por tal motivo, capas de pinturas o cualquier otra cobertura adosada en toda la superficie menor a 2,00 mm (0.002 m.), no se tomará en cuenta.
Nota (3): Los techos tipo 3B pueden incluir a las conocidas "Azoteas".
Nota (4): Las abreviaturas son: RST (Resistencia Superficial Seca) y RCA (Resistencia de la Cámara de Aire).

ANEXO Nº 3: Lista de características higrométricas de los materiales de construcción

Nº	Material	Densidad ρ (kg / m³)	Coeficiente de Transmisión Térmica o de Conductividad térmica k (W / m K)	Transmitancia térmica U (W/m² K)	Calor Específico Cp (J / kg °C)	Factor de Resistencia a la difusión de vapor de agua μ (adimensional)
	ROCAS Y SUELOS					
	Rocas o suelos sedimentarios					
1	Gravas y arenas (arena fina, arena gruesa, etc.)	1700 - 2200	2.00	---	910 - 1180	50
2	Arcilla o limo	1200 - 1800	1.50	---	1670 - 2500	50
3	Arcilla refractaria	2000	0.46	---	879	---
4	Caliza muy dura	2200 - 2590	2.30	---	1000	200
5	Caliza media dura	1800 - 1990	1.40	---	1000	40
6	Caliza muy blanda	≤ 1590	0.85	---	1000	20
7	Piedra canto rodado de 10 cm	---	3.50	---	---	---
	Rocas ígneas					
8	Basalto	2700 - 3000	3.50	---	1000	10000
9	Granito	2500 - 2700	2.80	---	1000	10000
10	Piedra pómez	≤ 400	0.12	---	1000	6
11	Roca natural porosa (por ej. lava)	≤ 1600	0.55	---	1000	15
	Rocas metamórficas					
12	Pizarra	2000 - 2800	2.20	---	1000	800
13	Mármol	2600 - 2800	3.50	---	1000	10000
	Tierra					
14	Tierra	≤ 2050	0.52	---	1840	---
15	Yeso	600 - 900	0.30	---	1000	4
16	Barro con paja de 2 cm.	---	0.09	---	---	---
	CONCRETO					
17	Concreto armado	2400	1.63	---	1000	80
18	Concreto simple	2300	1.51	---	1000	80
19	Cemento pulido (pisos de 5 cm. de espesor)	---	0.53	---	---	---
	MAMPOSTERIA					
20	Bloque de arcilla - Ladrillo corriente	1700	0.84	---	800	10
21	Bloque de arcilla - Ladrillo tipo King Kong	1000	0.47	---	930	10
22	Bloque de arcilla - Ladrillo pandereta	900	0.44	---	---	10
23	Bloque de arcilla - Ladrillo hueco de techo	600	0.35	---	---	10
24	Bloque de arcilla - Ladrillo pastelero	1450	0.71	---	---	10
25	Bloque de concreto - Unidad hueca	1200	0.50	---	1000	6
26	Adobe	1100 - 1800	0.90	---	---	---
	MORTEROS Y ENLUCIDOS					
27	Mortero cemento-arena	2000	1.40	---	1000	10
28	Mortero cemento y cal o yeso	1850	0.87	---	1000	10
29	Enlucido de yeso	≤ 1000	0.40	---	1000	6
	METALES					
30	Acero	7800	50.00	---	450	∞
31	Acero inoxidable	7913	15.60	---	456	∞
32	Aluminio	2700	230.00	---	880	∞
33	Bronce	8700	65.00	---	380	∞
34	Cobre	8900	380.00	---	380	∞
35	Estaño	7310	66.60	---	227	∞
36	Latón	8400	120.00	---	380	∞
37	Plomo	11300	35.00	---	130	∞
38	Zinc	7200	110.00	---	380	∞
39	Calamina metálica de 2 mm.	---	237.00	---	---	---
	MADERAS					
40	Maderas livianas: Álamo, Avellano, Aliso, Zapote, Bolaina blanca, Tornillo, Casho Moena, Diablo Fuerte, Huimba, Maquisapa Ñagcha, Marupa, Panguana, Ucshaquiro Blanco	200 - 565	0.130 - 0.150	---	1600	50
41	Maderas de densidad media: Abedul, Canelo, Castaño, Laurel, Roble, Olmo, Caoba, Lagarto, Copaiba, Chimicua, Huayruro, Manchinga, Fresno, Nogal, Cerezo, Palosangre Amarillo, Palosangre Negro, Pumaquiro	565 - 750	0.180	---	1600	50
42	Maderas densas: Capirona, Estoraque	750 - 870	0.230	---	1600	50
43	Maderas muy densas: Algarrobo, Eucalipto, Shihuahuaco	≥ 870	0.290	---	1600	50

https://waltervillavicencio.com

Nº	Material	Densidad ρ (kg / m³)	Coeficiente de Transmisión Térmica o de Conductividad térmica k (W / m K)	Transmitancia térmica U (W/m² K)	Calor Específico Cp (J / kg °C)	Factor de Resistencia a la difusión de vapor de agua μ (adimensional)
44	Coníferas livianas: Cedro	≤ 435	0.130	---	1600	20
45	Coníferas de densidad media: Pino insigne	435 - 520	0.150	---	1600	20
46	Coníferas densas: Pino Oregón, Ciprés, Alerce	520 - 610	0.180	---	1600	20
47	Coníferas muy densas	≥ 610	0.230	---	1600	20
48	Balsa	≤ 200	0.057	---	1600	20
49	Tablero de fibras, incluyendo MDF (alta densidad)	750 - 1000	0.200	---	1700	20
50	Tablero de fibras, incluyendo MDF y MDP (media densidad)	550 - 750	0.180	---	1700	20
51	Tablero de fibras, incluyendo MDF y Trupan (baja densidad)	350 - 550	0.140	---	1700	12
52	Tablero de particulas: Melamina	640 - 820	0.180	---	1700	20
53	Tablero de particulas	450 - 640	0.150	---	1700	20
54	Tablero de particulas	270 - 450	0.130	---	1700	20
55	Tablero de virutas, tipo OSB	≤ 650	0.130	---	1700	30
56	Triplay	560	0.140	---	1400	---
57	Puerta de madera		0.120			
58	Madera machihembrada o traslapada (Tornillo)		0.120			
	MADERAS PERUANAS (1)					
59	Cachimbo	664	0.180	---	---	---
60	Ishpingo	625	0.148	---	---	---
61	Catahua amarilla	365	0.087	---	1464	---
62	Quinilla colorada	990	0.188	---	1548	---
	PANELES COMUNES					
63	Panel fibrocemento	920 - 1135	0.220 - 0.230	---	1512	---
64	Panel de yeso	750 - 900	0.250	---	1000	4
65	Panel de fibra de vidrio	25	0.035	---	1000	---
66	Panel de corcho	120	0.039	---	1800	---
67	Panel de lana mineral (1)	80 - 120	0.036	---	---	---
68	Panel metálico aislante 50 mm (muros) (1)	181	0.400	---	---	---
69	Panel metálico aislante 60 mm (muros)	158	0.330	---	---	---
70	Panel metálico aislante 80 mm (muros)	128	0.250	---	---	---
71	Panel metálico aislante 100 mm (muros)	111	0.200	---	---	---
72	Panel metálico aislante 120 mm (muros)	99	0.170	---	---	---
73	Panel metálico aislante 150 mm (muros)	87	0.130	---	---	---
74	Panel metálico aislante 20 mm (techos autoportantes)	265	1.000	---	---	---
75	Panel metálico aislante 25 mm (techos autoportantes)	330	0.800	---	---	---
76	Panel metálico aislante 35 mm (techos autoportantes)	247	0.570	---	---	---
77	Panel metálico aislante 45 mm (techos autoportantes)	200	0.440	---	---	---
	REVESTIMIENTOS HOMOGENEOS PARA PISOS, TECHOS Y MUROS					
78	Alfombra de materiales sintéticos	160	0.060	---	2500	---
79	Baldosa cerámica	2000	1.000	---	800	30
80	Teja de arcilla	2000	1.000	---	800	30
81	Teja cerámica-porcelana	2300	1.300	---	840	---
	MATERIALES VARIOS					
82	Agua	1000	0.580	---	4186	---
83	Hielo	922	2.030	---	1945	---
84	Nieve	150 - 500	0.120 - 0.470	---	---	---
85	Papel	930	0.180	---	1340	---
86	Acrilico	1050	0.200	---	1500	10000
87	Asfalto	2100	0.700	---	1000	50000
88	Caucho natural	910	0.130	---	1100	10000
89	Linóleo	1200	0.170	---	1400	800
90	Membrana asfáltica	1127	0.170	---	---	---
91	Neoprene	1240	0.230	---	2140	10000
92	Policarbonato (PC)	1200	0.200	---	1200	5000
93	Polipropileno (PP)	910	0.220	---	1800	10000
94	Cloruro de polivinilo (PVC)	1390	0.170	---	900	50000
95	Polietileno de alta densidad (HDPE)	980	0.500	---	1800	100000
96	Polietileno de alta densidad (LDPE)	920	0.330		2200	100000
97	Resina epóxica	1200	0.200	---	1400	10000
98	Silicona	1200	0.350	---	1000	5000

Nº	Material	Densidad ρ (kg / m³)	Coeficiente de Transmisión Térmica o de Conductividad térmica k (W / m K)	Transmitancia térmica U (W/m² K)	Calor Específico Cp (J / kg °C)	Factor de Resistencia a la difusión de vapor de agua μ (adimensional)
99	Techo verde (14 cm espesor)	---	0.174	---	---	---
100	Paja (cama de 2 cm.)	---	0.090	---	---	---
101	Tela yute	1500	0.060	---	---	---
	MATERIALES AISLANTES					
102	Aire	1.2	0.026	---	1000	---
103	Corcho	100 - 150	0.049	---	1560	5
104	Fibra de vidrio	200	0.040	---	670	---
105	Fieltro	120	0.050	---	1300	15
106	Lana de vidrio (baja densidad)	11 - 14	0.043	---	---	---
107	Lana de vidrio (media densidad)	19 - 30	0.037	---	---	---
108	Lana de vidrio (alta densidad)	46 - 100	0.033	---	---	---
109	Lana de vidrio con foil (1)	---	0.035	---	---	---
110	Lana mineral (baja densidad)	30 - 50	0.042	---	---	---
111	Lana mineral (media densidad)	51 - 70	0.040	---	---	---
112	Lana mineral (alta densidad)	71 - 150	0.038	---	---	---
113	Lana mineral (1)	---	0.037	---	---	---
114	Poliestireno expandido (EPS)	30	0.033	---	1700	150
115	Poliestireno extruido (XPS)	55 - 60	0.035	---	---	100
116	Espuma elastomerica flexible	60 - 80	0.050	---	1500	10000
117	Espuma de polietileno con aluminio 5 mm (1)	---	0.045	---	---	---
118	Espuma de polietileno con aluminio 10 mm (1)	---	0.035	---	---	---
	VIDRIOS					
	Vidrio crudo					
119	Incoloro de 6 mm	---	---	5.700	---	---
120	Incoloro de 8 mm	---	---	5.600	---	---
121	Incoloro de 10 mm	---	---	5.600	---	---
	Vidrio Laminado					
122	Incoloros (1) 4 + 4	---	---	5.600	---	---
123	Incoloros 6 + 6	---	---	5.400	---	---
124	Incoloros 8 + 8	---	---	5.300	---	---
	Vidrio Insulado					
125	Incoloros (4) 4-6-(4.....10)	---	---	3.300	---	---
126	Incoloros (4) 4-9-(4.....10)	---	---	3.000	---	---
127	Incoloros (4) 4-12-(4.....10)	---	---	2.800	---	---
	Otros tipos de vidrio					
128	Cuarzo	2200	---	1.400	750	∞
129	Vidrio prensado	2000	---	1.200	750	∞
130	Venta de vidrio doble incoloro de 3mm.	---	---	3.759	---	---
	POLICARBONATOS (1)					
131	Alveolar Estándar de 4 mm	---	---	3.900	---	---
132	Alveolar Estándar de 6 mm	---	---	3.600	---	---
133	Alveolar Estándar de 8 mm	---	---	3.300	---	---
134	Alveolar Estándar de 10 mm	---	---	3.000	---	---
135	Alveolar Estándar de 16 mm	---	---	2.300	---	---
136	Control Térmico, tipo Polygal Polyshade de 6 mm	---	---	3.600	---	---
137	Control Térmico, tipo Polygal Polyshade de 8 mm	---	---	3.300	---	---
138	Control Térmico, tipo Polygal Polyshade de 10 mm	---	---	3.000	---	---
139	Control Térmico, tipo Polygal Thermogal de 25 mm	---	---	1.700	---	---
140	Control Térmico, tipo Polygal Thermogal de 32 mm	---	---	1.400	---	---
141	Control Térmico, tipo Polygal Thermogal de 40 mm	---	---	1.100	---	---
142	Control Térmico - Lumínico, tipo Polygal Selectogal de 10 mm	---	---	2.500	---	---
143	Control Térmico - Lumínico, tipo Polygal Selectogal de 16 mm	---	---	2.200	---	---
144	Decorativos, tipo Polygal Rainbow de 8 mm	---	---	3.300	---	---

https://waltervillavicencio.com

Ejemplo de techo verde básico (ver Material Nº 99):

Material	Espesor (m)	k (W/m°C)
Planta	0.05	1.00
Capa de sustrato vegetal	0.05	1.16
Malla de mosquitero	0.003175	0.19
Capa de grava de 19mm.	0.03	2.50
Capa de impermebealizante	0.01	0.60
Techo	0.12	1.74



ANEXO Nº 4: Metodología para el cálculo de condensaciones superficiales

Para cumplir $T_{si} > t_r$ según lo establecido en el *Subcapítulo 7.2. Condensaciones* de la presente Norma, se aplicará la siguiente metodología en forma separada para muros, techos y pisos.

Paso 1:

Hallar la temperatura superficial interior (T_{si}) mediante la siguiente formula:

Para muros: $$T_{si} = T_i - U_{muro} \times R_{si} \times (T_i - T_e)$$

Para techos: $$T_{si} = T_i - U_{techo} \times R_{si} \times (T_i - T_e)$$

Para pisos: $$T_{si} = T_i - U_{piso} \times R_{si} \times (T_i - T_e)$$

Donde,

- T_{si} temperatura superficial interior de la envolvente, en °C
- T_i temperatura del ambiente interior, en °C. Para hallar su valor, ver la Tabla Nº 17
- T_e temperatura del ambiente exterior. Para hallar su valor, ver la Tabla Nº 18
- U transmitancia térmica de la envolvente (muro, techo o piso), en W/m² K. Se deberá tomar los valores que han sido calculados en el Anexo 3.
- R_{si} resistencia térmica superficial interior, en m² K / W. Para hallar su valor, ver el Paso 2.

Tabla Nº 17: Valores de temperaturas del ambiente interior por tipo de uso en edificaciones

Edificación o local	Temperatura del ambiente interior (T_i) en °C
Vivienda	18
Locales de trabajo	18 – 20
Salas de exposiciones	15 – 18
Bibliotecas, archivos	15 – 18
Oficinas	20
Restaurantes	20
Cantinas	18
Grandes almacenes	20
Cines y teatros	20
Hospitales - Salas de reconocimiento y de tratamiento - Salas de hospitalización	24 20 – 22
Cocinas	20
Tiendas	20
Escuelas - Aula - Gimnasios - Piscinas de aprendizaje cubiertas	 20 15 – 18 24
Salas de actos	20
Salas de juntas	18

Nota: En el caso en que la edificación sirva para más de una actividad diferente, cada ambiente en donde se desarrolla una actividad diferente se evaluará utilizando la metodología propuesta.

Tabla Nº 18: Valores de T_e, $T_{e\,max}$ y Humedad Relativa Media (HR) por zona bioclimática

Zona bioclimática	Valor de T_e (°C)	Valor de $T_{e\,max}$ (°C)	Valor de HR (%)
1	18	30	80
2	24	33	70
3	20	30	50
4	12	21	50
5	6	15	50
6	0	-	50
7	26	31	70
8	22	31	70
9	27	32	70

Paso 2:

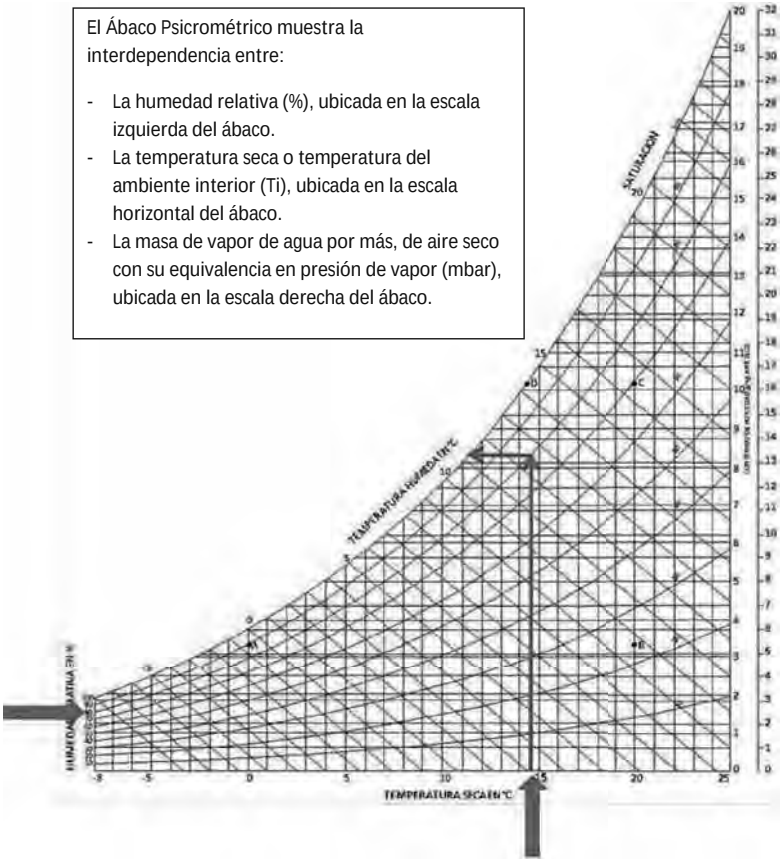
Para hallar la resistencia térmica superficial interior (R_{si}), se deben escoger los siguientes valores, de acuerdo a la zona bioclimática:

- ⇒ 0,11 m² K/W para muros, en cualquier zona bioclimática.
- ⇒ 0,09 m² K/W para techos o pisos, en las zonas bioclimáticas 4, 5 y 6.
- ⇒ 0,17 m² K/W para techos o pisos, en las zonas bioclimáticas 1, 2, 3, 7, 8 y 9.

Paso 3: Cálculo de la temperatura de rocío (t_r) en el ábaco psicrométrico.

El Ábaco Psicrométrico muestra la interdependencia entre:

- La humedad relativa (%), ubicada en la escala izquierda del ábaco.
- La temperatura seca o temperatura del ambiente interior (Ti), ubicada en la escala horizontal del ábaco.
- La masa de vapor de agua por más, de aire seco con su equivalencia en presión de vapor (mbar), ubicada en la escala derecha del ábaco.





Para hallar la temperatura de rocío (t_r):

1. Intersectar el valor de humedad relativa media (HR_m) de la zona bioclimática donde se ubica el proyecto (según Tabla Nº 18) y el valor de la temperatura seca o temperatura del ambiente interior (T_i) que se encuentra en la Tabla Nº 17.
2. Desde el punto de intersección entre HR_m (%) y T_i (°C), trazar una línea horizontal hacia la izquierda hasta llegar a la curva final, para conocer la temperatura de rocío (t_r).

Una vez hallado el valor de t_r (para muro, techo y piso) compararlo con el valor de T_{si} , de manera que se cumpla la norma:

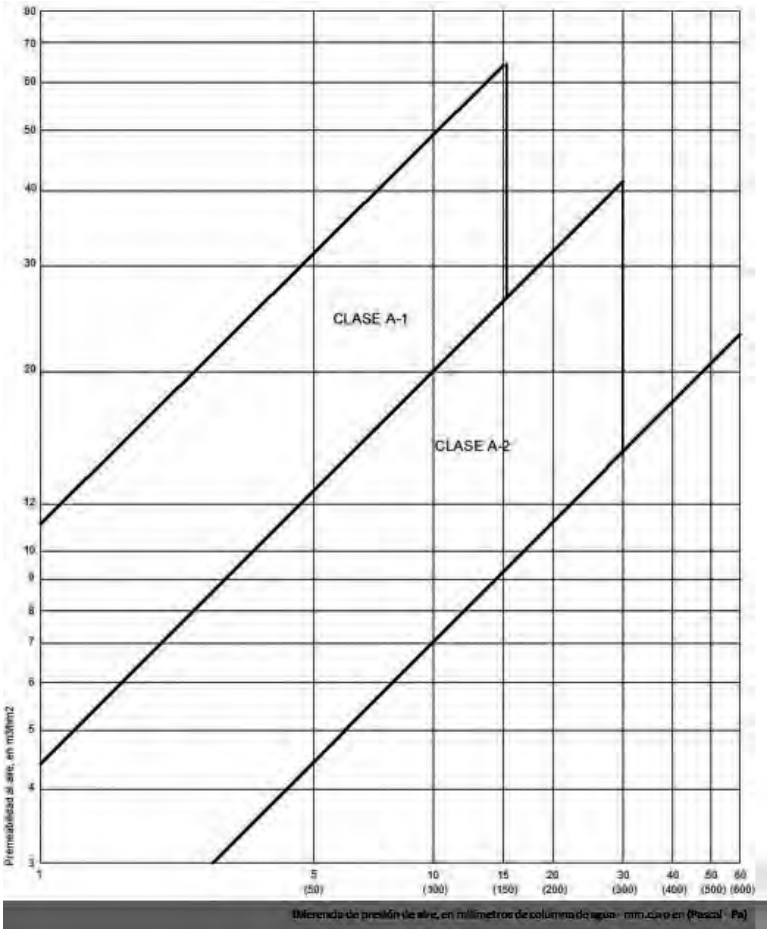
$$T_{si} > t_r$$

ANEXO Nº 5: Clases de permeabilidad al aire en carpinterías de ventanas

Para cumplir lo establecido en el *Subcapítulo 7.3. Permeabilidad al aire de las carpinterías* de la presente Norma, las carpinterías de Clase 1 y de Clase 2 deberán ser utilizadas según la zona bioclimática donde se ubique el proyecto de edificación. Ver la Tabla Nº 3 del numeral 7.3 Permeabilidad del aire de las carpinterías

El fabricante o importador de carpinterías deberá certificar la clase de sus productos (Clase 1 o Clase 2) y ponerla a disposición de los usuarios.

Clasificación de ventanas por su permeabilidad al aire



ANEXO Nº 6: Metodología de Cálculo para obtener Confort Lumínico

La presente metodología de cálculo permitirá hallar el área mínima de la ventana, necesaria para cumplir con una determinada iluminación interior (E_{int}), la cual no deberá sobrepasar los valores recomendados por el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) en función de la actividad y del ambiente (Tabla Nº 19).

Tabla Nº 19: Iluminación mínima por ambientes según la RNE

AMBIENTES	ILUMINANCIA (lux)
Norma A 0.40 - Educación	
Aulas	250
Talleres	300
Circulaciones	100
Servicios Higiénicos	75
Norma A 0.60 - Industria	
Oficinas Administrativas	250
Ambientes de producción	300
Depósitos	50
Comedores y Cocina	220
Servicios Higiénicos	75
Pasadizos de circulaciones	100
Norma A 0.80 - Oficinas	
Áreas de trabajo en oficinas	250

AMBIENTES	ILUMINANCIA (lux)
Vestíbulos	150
Estacionamientos	30
Circulaciones	100
Ascensores	100
Servicios higiénicos	75
Norma EM.010	
Áreas generales en edificios	
Pasillos, corredores	100
Baños	100
Almacenes en tiendas	100
Escaleras	150
Líneas de ensamblaje	
Trabajo pesado (ensamble de maquinarias)	300
Trabajo normal (industria liviana)	500
Trabajo fino (ensambles electrónicos)	750
Trabajo muy fino (ensamble de instrumentos)	1500
Industrias químicas y plásticos	
En procesos automáticos	150
Plantas al interior	300
Salas de laboratorios	500
Industria farmacéutica	500
Industrias del caucho	500
Inspección	750
Control de colores	1000
Fábricas de vestimenta	
Planchado	500
Costura	750
Inspección	1000
Industrias eléctricas	
Fabricación de cables	300
Bobinados	500
Ensamblaje de partes pequeñas	1000
Pruebas y ajustes	1000
Ensamble de elementos electrónicos	1500
Industrias alimentarias	
Procesos automáticos	200
Áreas de trabajo general	300
Inspección	500
Trabajos en vidrio y cerámica	
Salas de almacén	150
Áreas de mezclado y moldeo	300
Áreas de acabados manuales	300
Áreas de acabados mecánicos	500
Revisión gruesa	750
Revisión fina – Retoques	1000
Trabajos en hierro y acero	
Plantas automáticas	50
Plantas semi – automáticas	200
Zonas de trabajo manual	300
Inspección y control	500
Industrias de cuero	
Áreas de trabajo en general	
Prensado, curtiembre, costura	300
Producción de calzados	750
Control de calidad	1000
Trabajos de maquinado (forjado – torno)	
Forjado de pequeñas piezas	200
Maquinado en tornillo de banco	400
Maquinado simple en torno	750
Maquinado fino en torno e inspección de pequeñas partes	1500
Talleres de pintado	
Preparación de superficies	500
Pintado general	750
Pintado fino, acabados, control	1000
Fábricas de papel	
Procesos automáticos	200
Elaboración semi automática	300
Inspección	500
Imprentas – Construcción de libros	
Salas de impresión a máquina	500
Encuadernado	500
Composición, edición, etc.	750
Retoques	1000
Reproducciones e impresiones a color	1500
Grabados en acero y cobre	2000
Industrias textiles	
Área de desembalaje	200
Diseño	300
Hilados, cardados, teñidos	500
Hilados finos, entrelazados	750
Cosido, inspección	1000
Industrias en madera	
Aserradero	200
Ensamble en tornillo de banco	300
Trabajo con máquinas	500
Acabados	750
Inspección control calidad	1000
Oficinas	
Archivos	200
Salas de conferencia	300
Salas de cómputo	500
Oficinas con trabajo intenso	750
Salas de diseño	1000
Centros de enseñanza	
Salas de lectura	300
Laboratorios, talleres, gimnasios	500
Tiendas	
Tiendas convencionales	300
Tiendas de autoservicio	500
Tiendas de exhibición	750
Edificios Públicos	
Salas de cine	150
Salas de conciertos y teatros	200
Museos y galerías de arte	300
Iglesias	
nave central	100
altar y púlpito	300
Viviendas	
Dormitorios	
general	50
cabecera de cama	200
Baños	
general	100
área de espejo	500
Salas	
general	100
área de lectura	500

AMBIENTES	ILUMINANCIA (lux)
Salas de estar	100
Cocinas	
general	300
áreas de trabajo	500
Área de trabajo doméstico	300
Dormitorio de niños	100
Hoteles y restaurantes	
Comedores	200
Habitaciones y baños	
general	100
local 300	300
Áreas de recepción, salas de conferencia	300
Cocinas	500
Subestaciones eléctricas al interior	
Alumbrado general	200
Alumbrado local	500
Alumbrado de emergencia	50
Hospitales – Centros Médicos	
Corredores o pasillos	
durante la noche	50
durante el día	200
Salas de pacientes	
circulación nocturna	1
observación nocturna	5
alumbrado general	150
exámenes en cama	300
Salas de exámenes	
alumbrado general	500
iluminación local	1000
Salas de cuidados intensivos	
cabecera de cama	50
observación local	750
Sala de enfermeras	300
Salas de operaciones	
sala de preparación	500
alumbrado general	1000
mesa de operaciones	100000
Salas de autopsias	
alumbrado general	750
alumbrado local	5000
Laboratorios y farmacias	
alumbrado general	750
alumbrado local	1000
Consultorios	
alumbrado general	500
alumbrado local	750

Paso 1: Se aplica la fórmula: $E_{int} = E_{ext} \times FLDc$

Donde,

E_{int} Iluminancia interior
FLDc Factor de Luz Diurna Corregido
E_{ext} Iluminancia exterior

Finalmente,

• Si la iluminancia interior es menor o igual a la indicada por la Tabla Nº 19, para el ambiente y actividad respectiva, entonces el área de ventanas sí cumple con la Norma.

• Si la iluminancia interior es mayor a la indicada por la Tabla Nº 19, para el ambiente y actividad respectiva, entonces el usuario deberá adecuar el área de ventanas para que se cumpla con la Norma.

Paso 2: Se identifica la iluminancia exterior (E_{ext}) de acuerdo a la longitud en donde se halla el proyecto, según la siguiente tabla.

Tabla Nº 21

Zona bioclimática	Iluminación Exterior Promedio
1	5500 Lm.
2	6000 Lm.
3	7500 Lm.
4	8500 Lm.
5	9000 Lm.
6	10000 Lm.
7	7500 Lm.
8	7500 Lm.
9	7500 Lm.

Paso 3: Cálculo del Factor de Luz Diurna Corregido (FLDc)

$$FLDc\ (\%) = (FLDd + CRI) \times FR$$

Donde:

FLDd Factor de Luz de Día Directo
CRI Coeficiente de Reflexión Interna
FR Factor de Reducción

Cálculo del Factor de Luz de Día Directo (FLDd)

Este cálculo considera dos posibles condiciones: Cielo cubierto uniforme (CCU) y cielo cubierto no uniforme (CCNU). El CCU es el típico cielo de Lima. El CCNU es el típico cielo de la Sierra.

La iluminación exterior dependerá de la distribución de la luminiscencia en el cielo, el cual podrá tipificarse como cielo cubierto uniforme, (Principalmente las zonas 1 y 2) y cielo cubierto no uniforme el resto de zonas.

1. El Factor de Luz de Día Directo para Cielo Cubierto Uniforme (*FLDd (CCU)*) se obtiene de la siguiente fórmula:

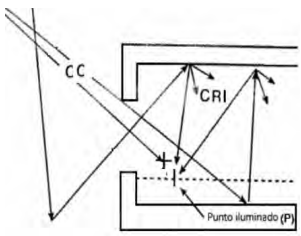
$$FLDd\ (CCU) = \frac{(arctanM - R \times (arctanM \times R))}{3.6}$$

Donde,

$M = L/D$ $T = H/D$ $R = 1/\sqrt{(1 + T^2)}$

L ancho de la ventana
H altura de la ventana
D distancia perpendicular al punto **P** a calcular.



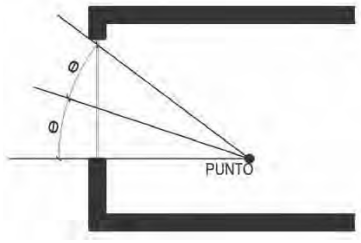


2. El Factor de Luz de Día Directo para Cielo Cubierto No Uniforme (FLDd (CCNU)) se obtiene de la siguiente fórmula:

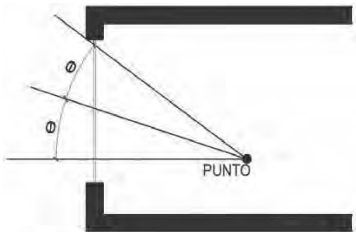
$$FLDd\ (CCNU) = (3/7) \times FLDd\ (CCU) \times (1 + 2sen\varphi)$$

Donde,

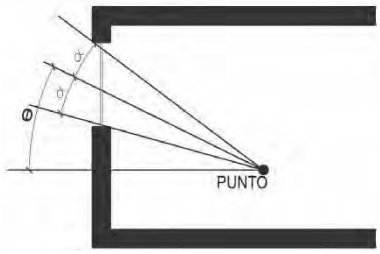
φ Ángulo que forma la bisectriz, medida desde la línea del horizonte.



Caso 1: Ángulo φ (para punto a iluminar ubicado a la misma altura del alfeizar).



Caso 2: Ángulo φ (para punto a iluminar ubicado sobre el alfeizar).



Caso 3: Ángulo φ (para punto a iluminar ubicado bajo el nivel del alfeizar).

Cálculo del Coeficiente de Reflexión Interna (R)

Se halla el área de la ventana (AV). Se halla el área del piso (AP). Se dividen ambos: AV/AP y se utiliza el porcentaje. La Tabla Nº 20 da los valores aproximados.

Por razones de simplificación de cálculo, el valor de CRI lo obtendremos directamente del cuadro adjunto. Para ello deberá tener en cuenta las siguientes consideraciones respecto a las reflejancias. (Para poder establecer el porcentaje a emplear, el método de elección está especificado en la guía respectiva).

Tabla Nº 20

AV/AP	AV%AP	Factor de reflexión del piso											
		10				20				40			
		Factor de reflexión del muro											
		20	40	60	80	20	40	60	80	20	40	60	80
		%				%				%			
1:50	2	--	--	0.1	0.2	--	0.1	0.1	0.2	--	0.1	0.2	0.3
1:20	5	0.1	0.1	0.1	0.4	0.1	0.2	0.3	0.5	0.1	0.2	0.4	0.6
1:14	7	0.1	0.2	0.3	0.5	0.1	0.2	0.4	0.6	0.2	0.3	0.6	0.8
1:10	10	0.1	0.2	0.4	0.7	0.2	0.3	0.6	0.9	0.3	0.5	0.8	1.2
1:6.7	15	0.2	0.4	0.6	1.0	0.2	0.5	0.8	1.3	0.4	0.7	1.1	1.6
1:5	20	0.2	0.5	0.8	1.4	0.3	0.6	1.1	1.7	0.5	0.9	1.5	2.0
1:4	25	0.3	0.6	1.0	1.7	0.4	0.8	1.3	2.0	0.6	1.1	1.8	2.5
1:3.3	30	0.3	0.7	1.2	2.0	0.5	0.9	1.5	2.4	0.8	1.3	2.1	3.0
1:2.9	35	0.4	0.8	1.4	2.3	0.5	1.0	1.8	2.8	0.9	1.5	2.4	3.5
1:2.5	40	0.5	0.9	1.6	2.6	0.6	1.2	2.0	3.1	1.0	1.7	2.7	4.0
1:2.2	45	0.5	1.0	1.8	2.9	0.7	1.3	2.2	3.4	1.2	1.9	3.0	4.4
1:2	50	0.6	1.1	1.9	3.1	0.8	1.4	2.3	3.7	1.3	2.1	3.2	4.8

Cálculo del Factor de Reducción (FR)

FR = Mantenimiento x Transmitancia x Obstrucciones x Carpintería

Donde,

El coeficiente de *Mantenimiento* se puede asumir como 0.8.

El coeficiente de *Transmitancia* dependerá del tipo de vidrio que se utilice.

El coeficiente de *Obstrucciones* dependerá del porcentaje de elementos opacos que posea la ventana.

El coeficiente de *Carpintería* dependerá del porcentaje de marco que posea la ventana.

ANEXO Nº 7: Control Solar (Informativo)

El confort lumínico no solo se alcanza proporcionando una correcta dimensión de ventanas para los ambientes del proyecto. También es necesario considerar la orientación de éstas con respecto al movimiento del sol sobre el proyecto y la forma en que la radiación incide sobre las ventanas. En zonas de frío extremo, se priorizará lo térmico a lo lumínico.

El Perú, al encontrarse dentro de la zona “tropical” (zona definida por la franja entre del trópico de Cáncer y el Trópico de Capricornio, latitudes 23,5ºN y 23,5ºS, respectivamente), posee un recorrido solar bastante perpendicular sobre los proyectos. Esto se traduce en una radiación intensa, que a su vez está relacionada con los buenos niveles de iluminación natural con que se cuenta en todas las zonas bioclimáticas. Por este motivo, se debe trabajar con la geometría solar del lugar donde se ubique el proyecto para aprovechar al máximo las condiciones climáticas propias de cada zona.

Esto requiere dominar y conocer el posicionamiento y movimiento del sol sobre el proyecto, pues es la fuente de luz natural. Éste está determinado por la latitud en que se encuentra cada proyecto.

Existirán situaciones críticas respecto a la posición del sol, como pies forzados o malas orientaciones de lotes, en las que los proyectistas deben proponer soluciones especiales para evitar deslumbramiento y sobre calentamiento en las edificaciones.

Para ayudar a cumplir estos criterios, se han calculado los ángulos de incidencia solar con los cuales los arquitectos podrán proveer distintos diseños enfocados a lograr un control solar y una adecuada iluminación natural.

Como primera medida, se debe identificar la orientación predominante de las ventanas según el siguiente gráfico.

Gráfico Nº 1: Para hallar la orientación predominante de las ventanas



Dependiendo de la orientación, se recomienda proveer algún sistema de protección considerando ángulos de incidencia solar por orientación predominante de la ventana. Éstos han sido calculados (a través de geometría solar) para distintas latitudes, calculando un promedio para cada orientación.

La protección en fachadas se consideró entre las 09:00 y las 15:00 horas para las siguientes latitudes del Perú: 0º, -2º, -4º, -6º, -8º, -10º, -12º, -16º y -18º. Con ello se obtuvo un rango de trabajo con el cual se determinaron los ángulos de diseño para protección solar en cada una de ellas.

Con esa información se calculó un promedio para trabajar cada una de las fachadas tipo: Norte, Sur, Este, Oeste, Noroeste, Sureste, Suroeste y Noreste.

A continuación se presentan los ángulos promedio para el diseño de protección solar. Ver los gráficos de protección solar recomendados por orientación según cada latitud en el *Subcapítulo 6.8. Diseño de protecciones solares* de la Guía para el Diseño de Edificaciones Energéticamente Eficientes en el Perú.

Los siguientes ángulos son recomendados para lograr una protección solar que evite el recalentamiento interior y contrastes y reflejos excesivos. Su utilización supondrá una pequeña reducción en los niveles de iluminación interior, que para efectos de la aplicación de la norma será desestimada.

Esto se debe a que el cálculo realizado de dimensión de ventanas, considera las peores condiciones de iluminación exterior, por lo que los niveles de iluminación normalmente estarán por encima de este nivel y por lo tanto la iluminación interior no será afectada considerablemente por los sistemas de protección solar.

Tabla Nº 24 - Ángulo de diseño de protección solar según orientación de fachada

	Latitud Sur	Ángulo
Orientación **NORTE**	0º	58
	2º	56
	4º	54
	6º	52
	8º	50
	10º	48
	12º	46
	14º	44
	16º	42
	18º	40

	Latitud Sur	Angulo
Orientación **SUR**	0º	58
	2º	60
	4º	62
	6º	64
	8º	66
	10º	68
	12º	70
	14º	72
	16º	74
	18º	76

	Latitud Sur	Angulo
Orientación **ESTE**	0º	41
	2º	41
	4º	41
	6º	41
	8º	41
	10º	40
	12º	40
	14º	40
	16º	39
	18º	39

	Latitud Sur	Angulo
Orientación **OESTE**	0º	49
	2º	49
	4º	49
	6º	49
	8º	49
	10º	49
	12º	48
	14º	48
	16º	48
	18º	47

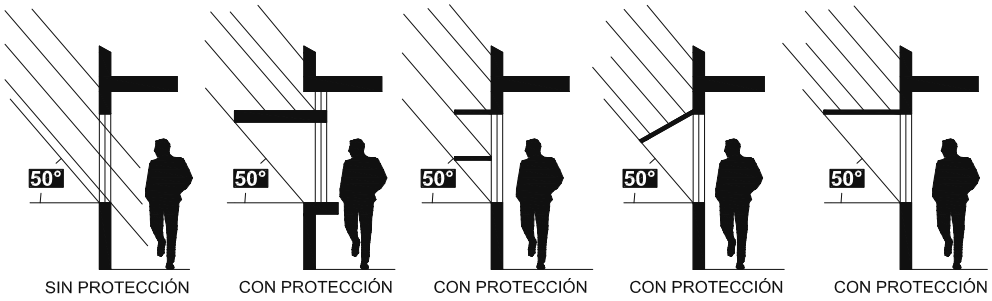
	Latitud Sur	Ángulo de Diseño
Orientación **NOROESTE**	0º	61
	2º	60
	4º	59
	6º	58
	8º	57
	10º	55
	12º	54
	14º	53
	16º	52
	18º	51

	Latitud Sur	Angulo
Orientación **SURESTE**	0º	54
	2º	55
	4º	56
	6º	57
	8º	58
	10º	59
	12º	60
	14º	61
	16º	62
	18º	63

	Latitud Sur	Angulo
Orientación **SUROESTE**	0º	61
	2º	63
	4º	64
	6º	65
	8º	66
	10º	68
	12º	69
	14º	70
	16º	71
	18º	73

	Latitud Sur	Angulo
Orientación **NOROESTE**	0º	54
	2º	53
	4º	52
	6º	51
	8º	50
	10º	49
	12º	48
	14º	47
	16º	46
	18º	45

Ejemplos de protecciones para un ángulo de 50°



1082132-1

