

SECRETARIA DE ENERGIA

NORMA Oficial Mexicana NOM-024-ENER-2012, Características térmicas y ópticas del vidrio y sistemas vidriados para edificaciones. Etiquetado y métodos de prueba.

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-024-ENER-2012, CARACTERISTICAS TERMICAS Y OPTICAS DEL VIDRIO Y SISTEMAS VIDRIADOS PARA EDIFICACIONES. ETIQUETADO Y METODOS DE PRUEBA.

EMILIANO PEDRAZA HINOJOSA, Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Preservación y Uso Racional de los Recursos Energéticos (CCNNPURRE) y Director General de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, con fundamento en los artículos: 33 fracción X de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 1, 6, 7 fracción VII, 10, 11 fracciones IV y V y quinto transitorio de la Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía, 38 fracción II, 40 fracciones I, X y XII, 41, 44, 45, 46 y 47 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 28 y 34 del Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 3 fracción VI inciso c), 33, 34 fracciones XIX, XX, XXII, XXIII y XXV y 40 del Reglamento Interior de la Secretaría de Energía; expide la siguiente:

Norma Oficial Mexicana NOM-024-ENER-2012, características térmicas y ópticas del vidrio y sistemas vidriados para edificaciones. Etiquetado y métodos de prueba.

Que la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, define las facultades de la Secretaría de Energía, entre las que se encuentra la de expedir normas oficiales mexicanas que promueven la eficiencia del sector energético;

Que la Ley Federal sobre Metrología y Normalización señala como una de las finalidades de las normas oficiales mexicanas el establecimiento de criterios y/o especificaciones que promuevan el mejoramiento del medio ambiente, la preservación de los recursos naturales y salvaguardar la seguridad al usuario;

Que habiéndose cumplido el procedimiento establecido en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización para la elaboración de proyectos de normas oficiales mexicanas, el Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Preservación y Uso Racional de los Recursos Energéticos, ordenó la publicación del Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-024-ENER-2012, características térmicas y ópticas del vidrio y sistemas vidriados para edificaciones. Etiquetado y métodos de prueba; lo que se realizó en el Diario Oficial de la Federación el 17 de mayo de 2012, con el objeto de que los interesados presentaran sus comentarios al citado Comité Consultivo que lo propuso;

Que durante el plazo de 60 días naturales contados a partir de la fecha de publicación de dicho proyecto de Norma Oficial Mexicana, la Manifestación de Impacto Regulatorio a que se refiere el artículo 45 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización estuvo a disposición del público en general para su consulta; y que dentro del mismo plazo, no se recibieron comentarios sobre el contenido del citado proyecto de Norma Oficial Mexicana.

Que la Ley Federal sobre Metrología y Normalización establece que las normas oficiales mexicanas se constituyen como el instrumento idóneo para la prosecución de estos objetivos, se expide la siguiente Norma Oficial Mexicana NOM-024-ENER-2012, características térmicas y ópticas del vidrio y sistemas vidriados para edificaciones. Etiquetado y métodos de prueba.

Sufragio Efectivo. No Reelección.

México, D.F., a 2 de octubre de 2012.- El Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Preservación y Uso Racional de los Recursos Energéticos (CCNNPURRE) y Director General de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, **Emiliano Pedraza Hinojosa**.- Rúbrica.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-024-ENER-2012, CARACTERISTICAS TERMICAS Y OPTICAS DEL VIDRIO Y SISTEMAS VIDRIADOS PARA EDIFICACIONES. ETIQUETADO Y METODOS DE PRUEBA**PREFACIO**

Esta Norma Oficial Mexicana fue elaborada por el Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Preservación y Uso Racional de los Recursos Energéticos (CCNNPURRE), con la colaboración de los siguientes organismos, instituciones y empresas:

- Asociación de Empresas para el Ahorro de Energía en la Edificación A.C.
- Asociación de Fabricantes de Vidrio de Seguridad A.C.
- Centro de Investigación en Energía-UNAM
- Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico - DGEST - SNEST - SEP
- Comisión Federal de Electricidad
- Divimex es Cristal
- Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica
- Guardian Industries VPS de R.L. de C.V.
- Huper Optik
- Organismo Nacional de Normalización y Certificación en la Construcción y Edificación, S.C.
- Saint-Gobain Glass México
- Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Cuajimalpa
- Vidrios Marte, S.A. de C.V.
- Vitro Vidrio Plano

Esta norma oficial mexicana tiene por objeto, establecer los métodos de prueba para evaluar la transmitancia visible, el coeficiente de ganancia de calor solar, el coeficiente de sombreado, el coeficiente global de transferencia de calor y el coeficiente visible térmico, que se indiquen en los sistemas vidriados que se comercialicen en el país.

Responde a la necesidad de incrementar el ahorro de energía y la preservación de los recursos energéticos a través de la utilización de mejores materiales, así como a la de proteger al consumidor, orientándole en la selección de los materiales que le ofrezcan la mejor alternativa para su necesidad de aislar térmicamente su edificación, sin perder las características de diseño.

CONTENIDO

1. Objetivo
2. Campo de aplicación
3. Referencias
4. Definiciones
 - Absortancia
 - Coeficiente de ganancia de calor solar
 - Coeficiente de sombreado
 - Coeficiente global de transferencia de calor
 - Coeficiente visible térmico
 - Efecto fotoeléctrico
 - Efecto Seebeck
 - Emisividad
 - Espectral
 - Espectrofotómetro
 - Irradiancia
 - Radiación Solar
 - Reflectancia
 - Reflectancia difusa
 - Reflectancia especular
 - Sistema vidriado
 - Transmitancia

5. Especificaciones
 - 5.1. Transmitancia visible
 - 5.2. Coeficiente de ganancia de calor solar
 - 5.3. Coeficiente de sombreado
 - 5.4. Coeficiente global de transferencia de calor
 - 5.5. Coeficiente visible térmico
6. Muestreo
7. Métodos de prueba
 - 7.1. Espesor
 - 7.2. Características ópticas obtenidas por medición
 - 7.3. Características térmicas obtenidas por cálculo
 - 7.4. Informe de prueba
8. Etiquetado
9. Procedimiento para evaluación de la conformidad
10. Vigilancia
11. Sanciones
12. Bibliografía
13. Concordancia con normas internacionales
14. Transitorios

Apéndices normativos e informativos

1. Objetivo

Esta norma oficial mexicana establece la obligación de certificar las características ópticas y térmicas de los vidrios y sistemas vidriados, así como, los métodos de prueba para su verificación, con el fin de asegurar el comportamiento térmico de la envolvente de los edificios.

2. Campo de aplicación

Esta norma es aplicable a los vidrios y sistemas vidriados homogéneos transparentes y translúcidos, de fabricación nacional o de importación, para su utilización en las edificaciones que se construyan en el territorio nacional.

3. Referencias

Para la correcta aplicación de esta norma oficial mexicana deben consultarse y aplicarse las normas oficiales mexicanas siguientes o las que las sustituyan:

- NOM-008-SCFI-2002, Sistema general de unidades de medida.
- NOM-008-ENER-2001, Eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios no residenciales.

4. Definiciones

Absortancia

Es la fracción de la radiación incidente absorbida en un material, con relación a la radiación incidente.

Coeficiente de ganancia de calor solar (CGCS)

Es la proporción de la ganancia de calor que entra a través de un sistema vidriado por la radiación solar incidente. La ganancia de calor solar incluye la radiación solar transmitida directamente y la fracción de la radiación solar absorbida, que se transfiere por radiación o convección hacia el espacio interior.

Coeficiente de sombreado (CS)

Es la razón entre la energía solar que se gana a través de un vidrio específico, a la energía solar que se gana a través de un vidrio claro de 3 mm de espesor, bajo idénticas condiciones.

Coeficiente global de transferencia de calor (K)

Es la densidad de transferencia de calor por unidad de superficie y por unidad de diferencia de temperatura entre los ambientes a cada lado del sistema vidriado.

Nota: Comúnmente conocido como valor "U".

Coeficiente visible térmico (CVT)

Es la razón entre la transmitancia visible y el coeficiente de ganancia de calor solar de un sistema vidriado.

Nota: Comúnmente conocido como valor "LSG".

Efecto fotoeléctrico

Consiste en la emisión de electrones por un material (metal y no-metal líquidos o gases) a consecuencia de absorber energía de radiación electromagnética (ultravioleta, luz visible o Infrarroja entre otros).

Efecto Seebeck

Se refiere a la emisión de electricidad en un circuito eléctrico compuesto por conductores distintos, mientras éstos tienen diferentes temperaturas.

Emisividad

Es la proporción de radiación térmica emitida por una superficie u objeto debido a una diferencia de temperatura determinada.

Espectral

Adjetivo que indica que la propiedad o característica del vidrio fue evaluada en un rango de longitud de onda específico.

Espectrofotómetro

Es un instrumento que sirve para medir, en función de la longitud de onda, la relación entre valores de una misma magnitud fotométrica relativos a dos haces de radiaciones.

Irradiancia

Es la magnitud utilizada para describir la potencia incidente por unidad de superficie de todo tipo de radiación electromagnética y se mide en W/m^2 .

Radiación solar

Se conoce por radiación solar, al conjunto de ondas electromagnéticas emitidas por el sol y se mide en W/m^2 .

Reflectancia

Es la fracción de la radiación incidente reflejada en un material con relación a la radiación incidente.

Reflectancia difusa

Es la reflectancia direccional hemisférica menos la reflectancia especular.

Reflectancia especular

Indica que el flujo deja una superficie y material en un ángulo que es numéricamente igual al ángulo de incidencia, llega en el mismo plano como el del rayo incidente y perpendicular, pero está sobre el lado opuesto perpendicular a la superficie.

Sistema vidriado

Es un producto o conjunto de productos desarrollados para llenar aberturas de la envolvente de edificaciones, tal como fachadas, ventanas, puertas, domos, tragaluces, etc. y diseñado para permitir el paso de luz.

Transmitancia

Es la fracción de la radiación incidente transmitida en un material con relación a la radiación incidente.

5. Especificaciones**5.1. Transmitancia visible (T_v)**

El fabricante comercializador o importador, debe indicar la transmitancia visible de sus productos en %, el cual se verifica de acuerdo al método de cálculo indicado en el apéndice normativo A de esta norma.

5.2. Coeficiente de ganancia de calor solar (CGCS)

El fabricante, comercializador o importador debe indicar el coeficiente de ganancia de calor solar de sus productos (valor entre 0 y 1), el cual se verifica de acuerdo con el cálculo indicado en el apéndice normativo A de esta norma.

5.3. Coeficiente de sombreado (CS)

El fabricante, comercializador o importador debe indicar el coeficiente de sombreado de sus productos (valor entre 0 y 1), el cual se verifica de acuerdo con el cálculo indicado en el apéndice normativo A de esta norma.

5.4. Coeficiente global de transferencia de calor (K)

El fabricante, comercializador o importador debe indicar el coeficiente global de transferencia de calor de sus productos en $W/m^2 K$, el cual se verifica de acuerdo con el cálculo indicado en el apéndice normativo B de esta norma.

5.5. Coeficiente visible térmico (CVT)

El fabricante, comercializador o importador debe indicar el coeficiente visible térmico de sus productos, el cual se verifica de acuerdo con el cálculo indicado en el apéndice normativo B de esta norma.

6. Muestreo

Está sujeto a lo dispuesto en el inciso 9.7 de la presente Norma Oficial Mexicana.

7. Métodos de prueba

7.1. Espesor

La medición del espesor de las muestras deberá realizarse con un micrómetro de exteriores con resolución mínima de 0,01 milímetros, en el caso de instrumento de contacto se recomienda del tipo caras planas.

7.2. Características ópticas obtenidas por medición

7.2.1. Evaluación de la transmitancia espectral

7.2.1.1. Equipos

Espectrofotómetro con esfera de integración adjunta capaz de medir las características espectrales de las muestras o materiales que cubra la región del espectro solar en el intervalo de 300 a 2500nm con una incertidumbre menor que 3%. También podrá realizarse con un equipo que permita medir transmitancia solar en el intervalo de 300 a 2500nm con una incertidumbre menor que 3%.

7.2.1.2. Seleccionar en el espectrofotómetro la variable de transmitancia y el intervalo de medición de longitud de onda.

7.2.1.3. Realizar la medición con dos patrones del mismo material, Sulfato de Bario ($BaSO_4$) o Polímero de Tetra Fluoro Etileno (PTFE) en ambos puertos, para el de la muestra y para el de referencia (Línea de base).

7.2.1.4. Realizar la medición de la transmitancia con el puerto de la muestra vacía (línea de 100%).

7.2.1.5. Realizar la medición de la transmitancia colocando la muestra opaca metálica (línea de 0%).

7.2.1.6. Realizar la medición de la transmitancia colocando la muestra de vidrio en el puerto de entrada, sin importar la cara de medición.

7.2.1.7. En caso de doble o triple vidriado, repetir la operación del inciso 7.2.1.5 para los vidrios 2 y 3, respectivamente.

7.2.1.8. La transmitancia espectral para vidriados dobles se obtiene substituyendo los valores de transmitancia y reflectancia (7.2.4.1.), de las caras al interior de la(s) cámara(s) de gas de cada lámina del vidriado, en la ecuación (1) del apéndice normativo A.1, y para vidrios triples la ecuación (2) del mismo apéndice.

7.2.2. Evaluación de reflectancia espectral difusa

7.2.2.1. Seleccionar en el espectrofotómetro la variable reflectancia y el intervalo de longitud de onda.

7.2.2.2. Realizar la prueba de línea base en el espectrofotómetro, ver inciso 7.2.1.2.

7.2.2.3. Realizar la medición de la reflectancia difusa, en la cara 1 (exterior), de la muestra.

7.2.2.4. En caso de vidriado doble o triple, repetir la operación del inciso 7.2.2.3 en ambas caras de cada vidrio, exceptuando la cara que en el vidriado se ubica al interior.

7.2.2.5. Corregir los valores de reflectancia espectral difusa con los valores del material empleado para la realización de la línea base (PTFE o $BaSO_4$).

7.2.3. Evaluación de reflectancia espectral especular

7.2.3.1. Seleccionar en el espectrofotómetro el modo inverso y el intervalo de longitud de onda.

7.2.3.2. Sustituir en el espectrofotómetro una de las muestras de referencias (PTFE o $BaSO_4$) por una superficie especular de referencia (aluminio vaporizado).

7.2.3.3. Realizar la línea base con dos materiales, una con el material de $BaSO_4$ o PTFE y la otra con superficie especular de referencia, la cual se toma como el 100% de la medición para cada longitud de onda.

7.2.3.4. Realizar medición de la reflectancia especular, de la cara 1 (exterior) de la muestra.

7.2.3.5. En caso de doble o triple vidriado, repetir la operación del inciso 7.2.3.4 en ambas caras de cada vidrio, exceptuando la cara que en el vidriado se ubica al interior.

7.2.3.6. Corregir los valores de reflectancia espectral especular con los valores del material empleado para la realización de la línea base (aluminio vaporizado).

7.2.4. Medición de emisividad

7.2.4.1 Equipos

Espectrómetro, Emisómetro o Cámara infrarroja: Para determinar la emisividad de la muestra deberá realizarse con un Espectrómetro (3000 a 5000nm) de acuerdo al procedimiento del Apéndice D, con un emisómetro que permita medir la emisividad en un intervalo de sensibilidad a la longitud de onda de 3000 a 35000nm, con una incertidumbre menor que 3%.

En su defecto, se podrá utilizar también un radiómetro que funcione de manera diferencial (cámara infrarroja) que al menos sea sensible en un intervalo de 7000 a 12000nm y la emisividad deberá ser obtenida de la interpolación entre dos muestras de referencia. Para emisividades menores o iguales que 0,55 se deberán usar dos muestras de referencia una menor que 0,08 y la otra en el intervalo de 0,45 a 0,55. Para emisividades mayores que 0,55 se deberá utilizar una muestra de referencia de 0,45 a 0,55 y la restante de 0,83 a 1,00. La incertidumbre de la medición del equipo deberá ser menor o igual que $\pm 0,02$.

Nota: La calibración de los equipos y los patrones de referencia utilizados, previa a la evaluación de las muestras, se realizará conforme a lo indicado en los manuales de operación proporcionados por el fabricante del equipo respectivo.

7.2.4.1.1 La emisividad podrá determinarse a partir de medición de reflectancia normal especular espectral de acuerdo al procedimiento descrito en el Apéndice D. Pudiendo utilizar también las metodologías descritas en 7.2.4.1.2 y 7.2.4.1.4.

7.2.4.1.2. Determinar la emisividad de la muestra, interpolando la emisividad de la muestra con las emisividades de los materiales de referencia a 65°C, a partir de las temperaturas medidas con un radiómetro infrarrojo, de manera diferencial, en el intervalo mínimo de 7 000 a 12 000 nm, pudiendo extender sólo el límite superior hasta donde sea posible, para reducir la incertidumbre.

7.2.4.1.3. Los materiales de referencia se deben elegir de acuerdo al intervalo en el que se encuentre la superficie a evaluar. Se deberá contar con tres materiales de referencia para la medición de emisividad en los intervalos de 0,83 a 1,00, 0,45 a 0,55 y menor que 0,08, evaluados con incertidumbre de $\pm 0,02$, para propósitos de esta norma se podrá utilizar como material de referencia vidrio claro para el primer intervalo, latón oxidado para el segundo intervalo y acero inoxidable o aluminio vaporizado para el tercer intervalo.

7.2.4.1.4 La emisividad podrá ser determinada mediante el uso de metodologías donde se utilicen emisómetros basados en efecto Seebeck o fotoeléctrico. Para verificar su buen funcionamiento se deberán utilizar los materiales de referencia descritos en 7.2.4.1.3, antes de cada ronda de pruebas. En el caso de utilizar este tipo de metodologías, la incertidumbre de la medición total deberá ser menor o igual al 5%.

7.3. Características térmicas obtenidas por cálculo

7.3.1. Evaluación de la reflectancia espectral exterior $\rho_o(\lambda)$.

7.3.1.1. Para cada cara del vidrio calcular la reflectancia espectral exterior, $\rho_o(\lambda)$, haciendo la suma de la reflectancia espectral difusa (7.2.2) más la reflectancia espectral especular (7.2.3).

7.3.1.2 En el caso de sistemas vidriados dobles o triples, obtener la reflectancia espectral del sistema con múltiple lámina de vidrio, $\rho_o(\lambda)$, utilizando la ecuación (5) para vidriados dobles y la ecuación (6) para vidriados triples del apéndice normativo A.

Conforme a las ecuaciones indicadas en los apéndices normativos A y B y a los valores obtenidos en los incisos 7.2 y 7.3, proceder a calcular los valores de la transmitancia visible, coeficiente de ganancia de calor solar, coeficiente de sombreado, coeficiente global de transferencia de calor y el coeficiente visible térmico para cada una de las muestras de vidrio.

La transmitancia visible (τ_v) se calcula utilizando la ecuación (1) del apéndice normativo A. El coeficiente de ganancia de calor solar (CGCS) se calcula utilizando la ecuación (28) del apéndice normativo A. El Coeficiente de sombreado (CS) se calcula utilizando la ecuación (29) del apéndice normativo A. El coeficiente global de transferencia de calor (K o valor U) se obtiene mediante la ecuación (30) del apéndice normativo B. El coeficiente visible térmico (CVT) se determina con la ecuación (39) del apéndice normativo B.

7.4. Informe de prueba

El informe de prueba debe contener como mínimo los siguientes datos:

7.4.1. Identificación de las muestras

Identificar las muestras conforme al procedimiento especificado por el laboratorio que se encargará de la evaluación.

7.4.2. Resultado. Registro de los valores obtenidos de la transmitancia visible, el coeficiente de ganancia de calor solar, el coeficiente de sombreado, el coeficiente global de transferencia de calor y el coeficiente visible térmico, para cada una de las muestras.

8. Etiquetado

La información comercial de los productos objeto de la presente norma debe estar contenida en una etiqueta para su instalación y rastreabilidad, en cada sistema vidriado con caracteres legibles en idioma español, conteniendo al menos los siguientes datos:

- a) Nombre, marca o razón social del fabricante o comercializador
- b) Código de identificación del producto o productos certificados
- c) La transmitancia visible del sistema vidriado
- d) El coeficiente de ganancia de calor solar del sistema vidriado
- e) El coeficiente de sombreado del sistema vidriado
- f) El coeficiente global de transferencia de calor del sistema vidriado
- g) El coeficiente visible térmico del sistema vidriado
- h) Indicación para montaje (cara interior/exterior)

8.1. Permanencia

La etiqueta de eficiencia energética debe estar adherida o colocada en el producto ya sea por medio de un engomado o, en su defecto, por medio de un cordón, en cuyo caso, la etiqueta de eficiencia energética debe tener la rigidez suficiente para que no se flexione por su propio peso. En cualquiera de los casos no debe removerse del producto hasta después de que éste haya sido adquirido por el consumidor final.

8.2. Ubicación

La etiqueta de eficiencia energética debe estar ubicada en un área de exhibición del producto visible al consumidor.

8.3. Información

La etiqueta de eficiencia energética objeto de esta norma debe contener la información que se lista a continuación:

El tipo de letra puede ser Arial o Helvética.

8.3.1. La leyenda "Etiqueta de NOM-024-ENER-2011", en tipo negrita.

8.3.2. La leyenda "Nombre del comercializador", en tipo normal.

8.3.3. La leyenda "Nombre del producto", en tipo normal.

8.3.4. La leyenda "Código de identificación del producto", en tipo normal.

8.3.5. La leyenda "ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA VIDRIADO", en tipo negrita.

8.3.6. La leyenda "Transmitancia visible (%)" seguida del valor correspondiente, en tipo normal.

8.3.7. La leyenda "Coeficiente de sombreado (0 a 1)" seguido del valor correspondiente, en tipo normal.

8.3.8. La leyenda "Coeficiente de ganancia de calor solar (0 a 1)" seguido del valor correspondiente, en tipo normal.

8.3.9. La leyenda "Coeficiente global de transferencia de calor: ($W/m^2 K$)", seguido del valor correspondiente, en tipo normal.

8.3.10. La leyenda "Coeficiente visible térmico" seguido del valor correspondiente, en tipo normal.

8.3.11. La leyenda "Espesor (mm)", en tipo normal.

8.3.12. La leyenda "Tipo de vidrio", en tipo normal.

8.3.13. La leyenda "País de origen", en tipo normal.

8.3.14. La leyenda "Vidrio 1" seguida del valor del espesor, seguido del tipo de vidrio y seguido del país de origen, en tipo normal.

8.3.15. La leyenda "Vidrio 2" seguida del valor del espesor, seguido del tipo de vidrio y seguido del país de origen, en tipo normal.

8.3.16. La leyenda “Vidrio 3” seguida del valor del espesor, seguido del tipo de vidrio y seguido del país de origen, en tipo normal.

8.3.17. La leyenda “Cámara 1” seguida del valor del espesor, la leyenda “Contenido:” seguido del nombre del gas o aire, y seguido del país de origen, en tipo normal.

8.3.18. La leyenda “Cámara 2” seguida del valor del espesor, la leyenda “Contenido:” seguido del nombre del gas o aire, y seguido del país de origen, en tipo normal.

8.4. Dimensiones

Las dimensiones de la etiqueta son las siguientes:

Alto 14,0 cm ± 1 cm

Ancho 10,0 cm ± 1 cm

8.5. Distribución de la información y colores

8.5.1. La información debe distribuirse como se muestra en la figura 1, que presenta un ejemplo de etiqueta.

8.5.2. La distribución de los colores se realiza de la siguiente manera:

Toda la información descrita en el inciso 8.3, así como las líneas debe ser de color negro.

- El contorno de la etiqueta debe ser sombreado.
- El resto de la etiqueta debe ser de color amarillo.

Nota: La etiqueta aplica para vidrio monolítico, doble y triple vidriado según corresponda.



Figura 1. Ejemplo de distribución de la información de la etiqueta de productos de vidrio

9. Procedimiento para la evaluación de la conformidad

De conformidad con los artículos 68 primer párrafo, 70 fracciones I y 73 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, se establece el presente Procedimiento para la Evaluación de la Conformidad.

9.1. Objetivo

Este Procedimiento para la Evaluación de la Conformidad (PEC), establece los lineamientos a seguir por los organismos de certificación acreditados y aprobados conforme a la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, independientemente de los que, en su caso, determine la autoridad competente.

9.2. Referencias

Para la correcta aplicación de este PEC es necesario consultar los siguientes documentos vigentes:

- Ley Federal sobre Metrología y Normalización (LFMN).
- Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización (RLFMN).

9.3. Definiciones

Para los efectos de este PEC, se entenderá por:

9.3.1. Autoridades competentes: la Secretaría de Energía, a través de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía y la Procuraduría Federal del Consumidor, conforme a sus atribuciones.

9.3.2. Certificado de la conformidad del producto: documento mediante el cual el organismo de certificación para producto, hace constar que un producto o una familia de productos determinados cumple con las especificaciones establecidas en la NOM.

9.3.3. Especificaciones técnicas: la información técnica de los productos que describe que éstos cumplen con los criterios de agrupación de familia de producto y que ayudan a demostrar cumplimiento con las especificaciones establecidas en la NOM.

9.3.4. Evaluación de la conformidad: la determinación del grado de cumplimiento con la NOM.

9.3.5. Informe de certificación del sistema de calidad: el que otorga un organismo de certificación para producto a efecto de hacer constar, que el sistema de control de calidad del producto que se pretende certificar, contempla procedimientos para asegurar el cumplimiento con la NOM.

9.3.6. Informe de pruebas: el documento que emite un laboratorio de pruebas acreditado y aprobado en los términos de la LFMN, mediante el cual se presentan los resultados obtenidos en las pruebas realizadas a los productos.

9.3.7. Laboratorio de pruebas: el laboratorio de pruebas acreditado y aprobado para realizar pruebas de acuerdo con la NOM, conforme lo establece la LFMN y su Reglamento.

9.3.8. Organismo de certificación para producto: la persona moral acreditada y aprobada conforme a la LFMN y su Reglamento, que tenga por objeto realizar funciones de certificación a los productos referidos en la NOM.

9.3.9. Organismo de certificación para sistemas de la calidad: la persona moral acreditada y aprobada conforme a la LFMN y su Reglamento, que tenga por objeto realizar funciones de certificación de sistemas de aseguramiento de la calidad.

9.3.10. Producto: Todos los vidrios para edificaciones referidos en el campo de aplicación de la NOM.

9.3.11. Renovación del certificado de cumplimiento: la emisión de un nuevo certificado de cumplimiento, normalmente por un periodo igual al que se le otorgó en la primera certificación, previo seguimiento al cumplimiento con la NOM.

9.3.12. Vigilancia: la comprobación a la que están sujetos los productos certificados de acuerdo con la NOM, con el objeto de constatar que continúan cumpliendo con la NOM y del que depende la vigencia de dicha certificación.

9.4. Disposiciones generales

9.4.1. La autoridad competente resolverá controversias en la interpretación de este PEC.

9.4.2. La evaluación de la conformidad debe realizarse por el organismo de certificación de producto conforme a un informe de pruebas emitido por el Laboratorio de prueba, acreditado y aprobado conforme lo dispuesto en la LFMN.

9.4.3. La lista de los laboratorios de prueba y los organismos de certificación pueden consultarse en la entidad mexicana de acreditación y en la dependencia o dependencias competentes, además de que dicha relación aparece publicada en el Diario Oficial de la Federación, pudiéndose consultar también en la página de Internet de la Secretaría de Economía y de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía.

9.4.4. Los gastos que se originen por los servicios de certificación y pruebas de laboratorio, por actos de evaluación de la conformidad, serán a cargo de la persona a quien se efectúe ésta conforme a lo establecido en el artículo 91 de la LFMN.

9.5. Opciones de certificación

9.5.1. Para obtener el certificado de la conformidad del producto, el solicitante podrá optar por la modalidad de certificación mediante pruebas periódicas al producto, o por la modalidad de certificación mediante el sistema de control de la calidad de la línea de producción.

9.6. Procedimiento

9.6.1. El usuario debe solicitar la evaluación de la conformidad con la NOM, al organismo de certificación para producto, cuando lo requiera para dar cumplimiento a las disposiciones legales o para otros fines de su propio interés y el organismo de certificación para producto entregará al interesado la solicitud de servicios de certificación, el contrato de prestación de servicios y la información necesaria para llevar a cabo el proceso de certificación de producto.

9.6.2. El organismo de certificación para producto, debe dar respuesta a las solicitudes de certificación, renovación, cambios en el alcance de la certificación (tales como modelo, clave, etc.).

9.6.3. Una vez que el interesado ha analizado la información proporcionada por el organismo de certificación para producto, presentará la siguiente documentación:

9.6.3.1. Para el certificado de la conformidad con verificación mediante pruebas periódicas al producto:

- Solicitud de certificación
- Contrato de prestación de servicios
- Copia de la Cédula de Registro Federal de Contribuyentes del solicitante.
- Original del informe de pruebas realizadas por un laboratorio de prueba acreditado y aprobado, para cada producto que integra la familia.
- Copia del certificado de cumplimiento otorgado con anterioridad, en su caso.

9.6.3.2. Para el certificado de conformidad del producto con verificación mediante el sistema de control de la calidad de la línea de producción:

- Solicitud de certificación
- Contrato de prestación de servicios
- Copia de la Cédula de Registro Federal de Contribuyentes del solicitante.
- Original del informe de pruebas realizadas por un laboratorio de prueba acreditado y aprobado, para cada producto que integra la familia.
- Copia del certificado de cumplimiento otorgado con anterioridad, en su caso.
- Copia del certificado de sistema de calidad por Organismo Certificador acreditado por la entidad de acreditación amparando la línea de producción del producto a certificar (en su caso). Para el caso en el que el solicitante cuente con un sistema de aseguramiento de la calidad certificado deberá enviar al organismo de certificación de producto un documento que avale la verificación del sistema de control de calidad (ver modelo de carta Apéndice informativo G). En caso de que el organismo de certificación del sistema de calidad no envíe la carta correspondiente el organismo de certificación de producto podrá verificar el sistema de control de calidad.

9.6.4. El solicitante debe elegir un laboratorio de pruebas, con objeto de someter a pruebas de laboratorio las muestras que se indican en la Tabla 1. El muestreo estará a cargo del organismo de certificación para producto.

9.7. Muestreo

9.7.1. Para efectos de muestreo, éste debe de sujetarse a lo dispuesto en la Tabla 1, seleccionando, del universo de productos que se tengan.

Tabla 1.- Muestras

Prueba	Certificación inicial		Verificación	
	Piezas a evaluar	Segunda muestra (testigo)	Piezas a evaluar	Segunda muestra (testigo)
Transmitancia espectral	1 de 2cm x 6 cm	1 de 2 cm x 6 cm	1 de 2cm x 6 cm	1 de 2 cm x 6 cm
Reflectancia espectral difusa	1 de 2cm x 6 cm	1 de 2 cm x 6 cm	1 de 2cm x 6 cm	1 de 2 cm x 6 cm
Reflectancia espectral especular	1 de 2cm x 6 cm	1 de 2 cm x 6 cm	1 de 2cm x 6 cm	1 de 2 cm x 6 cm

9.8. Vigencia de los certificados de cumplimiento del producto.

9.8.1. Un año a partir de la fecha de su emisión, para los certificados de la conformidad con verificación mediante pruebas periódicas al producto.

9.8.2. Tres años a partir de la fecha de emisión, para los certificados de la conformidad con verificación mediante el sistema de control de la calidad de la línea de producción.

9.9. Visita de vigilancia.

9.9.1. El organismo de certificación para producto debe realizar visitas de vigilancia para constatar el cumplimiento con la NOM, de los productos certificados.

9.9.1.1 En la modalidad con seguimiento mediante pruebas periódicas al producto: El seguimiento se debe realizar durante la vigencia del certificado con una visita de vigilancia, tomando una muestra de cada producto, seleccionada por el organismo de certificación.

9.9.1.2. En la modalidad con certificación por medio del sistema de control de la calidad de la línea de producción, se deberá efectuar una visita de vigilancia por año para la revisión de su sistema de control de calidad, así como, el muestreo correspondiente, el muestreo de vigilancia podrá ser recabado en planta, bodega o punto de venta o comercialización; el tamaño de la muestra será de conformidad con la Tabla 1, y se le realizarán todas las pruebas, se escogerá al azar un producto de los certificados que se tengan.

9.9.2. De los resultados del seguimiento correspondiente, el organismo de certificación deberá comprobar que los valores sobre los cuales se otorgó la certificación inicial no exista una variación desfavorable en eficiencia energética. En caso de existir una variación desfavorable mayor al 8% entre los valores obtenidos de la certificación inicial y los de vigilancia, será motivo de una no conformidad que deberá ser corregida.

10. Vigilancia

La Secretaría de Energía, a través de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía y la Procuraduría Federal del Consumidor, conforme a sus atribuciones y en el ámbito de sus respectivas competencias, son las autoridades que están a cargo de vigilar el cumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana, una vez publicado en el Diario Oficial de la Federación, como Norma Oficial Mexicana definitiva.

11. Sanciones

El incumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana, una vez publicada, en el Diario Oficial de la Federación, como Norma Oficial Mexicana definitiva, debe ser sancionado conforme a lo dispuesto por la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y demás disposiciones legales aplicables.

12. Bibliografía

- Ley Federal sobre Metrología y Normalización, publicado en el Diario Oficial de la Federación el primero de julio de 1992.
- Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 14 de enero de 1999.
- Norma Española UNE-EN 673 Vidrio en la construcción, determinación del coeficiente de transmisión térmica U, método de cálculo.

13. Concordancia con normas internacionales

Esta norma concuerda parcialmente con:

ISO 9050 V2003 Determinación de transmitancia visible, transmitancia solar directa, transmitancia solar total de energía, transmitancia ultravioleta y factores de vidriado relacionados. Capítulo 3 y tablas 1, 2 y 3 (Glass in building – Determination of Light transmittance, solar direct transmittance, total solar energy transmittance, ultraviolet transmittance and related glazing factors).

14. Transitorios

Unico. La presente norma, una vez publicada en el Diario Oficial de la Federación, como norma oficial mexicana definitiva, entrará en vigor 180 días después de su publicación y a partir de esa fecha, todos los sistemas vidriados comprendidos dentro del campo de aplicación de la norma, deben ser certificados con base a la misma.

Sufragio Efectivo. No Reelección.

México, D.F., a 2 de octubre de 2012.- El Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Preservación y Uso Racional de los Recursos Energéticos (CCNNPURRE) y Director General de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, **Emiliano Pedraza Hinojosa**.- Rúbrica.

APENDICE A
(Normativo)

Procedimiento para calcular el coeficiente de ganancia de calor solar y el coeficiente de sombreado

A.1. Transmitancia visible (τ_V)

La transmitancia visible, τ_V , del sistema vidriado deberá calcularse utilizando la siguiente ecuación:

$$\tau_V = \frac{\sum_{\lambda=380nm}^{780nm} \tau(\lambda) D_\lambda V(\lambda) \Delta\lambda}{\sum_{\lambda=380nm}^{780nm} D_\lambda V(\lambda) \Delta\lambda} \quad (1)$$

donde:

D_λ es la distribución espectral relativa del iluminante D65.

$\tau(\lambda)$ es la transmitancia espectral del vidriado;

$V(\lambda)$ es la eficiencia luminosa relativa espectral.

$\Delta\lambda$ es el intervalo de longitudes de onda

La tabla 1 del apéndice C.1 indica los valores para $D_\lambda V(\lambda) \Delta\lambda$ para rangos de longitud de onda de 10nm.

La tabla ha sido elaborada de forma que $\sum D_\lambda V(\lambda) \Delta\lambda = 1$

En el caso de vidriado múltiple, la transmitancia espectral $\tau(\lambda)$ se calcula con las características espectrales de los componentes individuales. Alternativamente, las mediciones sobre unidades múltiples no difusas pueden ser desarrolladas utilizando una esfera de integración.

Para doble vidriado

$$\tau(\lambda) = \frac{\tau_1(\lambda) \tau_2(\lambda)}{1 - \rho'_1(\lambda) \rho_2(\lambda)} \quad (2)$$

Para triple vidriado

$$\tau(\lambda) = \frac{\tau_1(\lambda) \tau_2(\lambda) \tau_3(\lambda)}{[1 - \rho'_1(\lambda) \rho_2(\lambda)] - [1 - \rho'_2(\lambda) \rho_3(\lambda)] - \tau_2^2(\lambda) \rho'_1(\lambda) \rho_3(\lambda)} \quad (3)$$

donde:

$\tau_1(\lambda)$ es la transmitancia espectral para el vidrio 1;

$\tau_2(\lambda)$ es la transmitancia espectral del vidrio 2;

$\tau_3(\lambda)$ es la transmitancia espectral del vidrio 3;

$\rho_1(\lambda)$ es la reflectancia espectral del vidrio 1 medido en la dirección de la radiación incidente;

$\rho'_1(\lambda)$ es la reflectancia espectral del vidrio 1 medido en la dirección opuesta a la radiación incidente;

$\rho_2(\lambda)$ es la reflectancia espectral del vidrio 2 medido en la dirección de la radiación incidente;

$\rho'_2(\lambda)$ es la reflectancia espectral del vidrio 2 medido en la dirección opuesta a la radiación incidente;

$\rho_3(\lambda)$ es la reflectancia espectral del vidrio 3 medido en la dirección de la radiación incidente.

A.2 Reflectancia visible exterior

La reflectancia visible exterior del vidrio $\rho_{V,o}$ se determina utilizando la siguiente ecuación:

$$\rho_{V,o} = \frac{\sum_{\lambda=380nm}^{780nm} \rho_o(\lambda) D_\lambda V(\lambda) \Delta\lambda}{\sum_{\lambda=380nm}^{780nm} D_\lambda V(\lambda) \Delta\lambda} \quad (4)$$

a) Para doble vidriado:

$$\rho_o(\lambda) = \rho_1(\lambda) + \frac{\tau_1^2(\lambda)\rho_2(\lambda)}{1 - \rho_1'(\lambda)\rho_2(\lambda)} \quad (5)$$

b) Para triple vidriado:

$$\rho_o(\lambda) = \rho_1(\lambda) + \frac{\tau_1^2(\lambda)\rho_2(\lambda)[1 - \rho_2'(\lambda)\rho_3(\lambda)] + \tau_1^2(\lambda)\tau_2^2(\lambda)\rho_3(\lambda)}{[1 - \rho_1'(\lambda)\rho_2(\lambda)] \cdot [1 - \rho_2'(\lambda)\rho_3(\lambda)] - \tau_2^2(\lambda)\rho_1'(\lambda)\rho_3(\lambda)} \quad (6)$$

donde:

$\tau_1(\lambda)$ es la transmitancia espectral para el vidrio 1;

$\tau_2(\lambda)$ es la transmitancia espectral del vidrio 2;

$\rho_1'(\lambda)$ es la reflectancia espectral del vidrio 1 medido en la dirección opuesta a la radiación incidente;

$\rho_2(\lambda)$ es la reflectancia espectral del vidrio 2 medido en la dirección de la radiación incidente;

$\rho_2'(\lambda)$ es la reflectancia espectral del vidrio 2 medido en la dirección opuesta a la radiación incidente;

$\rho_3(\lambda)$ es la reflectancia espectral del vidrio 3 medido en la dirección de la radiación incidente.

A.3. Transmitancia solar (τ_e)

La transmitancia solar τ_e se determina de acuerdo con la ecuación (7).

$$\tau_e = \frac{\sum_{\lambda=300nm}^{2500nm} \tau(\lambda) S_\lambda \Delta\lambda}{\sum_{\lambda=300nm}^{2500nm} S_\lambda \Delta\lambda} \quad (7)$$

donde:

s_λ Es la distribución espectral relativa de la radiación solar;

$\tau(\lambda)$ Es la transmitancia espectral del vidriado

$\Delta\lambda$ Es el intervalo de la longitud de onda y los puntos de datos deben elegirse con la longitud de onda dada en la tabla C.2 del apéndice C.

La distribución espectral relativa, S_λ , utilizada para calcular la transmitancia solar directa τ_e , está derivada de la irradiancia solar global. Los valores correspondientes a $s_\lambda \Delta\lambda$ están dados en la Tabla C.2 del Apéndice C. Esta tabla está elaborada, de forma que $\sum S_\lambda \Delta\lambda = 1$.

En el caso de múltiple vidriado, la transmitancia espectral $\tau(\lambda)$ es calculada de acuerdo con A.1

A.4. Reflectancia solar (ρ_o)

La reflectancia solar directa debe calcularse utilizando la siguiente ecuación:

$$\rho_o = \frac{\sum_{\lambda=300nm}^{2500nm} \rho_o(\lambda) S_\lambda \Delta\lambda}{\sum_{\lambda=300nm}^{2500nm} S_\lambda \Delta\lambda} \quad (8)$$

donde:

s_λ es la distribución espectral relativa de la radiación solar;

$\rho_o(\lambda)$ es la reflectancia visible exterior del vidrio;

$\Delta\lambda$ es el intervalo de la longitud de onda y los puntos de datos deben elegirse con la longitud de onda dada en la Tabla C.2 del Apéndice C.

A.5. Factor de transferencia de calor secundario (q_s)

El coeficiente de ganancia de calor solar es la suma de la transmitancia efectiva y del calor secundario que es la fracción del calor absorbido que se va al interior como se muestra en la Figura A.1.

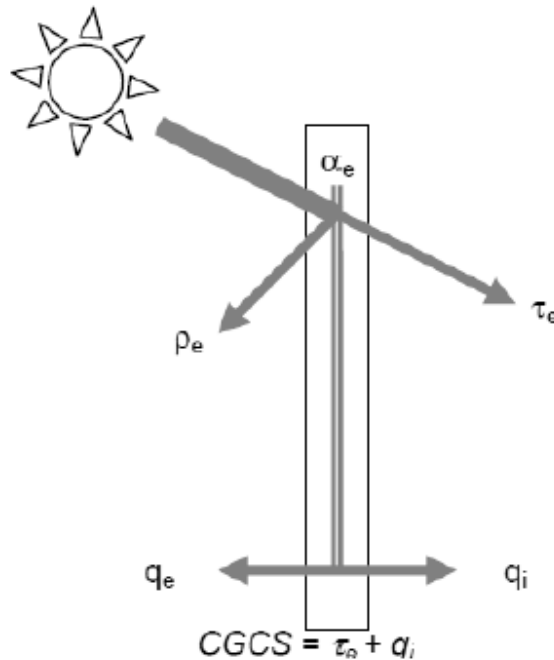


Figura A.1.- Comportamiento de la radiación solar a través de un vidrio.

A.5.1 Para vidrio monolítico el factor de transferencia de calor secundario hacia el interior, q_s , debe calcularse utilizando la siguiente fórmula:

$$q_i = \alpha_e \frac{h_i}{h_e + h_i} \quad (9)$$

donde:

α_e es la absorptancia solar

h_e y h_i son los coeficientes de transferencia de calor de la superficie exterior e interior del vidrio respectivamente en $W/(m^2K)$.

La absorptancia solar α_e de una muestra monolítica conociendo la reflectancia solar y la transmitancia solar se obtiene a partir de la siguiente relación:

$$\alpha_e = 1 - (\rho_e + \tau_e) \quad (10)$$

donde:

τ_e es la transmitancia solar

ρ_e es la reflectancia solar

α_e es la absorptancia solar

El coeficiente de transferencia de calor interno h_i , se determina mediante la fórmula:

$$h_i = h_r + h_c \quad (11)$$

donde:

h_r es la conductancia radiativa

h_c es la conductancia convectiva (Para convección natural $h_c = 3,6 W/(m^2K)$)

La conductancia radiativa para superficies de vidrio normal es de $4,4 W/(m^2K)$. Si la superficie interna del vidrio tiene alguna capa que modifique la emisividad, la conductancia radiativa estará dada por:

$$h_{\tau} = \left(\frac{4,4\varepsilon}{0,837} \right) \tag{12}$$

donde:

ε es la emisividad corregida de la cubierta de la superficie (para un vidrio verde claro, $\varepsilon = 0,837$)

La emisividad corregida está definida de acuerdo con el Apéndice normativo D.

Como la propuesta de esta norma es proveer información básica sobre el desempeño de sistemas vidriados, las siguientes condiciones convencionales han sido consideradas para simplificar los cálculos:

- Posición del sistema vidriado: Vertical
- Superficie exterior: velocidad aproximada del viento 0,73 m/s, emisividad corregida 0,837
- Superficie interior: convección natural; emisividad opcional
- Espacios de aire: sin ventilación

Bajo estas convenciones, los valores respectivos de h_e y h_i son:

$$h_e = 13 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

$$h_i = (3,6)_{\text{convectivo}} + (4,4)_{\text{radiativo}} = 8 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

A.5.2.- Para doble vidriado el factor de transferencia de calor secundario hacia el interior, q_i , se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$q_i = \frac{\left(\frac{\alpha_{e1} + \alpha_{e2} + \alpha_{e2}}{h_e} + \frac{\alpha_{e2}}{\Lambda} \right)}{\left(\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} + \frac{1}{\Lambda} \right)} \tag{13}$$

donde:

α_{e1} es la absorptancia solar directa del vidrio 1 en el doble vidriado

α_{e2} es la absorptancia solar directa del vidrio 2 en el doble vidriado

Λ es la conductancia térmica entre la superficie externa del vidrio exterior y la superficie interna del vidrio interior del doble vidriado (ver Figura A.2), en $(\text{W/m}^2\text{K})$.

h_e, h_i son los coeficientes de transferencia de calor de la superficie exterior e interior del vidrio respectivamente en $\text{W/(m}^2\text{K)}$

Código

1 Vidrio 1

2 Vidrio 2

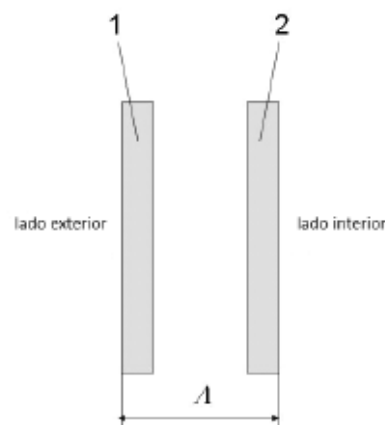


Figura A.2.- Dibujo representativo de la conductancia térmica Λ

Las características de α_{e1} y α_{e2} son calculadas como sigue:

$$\alpha_{e1} = \frac{\sum_{\lambda=300nm}^{2500nm} \left\{ \alpha_1(\lambda) + \frac{\alpha'_1(\lambda)\tau_1(\lambda)\rho_2(\lambda)}{1-\rho'_1(\lambda)\rho_2(\lambda)} \right\} S_\lambda \Delta\lambda}{\sum_{\lambda=300nm}^{2500nm} S_\lambda \Delta\lambda} \quad (14)$$

$$\alpha_{e2} = \frac{\sum_{\lambda=300nm}^{2500nm} \left\{ \frac{\alpha_2(\lambda)\tau_1(\lambda)}{1-\rho'_1(\lambda)\rho_2(\lambda)} \right\} S_\lambda \Delta\lambda}{\sum_{\lambda=300nm}^{2500nm} S_\lambda \Delta\lambda} \quad (15)$$

donde:

$\tau_1(\lambda)$ es la transmitancia espectral para el vidrio 1;

$\rho'_1(\lambda)$ es la reflectancia espectral del vidrio 1 medido en la dirección opuesta a la radiación incidente.

$\rho_2(\lambda)$ es la reflectancia espectral del vidrio 2 medido en la dirección de la radiación incidente.

$\alpha_1(\lambda)$ es la absorptancia espectral del vidrio 1, medido en la dirección de la radiación incidente, dada por la relación:

$$\alpha_1(\lambda) = 1 - \tau_1(\lambda) - \rho_1(\lambda) \quad (16)$$

$\alpha'_1(\lambda)$ es la absorptancia espectral del vidrio 1, medido en la dirección opuesta de la radiación incidente, dada por la relación:

$$\alpha'_1(\lambda) = 1 - \tau_1(\lambda) - \rho'_1(\lambda) \quad (17)$$

$\alpha_2(\lambda)$ es la absorptancia espectral del vidrio 2, medido en la dirección de la radiación incidente, dada por la relación:

$$\alpha_2(\lambda) = 1 - \tau_2(\lambda) - \rho_2(\lambda) \quad (18)$$

Los valores de $S_\lambda \Delta\lambda$ como los pasos de longitud de onda se dan en la Tabla C.2 del Apéndice C.

A.5.3 Para triple vidriado el factor de transferencia de calor secundario hacia el interior, q_i de un vidriado triple debe calcularse utilizando la siguiente ecuación:

$$q_i = \frac{\frac{\alpha_{e1} + \alpha_{e2} + \alpha_{e3}}{h_e} + \frac{\alpha_{e2} + \alpha_{e3}}{\Lambda_{12}} + \frac{\alpha_{e3}}{\Lambda_{23}}}{\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} + \frac{1}{\Lambda_{12}} + \frac{1}{\Lambda_{23}}} \quad (19)$$

donde:

α_{e1} es la absorptancia solar directa del vidrio 1 en el triple vidriado

α_{e2} es la absorptancia solar directa del vidrio 2 en el triple vidriado

α_{e3} es la absorptancia solar directa del vidrio 3 en el triple vidriado

h_e, h_i son los coeficientes de transferencia de calor hacia el lado exterior e interior

Λ_{12} es la conductancia térmica entre la superficie exterior del vidrio 1 y el punto medio del vidrio 2 (ver Figura A.3), determinada según el Apéndice normativo B;

Λ_{23} es la conductancia térmica entre el punto medio del vidrio 2 y el punto medio del vidrio 3 (ver Figura A.3), determinada según el Apéndice normativo B;

$\Lambda_{12} + \Lambda_{23} = \Lambda$ es la conductancia térmica total del sistema vidriado en $W/(m^2K)$

Las conductancias térmicas Λ , Λ_{12} y Λ_{23} deben determinarse con la ecuación (30) del Apéndice normativo B y conforme al procedimiento de iteración indicado en el Apéndice normativo E.

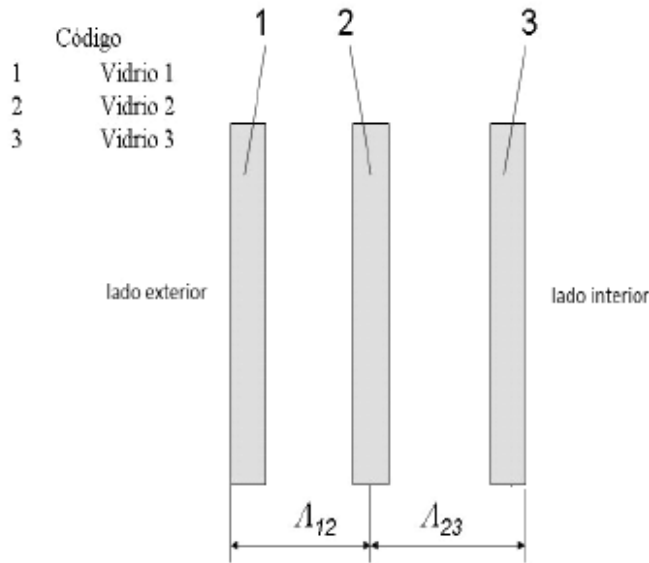


Figura A.3.- Ilustración representativa de las conductancias térmicas Λ_{12} y Λ_{23}

El cálculo de la absorptancia solar directa α_{e1} , α_{e2} , α_{e3} debe realizarse utilizando las ecuaciones 20, 21 y 22.

$$\alpha_{e1} = \frac{\sum_{\lambda=300\text{nm}}^{2500\text{nm}} \left\{ \alpha_1(\lambda) + \frac{\tau_1(\lambda)\alpha'_1(\lambda)\rho_2(\lambda)[1-\rho'_2(\lambda)\rho_3(\lambda)] + \tau_1(\lambda)\tau_2^2(\lambda)\alpha'_1(\lambda)\rho_3(\lambda)}{[1-\rho'_1(\lambda)\rho_2(\lambda)] \cdot [1-\rho'_2(\lambda)\rho_3(\lambda)] - \tau_2^2(\lambda)\rho'_1(\lambda)\rho_3(\lambda)} \right\} S_\lambda \Delta\lambda}{\sum_{\lambda=300\text{nm}}^{2500\text{nm}} S_\lambda \Delta\lambda} \quad (20)$$

$$\alpha_{e2} = \frac{\sum_{\lambda=300\text{nm}}^{2500\text{nm}} \left\{ \frac{\tau_1(\lambda)\alpha_2(\lambda)[1-\rho'_2(\lambda)\rho_3(\lambda)] + \tau_1(\lambda)\tau_2(\lambda)\alpha'_2(\lambda)\rho_3(\lambda)}{[1-\rho'_1(\lambda)\rho_2(\lambda)] \cdot [1-\rho'_2(\lambda)\rho_3(\lambda)] - \tau_2^2(\lambda)\rho'_1(\lambda)\rho_3(\lambda)} \right\} S_\lambda \Delta\lambda}{\sum_{\lambda=300\text{nm}}^{2500\text{nm}} S_\lambda \Delta\lambda} \quad (21)$$

$$\alpha_{e3} = \frac{\sum_{\lambda=300\text{nm}}^{2500\text{nm}} \left\{ \frac{\tau_1(\lambda)\tau_2(\lambda)\alpha_3(\lambda)}{[1-\rho'_1(\lambda)\rho_2(\lambda)] \cdot [1-\rho'_2(\lambda)\rho_3(\lambda)] - \tau_2^2(\lambda)\rho'_1(\lambda)\rho_3(\lambda)} \right\} S_\lambda \Delta\lambda}{\sum_{\lambda=300\text{nm}}^{2500\text{nm}} S_\lambda \Delta\lambda} \quad (22)$$

donde:

- $\tau_1(\lambda)$ es la transmitancia espectral del vidrio 1;
- $\tau_2(\lambda)$ es la transmitancia espectral del vidrio 2;
- $\rho'_1(\lambda)$ es la reflectancia espectral del vidrio 1 medido en la dirección opuesta a la radiación incidente.
- $\rho_2(\lambda)$ es la reflectancia espectral del vidrio 2 medido en la dirección de la radiación incidente.
- $\rho'_2(\lambda)$ es la reflectancia espectral del vidrio 2 medido en la dirección opuesta a la radiación incidente.
- $\rho_3(\lambda)$ es la reflectancia espectral del vidrio 3 medido en la dirección de la radiación incidente.
- $\alpha_1(\lambda)$ es la absorptancia espectral del vidrio 1, medido en la dirección de la radiación incidente, dada por la relación:

$$\alpha_1(\lambda) = 1 - \tau_1(\lambda) - \rho_1(\lambda) \quad (23)$$

$\alpha'_1(\lambda)$ es la absorptancia espectral del vidrio 1, medido en la dirección opuesta de la radiación incidente, dada por la relación:

$$\alpha'_1(\lambda) = 1 - \tau_1(\lambda) - \rho'_1(\lambda) \quad (24)$$

$\alpha_2(\lambda)$ es la absorptancia espectral del vidrio 2, medido en la dirección de la radiación incidente, dada por la relación:

$$\alpha_2(\lambda) = 1 - \tau_2(\lambda) - \rho_2(\lambda) \quad (25)$$

$\alpha'_2(\lambda)$ es la absorptancia espectral del vidrio 2, medido en la dirección opuesta a la radiación incidente, dada por la relación:

$$\alpha'_2(\lambda) = 1 - \tau_2(\lambda) - \rho'_2(\lambda) \quad (26)$$

$\alpha_3(\lambda)$ es la absorptancia espectral del vidrio 3, medido en la dirección de la radiación incidente, dada por la relación:

$$\alpha_3(\lambda) = 1 - \tau_3(\lambda) - \rho_3(\lambda) \quad (27)$$

Los valores de $S_\lambda \Delta_\lambda$ como los pasos de longitud de onda se dan en la Tabla C.2 del Apéndice C.

A.6. Coeficiente de ganancia de calor solar (CGCS)

El CGCS se obtiene de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$CGCS = \tau_s + q_i \quad (28)$$

donde:

τ_s Es la transmitancia solar, es decir, es la cantidad de radiación solar que se transmite a través del sistema vidriado compuesta por la radiación ultra-violeta, visible e infrarroja.

q_i Es el factor de transferencia de calor secundario hacia el interior de la edificación.

A.7. Coeficiente de sombreado (CS)

El coeficiente de sombreado se calcula como:

$$CS = \frac{CGCS}{0,87} \quad (29)$$

APENDICE B

(Normativo)

Cálculo del coeficiente global de transferencia de calor K y el coeficiente visible térmico, CVT.

B.1. El coeficiente global de transferencia de calor se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$K = \frac{1}{M} \quad (30)$$

donde:

K es el coeficiente global de transferencia de calor de un sistema vidriado, en $W/(m^2 K)$;

M es la resistencia térmica total del sistema vidriado, en $m^2 K/W$.

Resistencia térmica total de las porciones del sistema vidriado formado por capas homogéneas

La resistencia térmica total de un sistema vidriado formado con capas térmicamente homogéneas y perpendiculares al flujo de calor, deben calcularse con la siguiente ecuación:

$$M = \frac{1}{h_i} + \frac{1}{\Lambda} + \frac{1}{h_e} \quad (31)$$

donde:

M es la resistencia térmica total del sistema vidriado, en $m^2 K/W$;

h_i es la conductancia superficial interior, en $W/(m^2 K)$. Su valor es 8,1 para superficies verticales, 9,4 para superficies horizontales con flujo de calor hacia arriba (del piso hacia el aire interior o del aire interior hacia el techo), y 6,6 para superficies horizontales con flujo de calor hacia abajo (del techo al aire interior o del aire interior al piso).

h_e es la conductancia superficial exterior, y es igual a 13 $W/(m^2 K)$;

Λ es la conductancia térmica total del sistema vidriado en $W/(m^2 K)$

$$\frac{1}{\Lambda} = \sum_1^n \frac{1}{h_s} + \sum_1^o d_j \cdot r_j \quad (32)$$

donde:

h_s es la conductancia térmica de cada capa de gas;

n es el número de capas de gas

d_j es el espesor de cada vidrio del sistema;

r_j es la resistividad térmica de cada material (para el vidrio $r = 1 \text{ m K/W}$)

o es el número de vidrios del sistema

$$h_s = h_r + h_g \quad (33)$$

donde:

h_r es la conductancia térmica radiativa de la capa de gas

h_g es la conductancia térmica del gas

Para sistemas vidriados con más de una capa de gas el valor de las temperaturas y ΔT se debe calcular por iteración (ver apéndice normativo E).

La conductancia debida a la radiación viene dada por la fórmula:

$$h_r = 4\sigma \left(\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1 \right)^{-1} \cdot T_m^3 \quad (34)$$

donde:

σ es la constante de Stefan-Boltzman ($5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$)*;

T_m es la temperatura media absoluta de la capa de gas (283 K)*;

ε_1 y ε_2 son las emisividades corregidas a la temperatura T_m

* Condiciones límite normalizadas

La conductancia del gas h_g viene dada por la fórmula:

$$h_g = Nu \frac{\lambda}{s} \quad (35)$$

donde:

s espesor de la capa de gas en m;

λ es la conductividad térmica en $W/(m K)$;

Nu es el número de Nusselt

$$Nu = A (Gr Pr)^n \quad (36)$$

donde:

A es una constante;

Gr es el número de Grashof;

Pr es el número de Prandtl;

n es un exponente

$$Gr = \frac{9,81s^3 \Delta T \rho^2}{T_m \mu^2} \quad (37)$$

$$Pr = \frac{\mu c}{\lambda} \quad (38)$$

donde:

ΔT es la diferencia de temperatura entre las superficies vidriadas situadas a ambos lados de la cámara de gas (15 K)*;

ρ es la densidad en kg/m³;

μ es la viscosidad dinámica en kg/(m s);

c es la capacidad térmica másica en J/(kg K);

T_m es la temperatura media absoluta del gas K

* Condiciones límite normalizadas

El número de Nusselt se calcula a partir de la fórmula (36).

Si $Nu < 1$, se utiliza un valor $Nu = 1$ en la fórmula (35).

Vidrio vertical

Para vidrios verticales se utiliza:

$$A = 0,035$$

$$n = 0,38$$

Vidrio inclinado u horizontal

Para los vidrios inclinados u horizontales, y en presencia de un flujo térmico ascendente, la transferencia térmica por convección resulta aumentada.

Se debe tener en cuenta este efecto adoptando los valores de A y n siguientes en la ecuación (36)

$$\text{Vidrio horizontal:} \quad A = 0,16 \quad n = 0,28$$

$$\text{Vidrio inclinado } 45^\circ: \quad A = 0,10 \quad n = 0,31$$

Para ángulos intermedios se puede adoptar una interpolación lineal entre estos valores.

Cuando el flujo térmico está dirigido hacia abajo, se debe considerar que la convección es inexistente y adoptar un valor de $Nu = 1$ en la ecuación (35) para fines prácticos.

Para las superficies de vidrio sodocálcico sin capas o en los que las capas no tienen ningún efecto sobre la emisividad, se utiliza 0,837 como valor de la emisividad corregida.

Nota 1.- Se puede adoptar el mismo valor para el vidrio de borosilicato sin capas y el vidrio cerámico.

Para superficies recubiertas de capas reflectivas o de baja emisividad la emisividad deberá ser determinada vía reflectancia normal según el Apéndice D o con el emisómetro o con la cámara infrarroja.

Los valores para las propiedades de una serie de gases utilizados en vidrios aislantes se indican en la Tabla C.3 del Apéndice C.

Para mezclas de gases, las propiedades se obtienen por ponderación proporcional a las relaciones de sus volúmenes F_1, F_2, \dots :

$$\text{Gas 1: } F_1; \quad \text{Gas 2: } F_2, \text{ etc.}$$

$$\text{Por lo tanto } P = F_1 P_1 + F_2 P_2$$

donde:

P representa la propiedad en cuestión: conductividad térmica, densidad, viscosidad o capacidad térmica másica.

B.2 Coeficiente visible térmico (CVT)

El coeficiente visible térmico, C_{VT} , se determina como:

$$CVT = \tau_v / CGCS \quad (39)$$

APENDICE C

(Normativo)

Tablas de distribución espectral relativas normalizadas

Tabla C.1. Distribución espectral relativa normalizada $D_{\lambda} V(\lambda) \Delta\lambda$

λ nm	$D_{\lambda} V(\lambda) \Delta\lambda \times 10^2$	λ Nm	$D_{\lambda} V(\lambda) \Delta\lambda \times 10^2$
380	0	590	6,3306
390	0,0005	600	5,3542
400	0,0030	610	4,2491
410	0,0103	620	3,1502
420	0,0352	630	2,0812
430	0,0948	640	1,3810
440	0,2274	650	0,8070
450	0,4192	660	0,4612
460	0,6663	670	0,2485
470	0,9850	680	0,1255
480	1,5189	690	0,0536
490	2,1336	700	0,0276
500	3,3491	710	0,0146
510	5,1393	720	0,0057
520	7,0523	730	0,0035
530	8,7990	740	0,0021
540	9,4427	750	0,0008
550	9,8077	760	0,0001
560	9,4306	770	0,0000
570	8,6891	780	0,0000
580	7,8994		

Distribución espectral relativa normalizada D_{λ} del iluminante D65 multiplicada por la eficiencia luminosa espectral $V(\lambda)$ y por el intervalo de longitud de onda $\Delta\lambda$. Los valores en esta tabla son calculados de acuerdo a la regla trapezoidal.

Tabla C.2. Distribución espectral relativa normalizada de la radiación solar global

λ (nm)	$S_{\lambda} \Delta\lambda$	λ (nm)	$S_{\lambda} \Delta\lambda$
300	0	680	0,012838
305	0,000057	690	0,011788
310	0,000236	700	0,012453
315	0,000554	710	0,012798
320	0,000916	720	0,010589
325	0,001309	730	0,011233
330	0,001914	740	0,012175
335	0,002018	750	0,012181
340	0,002189	760	0,009515
345	0,002260	770	0,010479
350	0,002445	780	0,011381

355	0,002555	790	0,011262
360	0,002683	800	0,028718
365	0,003020	850	0,048240
370	0,003359	900	0,040297
375	0,003509	950	0,021384
380	0,003600	1000	0,036097
385	0,003529	1050	0,034110
390	0,003551	1100	0,018861
395	0,004294	1150	0,013228
400	0,007812	1200	0,022551
410	0,011638	1250	0,023376
420	0,011877	1300	0,017756
430	0,011347	1350	0,003743
440	0,013246	1400	0,000741
450	0,015343	1450	0,003792
460	0,016166	1500	0,009693
470	0,016178	1550	0,013693
480	0,016402	1600	0,012203
490	0,015794	1650	0,010615
500	0,015801	1700	0,007256
510	0,015973	1750	0,007183
520	0,015357	1800	0,002157
530	0,015867	1850	0,000398
540	0,015827	1900	0,000082
550	0,015844	1950	0,001087
560	0,015590	2000	0,003024
570	0,015256	2050	0,003988
580	0,014745	2100	0,004229
590	0,014330	2150	0,004142
600	0,014663	2200	0,003690
610	0,015030	2250	0,003592
620	0,014859	2300	0,003436
630	0,014622	2350	0,003163
640	0,014526	2400	0,002233
650	0,014445	2450	0,001202
660	0,014313	2500	0,000475
670	0,014023		

Distribución espectral relativa normalizada de la radiación solar global (directa + difusa) S_{λ} para masa de aire = 1,5, calculada de los valores dados en la Tabla C.1, columna 5, de ISO 9845-1:1992, multiplicado por el intervalo de longitud de onda $\Delta\lambda$. Los valores en esta tabla son calculados de acuerdo a la regla trapezoidal.

Tabla C.3. Propiedades de gases

Gas	Temperatura ϑ °C	Densidad ρ kg/m ³	Viscosidad dinámica μ Kg/(m s)	Conductividad Térmica λ W/(m K)	Capacidad térmica másica c J/(kg K)
Aire	-10	1,326	$1,661 \times 10^{-5}$	$2,336 \times 10^{-2}$	$1,008 \times 10^3$
	0	1,277	$1,711 \times 10^{-5}$	$2,416 \times 10^{-2}$	
	10*	1,232	$1,761 \times 10^{-5}$	$2,496 \times 10^{-2}$	
	20	1,189	$1,811 \times 10^{-5}$	$2,576 \times 10^{-2}$	
Argón	-10	1,829	$2,038 \times 10^{-5}$	$1,584 \times 10^{-2}$	$0,519 \times 10^3$
	0	1,762	$2,101 \times 10^{-5}$	$1,634 \times 10^{-2}$	
	10*	1,699	$2,164 \times 10^{-5}$	$1,684 \times 10^{-2}$	
	20	1,640	$2,228 \times 10^{-5}$	$1,734 \times 10^{-2}$	

APENDICE D

(Normativo)

Determinación de la emisividad normal y de la emisividad corregida

D.1.- Determinación de la emisividad con incidencia normal ϵ_n .

La emisividad según la normal ϵ_n de una superficie recubierta se obtiene a partir de su curva espectral de reflexión con incidencia quasi-normal, medida con ayuda de un espectrómetro infrarrojo equipado de un accesorio de reflexión especular, utilizando el procedimiento siguiente.

El factor de reflexión según la normal, R_n , para una temperatura media de 298 K se determina a partir de la curva tomando la media aritmética de los factores espectrales de reflexión $R_n(\lambda_i)$, medidos a las 30 longitudes de onda indicadas en la Tabla D.1.

$$R_n = \frac{1}{30} \sum_{i=1}^{i=30} R_n(\lambda_i) \quad (40)$$

La emisividad a incidencia normal a 298 K viene dada por:

$$\epsilon_n = 1 - R_n \quad (41)$$

Nota: para otras temperaturas ambiente, la emisividad no varía sensiblemente con la temperatura media.

Tabla D.1. Treinta longitudes de onda λ_i seleccionadas para determinar el factor de reflexión R_n con incidencia normal, a 283 K.

Número I	Longitud de onda λ_i μm	Número I	Longitud de onda λ_i μm
1	5,5	16	14,8
2	6,7	17	15,6
3	7,4	18	16,3
4	8,1	19	17,2
5	8,6	20	18,1
6	9,2	21	19,2
7	9,7	22	20,3
8	10,2	23	21,7
9	10,7	24	23,3
10	11,3	25	25,2
11	11,8	26	27,7
12	12,4	27	30,9
13	12,9	28	35,7
14	13,5	29	43,9
15	14,2	30	50,0*

*50 μm ha sido elegido porque esta longitud de onda es el límite de la mayor parte de los espectrofotómetros disponibles. Esta aproximación tiene un efecto despreciable sobre la precisión del cálculo.

D.2. Determinación de la emisividad corregida ϵ

La emisividad corregida, ϵ , se obtiene multiplicando la emisividad normal por la relación que se indica en la Tabla D.2. Otros valores pueden obtenerse con una precisión suficiente por interpolación o extrapolación lineal.

Tabla D.2.- Factores para el cálculo de la emisividad corregida ε a partir de la emisividad normal ε_n

Emisividad normal ε_n	Relación $\varepsilon / \varepsilon_n$
0,03	1,22
0,05	1,18
0,10	1,14
0,20	1,10
0,30	1,06
0,40	1,03
0,50	1,00
0,60	0,98
0,70	0,96
0,80	0,95
0,89	0,94

APENDICE E

(Normativo)

Procedimiento de iteración para los sistemas vidriados que contienen más de una cámara de gas.

Para los sistemas vidriados con más de una cámara de gas ($N > 1$), se debe utilizar un procedimiento de iteración en el cual la conductancia térmica h_s de la capa de gas se determina a una temperatura media (ejemplo en la Tabla E.1) de 283 K (la influencia de ligeras variaciones con relación a esta temperatura es despreciable).

En la primera iteración del procedimiento, se utiliza en la ecuación (33), una diferencia de temperatura $\Delta T_s = 15 / N$ (K) para cada espacio que contiene gas.

Para la segunda y subsecuentes iteraciones los valores de ΔT_s para cada espacio de gas se calculan con la ecuación (42).

$$\Delta T_s = 15 \frac{1/h_s}{\sum_1^N 1/h_s} \quad (42)$$

Estos nuevos ΔT_s se utilizan en la segunda iteración y así repetidamente hasta que la diferencia entre los valores de h_s converja a la tercera cifra significativa, (normalmente son suficientes tres iteraciones, cuatro excepcionalmente).

El valor de esta resistencia debe utilizarse en las ecuaciones (30) y (31) para el cálculo de K .

Cuando los valores iniciales de h_s son iguales, las diferencias de temperaturas respectivas vienen dadas por $\Delta T = 15 / N$ (K) y el procedimiento de iteración no es necesario.

Tabla E.1.- Ejemplo de iteración para triple vidriado 4-12-4-12-4 con una capa de emisividad $\varepsilon = 0,1$ situada en la segunda cámara gaseosa; siendo el gas SF6 en ambas cámaras.

			1	2	3	4
Espacio 1	$1 / h_s$	[m ² K/W]	0,1455	0,1717	0,1713	0,1714
Espacio 2	$1 / h_s$	[m ² K/W]	0,2720	0,3125	0,3135	0,3133
	$\sum_1^2 1/h_s$	[m ² K/W]	0,4175	0,4842	0,4848	0,4847
Espacio 1	ΔT	[K]	5,23	5,31	5,30	5,30
Espacio 2	ΔT	[K]	9,77	9,68	9,70	9,70
	Valor U	[W/m ² K]	1,67	1,51	1,50	1,50

APENDICE F
(Informativo)

Diagramas de flujo para facilitar la aplicación del método de prueba a los sistemas vidriados

