

Horas teóricas	4.0
Horas prácticas	0.0
Total de horas	4.0
Créditos institucionales	8.0
Título del material	Fenestración
Tipo de unidad de aprendizaje	Curso
Carácter de la unidad de aprendizaje	Optativa
Núcleo de formación	Integral
Programa educativo	Ingeniería Mecánica
Espacio académico	Facultad de Ingeniería
Responsable de la elaboración	Juan Carlos Posadas Basurto

UA: ACONDICIONAMIENTO DE AIRE

	Página
Presentación	1
Estructura de la unidad de aprendizaje	2
Contenido de la presentación	4
Definición	7
Componentes de la fenestración	8
Unidades de acristalamiento	9
Revestimientos de baja emisividad	10
Tipos de vidrios	11
Vidrio moldeado	12
Vidrio oscurecido	13

ÍNDICE

	página
Unidad de doble acristalamiento	14
Distribución de calor en el vidrio	15
Marco	16
Puente térmico	17
Marco de ventana con puente térmico	18
Bastidores para la fenestración residencial	19
Dispositivos de sombreado	20
Construcción en el sombreado	21
Diferentes tipos de sombreado	22
Flujo de energía en fenestración	24

	página
Ecuación para el flujo de energía en estado estacionario	25
Factor U (transmitancia térmica)	27
Factor u de centro de vidrio	28
Factor U de borde de vidrio	29
Factor u de marco	30
Muro de cortina	31
Partes de un muro de cortina	32
Coeficientes de transferencia de calor de superficie y cavidad	33
Ganancia de calor solar y transmisión visible	35
Propiedades solar-ópticas de acristalamiento	37
Propiedades ópticas de una capa de acristalamiento simple	38
Bibliografía	39

- ▶ La unidad de aprendizaje Acondicionamiento de Aire es optativa y se sugiere cursarla en el décimo período. No tiene antecedentes ni consecuentes pero se pide que el discente tenga conocimientos de termodinámica, ingeniería térmica, transferencia de calor, mecánica de fluidos y termoquímica (Unidades de Aprendizaje impartidas en el plan de estudios de Ingeniería Mecánica en periodos anteriores).
- ▶ El docente debe estar consiente de que la UA de Acondicionamiento de Aire es de aplicación de conocimientos, por lo que tiene que estar capacitado en las mismas áreas que se le solicita al discente.

PRESENTACIÓN

1. Con base en los distintos arreglos de los sistemas de acondicionamiento de aire, entender su aplicación y diferenciar los elementos que los componen.
2. De las propiedades termodinámicas del aire húmedo y seco, y del agua a la saturación, realizar balances de energía en dispositivos de calentamiento, enfriamiento, humidificación y deshumidificación.
3. Con el conocimiento del manejo e interpretación de la carta psicrométrica, realizar balances de energía en procesos que se realizan para acondicionar el aire.

ESTRUCTURA DE LA UNIDAD DE APRENDIZAJE

4. A partir de la calidad ambiental en el interior de un recinto y las condiciones exteriores al mismo, determinar los procesos que acondicionarán el aire para el confort de las personas, animales y/o procesos de manufactura.
5. De la transferencia de calor a través de la construcción en estudio, calcular las cargas de enfriamiento o de calentamiento presentes en recintos residenciales y no residenciales.
6. Con las dimensiones del recinto y la cantidad de aire a suministrar, calcular y seleccionar el sistema de distribución de aire y equipo.

- ▶ La presentación comprende parte del punto 5 donde se calculan las cargas de calentamiento provocadas por radiación solar a través de fenestración (ventanaje) en recintos residenciales y no residenciales. Por su extensión, el tema se divide en dos presentaciones siendo ésta la primera.
- ▶ Inicia con la definición de fenestración y sus componentes.
- ▶ Posteriormente se revisa el acristalamiento, sus revestimientos y los tipos más comunes que hay en un recinto.
- ▶ Se estudia la distribución de calor en el vidrio y marco (con o sin puente), y se muestran los diferentes bastidores de las ventanas.

CONTENIDO DE LA PRESENTACIÓN

- ▶ Se revisan los diferentes dispositivos de sombreado para evitar la radiación solar.
- ▶ Se dan las ecuaciones del flujo de energía a través de la fenestración.
- ▶ Se muestra un arreglo denominado muro de cortina presente en edificios altos.
- ▶ Finalmente se dan las propiedades solar-ópticas de acristalamiento.
- ▶ Si no se indica otra cosa, la información ha sido tomada del ASHRAE handbook fundamentals (2013).
- ▶ La bibliografía utilizada aparece al final del trabajo para que tanto los discentes como el docente puedan profundizar en alguno de los temas.

ACONDICIONAMIENTO DE AIRE

Ventanaje
(parte 1)

- ▶ Ventanaje o fenestración es un término arquitectónico que se refiere a la disposición, proporción y diseño de ventanas, claraboyas y sistemas de puertas en un edificio.
- ▶ El ventanaje puede servir como una conexión física y / o visual con el exterior, así como un medio para admitir la radiación solar para la iluminación natural y el aumento de calor a un espacio.
- ▶ La fenestración puede ser fija u operable, y las unidades operables pueden permitir la ventilación natural a un espacio y la salida en edificios de poca altura.

DEFINICIÓN

- ▶ Material de acristalamiento, ya sea de vidrio o plástico;
- ▶ Marcos, parteluces, barras de montaje, divisores, y losas opacas de la puerta;
- ▶ Dispositivos de sombreado interiores y exteriores tales como persianas bajadas, cortinas, cortinas de rodillos, lucernarios, rejillas metálicas y toldos.

COMPONENTES DE FENESTRACIÓN

- ▶ Una unidad de acristalamiento consiste en dos o más acristalamientos que se mantienen separados por un sello de borde.
- ▶ El material de acristalamiento más común es el vidrio, aunque a veces se utiliza plástico, particularmente en forma de películas intermedias. Ambos pueden ser claros, teñidos, revestidos, laminados, modelados u oscurecidos. Algunos acristalamientos revestidos son altamente reflectantes (por ejemplo, espejos), mientras que otros tienen una reflectancia muy baja.

UNIDADES DE ACRISTALAMIENTO

- ▶ Revestimientos que reducen el intercambio de calor radiante son de baja emisividad (baja-e). Puede aplicarse a películas de plástico delgadas para su uso como una de las capas intermedias en unidades de acristalamiento con tres o más capas.
- ▶ Los revestimientos de alto rendimiento solar reducen la conducción de calor a través del sistema de acristalamiento y están diseñados para climas fríos. Los revestimientos de baja generación solar, para climas cálidos, reducen la ganancia de calor solar al bloquear la admisión de la porción infrarroja del espectro solar.

REVESTIMIENTOS DE BAJA EMISIVIDAD

- ▶ El vidrio laminado está hecho de dos paneles de vidrio adheridos juntos. La capa intermedia entre los dos paneles de vidrio es típicamente plástica y puede ser transparente, teñida o revestida.



(Conceptos, 2017)

TIPOS DE VIDRIOS

Mediero, 2017

- ▶ El vidrio moldeado es una frita de cerámica durable aplicada a una superficie de cristal en un patrón decorativo.



VIDRIO MOLDEADO

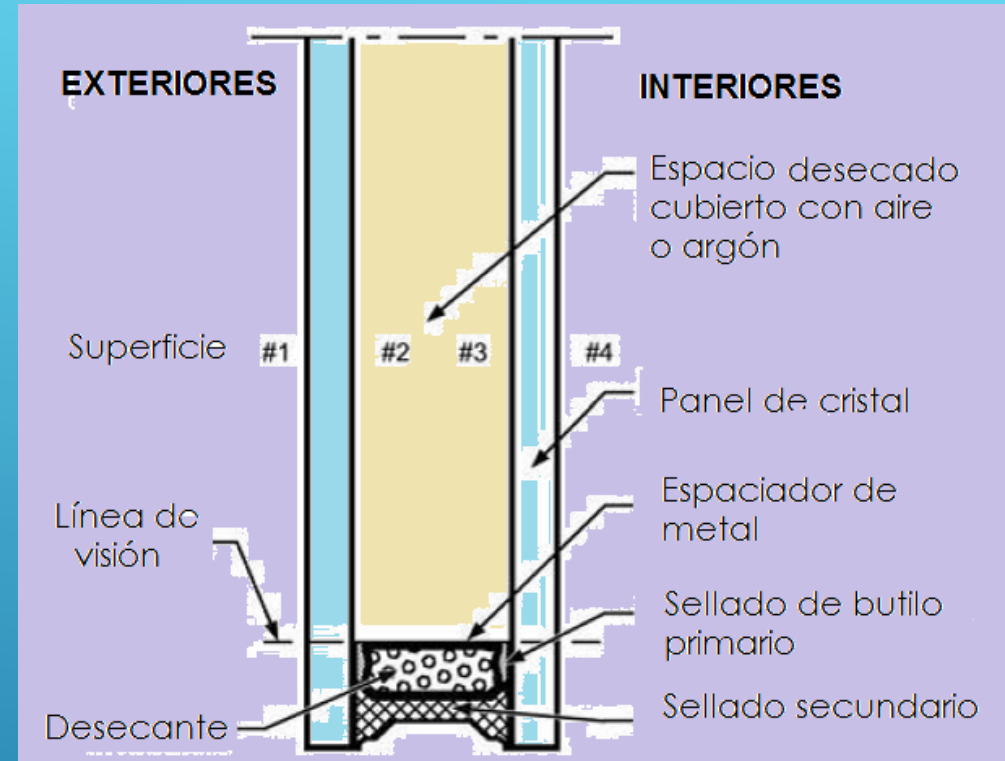
- ▶ El vidrio oscurecido es translúcido y se utiliza típicamente en aplicaciones de aislamiento.



(Dazne, 2015)

VIDRIO OSCURECIDO

- ▶ Además de la baja-e, los gases de relleno como el argón y el criptón se utilizan en lugar de aire en el espacio entre los paneles.
- ▶ Estos gases de llenado reducen la transferencia de calor convectivo a través de la cavidad de acristalamiento.



UNIDAD DE DOBLE ACRISTALAMIENTO

- ▶ La transferencia de calor en el borde de la unidad de acristalamiento es mayor que en su centro debido al flujo de calor a través del sistema espaciador.
- ▶ Para minimizar este flujo de calor, se han desarrollado espaciadores de borde caliente que reducen la transferencia de calor de borde usando materiales que tienen una conductividad térmica más baja que el aluminio típico (por ejemplo, acero inoxidable, acero galvanizado, acero estañado, polímeros, silicona espumada).

DISTRIBUCIÓN DE CALOR EN EL VIDRIO

- ▶ Los marcos de ventanaje se construyen de tres materiales principales: madera, metal y polímeros.
- ▶ La madera tiene buena integridad estructural y valor aislante pero baja resistencia al clima, humedad, deformación y degradación orgánica (de moho e insectos).
- ▶ El metal es duradero y tiene excelentes características estructurales, pero tiene un rendimiento térmico muy bajo. El metal de elección en la fenestración es casi exclusivamente de aluminio, debido a su facilidad de fabricación, bajo costo y baja masa, pero la aleación de aluminio tiene una conductividad térmica aproximadamente 1000 veces la de la madera o los polímeros.

MARCO

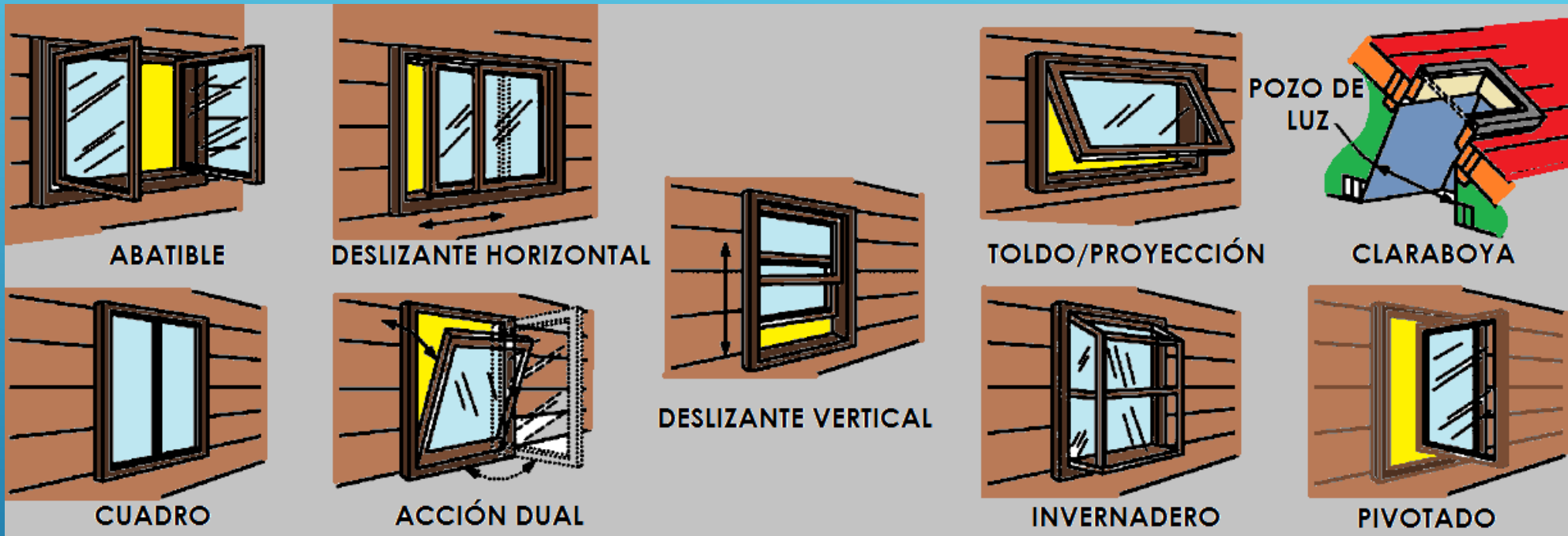
- ▶ El mal rendimiento térmico de la fenestración de marco metálico puede mejorarse con un puente térmico (Un componente no metálico que separa el marco metálico expuesto al exterior de las superficies expuestas al interior).
- ▶ Debe haber un puente térmico en todos los marcos operables, así como en el bastidor.

PUENTE TÉRMICO



(Aika, 2017)

MARCO DE VENTANA CON PUENTE TÉRMICO



BASTIDORES PARA LA FENESTRACIÓN RESIDENCIAL

- ▶ Los dispositivos de sombreado son adecuados para hacer frente a la luz natural, privacidad, deslumbramiento y problemas de confort térmico.
- ▶ Incluyen persianas interiores y exteriores, persianas integrales (entre los acristalamientos), pantallas interiores y exteriores, toldos, persianas, cortinas y cortinas de rodillos. Los materiales utilizados incluyen metal, madera, plástico y tela.
- ▶ Ni los tonos interiores ni exteriores producen ninguna mejora significativa en el rendimiento térmico del sistema de fenestración.

DISPOSITIVOS DE SOMBREADO

- ▶ Elementos de construcción como revelación de la ventana, aletas laterales y salientes ofrecen sombreado eficaz.
- ▶ Las parrillas metálicas con persianas fijas montadas horizontalmente en la parte superior de una fenestración pueden bloquear la ganancia solar y dejar pasar luz.
- ▶ Los estantes de luz pueden proporcionar sombreado y también redirigir la luz solar hacia el techo para proporcionar una iluminación uniforme en las partes más profundas del espacio.
- ▶ Sombreado vegetativo al aire libre reduce la ganancia de calor solar y mejora la escena al aire libre.

CONSTRUCCIÓN EN EL SOMBREADO

Salientes (Suzuki, 2012)



Parrillas metálicas (SEARQ, 2017)



DIFERENTES TIPOS DE SOMBREADO

Revelación de ventana

(Pinterest, 2017a)



Salientes

(Pinterest, 2017b)



- ▶ La energía fluye por la fenestración a través de:
 1. transferencia de calor por conducción y convección causada por la diferencia de temperaturas entre el aire exterior y el interior;
 2. intercambio radiactivo neto de ondas largas (> 2500 nm) entre la fenestración y sus alrededores y entre capas de acristalamiento;
 3. radiación solar de onda corta (< 2500 nm) incidente sobre el producto de fenestración, ya sea directamente del sol o reflejada desde el suelo u objetos adyacentes; Y
 4. fuga de aire.

FLUJO DE ENERGÍA EN FENESTRACIÓN

- ▶ Las temperaturas del cielo, del suelo y de los objetos circundantes (y por lo tanto su emisión radiante) se correlacionan con la temperatura del aire exterior.
- ▶ Los intercambios radiativos se aproximan entonces suponiendo que todas las superficies radiales (incluido el cielo) están a la misma temperatura que el aire exterior.

$$Q = UA_{pf}(t_{out} - t_{in}) + (SHGC)A_{pf}E_t + (AL)A_{pf}\rho C_p(t_{out} - t_{in})$$

- ▶ Donde
- ▶ Q : Flujo de energía instantánea, W.
- ▶ U : Coeficiente global de transferencia de calor, W/(m²K)

ECUACIÓN PARA EL FLUJO DE ENERGÍA EN ESTADO ESTACIONARIO

- ▶ A_{pf} : Superficie total proyectada de la fenestración (apertura del producto en la pared o techo menos espacios libres de la instalación), m^2 .
- ▶ t_{in} : Temperatura del aire interior, $^{\circ}C$.
- ▶ t_{out} : Temperatura del aire exterior, $^{\circ}C$.
- ▶ $SHGC$: Coeficiente de ganancia de calor solar, adimensional.
- ▶ E_t : Irradiancia total incidente, W/m^2 .
- ▶ AL : Fugas de aire en condiciones reales, $m^3/(s \cdot m^2)$.
- ▶ ρ : Densidad del aire, kg/m^3 .
- ▶ C_p : Calor específico del aire, $kJ/(kg \cdot K)$.

- ▶ Las trayectorias de transferencia de calor de la unidad de acristalamiento se subdividen en contribuciones de centro de vidrio, borde de vidrio y marco (indicadas por subíndices cg , eg y f , respectivamente).
- ▶ El factor U global se estima usando factores U ponderados por área para cada contribución

$$U = \frac{U_{cg}A_{cg} + U_{eg}A_{eg} + U_fA_f}{A_{pf}}$$

FACTOR U (TRANSMITANCIA TÉRMICA)

- ▶ En acristalamiento simple, el factor U depende de los coeficientes de película interior y exterior (convección y conducción).
- ▶ Para otros tipos de fenestración, los valores para U en condiciones interiores y exteriores estándar dependen del número de vidrios, dimensiones del espacio de gas, orientación respecto a la vertical, emisividad de cada superficie y composición del gas de llenado.
- ▶ Para una unidad de múltiples vidrios se debe considerar la transferencia unidimensional de calor por convección y radiación en el espacio de gas.

FACTOR U DE CENTRO DE VIDRIO

- ▶ El área de borde de vidrio se toma como una banda de 65 mm de ancho alrededor de la línea de visión. Esta área se determina a partir de los efectos de transferencia de calor bidimensional que se basan en el análisis de sólo conducción.
- ▶ Debido a los efectos de convección y radiación, el área puede extenderse más allá de los 65 mm y depende del tipo de acristalamiento, el aislante y de su espesor. En los marcos de baja conductividad, el flujo de calor en el borde del vidrio y el área del bastidor es a través del separador, por lo que el tipo de espaciador tiene un mayor impacto sobre el borde del vidrio y el factor U del bastidor.

FACTOR U DE BORDE DE VIDRIO

- ▶ La tasa de transferencia de calor a través del marco depende de
 1. la variedad de productos de fenestración y configuraciones de bastidor,
 2. diferentes combinaciones de materiales utilizados para marcos,
 3. diferentes tamaños disponibles y,
 4. anchura de la unidad de acristalamiento y tipo de espaciador.
- ▶ Los divisores o rejillas internos tienen poco efecto sobre el factor U de la fenestración, siempre que haya un espacio de al menos 3 mm entre el divisor y cada acristalamiento.

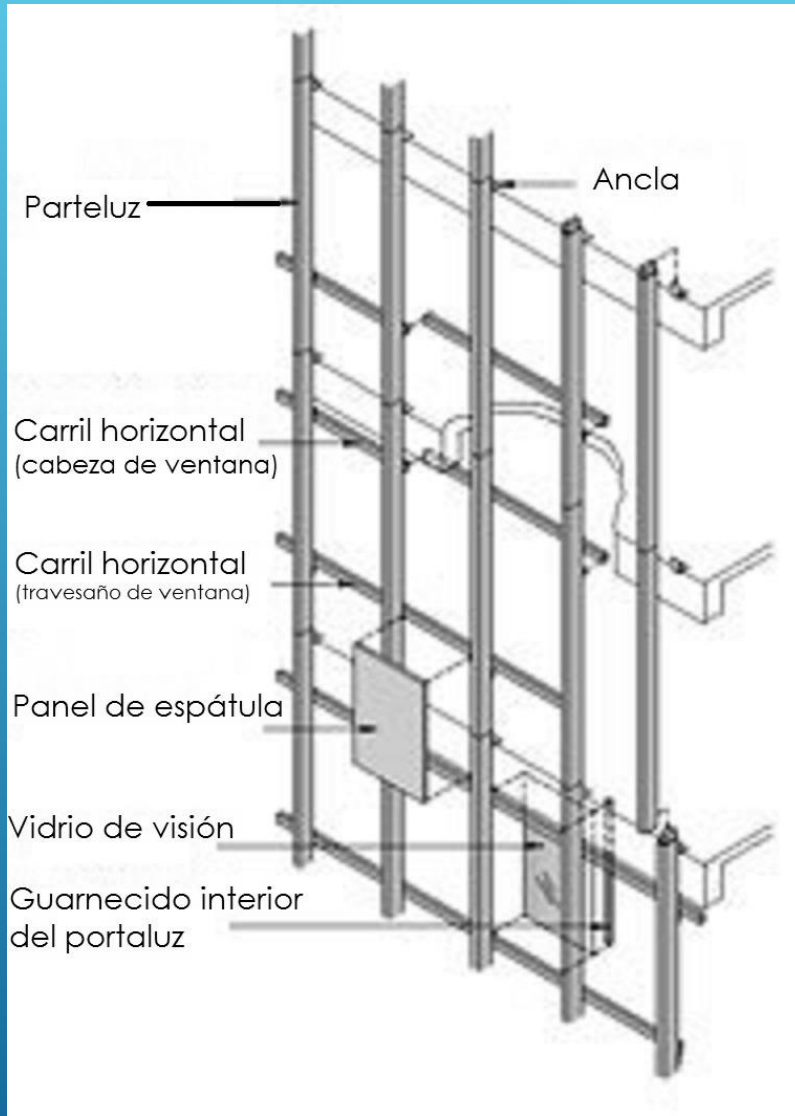
FACTOR U DEL MARCO

- ▶ Una pared de cortina es una pared de edificio exterior que no lleva ninguna carga de la azotea o del piso y consiste enteramente o principalmente del vidrio y de otros materiales superficiales apoyados por un marco. Una pared de cortina tiene típicamente un marco de metal.



(Elvira, 2016)

MURO DE CORTINA



PARTES DE UN MURO DE CORTINA

(Sanders, 2016)

- ▶ La transferencia de calor por convección y radiación en un sistema de ventanaje deriva entre las superficies expuestas, el medio ambiente y en la cavidad entre acristalamientos.
- ▶ Con la velocidad del viento y la orientación del edificio se determina el coeficiente de transferencia de calor por convección.
- ▶ Para convección natural y radiación en la superficie interior de un producto de fenestración vertical, el coeficiente de superficie depende del aire interior, las temperaturas de las superficies de acristalamiento y la emisividad de la superficie de acristalamiento.

COEFICIENTES DE TRANSFERENCIA DE CALOR DE SUPERFICIE Y CAVIDAD

- ▶ La transferencia de calor entre la superficie de acristalamiento y su entorno es impulsada no sólo por las temperaturas locales del aire, sino también por las temperaturas radiales a las que se expone la superficie.
- ▶ Se supone generalmente que la temperatura radiante del ambiente interior es igual a la temperatura del aire interior. Este es un supuesto y no es válido en habitaciones donde la fenestración está expuesta a otras grandes áreas de superficies acristaladas (por ejemplo, invernadero, atrio) o a otras superficies enfriadas o calentadas.

- ▶ La ganancia de calor solar de la fenestración tiene dos componentes. En primer lugar se transmite directamente la radiación solar. La cantidad de radiación que entra directamente en la fenestración se rige por la transmitancia solar del sistema de acristalamiento y se determina multiplicando la irradiancia incidente por el área de acristalamiento y su transmitancia solar.
- ▶ El segundo componente es la fracción que fluye hacia dentro de la radiación solar absorbida, radiación que se absorbe en los materiales de acristalamiento y marco de la fenestración, algunos de los cuales se conducen posteriormente, por convección o radiación al interior del edificio.

GANANCIA DE CALOR SOLAR Y TRANSMISIÓN VISIBLE

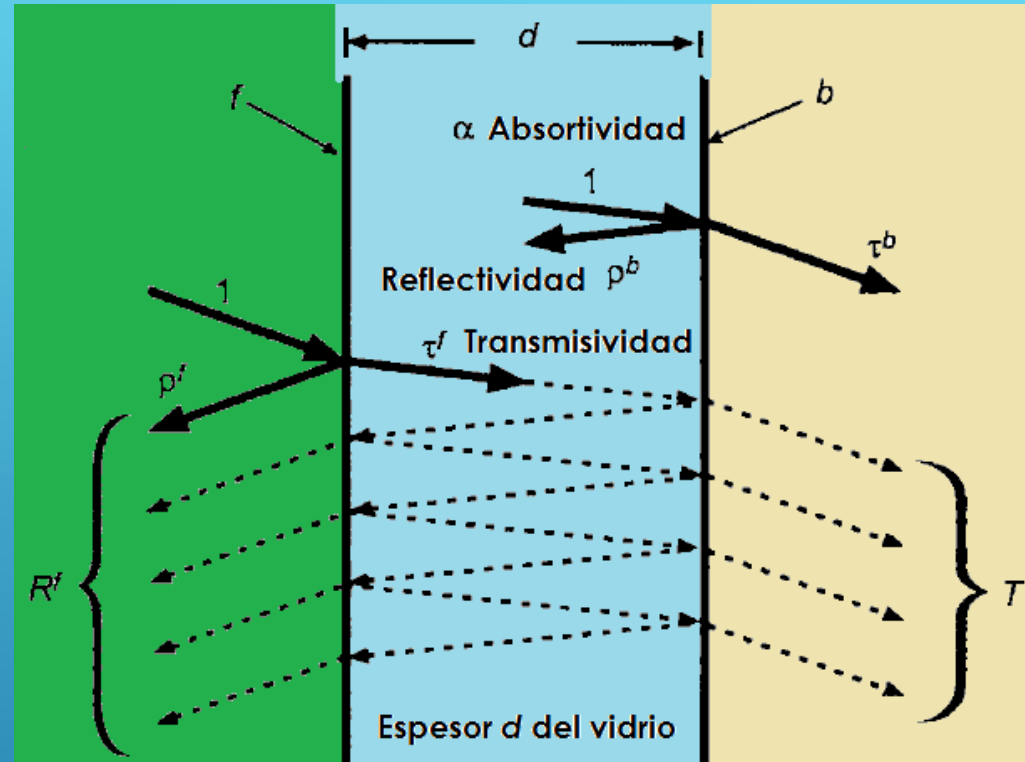
- ▶ La transmitancia visible es la radiación solar transmitida a través de la fenestración ponderada con respecto a la respuesta fotópica del ojo humano.
- ▶ Representa físicamente la claridad percibida de la fenestración, y es probablemente diferente de la transmitancia solar de la misma fenestración.

- ▶ Para capas de un solo acristalamiento la radiación que pasa de un medio a otro se transmite en parte y se refleja parcialmente en la interfase entre los dos medios.
- ▶ A medida que esta radiación pasa a través de cualquiera de los medios, se absorbe una fracción adicional debido a la absorptividad del material.
- ▶ Los materiales que no absorben completamente la radiación, como el aire o el vidrio, se clasifican como transparentes o translúcidos (exhiben suficientes propiedades de difusión de la luz que las imágenes de los objetos vistos a través de ella son borrosas). Los vidrios opacos no transmiten luz perceptible.

PROPIEDADES SOLAR-ÓPTICAS DE ACRISTALAMIENTO

- ▶ La transmitancia T , la reflectancia R y la absorptancia A de una capa se definen formalmente como las fracciones de flujo incidente que transmiten, reflejan y son absorbidas por la capa, respectivamente, incluyendo los efectos de la interreflexión.
- ▶ Su suma es igual a la unidad.

$$T + R + A = 1$$



PROPIEDADES ÓPTICAS DE UNA CAPA DE ACRISTALAMIENTO SIMPLE

- ▶ Alike. (8 de Marzo de 2017). *Aluminium thermal break window*. Obtenido de Archiproducts: <http://www.archiproducts.com/>
- ▶ ASHRAE. (2013). *2013 ASHRAE HANDBOOK. FUNDAMENTALS*. Atlanta, GA: American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, Inc.
- ▶ Conceptos. (23 de Febrero de 2017). *Vidrio laminado*. Obtenido de Diseño-Fabricación-Construcción: <http://www.conceptos.mx/>
- ▶ Dazne, A. (19 de Febrero de 2015). *Dynamic Glass: ventanas con vidrio inteligente*. Obtenido de Arquitectura prefab: <http://blog.is-arquitectura.es>
- ▶ Elvira, C. L. (8 de Abril de 2016). *Muro cortina (2)*. Obtenido de Arquitectura de cerca. Fotografía de arquitectura en detalle: <http://arquitecturadc.es>

BIBLIOGRAFÍA

- ▶ Mediero. (8 de Marzo de 2017). *Mediero Vidrios*. Obtenido de Servicios: <http://vidriosmediero.com/>
- ▶ Pinterest. (8 de Marzo de 2017 a). *Windows & doors*. Obtenido de Pintesrest: <https://www.pinterest.com>
- ▶ Pinterest. (8 de Marzo de 2017 b). *Side porche*. Obtenido de Pinterest: <https://www.pinterest.com>
- ▶ Sanders, R. M. (11 de Febrero de 2016). *Curtainwall: Not Just Another Pretty Façade*. Obtenido de Building smarter facility management: <http://www.buildings.com>
- ▶ SEARQ. (8 de Marzo de 2017). *Sistemas de Celosías Louvers*. Obtenido de Sistemas europeos arquitectónicos: <http://searq.mx/>
- ▶ Suzuki, D. (4 de Diciembre de 2012). *Light Shelves and Solera*. Obtenido de Public School: <http://www.suzukipublicschool.ca/>