

Estimación de ganancias y/o Pérdidas de Calor:

Capítulo VI

Infiltración y Ventilación

- 1) 6.1 Fuentes de Infiltración
- 2) 6.2 Método de Cambios de Aire
- 3) 6.3 Método de Fugas Reales
- 4) 6.4 Ventilación
- 5) 6.5 Humidificación y Control de Humedad
- 6) Ejercicios

VI.- Infiltración y Ventilación

Objetivos de esta sección:

En esta sección aprenderemos como calcular las pérdidas de calor por infiltración y ventilación ya que son una parte significativa de la carga térmica total.

Después de terminar la sección, podremos:

- 1) Describir las dos fuentes básicas de infiltración
- 2) Dado un espacio, estimar la cantidad de infiltración por el método de Cambios de Aire.
- 3) Dado un espacio, estimar la cantidad de infiltración por el método de Fugas reales de aire.
- 4) Describir los tres métodos como el agua entra en las cavidades de los muros

VI.- Infiltración y Ventilación

Objetivos de esta sección:

La infiltración y ventilación, representan una porción significativa de la carga térmica de los edificios. Hasta ahora hemos utilizado simples suposiciones para determinar la infiltración, tales como suponer que será de 0.5 cambios por hora.

En este capítulo descubriremos las fuerzas que causan la infiltración y veremos dos diferentes métodos que podremos utilizar para estimar las pérdidas térmicas por infiltración. También apreciaremos la necesidad básica de contar con ventilación y los efectos que esta causa. Finalmente veremos algunos conceptos básicos relacionados al control la humedad.

VI.- Infiltración y Ventilación

6.1 Fuentes de infiltración:

Existen dos fuerzas principales que causan la infiltración, los vientos y los tiros naturales.

El viento provoca una alta presión positiva en un lado de la estructura y una presión ligeramente negativa en el lado contrario. Estas dos diferentes presiones se combinan para forzar al aire hacia dentro de cualquier apertura en el lado positivo y hacia afuera en el lado negativo. Estas aperturas, pueden ser muy difíciles de localizar y controlar, más se encuentran frecuentemente en donde están los cambios de materiales.

La segunda fuerza que causa infiltración, los tiros naturales (natural drafts) o el efecto chimenea, causa que el aire caliente se eleve a través del edificio y esto provoca que el aire exterior ingrese al edificio, este efecto se torna muy pronunciado en edificios altos. Aunque el efecto chimenea no puede ser eliminado, si puede ser reducido a través de un diseño cuidadoso y usualmente no es importante en edificios de cuatro pisos y menores.

VI.- Infiltración y Ventilación

6.1 Fuentes de infiltración:

Como una referencia la diferencia de presión en un edificio de 40 Ft (12.2 Metros) de altura, entre la PB y el último piso y con 72 °F (22.2 °C) interiores y 32 °F (0.0 °C) exteriores, es de 0.04 Pulg. (1.0 mm) c.a. La parte alta del edificio tendrá presión positiva (el aire tratará de salir y en la parte baja se tendrá un presión negativa y el aire exterior entrará al edificio. Esta presión de 0.04 pulg. (1.0 mm) c.a. es igual a la provocada por un viento de 10 mph (16 km/Hr.).

Se han desarrollado dos métodos para estimar la infiltración, el ***Método de Cambios de Aire*** y el ***Método Efectivo de Fuga por Area***.

VI.- Infiltración y Ventilación

6.2 *Método de Cambios de Aire:*

Para residencias y pequeños edificios comerciales, el método de **Cambios de Aire** es lo suficientemente exacto y muy sencillo de aplicar.

Se puede considerar, que los cambios de aire típicos para edificios de residencias sean de 0.5 Cambios/Hr. Este es el valor mínimo recomendado por el ***Estándar 62 de ASHRAE***, para mantener una calidad de aire aceptable dentro del espacio acondicionado.

6.3 *Método de Fuga Efectiva por Area:*

El segundo método para determinar la infiltración está basado en la fuga efectiva del área para varios componentes de la construcción, tanto en residencias como en edificios comerciales. Los valores mostrados en la tabla 6-1 pueden ser usados para estimar el área de fuga de un edificio.

6.3 Método de Fuga Efectiva por Area:

Para obtener el área total de fugas, multiplique las dimensiones totales o el número de veces que ocurre ese componente en el edificio, por el número apropiado indicado en la tabla 6-1. La suma de los productos resultantes será el área total de fuga. Utilizando el área efectiva total de fuga, el flujo de aire de infiltración se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$Q = L(A_d T + BV^2)^{0.5}$$

Donde:

Q = Flujo de aire, cfm

L = Area efectiva de fugas, cfm²/(Pulg⁴.°F)

dT = Promedio de diferencial de temperatura interior-exterior °F

B = Coeficiente del viento, cfm²/(Pulg⁴.mph²)

V = Velocidad promedio del viento

La infiltración de los edificios se obtiene al dividir Q entre el volumen del edificio. El valor de B , depende de la protección que tengan los vidrios del edificio. Se tienen cinco diferentes clases de protección listadas en la tabla 6-2.

Los coeficientes de efecto chimenea, A , para edificios de Uno, dos y tres pisos se enlistan en la tabla 6-3. Los coeficientes de viento B , . .continúa. . .

6.3 Método de Fuga Efectiva por Area:

. . .continúa. . . para edificios de uno, dos y tres pisos de acuerdo al las cinco clases de protección, están dados en la tabla 6-4. Las alturas de los edificios de uno, dos o tres pisos son 8, 16 y 24 Ft respectivamente.

Para grandes edificios, los valores de fuga, típicos por unidad de área de muros exteriores han sido dados como 0.10, 0.30 y 0.60 cfm/Ft² Para muros herméticos, promedio y con mucha fuga respectivamente. Estos valores fueron determinados con una diferencia de presión, a través del muro, de 0.30 Pulg.(7.6 mm) c.a.

Tabla 6-2. Clases de protección

Clase	Descripción
1	Sin protección local u obstrucciones
2	Protección local ligera; Pocas obstrucciones, algunos árboles o cobertizo pequeño
3	Protección local moderada; Algunas obstrucciones con altura de dos casas, setos anchos, barda solida o casas vecinas
4	Protección Pesada; Obstrucciones en la mayoría del perímetro, edificios o árboles de 30 Ft de altura en la mayoría de las direcciones; Protección típica en los suburbios
5	Protección muy pesada; Grandes obstrucciones rodeando el perímetro, de la altura de dos casas o más. Protección típica del centro de las ciudades.

Tabla 6-3 Coeficiente Efecto Chimenea, A			
	Altura de casa (Pisos)		
	Uno	Dos	Tres
Coeficiente Efecto Chimenea	0.0150	0.0299	0.0449

Tabla 6-4 Coeficiente de Viento, B			
Clase de Protección	Altura de casa (Pisos)		
	Uno	Dos	Tres
1	0.0119	0.0157	0.0184
2	0.0092	0.0012	0.0143
3	0.0065	0.0086	0.0101
4	0.0039	0.0051	0.0060
5	0.0012	0.0016	0.0018

6.3 Método de Fuga Efectiva por Area:

Ejemplo 6-1

Problema: Estime la infiltración a condiciones de diseño para una casa de dos pisos en Lexington, Kentucky. La casa tiene un área efectiva de fuga de 82 Pulg², un volumen de 11,000 Ft³ y está localizada en un desarrollo suburbano.

Solución: La temperatura de Bulbo seco del 99% del Invierno, para esta localidad, que es de 10 °F (-12.2 °C) está dada en la tabla 3-2. Suponga una velocidad del viento de 15 mph (24 Km/Hr) y una temperatura interior de 68 °F (20 °C). Seleccionando los valores de **A** (0.0313) de la tabla 6-3 y **B** (0.0051) de la tabla 6-4, el flujo de aire por infiltración será de:

$$Q = (82\text{in}^2)\{(0.0313\text{cfm}^2/\text{in}^4.\text{°F})(68-10\text{°F})+(0.0051\text{cfm}^2/\text{in}^4.\text{mph}^2)(15\text{mph})\}^{0.5} =$$
$$141\text{ cfm} = \mathbf{8,460\text{ Ft}^3/\text{Hr}}$$

$$\text{Infiltración } \mathbf{I} = (8469\text{ Ft}^3/\text{Hr})/(11000\text{ Ft}^3) = \mathbf{0.77\text{ Cambios/Hora (C/H)}}$$

6.3 *Método de Fuga Efectiva por Area:*

Debido a la gran cantidad de variables por considerar ha sido de alto grado de dificultad desarrollar buenos modelos empíricos para la infiltración. Cuando se modela un edificio completo, **el error** entre lo calculado y lo medido **promedia cerca del 40%**. Sin embargo, debemos recordar que para edificios grandes, la ventilación requerida es, a menudo, varias veces mayor que la infiltración.

6.4 *Ventilación:*

Además de la ventilación sin control que es la infiltración, existen otros dos tipos de ventilación disponibles para el diseñador, la ***Ventilación Natural*** y la ***Ventilación Forzada***.

Antes de tratar con el enfriamiento mecánico, la ventilación natural era el único método disponible para producir confort durante el verano y aún es utilizada en muchas casas y edificios a lo largo del mundo. Ahora con la ventilación forzada se mejora el efecto de confort y con la cual podemos.

6.4 Ventilación:

Proveer al edificio de un flujo constante y controlado, de aire exterior, es necesario y tiene también un efecto muy benéfico, que se logra con la ventilación forzada y este es, la dilución de contaminantes generados dentro del edificio, tales como Bióxido de Carbono generado por los ocupantes, olores y partículas de procesos que ocurren dentro del espacio y también emisiones de gases que provienen de los muebles, alfombras y materiales de la construcción, estos gases deben ser removidos en la medida en que se producen, para mantener el nivel de calidad del aire dentro de límites aceptables.

Para propósitos de nuestro diplomado tomaremos 20 cfm/persona como el requerimiento de ventilación y recordemos que el aire exterior no solo afecta la carga sensible sino también la carga latente, como sigue:

Para carga sensible usar la ecuación $q_s = 1.08 \times Q \times \Delta T$

Donde:

q_s = Carga sensible (BTU/Hr)

1.08 = producto de la densidad del aire (0.075 Lb/Ft³) y Calor específico (0.24 BTU/Lb.°F) y

60 min/Hr = $0.075 \times 0.24 \times 60 = 1.08$

6.4 Ventilación:

Para carga sensible usar la ecuación $q_s = 1.089 \times Q \times \Delta T$

Donde:

q_s = Carga sensible (BTU/Hr)

1.08 = Es el producto de la densidad del aire (0.075 Lb/Ft³) y Calor específico (0.242 BTU/Lb.°F) y 60 min/Hr = $(0.075 \times 0.242 \times 60) = 1.089$ (BTU.Min/Ft³.Hr.°F)

ΔT = Diferencia de Temperaturas del Exterior y del Interior.

Para la carga latente usar la ecuación $q_l = 4840 \times Q \times \Delta W$

Donde:

q_l = Carga Latente (BTU/Hr)

4840 = Es el producto de la densidad del aire (0.075 Lb/Ft³) por el calor latente del vapor de agua (1,075 BTU/Lb) y 60 min/Hr = $(0.075 \times 1075 \times 60) = 4,840$ (BTU.Min/Ft³.Hr.°F)

ΔW = Diferencia de las Humedades absoluta del Exterior y del Interior.

6.4 Ventilación:

Ejemplo 6-2 Para carga sensible usar la ecuación $q_s = 1.089 \times Q \times \Delta T$

Problema: Un edificio de oficinas tiene un población estimada de 150 personas. La temperatura exterior es de 91 °F y la Humedad absoluta de 0.014 LB/Lb aire (cerca de 45% de Humedad relativa). La temperatura interior es de 76 °F y la Humedad absoluta es de 0.009 Lb/Lb aire (47% de humedad relativa). Calcular las cargas sensible y latente.

Solución: La ventilación requerida para 150 Personas a razón de 20 cfm por persona = 3,000 cfm

$$\text{Calor sensible} = q_s = 1.10 \times 3000 \times (91 - 76) = \mathbf{49,500 \text{ BTU/Hr}}$$

$$\text{Calor latente} = q_l = 4,840 \times 3000 \times (0.014 - 0.009) = \mathbf{72,600 \text{ BTU/hr}}$$

Nótese que para la ventilación, el calor latente es mayor que el sensible y esto ocurre en climas húmedos en donde el diseñador se deberá esforzar para obtener una buena calidad de aire interior y un bajo consumo de energía.

6.5 Humidificación y Control de Humedad:

El control de humedad es un tema de la mayor importancia en el diseño de sistemas de enfriamiento y también lo es para los sistemas de calefacción, con temperaturas de 32 °F (0 °C) al calentar el aire a 70 °F (21 °C) la humedad relativa, disminuirá al 30% que es la mínima aceptable para confort humano y a menos que existan fuentes de humedad internas, será necesario añadir agua (humedad) al ambiente.

Aunque el control de humedad, no es el propósito de este curso, es más que conveniente, necesario, que el diseñador conozca los aspectos básicos de las fuentes, efectos y control de la humedad, tanto en su forma líquida como de vapor de agua.

El agua entra en las cavidades de las estructuras, por tres mecanismos, que son: Fugas en los techos (goteras), Agua arrastrada por el viento; humedad (vapor de agua) en el aire exterior y finalmente puede migrar por proceso de difusión el cual es conducido por la diferencia de presiones parciales de vapor a través de la barrera (ej. Muro).

6.5 Humidificación y Control de Humedad:

El peor efecto que puede causar la humedad en estado líquido, que quedó atrapada dentro de las cavidades de los muros, es daño estructural debido a putrefacción u oxidación. También causará daño por creación de hongos y bacterias que provocarán problemas de salud a los habitantes. Otro efecto es debido al depósito de agua en los aislamientos los cuales perderán sus características aislantes, al estar mojados.

De tal forma que es importante mantener el agua, tanto en su estado líquido como de vapor fuera de la estructura (todo el edificio).

6.6 Resumen:

Al haber estudiado este capítulo, usted podrá:

- 1.1 Describir dos fuentes de Infiltración.
- 1.2 Dado un espacio, estimar la infiltración usando el método de Cambios/Hora
- 1.3 Dado un espacio, estimar la infiltración con el método Fuga Efectiva por Area
- 1.4 Dada la ocupación de un espacio, estimar la ventilación mínima requerida
- 1.5 Describir los tres métodos como el agua entra a las cavidades de los muros.

6.7 Ejercicios:

6.01 Para el ejemplo de la casa en el capítulo 5, determine la infiltración total, (en Ft³/Hr) usando el método de **Cambios/Hora (C/H)** y suponiendo 0.5 C/H para cada cuarto.

6.02 Para la misma casa en Baltimore, Md. Determine la infiltración total (en Ft³/Hr) usando el método de Fuga efectiva por área. Incluya cinco ventanas dobles (duoble hang) con marco de madera sellada, las dos puertas son también selladas, 20 contactos eléctricos, calentador de agua por gas, secadora,...

6.7 Ejercicios:

6.02 . . . Ventilación con dampers en cocina y baño. Comente la diferencia entre los valores calculados al utilizar los dos métodos.

6.03 Convierta los flujos antes estimados (6.01 y 6.02) a flujos de energía tomando las temperaturas de 75 °F interior y de 15 °F exterior.

6.04 Estime la ventilación forzada requerida en un restaurant para 100 comensales, si el área de cocina se extraen 1,400 cfm y de los baños se extraen 400 cfm.

Estimación de ganancias y/o Pérdidas de Calor:

Capítulo VII

Cálculo de Cargas de Enfriamiento

- 1) 7.1 Introducción
- 2) 7.2 Flujos de Calor
- 3) 7.3 Consideraciones iniciales de diseño
- 4) 7.4 Métodos de cálculo
- 5) Ejercicios

Capítulo VII.- Cálculo de Cargas de Enfriamiento

Objetivos de esta sección:

El proceso de cálculo de cargas de enfriamiento, es más complejo que el cargas de calefacción que hasta ahora hemos visto. Existen muchas variables interdependientes que hasta ahora hemos ignorado y hay varias alternativas de métodos que han sido desarrollados para hacer estos cálculos.

El propósito de este capítulo es discutir los temas básicos, conceptos y métodos y después de terminar la sección, podremos:

- 1) Nombrar varias diferencias entre el cálculo de cargas de enfriamiento y de calefacción.
- 2) Explicar las diferencias entre los cuatro flujos básicos de calor usados en el cálculo de cargas de enfriamiento.

Capítulo VII.- Cálculo de Cargas de Enfriamiento

Objetivos de este capítulo:

- 3) Enlistar las consideraciones iniciales de diseño y porque son importantes
- 4) Describir tres diferentes métodos para calcular las cargas de enfriamiento y enumerar sus ventajas y desventajas.

VII Cálculo de Cargas de Enfriamiento

7.1 introducción:

La carga máxima de calefacción ocurre en las primeras horas del día cuando aún no ha salido el sol, la mayoría de las luces están apagadas, y no hay actividad humana en el edificio y por esa razón no se consideran esas cargas térmicas, ya que en caso de que hubiese contribuirían a disminuir la carga de calefacción. Sin embargo la carga máxima de enfriamiento, ocurrirá por la tarde y a diferencia de la calefacción, deberemos considerar las cargas internas y externas.

Se deberán considerar también las adiciones de humedad de las cargas internas y externas dado que la humedad deberá ser controlada dentro del espacio acondicionado. También la ocupación, deberá ser tomada en cuenta ya que afecta considerablemente a la carga por enfriamiento y en esa ocupación deberá evaluarse la actividad de las personas ya que hay gran diferencia de carga térmica, por ejemplo, si están haciendo un trabajo ligero o están en una actividad deportiva o bailando.

7.1 introducción:

Todos los métodos que veremos más adelante, en este mismo capítulo, consideran todas las áreas del edificio y sus cargas térmicas, individualmente para luego sumarlas y obtener la carga total.

Por ejemplo las ganancias pueden ser el resultado de ganancias internas o externas (ver *Figura 7-1*).

Otra manera de ver el problema es partir, en su proporción las cargas térmicas considerando, las cargas sensibles y las cargas latentes (ver *figura 7-2*).

Otro parámetro que juega un papel importante en la carga por enfriamiento es la INERCIA Térmica. Si se coloca una lata de refresco llena y otra vacía en el refrigerador, notará que la lata vacía, se enfriará más rápidamente que la lata llena, esto es debido a que la lata llena tiene mayor masa (peso) que la vacía. En los edificios, sucede este mismo fenómeno y en un edificio de construcción pesada tomará más tiempo que el calor fluya hacia el

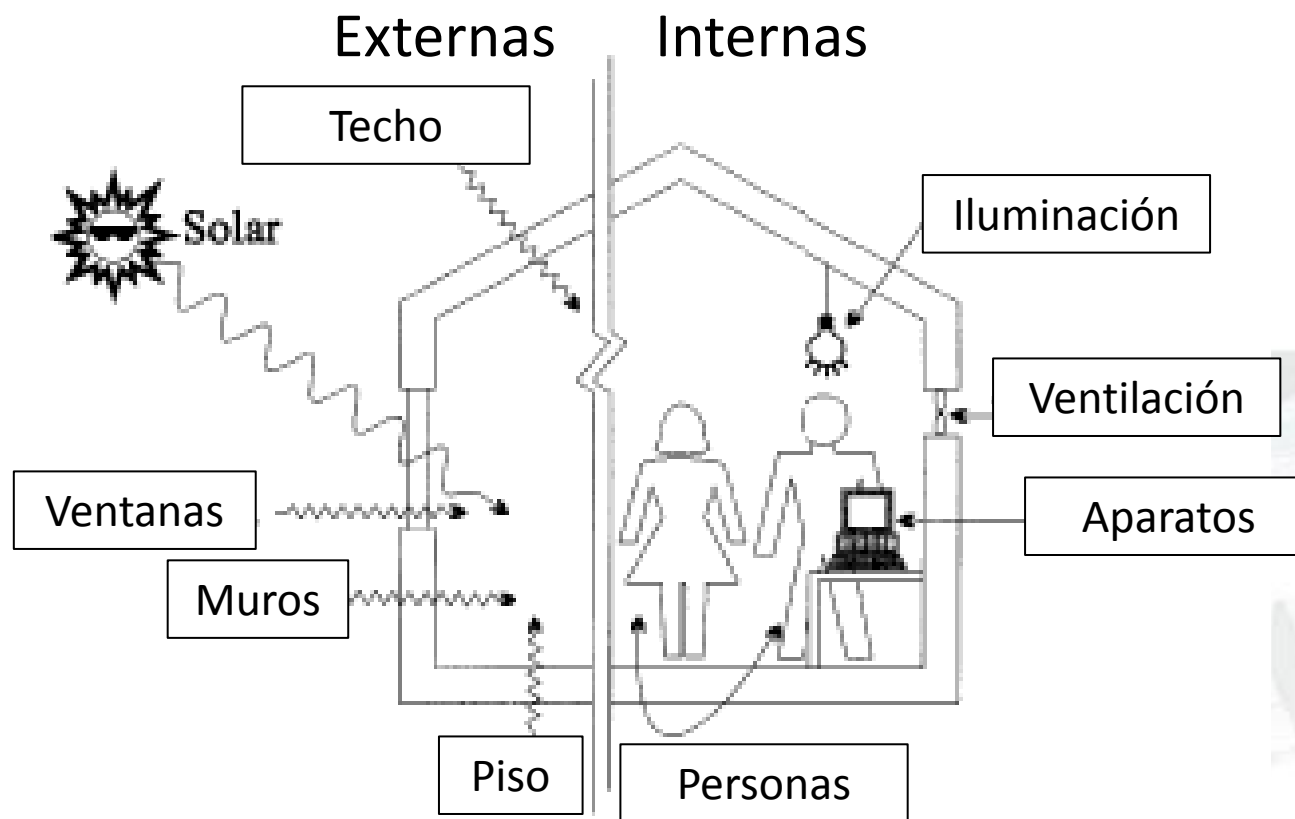


Fig. 7-1 Cargas Externas e Internas

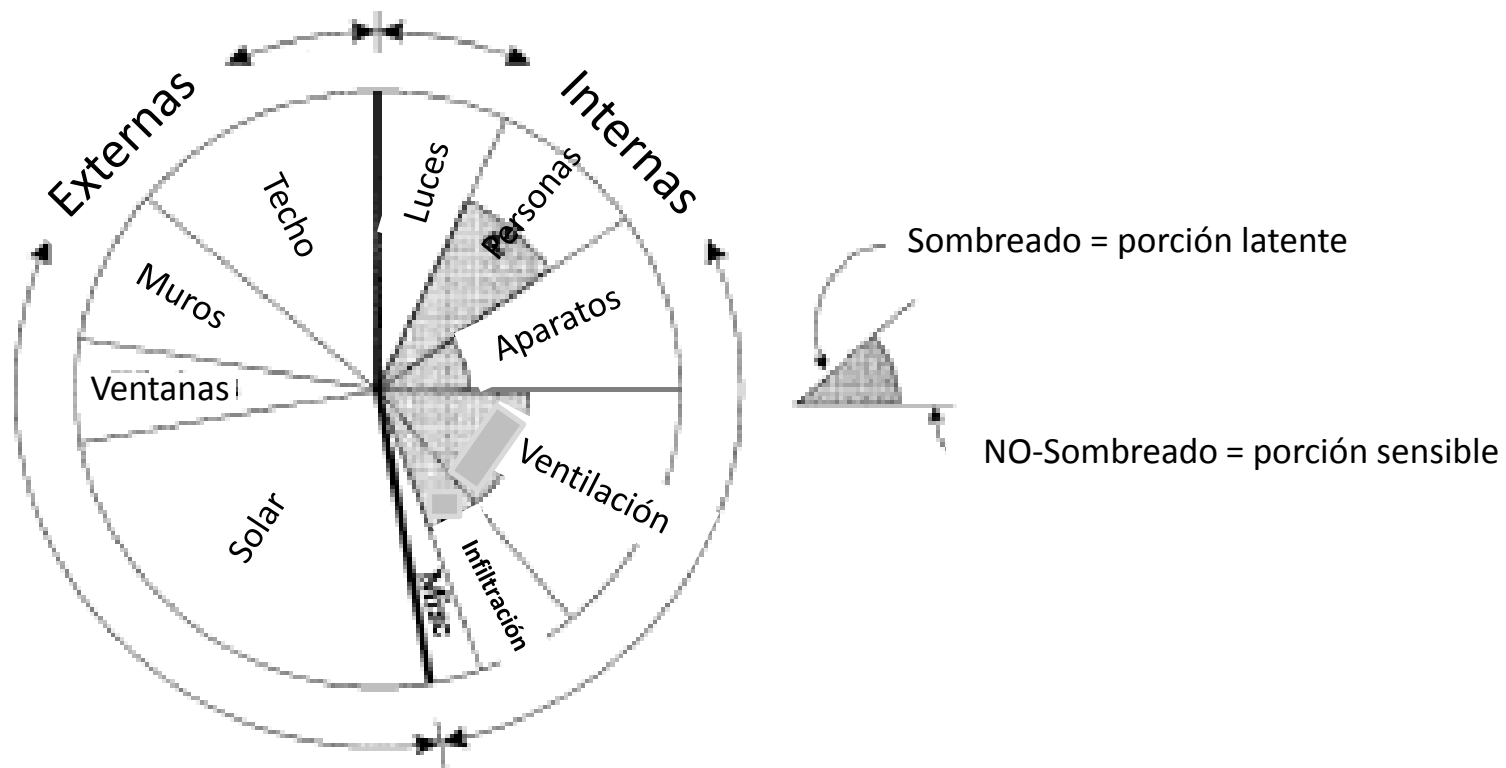


Fig. 7-2 Cargas Sensibles y Latentes

7.1 introducción:

. el interior, que en un edificio de construcción ligera. Este fenómeno desplaza el tiempo en que ocurre la carga térmica dentro de los edificios y deberá ser considerado dentro del cálculo de cargas de enfriamiento.

Lo que sucede con la luz solar a través de una ventana, es también afectado por la INERCIA Térmica del edificio (ver Figura 7-4)

La INERCIA Térmica también afectará a las cargas internas, más aun estas cargas pueden tener grandes variaciones a lo largo del día. Imagínese usted la carga de enfriamiento en un restaurant "*Fast Food*", como se muestra en la *figura 7-5*, Puede tener tres picos a las horas de comida y otro menor a la hora en que cierra el cine local, de ahí que para calcular correctamente estos efectos, es necesario conocer horarios del equipo de iluminación y de la ocupación para cada zona del edificio.

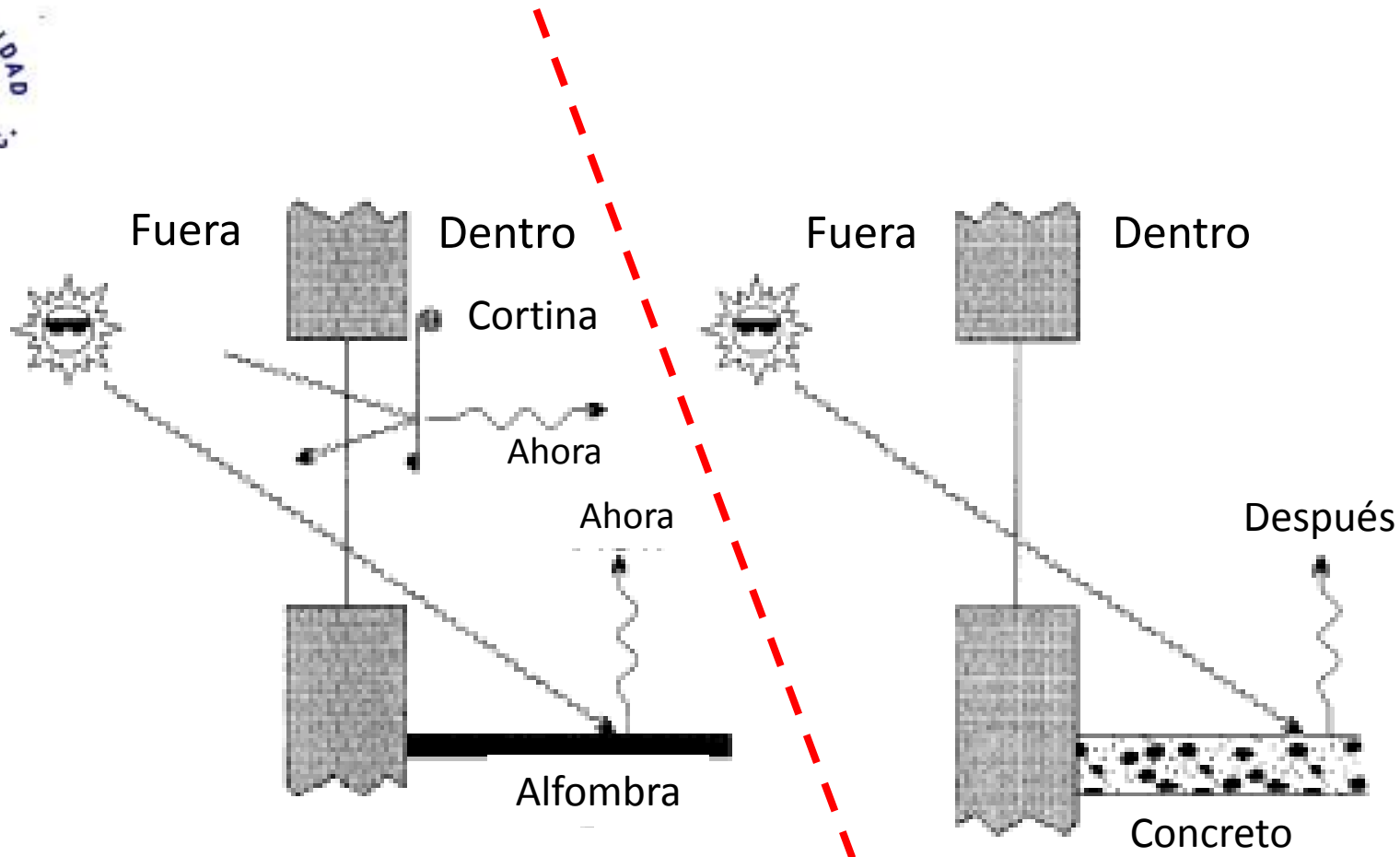


Fig. 7-4 Ganancias de Calor por Ventanas

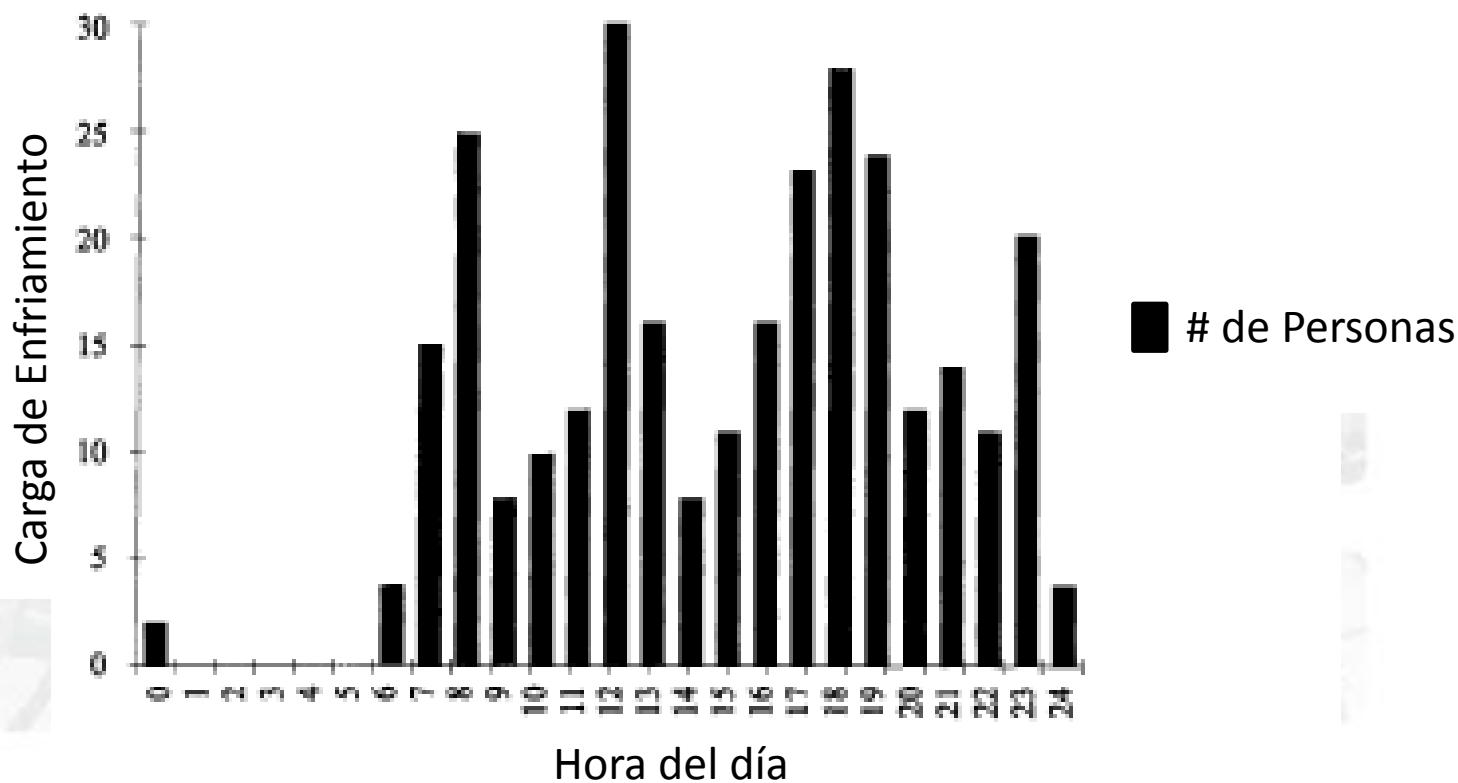


Fig. 7-5 Ejemplo Carga de Enfriamiento en Restaurant “Fast-Food”

7.2 Flujos de Calor:

Existen cuatro diferentes flujos de calor utilizados en el diseño de sistemas de Aire Acondicionado: ***Ganancia Calor del Espacio; Carga Enfriamiento del Espacio; Capacidad de Extracción de Calor del espacio y Carga enfriamiento del Serpentin.*** (ver Figura 7-6)

Ganancia Calor del Espacio: o rapidez instantánea de ganancia de calor, es la rapidez con la cual el calor ingresa al espacio o es generado dentro del mismo en un momento dado. Como se hizo notar, esto incluye ganancias internas, externas, ventilación y misceláneas, que pueden ser clasificadas como sensibles o latentes.

Carga Enfriamiento del Espacio: Es la rapidez con la cual el calor del espacio, debe ser removido, para mantener una temperatura constante en el mismo. El efecto de inercia térmica representa la primera diferencia entre la *Ganancia de calor del Espacio* y la *Carga Enfriamiento del Espacio*. Cualquier diferencia entre estos dos valores, causará variaciones, hacia arriba y/o abajo (*swing*) del punto de ajuste, en la temperatura del espacio acondicionado.

7.2 Flujos de Calor:

Capacidad de Extracción de Calor del espacio: Es la rapidez con la que se remueve el calor del espacio. Solo a las condiciones de verano, la *Capacidad de Extracción de Calor del espacio*, es igual a la *Ganancia Calor del Espacio*. La mayor parte del tiempo el equipo de enfriamiento opera a carga parcial y en el espacio ocurre una pequeña variación de temperatura.

Carga enfriamiento del Serpentin: es la rapidez a la cual el serpentín de enfriamiento que da servicio a una o más zonas, remueve la energía. Es igual a la suma de carga instantánea de la carga enfriamiento del espacio, mas las cargas externas.

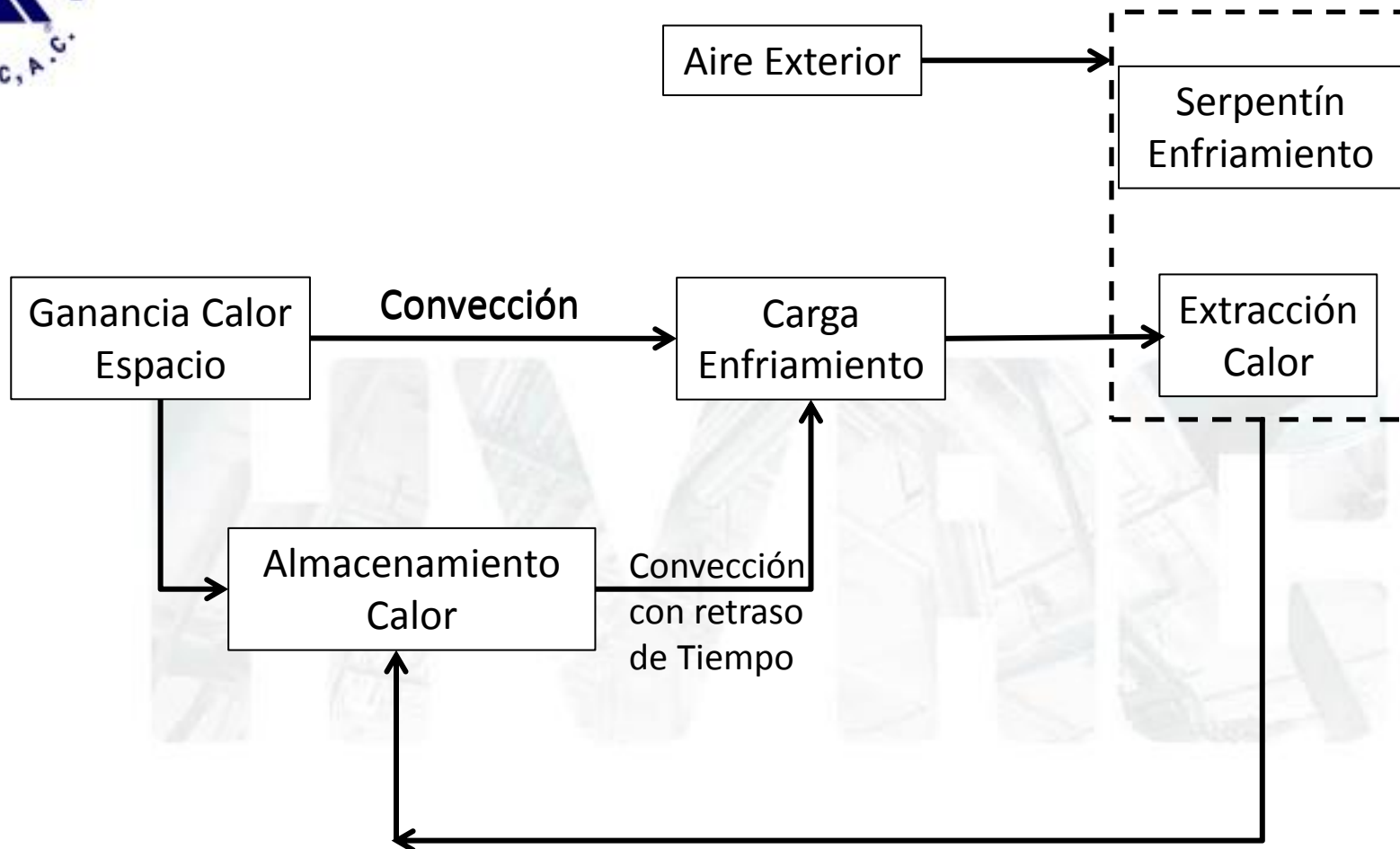


Figura 7-6 Cargas en Edificio

7.3 Consideraciones de Diseño Iniciales:

Existen varios pasos requeridos por el diseñador, antes de iniciar el cálculo de la carga de enfriamiento. Es recomendable que en el contacto inicial con el cliente se obtenga información en los siguientes tópicos:

- 1.- ***Características del Edificio:*** Usualmente, las características del edificio, tales como Materiales de Construcción, tamaño de los componentes, colores de las superficies externas y su forma, se obtienen de los planos y especificaciones.
- 2.- ***Configuración:*** Determinar la localización del edificio, su orientación y sombreados externos, con los planos y especificaciones (ver Figura 7-7). Los sombreados de edificios cercanos puede determinarse con planos del sitio o con visitas al mismo.
- 3.- ***Condiciones Exteriores de Diseño:*** Como se platicó en el capítulo 2, obtenga los datos del clima local apropiados, considere la proximidad del sitio de construcción, desde el lugar de medición de datos (Estación Meteorológica)

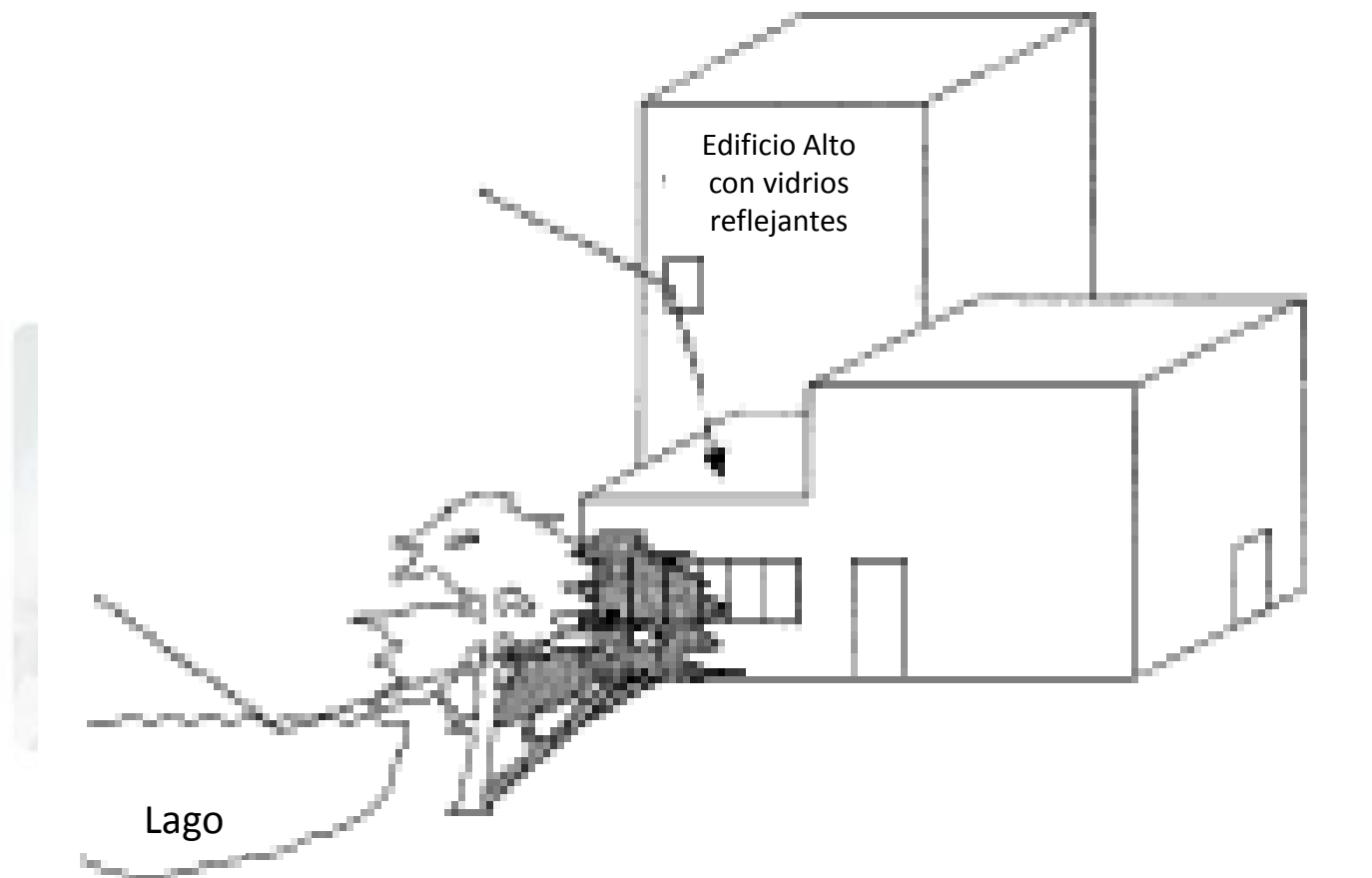


Figura 7-7 Ejemplo Plano de Sitio

7.3 Consideraciones de Diseño Iniciales:

4.- ***Condiciones Interiores de Diseño:*** Seleccione las condiciones interiores de diseño, tales como las Temperatura de Bulbo Seco y de Bulbo Húmedo así como la humedad relativa, defina el criterio de ventilación requerido por los ocupantes y anote las variaciones permitidas de estas variables así como los límites de las mismas.

5.- ***Horarios de Operación:*** Obtenga los horarios de uso para la iluminación, ocupantes, equipos y procesos internos.

6.- ***Fecha y Hora:*** Seleccione el mes y la hora en que se hará el cálculo. Ocasionalmente se deberán analizar varios meses y varias horas del día para asegurarse de que se cuenta con la carga pico.

7.- ***Consideraciones adicionales:*** El desempeño de un sistema de enfriamiento depende, de alguna manera, del tipo de sistema utilizado. La selección del sistema y tamaño de los componentes, es requerida para calcular algunas de estas ganancias varias. Por ejemplo, un retorno por plafond con lámparas ventiladas, permite que las ganancias de calor por techo y lámparas

7.3 Consideraciones de Diseño Iniciales:

. . . . vayan directamente al serpentín de enfriamiento y contribuye muy poco o nada, a la carga de enfriamiento del espacio, sin embargo, un diseño de sistema que utilice retorno directo y lámparas sin ventilación, añadirá las ganancias del techo y lámparas a la carga de enfriamiento del espacio y también a la carga del serpentín.

Las pérdidas del motor, en un sistema "*Blow-Trough*" (ventilador antes de serpentín) contribuirán solo a la carga del serpentín, mientras que en un sistema "*Draw-Trough*" (ventilador después del serpentín) estas pérdidas contribuirán también a la carga del espacio. (ver *Figura 7-8*).

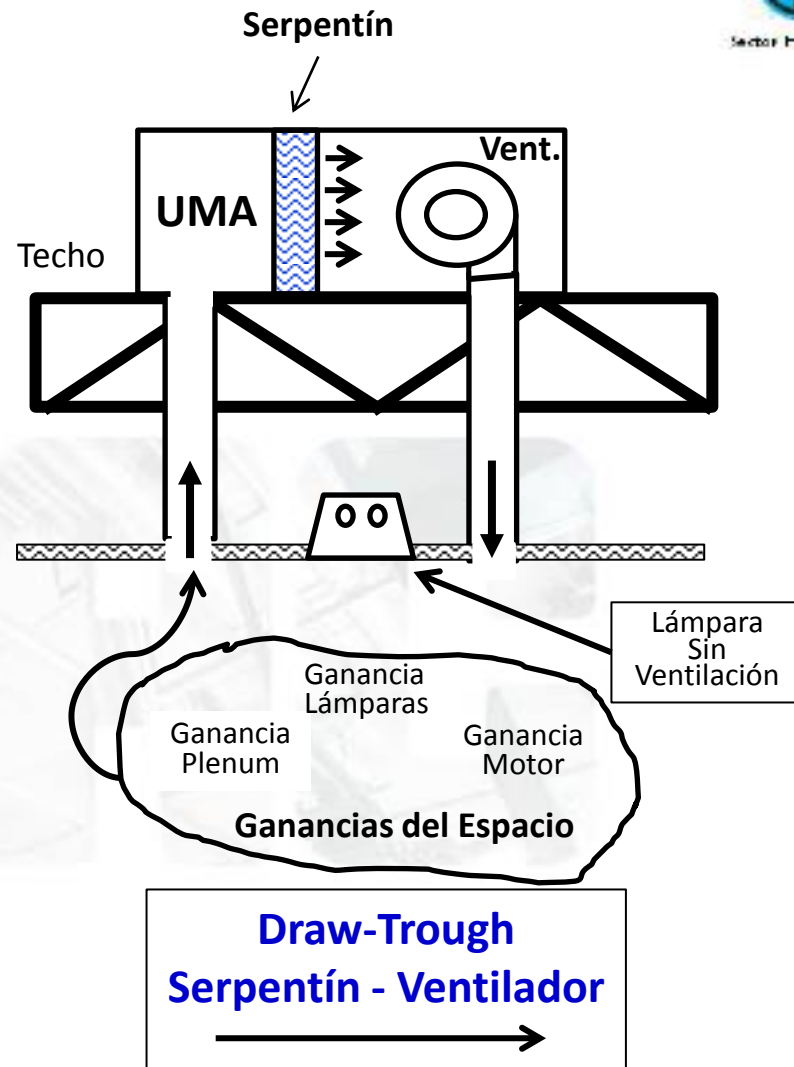
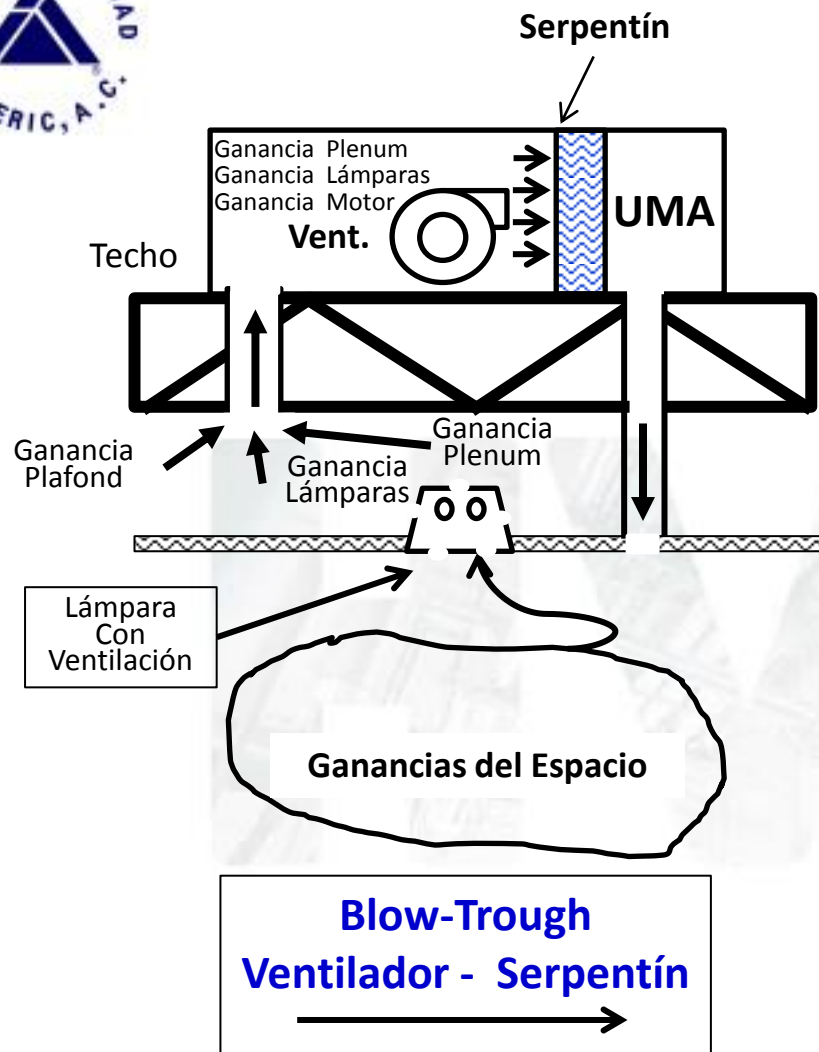


Figura 7-8. Comparación de Unidades Manejadoras de Aire (UMA)

7.4 Métodos de Cálculo:

En los últimos 30 años la estimación de cargas térmicas ha evolucionado, de ser un arte a algo más cercano a una ciencia. La últimas investigaciones han reconocido, la importancia de la interacción de dos variables, la radiación solar y la inercia térmica del edificio.

1.- **Método TETD/TA (Total Equivalent Temperature Differential and Time Averaging).** Con este método, el cálculo se hace en dos pasos, primero se calculan todas las ganancias de calor para obtener la carga instantánea del espacio y luego se convierte a a la carga de enfriamiento del espacio a través del uso de factores de ponderación que toman en cuenta la inercia térmica del edificio.

2.- **Método TFM (Transfer Function Method)** Este procedimiento basado en el uso de computadoras, también se ejecuta en los mismos dos pasos descritos para el anterior método. Este método no solo permite evaluar la carga de enfriamiento del espacio, sino también evalúa la rapidez conque el calor.

7.4 Métodos de Cálculo:

. . . . es removido del espacio por un equipo de cierto tipo y capacidad. Esta metodología y las ecuaciones básicas proveyeron la base técnica para el método manual que analizaremos en los siguientes capítulos..

3.- Método CLTD/CLF (Cooling Load Temperature Difference or Cooling Load Factors) Este método es un proceso de un solo paso que utiliza la Diferencia de Temperatura de la Carga (CLTD) o los Factores de Carga de Enfriamiento (CLF) o una combinación de los dos.

7.5 Ejercicios:

7.01 Enumere varias diferencias entre el cálculo de Pérdidas de Callor para calefacción y el cálculo de cargas de enfriamiento.

7.02 Describa los cuatro flujos de calor básicos utilizados en el cálculo de cargas de enfriamiento.

7.03 Anote seis de las consideraciones iniciales del cálculo de cargas de enfriamiento y explique como cada una puede afectar los cálculos.

7.04 Describa los tres métodos utilizados para calcular cargas térmicas y proporcione las ventajas y desventajas de los mismos.

Estimación de ganancias y/o Pérdidas de Calor:

Capítulo VIII

Cargas Térmicas en Muros, Techos y Particiones

- 1) 8.1 Temperaturas Sol-Aire
- 2) 8.2 CLTD para Techos
- 3) 8.3 CLTD para Muros.
- 4) 8.4 Particiones Interiores
- 5) 8.5 Problema ejemplo.
- 6) Ejercicios

Capítulo VIII

Cargas Térmicas en Muros, Techos y Particiones

La ecuación básica $Q = U.A.DT$, utilizada al calcular las pérdidas de calor es la misma para calcular las ganancias de calor, solo que la DT se reemplaza por la Diferencia de Temperatura de Carga de Enfriamiento (**CLTD**), misma que aprenderemos a utilizar en esta sección VIII.

Al terminar de estudiar esta sección podremos:

- 1) Estimar la temperatura Sol-Aire para una aplicación dada.
- 2) Aplicar los factores de corrección a **CLTD** para una aplicación dada.
- 3) Calcular la transferencia de calor a través de un techo, muro o partición especificadas.

Cargas Térmicas en Muros, Techos y Particiones

8.1 Temperaturas Sol-Aire

La temperatura Sol-Aire, es aquella temperatura exterior, que en ausencia de cambios en la radiación, proporciona la misma entrada de calor en la superficie que la combinación de la radiación solar incidente, la radiación difusa y el calor por convección del aire exterior. Como se muestra en la Figura 8-1, las superficies exteriores experimentan transferencia de calor por convección y por radiación, tanto infrarroja como visible.

La temperatura Sol-Aire intenta capturar los efectos térmicos de todas estas variables en un solo valor. Se ha supuesto que el coeficiente de transferencia de calor por convección, es de $h_o = 3.0 \text{ BTU/Hr.Ft}^2.^{\circ}\text{F}$, este valor representa también a la película de aire como lo vimos en la sección 4.

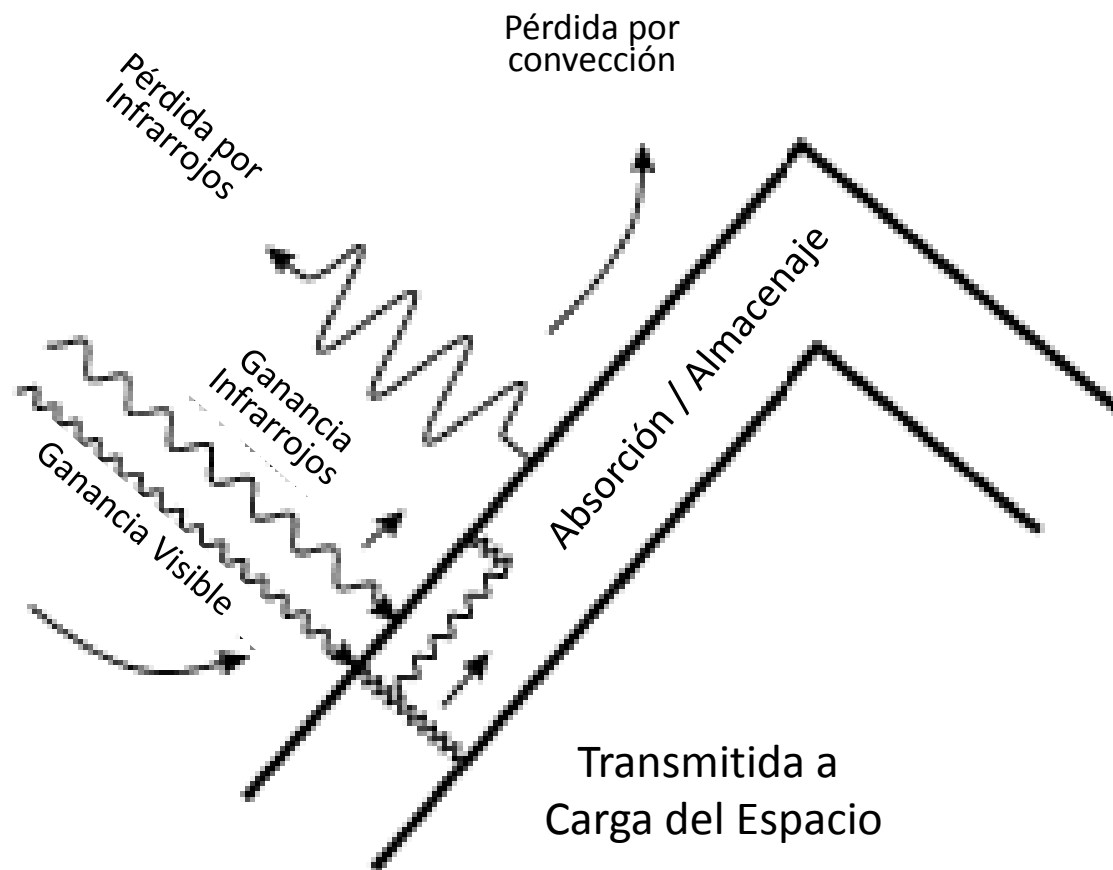


Fig. 8-1 Energía en el Techo

Tabla 8-1. Temperaturas Sol-Aire

$$t_e = t_p + a_{l1}/h_0 - eDR/h_0$$

	Temp. del aire	Para Superficies de color claro, $a/h_0 = 0.15$											Temp. del aire	Para Superficies de color obscuro, $a/h_0 = 0.30$									
Hr/Día	t_a °F	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	HORZ	Hr/Día	t_a °F	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	HORZ		
1	76	76	76	76	76	76	76	76	76	69	1	76	76	76	76	76	76	76	76	76	69		
2	76	76	76	76	76	76	76	76	76	69	2	76	76	76	76	76	76	76	76	76	69		
3	75	75	75	75	75	75	75	75	75	68	3	75	75	75	75	75	75	75	75	75	68		
4	74	74	74	74	74	74	74	74	74	67	4	74	74	74	74	74	74	74	74	74	67		
5	74	74	74	74	74	74	74	74	74	67	5	74	74	75	75	74	74	74	74	74	67		
6	74	80	93	95	84	76	76	76	76	72	6	74	85	112	115	94	77	77	77	77	77		
7	75	80	99	106	94	78	78	78	78	81	7	75	84	124	136	113	81	81	81	81	94		
8	77	81	99	109	101	82	81	81	81	92	8	77	85	121	142	125	86	85	85	85	114		
9	80	85	96	109	106	88	85	85	85	102	9	80	90	112	138	131	96	89	89	89	131		
10	83	88	91	105	107	95	88	88	88	111	10	83	94	100	127	131	107	94	94	94	145		
11	87	93	93	99	106	102	93	93	93	118	11	87	98	99	111	125	118	100	98	98	156		
12	90	96	96	96	102	106	102	96	96	122	12	90	101	101	102	114	123	114	102	101	162		
13	93	99	99	99	99	108	112	105	99	124	13	93	104	104	104	106	124	131	117	105	162		
14	94	99	99	99	99	106	118	116	102	122	14	94	105	105	105	105	118	142	138	111	156		
15	95	100	100	100	100	103	121	124	111	117	15	95	105	104	104	104	111	146	153	127	146		
16	94	98	98	98	98	99	118	126	116	109	16	94	102	102	102	102	103	142	159	138	131		
17	93	98	96	96	96	96	112	124	117	99	17	93	102	99	99	99	99	131	154	142	112		
18	91	97	93	93	93	93	101	112	110	89	18	91	102	94	94	94	94	111	132	129	94		
19	87	87	87	87	87	87	87	87	87	80	19	87	87	87	87	87	87	87	88	88	80		
20	85	85	85	85	85	85	85	85	85	78	20	85	85	85	85	85	85	85	85	85	78		
21	83	83	83	83	83	83	83	83	83	76	21	83	83	83	83	83	83	83	83	83	76		
22	81	81	81	81	81	81	81	81	81	74	22	81	81	81	81	81	81	81	81	81	74		
23	79	79	79	79	79	79	79	79	79	72	23	79	79	79	79	79	79	79	79	79	72		
24	77	77	77	77	77	77	77	77	77	70	24	77	77	77	77	77	77	77	77	77	70		
Prom.	83	86	88	90	90	87	90	90	88	90	Prom.	83	86	88	90	90	87	90	90	88	90		
Nota: Las Temperaturas Sol-Aire se calcularon basados en $eD_R/h_0 = 7^\circ\text{F}$, para superficies horizontales y 0°F para superficies verticales																							

Nota: Las Temperaturas Sol-Aire se calcularon basados en $eDR/h_0 = 7$ °F, para superficies horizontales y 0 °F para superficies verticales

8.1 Temperaturas Sol-Aire

Los valores de la tabla 8-1, están basados en que para colores claros, $a=0.45$ y $a/h_o = 0.15$; para colores oscuros $a=0.90$ y $a/h_o = 0.30$. Asimismo fueron basados en que la temperatura máxima de 95 °F, ocurre a las 15:00 Hrs. Y la temperatura mínima de 74 °F, ocurre a las 5:00 Hrs; la gama diaria de temperatura es de 21 °F.

Las temperaturas Sol-Aire, pueden ser ajustadas para otras temperaturas, añadiendo o substrayendo la diferencia de esta temperatura real con los 95 °F, a los valores de la tabla 8-1; por ejemplo, si la temperatura máxima de la localidad es de 93 °F, entonces todos los valores de la tabla 8-1 deberán reducirse en 2 °F ($93\text{ °F} - 95\text{ °F} = -2\text{ °F}$). Otro caso sería que la temperatura máxima local fuese de 98 °F, entonces se deberán aumentar: $98\text{ °F} - 95\text{ °F} = +3\text{ °F}$, a todos los valores anotados.

Cargas Térmicas en Muros, Techos y Particiones

8.2 CLTD (Cooling Load Temperature Difference) para Techos

La CLTD para un techo o un muro depende de la localización de la masa con relación al aislamiento, la presencia o ausencia de un falso plafond y el factor R_{total} de los materiales usados. Basados en estos parámetros la **tabla 8-2**, es usada para traducir las construcciones típicas de techos a un número entre el 1 y el 14 y este número es utilizado para determinar la CLTD a cualquier hora usando la **tabla 8-3**.

8.1 Temperaturas Sol-Aire

Ejemplo 8-1

Problema: Un techo de concreto pesado, de 2 Pulg. de espesor, tiene un aislamiento de 2 pulg. de espuma plástica con $R-5.4 \text{ Hr.Ft}^2.\text{°F}/\text{BTU}$, en la parte superior y un falso plafond en la parte inferior. Determinar el número del Techo y la mayor de las CLTD.

Solución: El valor total de la **R** con película de aire, (ver Tabla 4-3), por viento de 7.5 mph, aislamiento, concreto y película de aire interior, será de $0.25 + 2 \times 5.4 + 0.2 + 0.92 = 12.2 \text{ Hr.Ft}^2.\text{°F}/\text{BTU}$. Dado que se cuenta con falso plafond, el número de este techo listado en la tabla 8-2, como HW (Heavyweight) es el número **13**. Ahora pasemos a la tabla 8-3 en la cual veremos que la mayor CLTD es de 49 °F y ocurre a las 19:00 Hrs. Como una comparación, nótese que si el mismo aislamiento hubiese sido colocado en el interior el número resultante de este techo, sería **4** y la máxima CLTD sería de 78 °F que ocurre a las 18:00 Hrs.

Tabla 8-2 Números de Techos

Localización de la Masa **	Falso Plafond	Valor de R (Hr.Ft2.*F/BTU)	B7, Madera de 1.0 Pulg.	C12, Concreto HW 2.0 Pulg	A3, Refuerzos de Acero	Combinación Atico-Falso Plafond
Masa dentro del aislamiento	No lleva	de 0 a 5	*	2	*	*
		de 5 a 10	*	2	*	*
		de 10 a 15	*	4	*	*
		de 15 a 20	*	4	*	*
		de 20 a 25	*	5	*	*
		de 25 a 30	*	*	*	*
	SI lleva	de 0 a 5	*	5	*	*
		de 5 a 10	*	8	*	*
		de 10 a 15	*	13	*	*
		de 15 a 20	*	13	*	*
		de 20 a 25	*	14	*	*
		de 25 a 30	*	*	*	*
Masa repartida por igual	No lleva	de 0 a 5	1	2	1	1
		de 5 a 10	2	*	1	2
		de 10 a 15	2	*	1	2
		de 15 a 20	4	*	2	2
		de 20 a 25	4	*	2	4
		de 25 a 30	*	*	*	*
	SI lleva	de 0 a 5	*	3	1	*
		de 5 a 10	4	*	1	*
		de 10 a 15	5	*	2	*
		de 15 a 20	9	*	2	*
		de 20 a 25	10	*	4	*
		de 25 a 30	10	*	*	*
Masa Fuera del aislamiento	No lleva	de 0 a 5	*	2	*	*
		de 5 a 10	*	3	*	*
		de 10 a 15	*	4	*	*
		de 15 a 20	*	5	*	*
		de 20 a 25	*	5	*	*
		de 25 a 30	*	*	*	*
	SI lleva	de 0 a 5	*	3	*	*
		de 5 a 10	*	3	*	*
		de 10 a 15	*	4	*	*
		de 15 a 20	*	5	*	*
		de 20 a 25	*	*	*	*
		de 25 a 30	*	*	*	*

Techo del Ejemplo 8-1

* Denota que con los parámetros seleccionados no es posible tener este techo

** El concreto de 2.0 Pulg. es considerado Masivo y los otros No-Masivos

CLTD del
Ejemplo 8-1

Tabla 8-3 CLTD de Julio, Para cálculo de Cargas Térmicas

Techo No	Hora del día																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	0	-2	-4	-5	-6	-6	0	13	29	45	60	73	83	88	88	83	73	60	43	26	15	9	5	2
2	2	0	-2	-4	-5	-6	-4	4	17	32	48	62	74	82	86	85	80	70	56	39	25	15	9	5
3	12	8	5	2	0	-2	0	5	13	24	35	47	57	66	72	74	73	67	59	48	38	30	23	17
4	17	11	7	3	1	-1	-3	-3	0	7	17	29	42	54	65	73	77	78	74	67	56	45	34	24
5	21	16	12	8	5	3	1	2	6	12	21	31	41	51	60	66	69	69	65	59	51	42	34	27
8	28	24	21	17	14	12	10	10	12	16	21	28	35	42	48	53	56	57	56	52	48	43	38	33
9	32	26	21	16	13	9	6	4	4	7	12	19	27	36	45	53	59	63	64	63	58	52	45	38
10	37	32	27	23	19	15	12	10	9	10	12	17	23	30	37	44	50	55	57	58	56	52	47	42
13	34	31	28	25	22	20	18	16	16	17	20	24	28	33	38	42	46	48	49	48	46	44	40	37
14	35	32	30	27	25	23	21	20	19	20	22	24	28	32	36	39	42	44	45	45	44	42	40	37

Nota 1 *: Datos para aplicación directa

* Superficies Oscuras

* Temperatura Interior de 78 °F

* Temperatura máxima Exterior de 95 °F, con temperatura media de 85 °F y una gama diaria, de 21 °F

* Radiación Solar típica del 21 de Julio en un día claro

* Resistencia de película exterior de aire, de 0.333 (Hr,Ft2.°F/BTU)

* Con o Sin Falso Plafond, pero sin plenum de retorno de aire en el espacio.

* Resistencia de película interna de 0.685 (Hr,Ft2.°F/BTU)

Nota 2 +: Ajustes a los datos en la Tabla

Temperaturas de diseño: $\text{Corr CLTD} = \text{CLTD} + (78 - t_r) + (t_m - 85)$

Donde:

t_r = Tempertura interior y t_m = Tempertura exterior promedio

t_m = Temperatura Máxima Exterior - (Gama diaria/2)

+ No se recomienda ajuste por color

+ No se recomienda ajustes por ventilación o espacio de aire arriba de plafond

8.2 CLTD (Cooling Load Temperature Difference) para Techos

Las suposiciones utilizadas para calcular las Temperaturas Sol-Aire de la Tabla 8-3 están listadas como notas en la misma. Existen dos ajustes que se pueden hacer a estos valores, como se ve en la nota 2 de la Tabla. Si la temperatura interior T_r , o la temperatura media exterior T_m varía con respecto a lo supuesto de 78 °F y 85 °F respectivamente, entonces la CLTD puede ser corregida de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\text{CLTD Corregido} = \text{CLTD} + (78 - T_r) + (T_m - 85)$$

En donde la Temperatura T_m , está dada por la temperatura de diseño de verano, menos la mitad de la gama diaria (daily range), valores que se encuentran en la tabla 3-2 de nuestra sección 3.

8.2 CLTD Para Techos

Ejemplo 8-2

Problema: La temperatura que ocurre el 0.4% en Boston, MA está dada en la tabal 3-2 como 91 °F, con una gama diaria de 15.3 °F. La temperatura interior es de 75 °F. Corrija la CLTD de 49 °F del ejemplo anterior.

Solución: La temperatura promedio exterior será de la mitad d la gama diaria (8°F) menor que la temperatura máxima, o sea de $91^{\circ}\text{F} - 8^{\circ}\text{F} = 83^{\circ}\text{F}$, la CLTD de 49 °F se deberá corregir como sigue:

$$\begin{aligned}\text{CLTD corr.} &= \text{CLTD} + (78 - T_r) + (T_m - 85) = \\ &= 49 + (78 - 75) + (83 - 85) = \\ &= 49 + 3 + (-2) = 50^{\circ}\text{F}\end{aligned}$$

La **Tabla 8-3**, nos muestra los valores de CLTD para Julio a 40° Latitud Norte, estos valores pueden ser ajustados para diferentes meses y diferentes latitudes de acuerdo a lo indicado en la **tabla 8-4**, Por Ejemplo, un techo Horizontal localizado a 32° latitud Norte en septiembre, requerirá un ajuste de temperatura de -5° F y el CLTD corregido será de $50^{\circ} - 5^{\circ} = 45^{\circ}\text{F}$.

Ajuste CLTD del Ejemplo 8-2

Tabla 8-4 Correcciones a la CLTD por Latitud y Mes del Año

Latitud	Mes	N	NNE NNW	NE NW	ENE WNW	E W	ESE WSW	SE SW	SSE SSW	S	Horz
0°	Dic	-3	-5	-5	-5	-2	0	3	6	9	-1
	Ene/Nov	-3	-5	-4	-4	-1	0	2	4	7	-1
	Feb/Oct	-3	-2	-2	-2	-1	-1	0	-1	0	0
	Mar/Sep	-3	0	1	-1	-1	-3	-3	-5	-8	0
	Abr/Ago	5	4	3	0	-2	-5	-6	-8	-8	-2
	May/Jul	10	7	5	0	-3	-7	-8	-9	-8	-4
	Jun	12	9	5	0	-3	-7	-9	-10	-8	-5
8°	Dic	-4	-6	-6	-6	-3	0	4	8	12	-5
	Ene/Nov	-3	-5	-6	-5	-2	0	3	6	10	-4
	Feb/Oct	-3	-4	-3	-3	-1	-1	1	2	4	-1
	Mar/Sep	-3	-2	-1	-1	-1	-2	-2	-3	-4	0
	Abr/Ago	2	2	2	0	-1	-4	-5	-7	-7	-1
	May/Jul	7	5	4	0	-2	-5	-7	-9	-7	-2
	Jun	9	6	4	0	-2	-6	-8	-9	-7	-2
16°	Dic	-4	-6	-8	-8	-4	-1	4	9	13	-9
	Ene/Nov	-4	-6	-7	-7	-4	-1	4	8	12	-7
	Feb/Oct	-3	-5	-5	-4	-2	0	2	5	7	-4
	Mar/Sep	-3	-3	-2	-2	-1	-1	0	0	0	-1
	Abr/Ago	-1	0	-1	-1	-1	-3	-3	-5	-6	0
	May/Jul	4	3	3	0	-1	-4	-5	-7	-7	0
	Jun	6	4	4	1	-1	-4	-6	-8	0	-7
24°	Dic	-5	-7	-9	-10	-7	-3	3	9	13	-13
	Ene/Nov	-4	-6	-8	-9	-6	-3	9	3	13	-11
	Feb/Oct	-4	-5	-6	-6	-3	-1	3	7	10	-7
	Mar/Sep	-3	-4	-3	-3	-1	-1	1	2	4	-3
	Abr/Ago	-2	-1	0	-1	-1	-2	-1	-2	-3	0
	May/Jul	1	2	2	0	0	-3	-3	-5	-6	1
	Jun	3	3	3	1	0	-3	-4	-6	-6	1
32°	Dic	-5	-7	-10	-11	-8	-5	2	9	12	-17
	Ene/Nov	-5	-7	-9	-11	-8	-15	-4	2	9	-12
	Feb/Oct	-4	-6	-7	-8	-4	-2	4	8	11	-7
	Mar/Sep	-3	-4	-4	-4	-2	-1	3	5	7	-5
	Abr/Ago	-2	-2	-1	-2	0	-1	0	1	1	-1
	May/Jul	1	1	1	0	0	-1	-1	-3	-3	1
	Jun	1	2	2	1	0	-2	-2	-4	-4	2

	Dic	-6	-8	-10	-13	-10	-7	0	7	10	-21
40°	Ene/Nov	-5	-7	-10	-12	-9	-6	1	8	11	-19
	Feb/Oct	-5	-7	-8	-9	-6	-3	3	8	12	-14
	Mar/Sep	-4	-5	-5	-6	-3	-1	4	7	10	-8
	Abr/Ago	-2	-3	-2	-2	0	0	2	3	4	-3
	May/Jul	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	Jun	1	1	1	0	1	0	0	-1	-1	2
48°	Dic	-6	-8	-11	-14	-13	-10	-3	2	6	-25
	Ene/Nov	-6	-8	-11	-13	-11	-8	-1	5	8	-24
	Feb/Oct	-5	-7	-10	-11	-8	-5	1	8	11	-18
	Mar/Sep	-4	-6	-6	-7	-4	-1	4	8	11	-11
	Abr/Ago	-3	-3	-3	-3	-1	0	4	6	7	-5
	May/Jul	0	-1	0	0	1	1	3	3	4	0
	Jun	1	1	2	1	2	1	2	2	3	2
56°	Dic	-7	-9	-12	-16	-16	-14	-9	-5	-3	-28
	Ene/Nov	-6	-8	-11	-15	-14	-12	-6	-1	2	-27
	Feb/Oct	-6	-8	-10	-12	-10	-7	0	6	9	-22
	Mar/Sep	-5	-6	-7	-8	-5	-2	4	8	12	-15
	Abr/Ago	-3	-4	-4	-4	-1	1	5	7	9	-8
	May/Jul	0	0	0	0	2	2	5	6	7	-2
	Jun	2	1	2	1	3	3	4	5	6	1
64°	Dic	-7	-9	-12	-16	-17	-18	-16	-14	-12	-30
	Ene/Nov	-7	-9	-12	-16	-16	-16	-13	-10	-8	-29
	Feb/Oct	-6	-8	-11	-14	-13	10	-4	1	4	-26
	Mar/Sep	-5	-7	-9	-10	-7	-4	2	7	11	-20
	Abr/Ago	-3	-4	-4	-4	-1	1	5	9	11	-11
	May/Jul	1	0	1	0	3	4	6	8	10	-3
	Jun	2	2	2	2	4	4	6	7	9	0

8.2 CLTD Para Muros

Un método similar es utilizado para determinar la CLTD para muros que el anterior para techos. Se selecciona el material primario en la **tabla 8-5**, basados en su número de código. Después utilizando el **Apéndice B**, se selecciona el tipo correcto de Muro dependiendo si la masa esta localizada fuera o dentro del aislamiento. Luego se determina la R total del muro y esta es usada para determinar el número de muro. Finalmente, con el número de muro, Hora del día, y dirección de la cara del muro, se utiliza el Apéndice C para determinar la CLTD correcta.

Ejemplo 8-3

Problema: Un muro hacia el Norte, consiste de ladrillo de recubrimiento de 4 Pulg. de espesor en la parte exterior, Block de concreto pesado en el interior, Encuentre, la máxima CLTD y cuando ocurrirá.

Solución: De la **tabla 8-5**, el material primaria del muro es C5 (block de Concreto) y el secundario es Ladrillo de Recubrimiento (Face Brick). Estas dos masas están distribuidos uniformemente en ambos lados del aislamiento,

**Table 8-5. Thermal Properties and Code Numbers of Layers
Used in Wall and Roof Descriptions¹**

Code Number	Layer Description	Thickness and Thermal Properties					Mass
		L	k	ρ	Cp	R	
A1	1 in. Stucco	0.08	0.40	116	0.2	0.21	9.7
A2	4 in. Face brick	0.33	0.77	125	0.22	0.43	41.7
B7	1 in. Wood	0.08	0.07	37	0.6	1.20	3.1
B10	2 in. Wood	0.17	0.07	37	0.6	2.39	6.2
B9	4 in. Wood	0.33	0.07	37	0.6	4.76	12.3
C1	in. Clay tile	0.33	0.33	70	0.2	1.01	23.3
C2	4 in. Lightweight concrete block	0.33	0.22	38	0.2	1.51	12.7
C3	4 in. Heavyweight concrete block	0.33	0.47	61	0.2	0.71	20.3
C4	4 in. Common brick	0.33	0.42	120	0.2	0.79	40.0
C5	4 in. Heavyweight concrete	0.33	1.00	140	0.2	0.33	46.7
C6	8 in. Clay tile	0.67	0.33	70	0.2	2.00	46.7
C7	8 in. Lightweight concrete block	0.67	0.33	38	0.2	2.00	25.7
C8	8 in. Heavyweight concrete block	0.67	0.60	61	0.2	1.11	40.7
C17	8 in. Lightweight concrete block (filled)	0.67	0.08	18	0.2	8.34	12.0
C18	8 in. Heavyweight concrete block (filled)	0.67	0.34	53	0.2	1.96	35.4

L = thickness; k = thermal conductivity, Btu/h·ft·°F; ρ = density, lb/ft³

C_p = specific heat, Btu/lb·°F; R = thermal resistance, °F·ft²·h/Btu; Mass = unit mass, lb/ft²

8.2 CLTD Para Muros

. El valor de R_{total} es:

$$R_{total} = 0.25 + 0.43 + 5.4 + 0.33 + 0.68 = 7.09 \text{ Hr.Ft}^2.\text{°F/BTU.}$$

Del **Apéndice B**, este muro tendrá número 16. Luego refiriéndonos al **Apéndice C**, para este muro, número 16 muro y orientado al Norte, la máxima CLTD ocurrirá de las 22 a las 24 Horas.

Este valor al igual que para los techos, podrá ser ajustado de acuerdo a una latitud específica, diferente temperatura interior, mes del año y temperatura máxima exterior de la localidad.

Muy a menudo la carga máxima del espacio ocurre a las últimas horas de la tarde, debido a los rayos del sol incidiendo por las ventanas orientadas hacia el Poniente (Oeste) Suponga que desea encontrar la CLTD para los mismos dos muros, solo que ahora, orientados al Oeste, estos valores para muros tipos 13 y 16 serán de 15 °F y 11 °F respectivamente. La diferencia de 4 °F representa la interacción entre el aislamiento y la inercia térmica del muro.

8.4 Particiones Interiores

Las cargas térmicas por particiones interiores, pisos y plafones, son relativamente fáciles de calcular, si ambos espacios están acondicionados a la misma temperatura, no habrá transferencia de calor entre ellos. Sin embargo si están a diferentes temperaturas usaremos la fórmula ya conocida de:

$$Q = U.A.(T_1 - T_2)$$

En la cual los factores U compuestos de la partición se determinan de acuerdo a lo estudiado en la sección 4 de nuestro curso.

8.5 Ejemplo de problema:

Problema: Un edificio existente mostrado en la Figura 8-2, consiste de una oficina que se mantiene a 72 °F y un almacén, que se mantiene a 82 °F. Todo el edificio tiene un techo de concreto pesado de 2 Pulg. de espesor, con un aislamiento arriba de **R**-5.4 Hr.Ft².°F/BTU-Pulg., también de 2 pulg. de espesor. Los muros son de 1.0 Pulg. de madera interior, 1.0 Pulg. aislamiento de **R**-5.4 Hr.Ft².°F/BTU-Pulg. y ladrillo de 4.0 Pulg. de espesor en el exterior; La partición interior es de polines de 3.5 Pulg. con yeso en ambos lados de 0.5 Pulg. El techo .

.....

8.4 Particiones Interiores

. . . . Está a 10.0 Ft. Del piso con un plafond a 8.0 Ft del mismo, solo en la oficina. Este edificio se encuentra en Nueva Orleans. Las áreas de ventana están mostradas en la figura 8-2 y las puertas son de 34x80 Pulg. Determine las ganancias de calor de los muros, partición, piso y techo a las 3:00 PM en el mes de Julio.

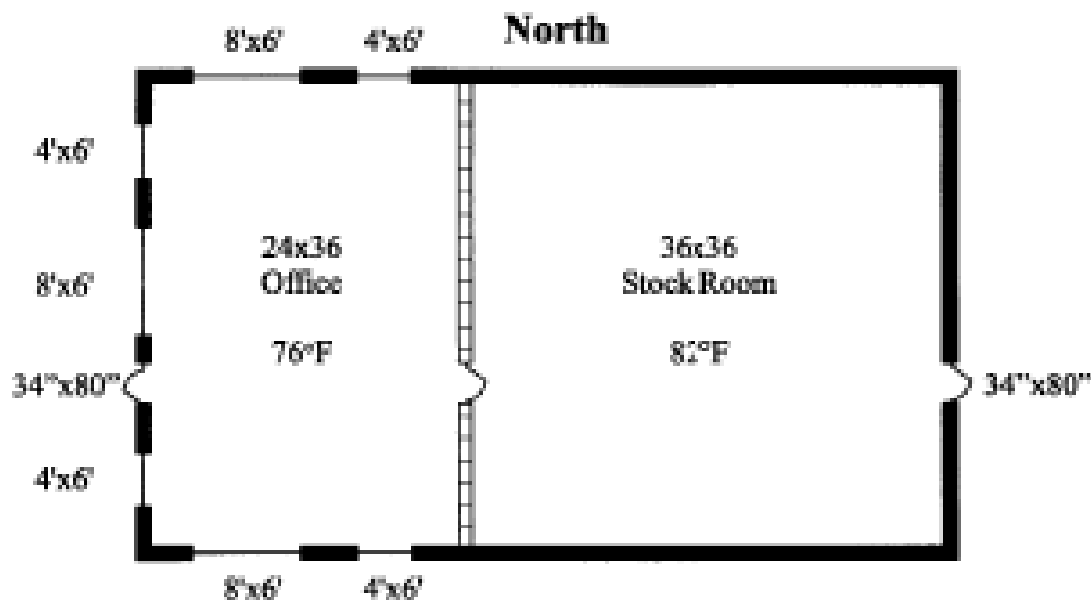


Figure 8-2. Sample Building

8.4 Particiones Interiores

Solución: El primer paso es dividir el edificio en dos zonas Oeste y Este, Que tendrán dos diferentes temperaturas. Luego determinar las áreas netas de muros y techo, como se muestra en la *tabla 8-6*, siga con la determinación de la **R_{total}** y el factor **U** del Techo usando los valores de la sección 4. como sigue:

Película exterior de aire para superficie Horizontal = 0.25
 Aislamiento de 2 Pulg. **R** 5-5.4 Hr-Ft².°F/BTU-Pulg = 10.80
 Concreto pesado 2 Pulg, 150 Lb/Ft³ y **R** 0.075 = 0.15
 Película interior de aire para superficie Horizontal = 0.92
 = 12.12

$$\mathbf{R_{total}} = 12.12; \mathbf{U} = 1/ \mathbf{R_{total}} = 0.083 \text{ BTU/Hr.Ft}^2.\text{°F}$$

Para la zona Este, de la tabla 8-2 se selecciona el techo Número 4 con C12 (concreto pesado) y para la zona Oeste que tiene plafond, la misma tabla indica techo Número 13 y las CLTD deben ser seleccionadas para las 3:00 PM, La figura 3-2, indica que la Temp. de diseño es de 93 °F y la gama diaria de 15.5 °F. con estos valores y con las temperaturas interiores de 76 °F (zona Oeste) y de 82 °F (zona Este) obtendremos los valores corregidos de las CLTD

Tabla 8-6 Valores de cálculo del problema 8.5 de ejemplo

Sección	Dimensiones	Area Neta Ft ²	CLTD (Tabulado)	CLTD (Corregido)	Factor U BTU/Hr.Ft ² .°F	Q = UA(CLTD) BTU/Hr
Zona Oeste						
Norte	(24x10)-(6x8)-(6x4)	168	17+1	20	0.130	437
Partición	36x10	360	----	6	0.320	691
Oeste	(36x10)-(6x4)-(6x8)-(6x4)-(36x76/144)	245	20	22	0.130	701
Sur	(24x10)-(6x8)-(6x4)	168	31-3	30	0.130	655
Techo	24x36	864	38+1	41	0.083	2940
Piso	24+36+24 LF (perímetro de 1 Ft)	84	----	9	0.810	612
					BTU/Hr TOT.	6,036
Zona Este						
Norte	36x10	360	17+1	14	0.130	655
Partición	36x10	360	----	-6	0.320	-691
Este	(36x10)-(36x76/144)	341	38+1	35	0.130	1552
Sur	36x10	360	31-3	24	0.130	1123
Techo	36x36	1296	65+1	62	0.083	6669
Piso	36+36+36 LF (perímetro de 1 Ft)	108	----	3	0.810	262
					BTU/Hr TOT.	9,570

8.4 Particiones Interiores

. . . . Como sigue:

$$\text{Oeste CLTD}_{\text{corr}} = (38+1)+(78-76)+((93-16/2)-85)) = 41 \text{ }^{\circ}\text{F}$$

$$\text{Este CLTD}_{\text{corr}} = (65+1)+(78-82)+((93-16/2)-85)) = 62 \text{ }^{\circ}\text{F}$$

En forma similar obtendremos el valor total de R para los muros exteriores, de los datos de la sección 4, como sigue:

Película de aire interior	0.68
Madera 1.0 Pulg. (suponga Pino)	1.00
Aislamiento 1.0 Pulg.	5.40
Ladrillo de 4.0 Pulg. (face brick)	0.43
Película aire exterior	0.25
Valor de R_{total}	7.76
Valor de $U = 1/R_{\text{total}}$	0.13 BTU/Hr.Ft ² .°F

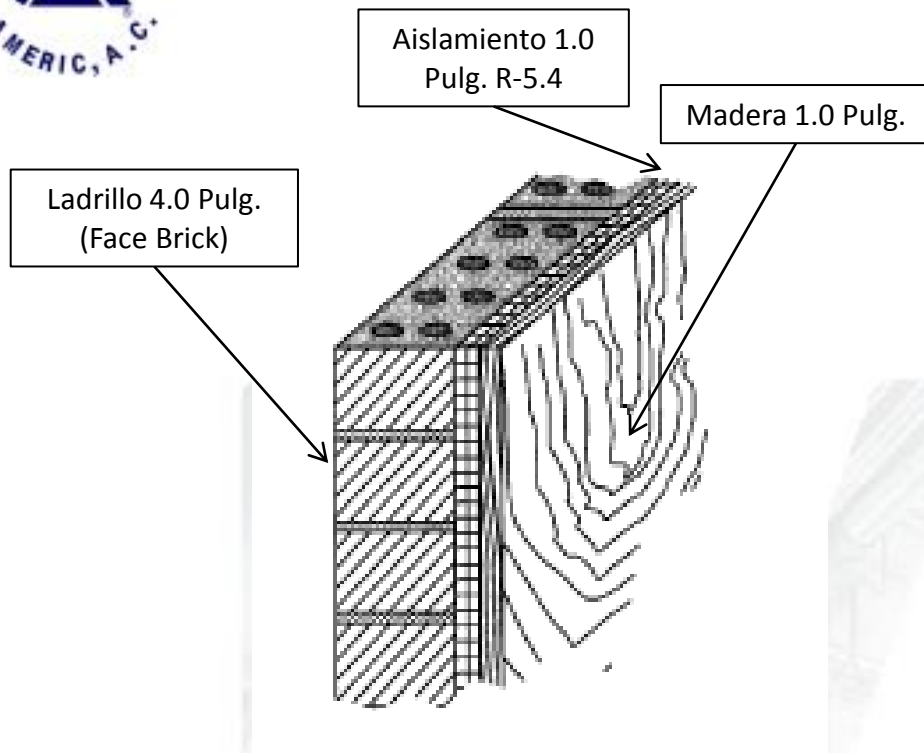


Figura 8-3 Muros exteriores

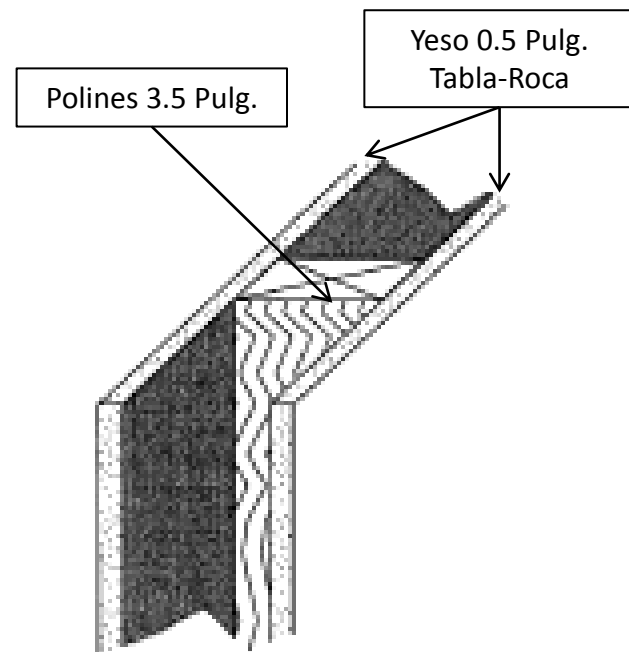


Figura 8-4 Partición

8.4 Particiones Interiores

Para la partición haremos lo mismo, y en forma similar obtendremos el valor total de **R** para los muros exteriores, de los datos de la sección 4, como sigue:

Película de aire interior	0.68
Tablaroca de 0.5 Pulg. yeso	0.32
Espacio aire 3.5 Pulg. ($\epsilon=0.82$)	1.01
Tablaroca de 0.5 Pulg. yeso	0.32
Película aire interior	0.68
Valor de R_{total}	3.01
Valor de $U = 1/R_{total}$	0.33 BTU/Hr.Ft ² .°F

Estimación de ganancias y/o Pérdidas de Calor:

Capítulo IX

Cargas Térmicas por Ventanas

- 1) 9.1 Introducción
- 2) 9.2 Ganancia por conducción en Ventanas
- 3) 9.3 Ganancias Solares.
- 4) 9.4 Sombreados Interno y Exteriores
- 5) 9.5 Cálculos de ejemplo.
- 6) Ejercicios

Capítulo IX

Cargas Térmicas por Ventanas:

9.1 INTRODUCCIÓN: Deberemos conocer tres nuevos términos, ***Coeficiente de Sombreo (SC)*** que es la relación de la ganancia solar a través de un vidrio bajo ciertas condiciones entre la ganancia de un vidrio plano sencillo bajo las mismas condiciones. Para evitar la ambigüedad asociada con el vidrio de referencia, este término está siendo reemplazado por el de ***Coeficiente de Ganancia Solar (SHGC)***, que es la fracción de la radiación solar total (visible más cerca de infrarrojos) que pasa a través de un vidrio y se convierte en ganancia de calor, estos dos valores están relacionados por medio de la siguiente ecuación:

$$SC = (SHGC/0.87) = 1.15 (SHGC)$$

El tercer término es ***Transmitancia Visible (VT)*** que es la fracción de la luz visible, como la percibe el ojo humano, transmitida a través de un vidrio.

Cargas Térmicas por Ventanas:

. . . . En sistemas de enfriamiento, la meta es maximizar el **VT** y minimizar el **SHGC**, dado que la porción visible representa el 38%, del espectro solar, la mejor relación de **VT** a **SHGC**, que puede ser lograda es de $(1/0.38)=2.6$. Se podrá aproximar a este límite utilizando vidrios selectivos de espectro. Los diseñadores deberán buscar una relación de al menos 1.0 y de preferencia 1.3 o más.

La energía de radiación solar, puede ser considerada en tres bandas de longitud de onda, como se muestra en la Figura 9-2. Radiación Ultravioleta con longitud de onda menor a $0.4 \mu\text{m}$, que representa el 3% de la energía solar que llega a las ventanas y dado que la gran mayoría de esta energía es reflejada por el vidrio, puede ser ignorada. La porción visible (0.4 a $0.7 \mu\text{m}$) que representa el 38 % de la energía y los infrarrojos-cercanos que representan el 59% con longitudes de onda de (0.7 a $2.2 \mu\text{m}$).

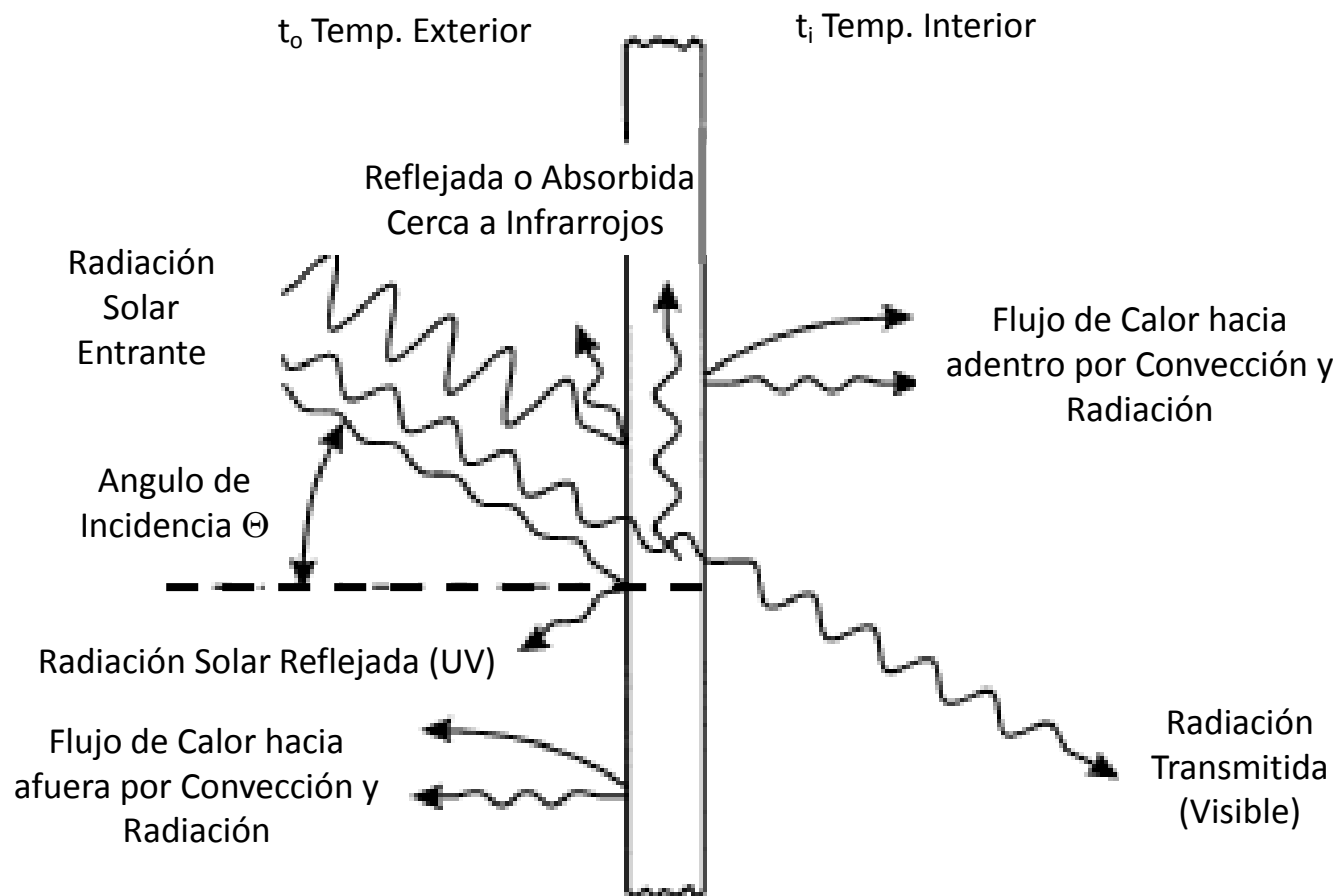


Figura 9-2 Interacción entre vidrio y Radiación Solar

Cargas Térmicas por Ventanas:

. . . . Evitar que esta porción de infrarrojos entre al espacio acondicionado reducirá la carga de enfriamiento, pero dejar que ingrese en el Invierno, puede reducir los costos de la calefacción.

Existe una cuarta banda de longitudes de onda que juega un papel importante en la transferencia de calor a través de las ventanas, los infrarrojos de onda larga (de 5 a 15 μm) que es emitida por los objetos a temperatura ambiente el vidrio es opaco a estas longitudes de onda creando lo que es conocido como efecto invernadero. La radiación de estos objetos es absorbida por el vidrio incrementando la temperatura del aire a su alrededor y el vidrio transmite esta energía tanto al interior como al exterior por medio de una combinación de convección y radiación.

Cargas Térmicas por Ventanas:

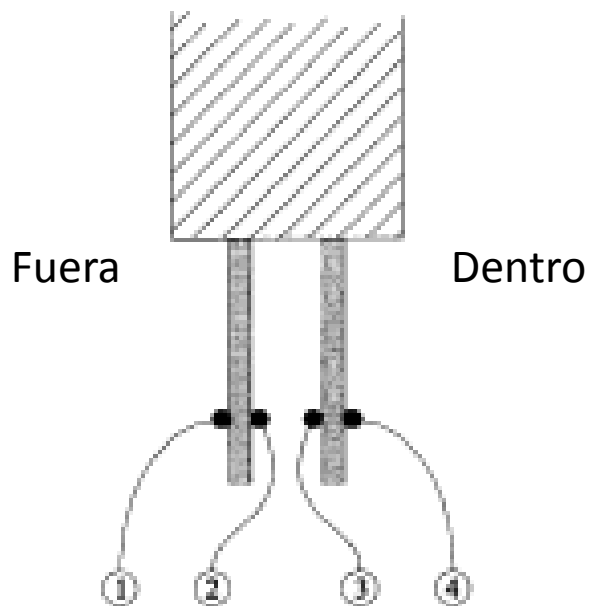
9.2 Ganancia por conducción en Ventanas: La ecuación básica para calcular la ganancia por conducción, es idéntica a la usada para muros y techos, como sigue:

$$Q_{\text{conducción}} = U.A.(CLTD)$$

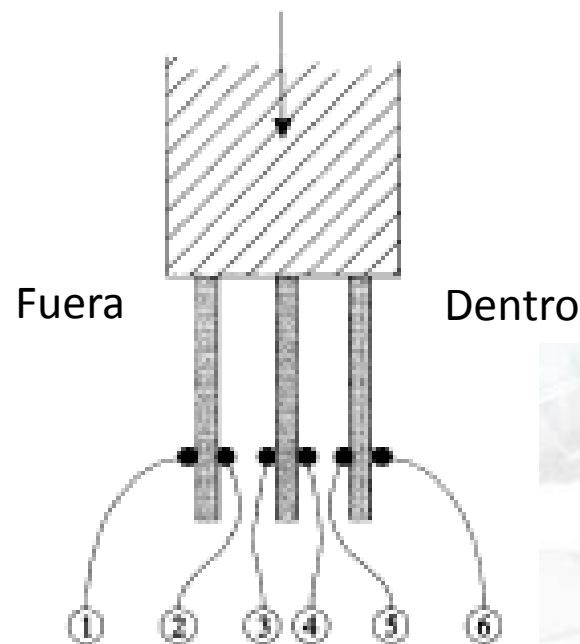
Los factores U para arreglos de ventanas típicas se muestran en la tabla 9-1. La columna "Solo Vidrio" (Glass Only) no incluye las pérdidas del perímetro debidas al marco, lo cual puede incrementar el valor efectivo de U , en forma significativa.

Se presentan en este capítulo, cuatro tipos de ventanas verticales, y dos tipos de instalaciones inclinadas, para cada tipo de ventana, se cuenta con varios tipos de marcos, listados de mayor a menor factor U , para aplicaciones de baja- ϵ , las superficies se enumeran de fuera hacia dentro, como se muestra en la *Figura 9-3*. Por ejemplo, la superficie 3 es la pared exterior del vidrio interior en la ventana de doble panel.

Puede ser Metal o Madera



Panel de doble Superficie



Panel de triple Superficie

Figura 9-3 Secciones Transversales de Ventanas

Cargas Térmicas por Ventanas:

9.2 Ganancia por conducción en Ventanas:

El área A , en estos cálculos es el área de la penetración incluyendo el marco. La CLTD para cada hora se muestra en la *Tabla 9-2*, tal como se comentó en la sección 8 para los muros y techos, este valor puede ser ajustado para temperaturas interiores diferentes a 78°F , o para temperaturas exteriores promedio, diferentes a 85°F .

Tabla 9-2. CLTD para Conducción a Través de Vidrio

Tiempo Solar Hr.	CLTD, °F	Tiempo Solar Hr.	CLTD, °F
0100	1	1300	12
0200	0	1400	13
0300	-1	1500	14
0400	-2	1600	14
0500	-2	1700	13
0600	-2	1800	12
0700	-2	1900	10
0800	0	2000	8
0900	2	2100	6
1000	4	2200	4
1100	7	2300	3
1200	9	2400	2

Correcciones: Estos valores están basados en temperatura interior de 78 °F, temperatura exterior promedio de 85 °F, gama (rango) exterior de 21 °F, Esta tabla será aproximadamente correcta para temperaturas exteriores máximas de 93 °F a 104 °F. También es aplicable para gamas (rango) diarias de 16 °F a 34 °F, siempre y cuando la temperatura media exterior sea de 85 °F.

Cargas Térmicas por Ventanas:

9.3 Ganancia Solar en Ventanas: Se requiere de tres valores para calcular la ganancia por radiación solar a través de las ventanas. El área total de la ventana y su orientación se obtienen fácilmente de los planos o tomando medidas en la obra.

el segundo valor requerido es la radiación incidente que realmente se transmite a través del vidrio y entra al espacio acondicionado, el cual está dado por el SHGC. El tercer valor es la densidad de radiación interceptada por la superficie en la orientación dada, este valor es una función de la latitud, mes y hora del día. La inercia térmica también ha sido incorporada en la determinación del valor llamado Carga Térmica Solar (Solar Cooling Load SCL) en unidades de BTU/Hr.Ft².

La metodología usada para estimar la Carga Térmica Solar (SCL) es el producto de estos tres valores de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$q_{rad} = A(1.15 \times SHGC)(SCL)$$

Donde:

Cargas Térmicas por Ventanas:

9.3 Ganancia Solar en Ventanas:

. **q_{rad}** = Carga Térmica Causada por la Radiación Solar (BTU/Hr)

A = Area neta de la penetración

$SHGC$ = Coeficiente de Ganancia de Calor Solar, Para la combinación de Marco y Vidrio.

SCL = Carga Térmica Solar (BTU/Hr.Ft²)

La *Tabla 9-3*, proporciona los valores para penetraciones (Fenestrations) frecuentemente utilizadas. El SHGC es función de del ángulo de incidencia, y las propiedades de espectro del vidrio, tales como la Baja ϵ , el valor de SHGC, puede ser utilizado para definir una amplia gama de combinaciones, desde vidrio sencillo con películas de reflexión hasta paneles dobles y triples de recubrimientos de baja emisión y para una gama de ángulos de incidencia. Por ejemplo, si se cuenta con una película de reflexión del 30% en una venta con vidrio sencillo con marco de aluminio (ID 1o) el SHGC resultante es de 0.36, dicho de otra manera, esta ventana admitirá cerca del 36% de la energía solar que incida en ella.

Cargas Térmicas por Ventanas:

9.3 Ganancia Solar en Ventanas:

La Carga Térmica Solar (SCL), depende de la particular combinación de las condiciones del espacio o zona en consideración. Investigaciones exhaustivas han identificado 14 parámetros de diseño que afectan la rapidez a la cual la luz solar es absorbida por las superficies del cuarto, convertida en calor sensible y tomada por el aire. Un cuarto con mayor inercia térmica, generalmente tendrá una menor carga de enfriamiento del espacio por un período de tiempo mas prolongado.

Para determinar el SCL, refiérase a las Tablas 9-4a y 9-4b, donde los tipos de zona (A, B, C o D) están dados en función de algunos de los materiales principales de los 14 parámetros conocidos que afectan la rapidez de ingreso del calor y en la que este se convierte en Carga Térmica del espacio. Nótese que estas tablas también indican tipos de zonas por personas, equipo e iluminación, estos parámetros los veremos en la siguiente sección, al determinar las cargas internas.

Tabla 9-4a Tipos de Zona para uso de las tablas del SCL y CLF edificios de un solo piso

Parámetros de la Zona				Tipo de Zona			Banda de Error	
No de Muros	Cubierta del Piso	Tipo de Particiones	Sombreado Interior	Solar Vidrio	Personas y Equipo	Luces	Mas	Menos
1 o 2	Alfombra	Yeso	(b)	A	B	B	9	2
1 o 2	Alfombra	Block de Concreto	(b)	B	C	C	9	0
1 o 2	Vinilo	Yeso	Total	B	C	C	9	0
1 o 2	Vinilo	Yeso	Medio a Ninguno	C	C	C	16	0
1 o 2	Vinilo	Block de Concreto	Total	C	D	D	8	0
1 o 2	Vinilo	Block de Concreto	Medio a Ninguno	D	D	D	10	6
3	Alfombra	Yeso	(b)	A	B	B	9	2
3	Alfombra	Block de Concreto	Total	A	B	B	9	2
3	Alfombra	Block de Concreto	Medio a Ninguno	B	B	B	9	0
3	Vinilo	Yeso	Total	B	C	C	9	0
3	Vinilo	Yeso	Medio a Ninguno	C	C	C	16	0
3	Vinilo	Block de Concreto	Total	B	C	C	9	0
3	Vinilo	Block de Concreto	Medio a Ninguno	C	C	C	16	0
4	Alfombra	Yeso	(b)	A	B	B	6	3
4	Vinilo	Yeso	Total	B	C	C	11	6
4	Vinilo	Yeso	Medio a Ninguno	C	C	C	19	-1
Carga (SCL) La banda de error para luces, Personas y Equipo es de 10% aprox..								
(b) En este caso el efecto del sombreado interior es depreciable.								

Tabla 9-4b. Tipos de Zona para el uso con las Tablas de CLF, Cuartos Interiores

Parámetros de Zona (a)				Tipo de Zona	
Localizacion del Cuarto	Piso Intermedio	Tipo de Plafond	Cubierta del Piso	Personas y Equipo	Luces
Un solo Piso	N/A	N/A	Alfombra	C	B
	N/A	N/A	Vinilo	D	C
Piso de Arriba	Concreto de 2.5 Pulg.	Con	Alfombra	D	C
	Concreto de 2.5 Pulg.	Con	Vinilo	D	C
	Concreto de 2.5 Pulg.	Sin	(b)	D	B
	Madera de 1.0 Pulg	(b)	(b)	D	B
Piso de Abajo	Concreto de 2.5 Pulg.	Con	Alfombra	D	C
	Concreto de 2.5 Pulg.	(b)	Vinilo	D	D
	Concreto de 2.5 Pulg.	Sin	Alfombra	D	D
	Madera de 1.0 Pulg	(b)	Alfombra	D	C
	Madera de 1.0 Pulg	(b)	Vinilo	D	D
Piso de enmedio	Concreto de 2.5 Pulg.	N/A	Alfombra	D	C
	Concreto de 2.5 Pulg.	N/A	Vinilo	D	D
	Madera de 1.0 Pulg	N/A	(b)	C	B

(b) En este caso, el efecto de este parámetro es despreciable.

Cargas Térmicas por Ventanas:

9.3 Ganancia Solar en Ventanas:

Para cada zona definida anteriormente, el SCL para vidrios soleados a 40° Latitud Norte, y el mes de Julio, están tabulados en la Tabla 9-5, Se proporciona el flujo solar, para cada hora del día en las orientaciones anotadas. Por ejemplo en el 21 de Julio, una ventada orientada al Sur, transmitirá 87 BTU/Hr.Ft2.

El "***Manual de Cálculo de Cargas Térmicas de Calefacción y Enfriamiento de ASHRAE***" (Cooling and Heating Load Calculation Manual, ASHRAE), incluye datos adicionales para otras latitudes, meses y tipos de zonas. La interpolación de los valores, entre diferentes latitudes se puede llevar a cabo con una pequeña pérdida de exactitud. Debido a que las ventanas orientadas al Norte nunca estarán soleadas, estos valores se pueden utilizar para ventanas con sombra total. Estas ganancias provienen de la radiación difusa y reflejada que alcanza la ventana, aún cuando está sombreada.

Cargas Térmicas por Ventanas:

9.3 Ganancia Solar en Ventanas:

Existe otra tabulación con valores relativos a las ganancias solares por ventanas, que posteriormente utilizaremos, que es el Factor de Ganancia Solar (Solar Heat Gain Factor SHGF) que es similar al SCL, ya que representa la rapidez de ingreso de la energía solar en BTU/Hr.Ft².°F, sin embargo, el SHGF representa el flujo de energía solar, real instantáneo y no incluye ningún efecto por inercia térmica que si fueron incorporados para el SCL. La Tabla 9-6 proporciona los valores del SHGF para Latitud Norte de 40°.

9.4 Elementos de Sombreado Internos y Externos:

La mayoría de las ventanas tiene algún tipo de sombreado interno para dar privacidad o por razones de estética. Estos sombreados también proveen algún grado de control sobre el soleamiento. Algunos valores típicos del Coeficiente de Sombreado **SC** (Shading Coefficient) se proporcionan en la Tabla 9-7 El **SC** depende de el tipo y color del sombreado y el tratamiento del vidrio, recuerde que el **SC**=1.15x**SHGC**..

Cargas Térmicas por Ventanas:

9.4 Elementos de Sombreado Internos y Externos:

. La forma mas eficiente de reducir la radiación solar en una ventana, es interceptarla antes de que llegue a la ventana. Las ventanas que están totalmente sombreadas desde el exterior reducirán la ganancia solar hasta en un 80%.

Para calcular la porción sombreada de una ventana es necesario primero determinar la localización de la sombra causada por el elemento exterior este proceso requiere de geometría en tres dimensiones, dos ángulos y algo de trigonometría, la geometría se muestra en la *Figura 9-4*, en donde se muestran dos elementos de sombreado, uno horizontal y otro vertical y ambos colaboran en proporcionar sombra a la ventana.

Dos ángulos localizan la posición del sol relacionada a una línea imaginaria perpendicular al plano de la ventana, el ángulo de perfil horizontal Ω mide que tan alejado hacia arriba, está el sol del horizonte en

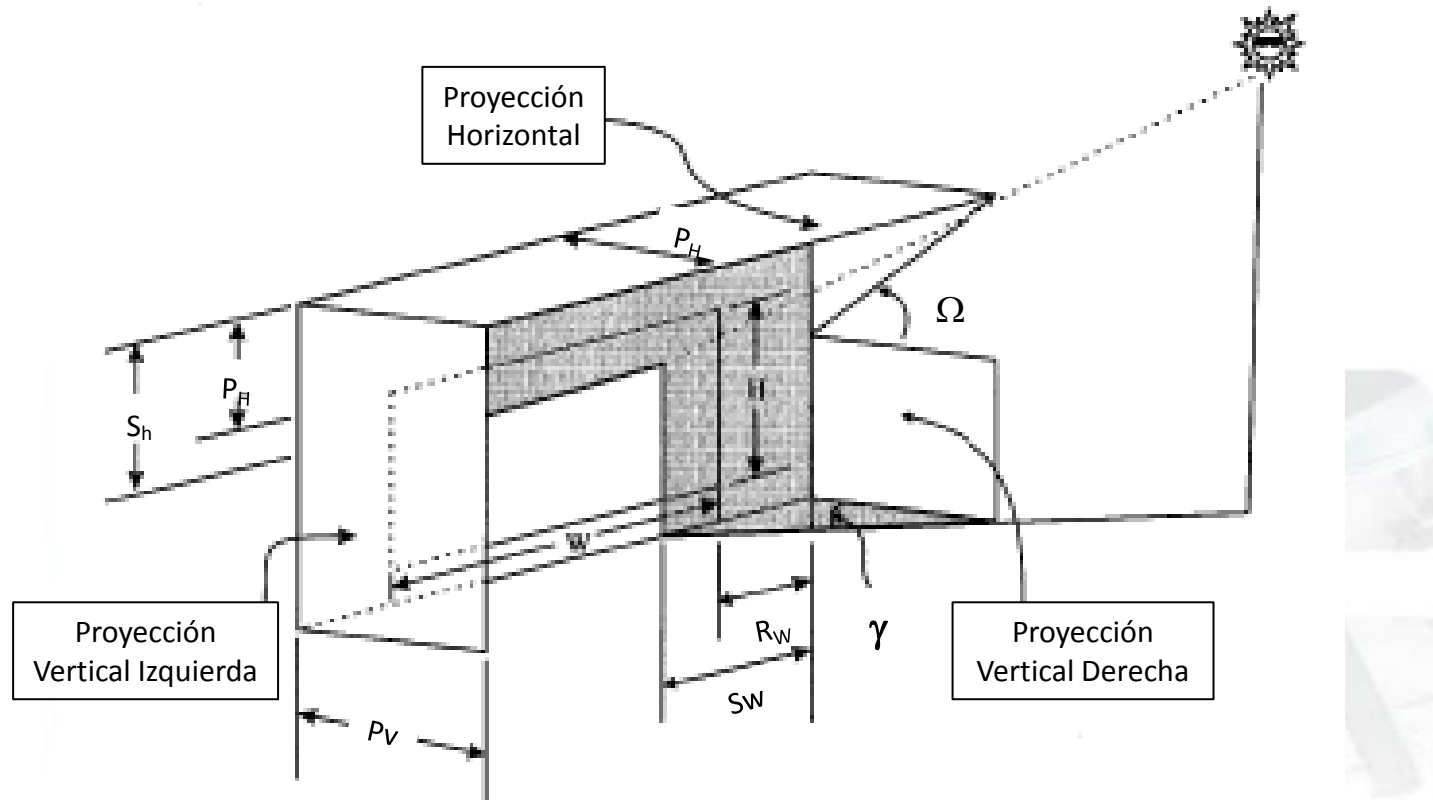


Figura 9-4. Proyecciones y ángulos de perfil de un sistema de Sombreado

Tabla 9-7. Coeficientes de Sombreado SC

Tipo de Vidrio	Espesor Nominal ^a (pulg)	Transmitancia Solar ^b	Persiana Veneciana		Cortina de Enrollar		
			Color Medio	Color Ligero	Obscura	Blanca	Color Ligero
Claro	3/32 ^c	0.87 a 0.90	0.74 ^d	0.67 ^d	0.81	0.39	0.44
			(0.63) ^e	(0.58) ^e			
Claro	1/4 a 1/2	0.80 a 0.71					
Claro con Modelo	1/8 a 1/2	0.87 a 0.90					
Modelo con Absorción de Calor	1/8	----					
Entintado	3/16 y 7/32	0.74 y 0.91					
Absorción de Calor ^f	3/16 y 1/4	0.46					
Modelo con Absorción de Calor	3/16 y 1/4	----	0.57	0.53	0.45	0.30	0.36
Entintado	1/8 y 7/32	0.59 y 0.45	0.54	0.52	0.4	0.28	0.32
Con Absorción de Calor o modelo	----	0.44 a 0.30					
Absorción de Calor ^f	3/8	0.34					
Con Absorción de Calor o con modelo	----	0.29 a 0.15					
	----	0.24	0.42	0.40	0.36	0.28	0.31
Vidrio con película reflejante	SC = 0.30 ^g		0.25	0.23			
	SC = 0.40		0.33	0.29			
	SC = 0.50		0.42	0.38			
	SC = 0.60		0.50	0.44			

^a Para los valores, referirse a los datos del fabricante.

^b Para persianas verticales con hojas blancas o beige en posición cerrada, SC = 0.25 y 0.29 cuando se usa con vidrios de transmitancia entre 0.71 y 0.80

^c Espesores típicos del vidrio en uso residencial

^d De Van Dick y Konen (1982) para persianas venecianas abierta a 45° on 35° de incidencia solar.

^e Valores para persianas venecianas cerradas cuando la operación des automática y cierran en la medida de que están mas soleadas

^f Se refieres a vidrio absorbente colores gris, verde, bronce y entintado verde

^g SC para vidrio sin sombreado

Cargas Térmicas por Ventanas:

9.4 Elementos de Sombreado Internos y Externos:

. en una hora y fecha. El Azimut solar γ mide el ángulo horizontal concurrente, relativo al plano Sol-Tierra para la orientación Sur. Para corregir el Azimut para una ventana que no esté orientada al Sur, añade el valor de la Tabla 9-8 al Azimut dado.

Tabla 9-8 Factores de Corrección al Azimut Solar								
Orientación	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Azimut de Superficie	180	-135	-90	-45	0	45	90	135

Estos ángulos, pueden ser calculados, para cualquier latitud, fecha, hora y orientación de ventana, Por ejemplo, la *Tabla 9-9*, proporciona datos para 40° latitud Norte. . . .

Tabla 9-9. Posición Solar y Angulos de Perfil para 40° Latitud Norte

Mes(es)	Tiempo Solar	Tiempo Solar		Angulos de Perfiles (Tiempo de Sombra)												Angulos de Incidencia para Superficies Verticales												Tiempo Solar			
		ALT	AZ	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	ESW	SW	WSW	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	ESW	SW	WSW		HORZ		
Diciembre	0800	5	53				13	7	6	6	6	9	21					82	60	37	18	10	31	53	76			85	1600		
	0900	14	42				37	20	15	14	15	18	30	78				71	50	29	14	24	44	65	87			76	1500		
	1000	21	29				72	38	27	21	21	23	31	54				84	63	43	26	22	35	55	75			69	1400		
	1100	25	15					46	37	28	25	26	31	43	75				78	56	38	26	29	44	63	83	65	1300			
	1200	27	4					50	53	35	28	27	28	35	43					90	75	51	34	27	34	51	70	63	1200		
Enero y Noviembre	0800	8	55			38	15	10	8	8	10	14	34					80	58	36	15	13	14	56	78			82	1600		
	0900	17	44				40	24	16	17	18	23	37	67				70	48	29	17	27	48	68	89			73	1500		
	1000	24	32				72	41	29	24	24	27	41	62				82	62	43	27	25	38	57	77			66	1400		
	1100	28	16					63	41	32	29	29	35	48	78				76	57	40	29	32	47	65	84	63	1300			
	1200	30	6					90	56	39	32	30	32	39	46					90	71	52	17	30	37	52	71	60	1200		
Febrero y Octubre	0700	4	72		43	9	6	4	4	5	7	14					85	63	41	18	6	27	30	72				86	1700		
	0800	15	62			43	23	17	15	15	10	29	69					74	52	32	16	22	41	63	84			75	1600		
	0900	24	59			83	45	31	24	24	27	35	56					86	65	46	30	26	36	54	74			66	1500		
	1000	32	35				70	47	36	32	33	38	50	75					78	61	44	33	40	46	63	82			58	1400	
	1100	37	19					67	49	40	37	39	45	61	85					75	68	45	37	41	53	69	87	53	1300		
Marzo y Septiembre	1200	39	4					90	65	49	41	39	41	49	65					90	78	50	44	39	44	57	73	41	1200		
	0700	11	80		43	13	13	12	12	14	21	50						78	56	34	15	17	37	58	80				79	1700	
	0800	23	70		85	45	29	24	24	25	31	50					88	67	47	30	24	33	51	71				63	1600		
	0900	34	57			72	48	37	33	33	38	50	75					80	61	45	34	35	46	63	81			55	1500		
	1000	42	42				69	53	45	42	43	50	64	82					76	60	48	42	41	56	71	85			48	1400	
Abril y Agosto	1100	48	23				90	71	55	50	48	50	57	71					90	75	62	52	48	52	62	75			42	1300	
	1200	58	0					90	72	79	52	50	52	59	72					90	76	63	54	50	54	63	76	40	1200		
	0600	7	99	40	14	9	6	9	9	12	25						83	59	37	15	12	32	54	77				83	1800		
	0700	19	89		42	26	28	19	20	26	41	88						69	48	29	19	39	48	68	89			77	1700		
	0800	30	79		71	48	35	31	31	33	47	72						80	61	44	32	42	44	62	81			68	1600		
Mayo y Julio	0900	45	67			62	51	44	41	43	51	66	90						74	55	46	47	46	58	73	90			49	1500	
	1000	51	51			85	69	56	52	51	55	63	77						86	72	61	53	51	57	67	80			39	1400	
	1100	59	29				86	73	64	60	59	62	69	81					87	75	66	60	59	63	71	82			31	1300	
	1200	62	8					90	78	69	63	62	63	65	78					90	80	70	64	62	64	76	80	28	1200		
	0500	2	113	5	3	2	2	2	3	6							63	43	20	3	25	47	78					88	1900		
Junio	0600	13	108	40	20	15	13	13	16	25	62						75	53	32	14	30	40	61	83				77	1800		
	0700	24	97	75	42	30	25	24	27	36	58						84	64	44	28	35	37	55	76				66	1700		
	0800	35	87			65	47	38	35	37	44	59	66					74	53	43	46	40	53	70	86			55	1600		
	0900	47	76			82	64	53	48	47	51	61	77					84	69	57	48	47	54	66	80			43	1500		
	1000	48	61			68	68	61	58	58	63	73	86						82	70	62	58	59	65	75	86			33	1400	
Junio	1100	66	37				84	75	69	66	67	71	77	87					84	76	70	65	67	71	78	87			24	1300	
	1200	70	8					90	80	76	71	70	71	76	82					90	82	76	72	70	72	76	82	20	1200		
	0500	4	117	9	6	4	4	5	7	14							63	35	18	6	20	50	72					86	1900		
	0600	15	108	40	22	16	15	16	19	31	XXX						71	41	30	15	23	43	64	86				75	1800		
	0700	26	100	71	42	31	27	26	30	40	66						81	61	43	29	28	40	59	79				64	1700		
Junio	0800	37	91	89	63	47	39	37	40	48	64						89	72	55	42	35	43	56	73				53	1600		
	0900	49	80		75	63	54	44	50	54	65	52						82	68	56	50	50	57	69	84			41	1500		
	1000	60	66			78	68	62	60	61	67	77	89						80	70	63	60	62	69	78	89			30	1400	
	1100	69	42				83	76	71	69	79	74	81	89						83	76	71	69	70	75	81	89			21	1300
	1200	72	4					98	84	78	74	73	75	84							90	83	78	75	73	75	84	17	1200		
				N	NNW	NW	WNW	W	WSW	SW	SSW	S	SSE	SE	ESE	N	NNW	NW	WNW	W	WSW	SW	SSW	S	SSE	SE	ESE	HORZ			

9.4 Elementos de Sombreado Internos y Externos:

. en una hora y fecha. El Azimut solar γ mide el ángulo horizontal concurrente, relativo al plano Sol-Tierra para la orientación Sur. Para corregir el Azimut para una ventana que no esté orientada al Sur, añada el valor de la Tabla 9-8 al Azimut dado. El ángulo del perfil horizontal es llamado Altitud (ALT) en esta tabla.

Ejemplo 9-2

Problema: Encuentre el ángulo del perfil horizontal y el ángulo del azimut solar para una venta vertical orientada al Suroeste (SW) a las 4:00 PM en Julio 21.

Solución: Primero vea la Tabla 9-8 la corrección de orientación para el SW y encontrará $+45^\circ$ Luego use la Tabla 9-9 para determinar los valores de los ángulos en Julio, a las 1600 Horas y verá que $\Omega = 35^\circ$ y $\gamma = -87^\circ$ (negativo en la tarde y casi orientado al Oeste). Añada la corrección de orientación a este último valor: $\gamma = -87^\circ + 45^\circ = -42^\circ$. El resultado negativo significa que el lado izquierdo de la ventana estará sombreado.

9.4 Elementos de Sombreado Internos y Externos:

. Cualquier ángulo de Azimut mayor que $\pm 90^\circ$ indica que el sol está por detrás de la ventana y por ende esta estará completamente sombreada. Para el ejemplo anterior, a las 1000 Horas, el azimut dado es $\phi = 61^\circ$ que al añadirle 45° resulta en $\gamma = 106^\circ$ y el sol no estará incidiendo en la ventana SW (suroeste) a esta hora.

Para calcular la altura de la sombra, (S_H) producida por una proyección horizontal tal como un volado, multiplique la profundidad de la proyección por la tangente de ángulo del perfil horizontal Ω encontrado en la Tabla 9-9.

$$S_H = P_H \times \tan \Omega$$

De forma similar, para calcular el ancho de la sombra (S_W) producida por la proyección vertical utilice la siguiente ecuación:

$$S_W = P_V \times \tan \gamma$$

9.4 Elementos de Sombreado Internos y Externos:

Ejemplo 9-3

Problema: Determine el efecto que tendrá un volado de 2 Ft, sobre la ventana del ejemplo anterior, (hacia el Sureste a las 4:00 PM de Julio 21). El umbral de la ventana está 5 Ft abajo del volado y las dimensiones son de 36 Pulg. de ancho por 48 Pulg. de altura, como se muestra en la *Figura 9-5*.

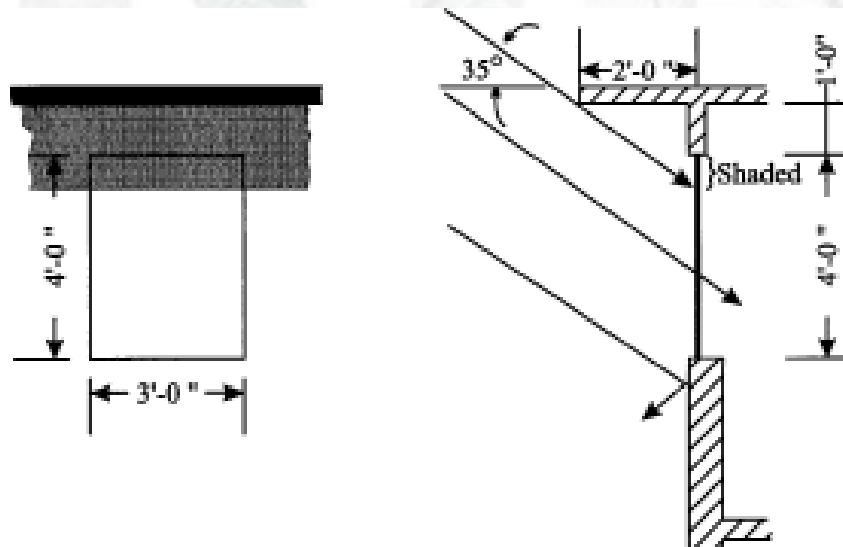


Figura 9-5 Geometría de la ventana en el Ejemplo 9-3

9.4 Elementos de Sombreado Internos y Externos:

Ejemplo 9-3

Solución: Sabemos, del ejemplo previo que el ángulo del perfil horizontal, $\Omega = 35^\circ$ y que la proyección horizontal (volado) es de 2 Ft, así que la ecuación se convierte en:

$$SH = PH \times \tan \Omega = (2 \text{ Ft}) \times (\tan 35^\circ) = 2 \times 0.70 = 1.4 = 1 \text{ Ft} + 5 \text{ Pulg.}$$

Dado que la parte superior de la ventana está 12 Pulg. abajo del volado, solo 5.0 Pulg. de la ventana estarán sombreadas. Al calcular la carga solar para estas condiciones, calcule el área totalmente sombreada y que es de $(36 \times 5 / 144) = 1.25 \text{ Ft}^2$ (esta área puede ser tomada como si estuviese al Norte) y para el resto del área de la ventana, $(36 \times 43 / 144) = 10.75 \text{ Ft}^2$, que está soleada, se deberá tomar el SCL hacia el suroeste.

9.5 Ejemplos de Cálculos:

El proceso de aprendizaje para tratar con estas nuevas variables, tablas y gráficas puede ser muy confuso y es por eso que haremos dos ejemplos más, el primero lo dividiremos en cuatro pasos y el segundo se iniciará con un problema integral. En los dos casos necesitaremos determinar los parámetros del vidrio (U_o y SHGC), la ganancia por conducción, la fracción que está sombreada y la carga térmica solar.

Ejemplo 9-4.1:

Problema: Una ventana vertical tiene vidrio doble con un espacio de aire de 0.5 pulg. El vidrio exterior está entintado color gris. El marco de aluminio tiene Rompimiento Térmico (Thermal Break) es fijo y aislado. Encuentre los valores correctos de **U_o** , **SHGC** y **VT**. Calcule la relación de **VT** a **SHGC**.

Solución: Refiriéndose a la *Tabla 9-1*, el renglón 5 identifica el tipo de ventana correcto. Cambiando a la columna de "Aluminum with Thermal Break" bajo Fixed (Fijos) la Tabla nos proporciona un valor de **$U_o = 0.57 \text{ BTU/Hr.FT}^2$**

9.5 Ejemplos de Cálculos:

Para determinar el SHGC de esta ventana, refiérase a la Tabla 9-3, (ID 5h) en donde le valor de 0.41 aparece bajo la columna de "Fixed Aluminum" para el marco. El **VT** listado en la última columna es 0.35. La relación entre VT y SHGC es de $0.35/0.41 = 0.85$ y nos indica que esta ventana no es adecuada para estar bajo la luz del Sol ya que transmite más calor que luz. El vidrio verde de la línea 5f tiene una relación $VT/SHGC = 0.57/0.43 = 1.33$ y hubiese sido una mejor selección para la luz del día.

Ejemplo 9-4.2:

Problema: La ventana del Ejemplo 9-4.1 mide 5x4 Ft. La temperatura interior es de 74 °F, y la temperatura de diseño exterior es de 96 °F con una gama diaria de 16 °F. Encuentre la ganancia de calor por conducción a las 11:00 AM en epoca de horaroio de ahorro de Energía.

Solución: Los valores son requeridos para resolver la ecuación

$$q = U_o \times A \times (CLTD)$$

9.5 Ejemplos de Cálculos:

El valor de $U_o = 0.57$ se determinó en el paso anterior. El área en Ft² es $A = 5 \times 4 = 20$ Ft². la CLTD se determina en la Tabla 9-2 a la hora 1000 ya el horario de ahorro de energía es una hora adelante del horario solar. De ahí que el valor tabulado es CLTD = 4 y debe ser corregido para las temperaturas interior y exterior dadas como se vieron en la sección 8.

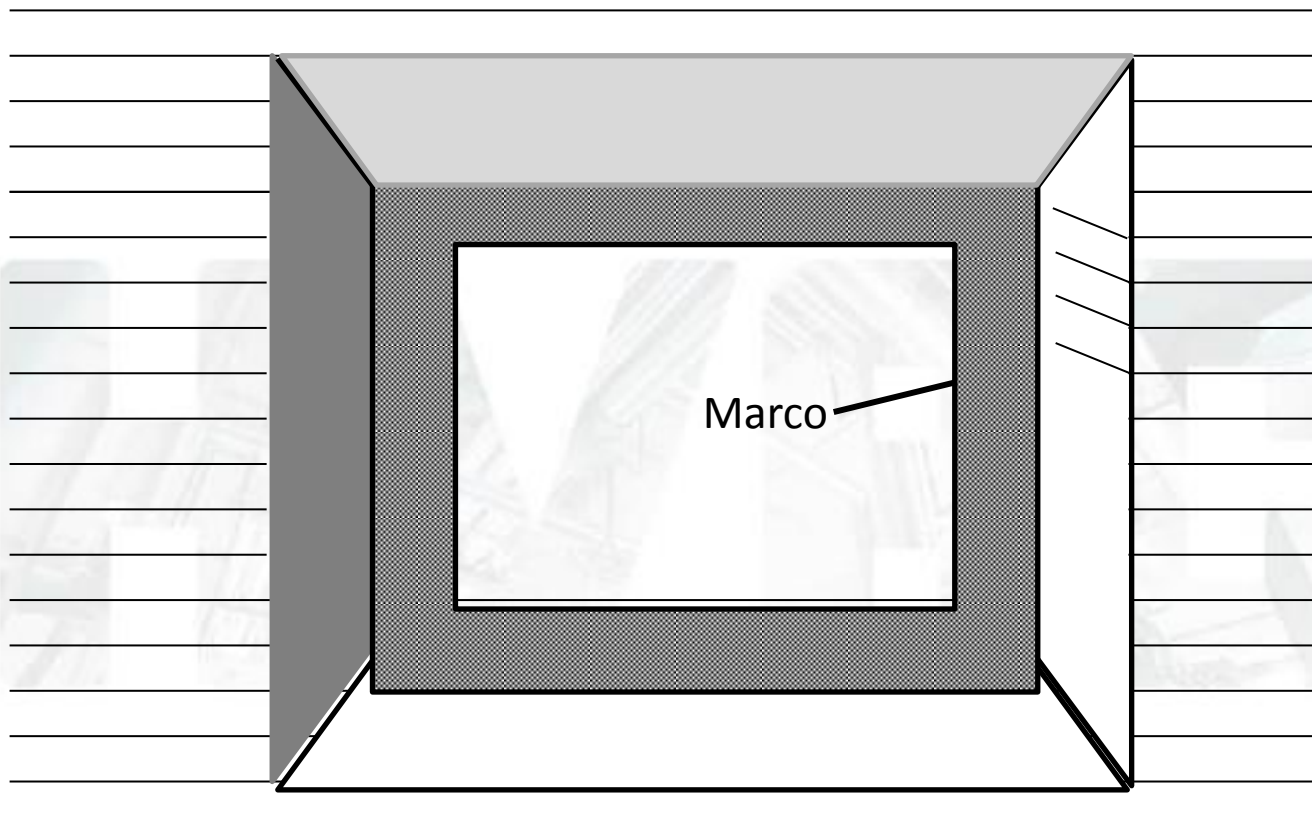
$$CLTD_{corr} = 4 + (78 - 74) + ((96 - 16/2) - 85)) = 4 + 4 + 3 = 11 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Y estos valores se pueden ahora aplicar a la fórmula

$$q = U_o \times A \times (CLTD) = (0.57 \text{ BTU/Hr.Ft}^2.\text{ } ^\circ\text{F})(20 \text{ Ft}^2)(11 \text{ } ^\circ\text{F}) \\ = 125 \text{ BTU/Hr}$$

Ejemplo 9-4.3:

Problema: La ventana de la siguiente figura está orientada hacia el Este y con 12 pulg. hacia dentro de la superficie del muro, con un marco de 3.0 Pulg. Encuentre el ángulo de perfil horizontal, el azimut solar y las áreas sombreadas y soleadas de esta ventana a las 11:00 AM en Horario de ahorro de energía para Julio 21 a 40° Latitud Norte.



9.5 Ejemplos de Cálculos:

Solución: La tabla 9-9 nos proporciona el ángulo de perfil horizontal y el Azimut solar, para Julio a las 1000 Horas (tiempo estándar) de $\Omega=57^\circ$ y $\phi=+61^\circ$ (positivo en horas del la mañana) respectivamente. Ahora utilice la tabla 9-8 para encontrar las correcciones que para una orientación Este, La corrección será de -90° , de tal manera que el ángulo de perfil horizontal $\gamma = -29^\circ = 61^\circ - 90^\circ$ (negativo significa que el lado izquierdo de la ventana está sombreado)

La línea de sombra para el volado horizontal está dada por:

$$S_H = P_H \times \tan \Omega = (1 \text{ Ft}) \times (\tan 57^\circ) = 1.5 \text{ Ft.}$$

Dado que las 3.0 pulg. o 0.25 Ft de arriba, son del marco, los 1.25 Ft superiores, de la ventana, estarán sombreados o una altura neta de $4 - 1.25 = 2.75 \text{ Ft}$ estarán soleados.

Una porción de la parte baja estará sombreada por la lateral, la línea de sombra de la pared vertical está dada por:

$$SW = PV \times (\tan \gamma) = 1.0 \text{ Ft} \times \tan -29^\circ = 0.6 \text{ Ft.}$$

.....

9.5 Ejemplos de Cálculos:

. Otra vez los primeros 0.25 Ft son del marco, de tal manera que $0.6 - 0.25 = 0.35$ Ft de la ventana estarán sombreados, dejando un ancho neto de la ventana, de $5 - 0.35 = 4.65$ Ft expuestos al sol. De ahí que el área neta expuesta al sol es de $4.65 \times 2.75 = 12.8 \text{ Ft}^2$ y como el área total es de 20 FT^2 , el área sombreada será de 7.2 FT^2

Ejemplo 9-4.4

Problema: El espacio interior tiene dos paredes expuestas, piso de terrazo y muros de tabla-roca. Encuentre las cargas solares de enfriamiento para las soleadas y las sombreadas y la carga solar para esta ventana a una hora dada, fecha y latitud dadas.

Solución: Refiérase a la Tabla 9-4a suponiendo piso de vinilo y de media a ninguna sombra, para encontrar zona Tipo C. Luego use la Tabla 9-5 para zona Tipo C y Tiempo Solar = 10 y Orientación Este para encontrar la $SCL = 124 \text{ BTU/Hr.}^\circ\text{F}$. Para las mismas condiciones. El valor de SHGC fue determinado en el problema del primer ejemplo 9-4.1

9.5 Ejemplos de Cálculos:

. La carga solar está dada por la suma de las ganancias a través de las áreas soleadas y sombreadas de las ventanas más la ganancia por conducción (transmisión) vista anteriormente.

$$Q_{\text{sombreada}} = A(1.15 \times \text{SHGC})(\text{SCL}) = 7.2 \text{ Ft}^2(1.15 \times 0.41)(30) = 102 \text{ BTU/Hr}$$

$$Q_{\text{soleada}} = A(1.15 \times \text{SHGC})(\text{SCL}) = 12.8 \text{ Ft}^2(1.15 \times 0.41)(124) = 748 \text{ BTU/Hr}$$

$$Q_{\text{conducción}} = U_o \times A \times (\text{CLTD}) = (0.57 \text{ BTU/Hr.Ft}^2.^\circ\text{F})(20 \text{ Ft}^2)(11 ^\circ\text{F}) = 125 \text{ BTU/Hr}$$

Ganancia Total de la ventana (Sombra+Soleado+Conducción)=975 BTU/Hr

Ejemplo 9-5

Problema: Considerando una ventana con doble vidrio, con un espacio de aire, de 0.5 Pulg., vidrios gruesos y baja e ($\epsilon = 0.2$) película de aire exterior. El marco aislado con fibra de vidrio y vinil tiene marcos operables aislados con vinil. Las dimensiones son de 4.0 Ft de altura y 8.0 Ft de ancho. La temperatura interior es de 80 °F y la temperatura exterior es de 94 °F con una gama (range) diaria de 22 °F. La ventana esta orientada al Suroeste y esta empotrada con 6.0 pulg. en todos sus lados, con un marco de 4.0 pulg. El espacio interior

9.5 Ejemplos de Cálculos:

. Tiene una pared expuesta, piso de alfombra y muros de concreto. Encuentre la ganancia total de calor a través de la ventana a las 2:00 PM EDT el 21 de Julio a 40° Latitud Norte.

Solución: Para determinar los parámetros de esta ventana refiérase al renglón 17 de la Tabla 9-1. Para este estilo de marco metálico operable, la $U_o = 0.36 \text{ BTU/Hr.Ft}^2.\text{°F}$. Para determinar el SHGC de este vidrio, refiérase a la Tabla 9-3 en el renglón 17b y encontrará $\text{SHGC} = 0.45$. Nótese que para esta ventana $\text{VT} = 0.53$ y la relación $\text{VT/SHGC} = 1.18$ nos confirma una buena selección.

La CLTD de la Tabla 9-2, a las 13:00 Hrs (que es la hora corregida para horario de verano) que debe ser corregida para las condiciones interiores y exteriores específicas, como sigue:

$$\text{CLTD}_{\text{corr}} = 12 + (78 - 80) + ((94 - 22/2) - 85)) = 12 - 2 - 2 = 8 \text{ °F}$$

El calor por conducción puede ser determinado por:

$$q_{\text{conducción}} = U \cdot A(\text{CLTD}) = 0.36 \text{ BTU/Hr.Ft}^2.\text{°F} \times (32 \text{ Ft}^2) \times (8 \text{ °F}) = 92 \text{ BTU/Hr}$$

9.5 Ejemplos de Cálculos:

. Luego debemos determinar los ángulos de sombreado la Tabla 9-9, proporciona el ángulo de perfil horizontal y el Azimut solar para Julio a las 13:00 Hrs. Como 66° y -37° (negativo por la tarde) respectivamente.

$$S_H = P_H \times \tan \Omega = (0.5 \text{ Ft}) (\tan 66^\circ) = 1.1 \text{ Ft} = 13 \text{ Pulg.}$$

La sombra es de 13 Pulg aprox. Pero las primera 4.0 Pulg son del marco, por lo que el área expuesta del vidrio será de $4.0 - (1.1 - 0.33) = 3.23 \text{ Ft}$. La Tabla 9-9 indica una corrección de +45 para una ventana orientada al SurOeste, de tal manera que el ángulo de perfil horizontal es $= -37 + 45 = 8^\circ$

$$S_W = P_V |\tan \gamma| = (0.5 \text{ Ft}) \times \tan 8^\circ = 0.07 \text{ Ft.} = 0.84 \text{ Pulg.}$$

Ya que la sombra cae solo sobre el marco no se requiere de más cálculos. El área neta soleada es de $3.23 \times 8.0 = 25.8 \text{ Ft}^2$ y el área sombreada es de $32.0 - 25.8 = 6.2 \text{ Ft}^2$. El siguiente paso es determinar los valores correctos de SCL. Refiérase a la Tabla 9-4a para encontrar el tipo de zona y este será B. La Tabla 9-5 para las 13:00 Hrs Suroeste y Norte indica 89 y 38 BTU/Hr.Ft² respectivamente.

9.5 Ejemplos de Cálculos:

utilizando estos valores y con el SHGC antes determinado obtendremos la ganancia total de esta ventana, como sigue:

$$Q_{\text{sombreada}} = A(1.15 \times \text{SHGC})(\text{SCL}) = 6.2 \text{ Ft}^2(1.15 \times 0.45)(38) = 122 \text{ BTU/Hr}$$

$$Q_{\text{soleada}} = A(1.15 \times \text{SHGC})(\text{SCL}) = 25.8 \text{ Ft}^2(1.15 \times 0.45)(89) = 1,188 \text{ BTU/Hr}$$

$$Q_{\text{conducción}} = U_o \times A \times (\text{CLTD}) = (0.36 \text{ BTU/Hr.Ft}^2.^\circ\text{F})(32 \text{ Ft}^2)(8 ^\circ\text{F}) = 92 \text{ BTU/Hr}$$

$$\text{Ganancia Total de la ventana (Sombra+Soleado+Conducción)} = 1,402 \text{ BTU/Hr}$$

9.5 Ejercicios:

9.01 Para una ventana fija con marco de vinilo y doble vidrio con espacio de 0.5 pulg. y dos vidrios de 0.25 pulg. de espesor. Determine el SHGC total de la ventana para Vidrio Bronceado (Bronze Glass) de low-e = 0.20 en superficie 3 y para vidrio verde de alto desempeño low e = 0.2 en superficie 3. decida cual es mejor para reducir la ganancia solar y cual mejor para la luz del día.

9.02 Determine la carga de enfriamiento por ganancia solar a las 10:00 AM del mes de Julio para una ventana en una tienda de departamentos; orientada hacia el Sureste con vidrio doble plano de 0.25 pulg de espesor y espacio de aire de 0.5 pulg. con marco de aluminio. Que mide 12 ft de altura y 40 Ft de ancho y tiene un volado continuo de 6.0 Ft localizado a 12 pulg. arriba de la ventana. Latitud de 40° Norte.

9.03 Si el volado del ejercicio 9.02 se incrementa a 10 Ft, explique como se afectará la ganancia solar a lo largo de todo un día en el mes de julio y lo mismo para el mes de Enero. Muéstranos sus cálculos.

9.5 Ejercicios:

9.04 Para una oficina de un solo piso con alfombra en el interior, paredes de tabla-roca; determine la carga de enfriamiento solar y la carga por conducción a través de una ventana de 10.0 Ft de ancho por 6.0 Ft de altura; con vidrio claro doble de 0.25 pulg. espesor y 0.50 pulg. de espacio de aire con low-e de 0.10 en superficie 3. lo anterior para el mes de Julio a las 9:00 AM; las 12:00 Hrs y las 3:00 PM. La ventana está orientada hacia el Suroeste.