

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO PARA EL HOTEL
CASA VILLA COLONIAL**

DOMINGO EMIGDIO OROZCO POSADA

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
FACULTAD DE INGENIERÍAS MECÁNICA Y MECATRONICA
CARTAGENA DE INDIAS D.T Y C**

DICIEMBRE

2010

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO PARA EL HOTEL
CASA VILLA COLONIAL**

DOMINGO EMIGDIO OROZCO POSADA

AUTOR

ING. MSc .ALFREDO ABUCHAR CURI

DIRECTOR

**PROPUESTA PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OPTAR EL
TITULO DE INGENIERO MECÁNICO Y CERTIFICACION DEL
DIPLOMADO USO RACIONAL DE LA ENERGÍA 2007**

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR

FACULTAD DE INGENIERÍAS MECÁNICA Y MECATRONICA

CARTAGENA DE INDIAS D.T Y C

DICIEMBRE

2010

NOTA DE ACEPTACION:

FIRMA DEL PRESIDENTE

FIRMA JURADO

FIRMA JURADO

DEDICATORIA

Dedico especialmente a Dios, Por ser nuestro creador, amparo y fortaleza cuando más lo necesitamos, A mis padres por apoyarme y darme su amor que es nuestra fuerza, a los amigos, y profesores que han sido pilares fundamentales en mi camino y así, forman parte de este logro que nos abre puertas inimaginables en nuestro desarrollo profesional, A los que me dieron el mejor ejemplo de vida a pesar de su realidad y siempre estuvieron dispuestos a colaborar, A mi Hijo Andrés Felipe que es la razón que me inspira para seguir hacia adelante y a la vez marcarle el camino a seguir y todo el resto de mi familia que no me alcanzaría la vida para pagarles todo el esfuerzo que hicieron para alcanzar este logro.

AGRADECIMIENTOS

Agradecer en primer lugar a DIOS, por haberme dado la oportunidad de vivir esta experiencia y a todas aquellas personas que de alguna u otra forma contribuyeron en mi formación profesional y personal.

- *A mis padres por el apoyo que me brindaron en este proceso, por su amor incondicional en esta etapa de nuestras vidas.*
- *A mis profesores por su apoyo y contribución en la realización como futuro profesional y en la formación personal.*
- *A Alfredo Aguchar Curi y Mariano Vladimir Quiroz, por hacer parte de este proyecto y por su orientación en el desarrollo y estímulo a concluir este proceso.*
- *A la familia Akel Alzate por el respaldo incondicional que siempre me han brindado y permitirme que este proyecto se halla desarrollado en el Hotel Casa Villa Colonial.*
- *A los Ingenieros Fernando Gonzalez M., Jhon J. Restrepo G. y Rafael Padron G. por el apoyo y confianza que depositaron en mi.*

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1. ANTECEDENTES	12
2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	14
2.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION	15
3.1. OBJETIVO GENERAL	15
3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	15
4. JUSTIFICACION DE LA INVETIGACION	17
5. MARCOTEORICO	18
5.1. INTRODUCCIÓN	18
5.2. CARGA TERMICA	20
5.3. TASA DE FLUJO DE CALOR	22
5.4. CONSIDERACIONES INICIALES DE DISEÑO	23
5.4.1. Características de la edificación	24
5.4.2. Configuración	24
5.4.3. Condiciones de diseño exterior	24
5.4.4. Condiciones de diseño interior	24
5.4.5. Rutina de operación	24
5.4.6. Fecha y tiempo	25
5.4.7. Consideraciones adicionales	25
6. CONFORT TERMICO Y CALIDAD	26
6.1. PSICROMETRIA	34
6.2. TEMPERATURAS DEL BULBO SECO Y DEL BULBO HÚMEDO	37
6.2.1. Temperatura del bulbo seco	38
6.2.2. Temperatura de bulbo húmedo	38

6.2.3. Calor sensible del aire	39
6.2.4. Calor latente del aire.	39
6.3. TEMPERATURA DEL PUNTO DE ROCÍO	40
6.4. DIAGRAMA PSICROMÉTRICO	43
6.5. PROCESOS PSICROMÉTRICOS	43
6.5.1. Mezcla de aire	44
6.5.2. Calentamiento sensible del aire	44
6.5.3. Proceso de enfriamiento sensible del aire	45
6.5.4. Proceso de humidificación del aire	46
6.5.5. Proceso de deshumidificación del aire	47
6.5.6. El aire se enfría y humidifica por medio de un enfriador de tipo evaporativo	48
6.5.7. La aplicación más normal en invierno consiste es en calentar y humidificar el ambiente	50
6.6. CALOR TOTAL	52
7. DESCRIPCION, CARACTERISTICAS Y CONDICIONES QUE PRESENTAN CASA VILLA COLONIAL	58
8. DIMENSIONES Y ÁREA DE LAS PAREDES Y TECHO DEL HOTEL SEGÚN LA DISTRIBUCION INTERNA	59
8.1. SALA PARA VISITANTES	59
8.1.1. Techo	61
8.1.2. Dimensiones	61
8.2. VESTIBULO O RECEPCIÓN	62
8.3. SALA ESTAR Y COMEDOR	62
9. ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION	63
9.1. PROCEDIMIENTO	63
10.METODOLOGÍA DE CÁLCULO CLTD/ SCL / CLF ASHRAE 1997	64
10.1. CARGAS EXTERNAS	64

10.1.1.	Conducción a través de estructuras exteriores	64
10.1.2.	Radicación solar a través de vidrios	65
10.1.3.	Cargas de particiones, cielos falsos, piso	66
10.2.	CARGAS INTERNAS	66
10.2.1.	Cargas internas por personas	66
10.2.2.	Cargas por luces	67
10.2.3.	Carga por equipos menores	67
10.2.4.	Ventilación e infiltración de aire	68
10.3.	PRONTURIO DE TABLAS CON PROPIEDADES Y CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES	68
10.4.	DESARROLLO DE LOS CALCULOS	69
11.	ANALISIS DE LA CARGA TERMICA PARA LA SELECCIÓN DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO	78
12.	CONCLUSIONES	81
13.	RECOMENDACIONES	83
14.	BIBLIOGRAFIA	84
	ANEXOS	85

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Composición del aire seco	35
Tabla 2. Depresión de bulbo húmedo	40
Tabla 3. Aire exterior requerido para determinados locales	57
Tabla 4. Calculo de la Carga Térmica del Hotel	77

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Propiedades térmicas de materiales y aislamientos típicos de construcción.	86
Anexo 1. Propiedades térmicas de materiales y aislamientos típicos de construcción, continuación.	87
Anexo 1. Propiedades térmicas de materiales y aislamientos típicos de construcción, continuación.	88
Anexo 1. Propiedades térmicas de materiales y aislamientos típicos de construcción, continuación.	90
Anexo 2. Valores de la emitancia para varias superficies	91
Anexo 3 . Conductividad y resistencias del aire en las superficies	92
Anexo 4. Valores de CLTD para paredes	93
Anexo 4. Valores de CLTD para paredes, continuación	94
Anexo 5. Factor U para vidrios	94
Anexo 6. Valores del CLTD para vidrios	95
Anexo 7. Números de techo usados en la tabla 12	96
Anexo 8. Valores de CLTD para techos	97
Anexo 9. Coeficiente de sombra SC	98
Anexo 10. Factor de carga solar para vidrios SCL	99
Anexo 10. Factor de carga solar para vidrios SCL, continuación	100
Anexo 11. Tipos de zonas para usar con las tablas de SCL y CLF	100
Anexo 12. Rata de ganancia de calor por personas	101
Anexo 13. Factor de carga por luces	102
Anexo 14. Tipos de paredes protegidas con aislante térmico	103
Anexo 15. CLTD por personas y equipos sin extracción	104
Anexo 16. Tipos de zonas para usar con tablas de CLF	105
Anexo 17. Ganancia de calor de motores eléctricos	106
Anexo 18. Factor de uso, radiante y de carga de equipos típicos	107
Anexo 19. Planos del Hotel	108
Anexo 20. Equipo seleccionado	110
Anexo 21. Fotografías del Hotel	

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Analogía entre el cuerpo humano y una calder	27
Figura 2. Intercambio de calor entre el cuerpo y su entorno	28
Figura 3. Temperatura normal del cuerpo humano	30
Figura 4. Procesos de transferencia de calor del cuerpo	31
Figura 5. La transpiración otra forma de transferir calor	32
Figura 6. Situación confortable del cuerpo humano en época de verano	33
Figura 7. La humedad relativa	36
Figura 8. Termómetro de bulbo seco y de bulbo húmedo	38
Figura 9. Temperatura de punto de rocío	41
Figura 10. Deshumidificación del aire	42
Figura 11. Evacuación de la humedad condensada del recinto	43
Figura 12. Calentamiento sensible del aire	45
Figura 13. Enfriamiento sensible del aire	46
Figura 14. Humidificación del aire	47
Figura 15. Deshumidificación del aire	48
Figura 16. Enfriamiento y humidificación del aire	47
Figura 17. Tratamiento del aire	50
Figura 18. Calentamiento y humidificación del aire en verano	51
Figura 19. Enfriamiento y deshumidificación del aire en verano	52
Figura 20. Medida de la eficiencia en un intercambiador de calor	53
Figura 21. Entrada de aire fresco o ventilación	54

1. ANTECEDENTES

Cartagena de Indias es y seguirá siendo un atractivo turístico para propios y extraños porque tiene un pasado y un presente que se fusionan en sus estrechas calles y plazas solariegas. Tenemos para destacar también su patrimonio inmueble producto de la herencia colonial y de la cultura triétnica de sus habitantes, consecuencia de la fusión española, indígena y africana que se refleja en la música, la gastronomía, las artes, la amabilidad y espontánea alegría de sus gentes.

Hay que tener presente que nuestros visitantes son de distintos estratos económicos y por ende cada grupo se acomoda hasta donde le permita su capacidad de pago por conceptos de hospedaje, y comodidades que ofrecen estos sitios. El tradicional barrio de Getsemaní es uno de los lugares a los que más concurren los visitantes de estratos medios hacia abajo, para hospedarse; precisamente aquí se construyó el hotel villa colonial, inicialmente el servicio que ofrecía no contaba con el aire acondicionado en sus habitaciones; con el transcurrir del tiempo fue creciendo la necesidad de instalar unidades acondicionadoras de aire para hacer más confortables las habitaciones. No se efectuó un cálculo adecuado de la carga térmica que se generaría en la habitación, se tuvo en cuenta los criterios empíricos y la experiencia de la persona que efectuó el trabajo. En algunas habitaciones el equipo instalado no tenía la capacidad requerida para alcanzar la temperatura de confort y en otros estaba muy por encima de lo requerido, esta situación generó molestias e inconvenientes a los propietarios del hotel, se presentó un alto incremento en el consumo energético.

Para el caso del hotel casa villa colonial han decidido efectuar el cálculo de la carga térmica total y la selección del equipo de acondicionamiento de aire que mejor se ajuste a las condiciones que demanda el recinto.

2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

2.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El hotel casa villa colonial se ha construido para brindar el servicio de hospedaje a propios y extraños, el inmueble está ubicado en el histórico barrio de Getsemaní; en la ciudad de Cartagena D.T. y C. Sus propietarios están interesados en instalar un sistema de aire acondicionado que tenga la capacidad para mantener las condiciones de confort en toda la edificación, y además, la relación de costos por conceptos de operación y funcionamiento comparados con los beneficios sea económicamente viable para este tipo de actividad comercial, puesto que estos establecimientos operan las 24 horas y la ocupación es variable.

3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la carga térmica generada en el hotel casa villa colonial, para seleccionar un sistema de aire acondicionado acorde con los requerimientos técnicos y la infraestructura del local.

3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ✓ Recopilar y registrar ordenadamente la información de campo necesaria, para realizar los cálculos de la carga térmica generada en el hotel casa villa colonial.

- ✓ Determinar el coeficiente de conductividad térmica para los materiales usados en la construcción de varias paredes del hotel casa villa colonial característicos de la región.

- ✓ Realizar cálculos de cargas térmicas en cada uno de los recintos del hotel, aplicando los criterios de la norma ASHRAE (1997), específicamente los conceptos de temperatura diferencial, factores de carga de enfriamiento y carga de enfriamiento solar (CLTD/CLF/SCL).

- ✓ Efectuar la selección del equipo o sistema de aire acondicionado a instalar, que tenga la capacidad para remover la carga térmica total calculada en el hotel, y a demás cumpla con las especificaciones técnicas requeridas por el local.

- ✓ Comparar la eficiencia del sistema de acondicionamiento de aire instalado (unidades independientes mini-Split), con las eficiencias de otros sistemas de acondicionamiento de aire.

4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Nos encontremos confortables, de forma que el cuerpo humano pueda ceder la cantidad debida de calor para disponer de una situación de comodidad.

Cartagena de Indias D.T y C, es una ciudad en la que la temperatura ambiente oscila en un rango entre 27°C y 34°C durante el día, y con un porcentaje de humedad relativa de 92%, debido a que es una ciudad costera, por ende está sometida a prolongados periodos de alto calor creándonos la necesidad de modificar las condiciones ambientales de los lugares donde permanecemos la mayor parte del tiempo (oficina, cine, restaurantes, habitaciones, hoteles, etc.). Mediante la utilización de sistemas acondicionares de aire.

La gran mayoría de estos sistemas cuando se realiza una elección acorde con la necesidad generada funcionan a la perfección y son de alto rendimiento térmico.

5. MARCO TEÓRICO

5.1. INTRODUCCIÓN

La historia de la refrigeración se remonta a la época del imperio romano, porque fueron estos guerreros quienes se percataron que los alimentos duraban más tiempo cuando se mantenían fríos sobre el punto de congelación. Ello se debe a que los alimentos no se estropean a medida que desciende el movimiento molecular, de esta forma disminuye el crecimiento de las bacterias que causan el deterioro de los alimentos.

La fuente de refrigeración durante muchos cientos de años fue el hielo que se producía en los nevados o en los picos de las montañas.

A finales del siglo XIX, un invierno muy benigno en el norte produjo escases de hielo, lo que apresuro el desarrollo de la refrigeración mecánica inventada ya durante dicho siglo.

El proceso de refrigeración se emplea hoy día para el enfriamiento (confort) del hogar y de los centros de trabajo, así como para acondicionar el aire en los automóviles. La aplicación del aire acondicionado en la industria se conoce como sistema de refrigeración a alta temperatura, habiéndose así establecido los usos de la refrigeración en alta, media y baja temperatura.

La forma sencilla de definir el concepto de refrigeración desde el punto de vista térmico es: El proceso de absorción del calor existente en un lugar donde no se desea, y de la transferencia de calor a otro lugar donde no

afecta; hay que tener siempre presente que el calor fluye de forma natural desde el nivel más caliente al más frío.

El término aire acondicionado para el común de las personas lleva una connotación casi exclusiva de enfriar el aire para el confort humano en los climas cálidos o en el verano. Pero la realidad es que el aire acondicionado entendido en su acepción más amplia se aplica a todo proceso por medio del cual el aire atmosférico se adecúa para un uso particular. Como aplicaciones se tendrían el enfriamiento y desecación del aire en climas cálidos, la calefacción y humidificación del mismo para suministrar algún tipo de confort. Pero dentro de esta clasificación también se entiende algunos procesos tales como el control ambiental para preservación de materiales almacenados, fabricación de textiles y tejidos, industria de impresión y otras muchas aplicaciones. Hace parte del concepto de aire acondicionado la eliminación de agentes contaminantes del aire por medio de filtros, por nombrar algunos más.

Existen muchos factores que entran en la discusión y cálculos del acondicionamiento del aire; algunos de ellos son de naturaleza puramente termodinámica y que ayudan a cuantificar las tasas de transmisión de calor, fuentes de energía y demandas de potencia; se cuenta además la determinación de los flujos de la radiación solar, las condiciones del aire exterior, los efectos del viento sobre la estructura del ambiente acondicionado, el aporte de las fuentes internas tales como aparatos eléctricos de varias clases y ocupantes¹.

Una característica de los sistemas de aire acondicionado es que deben mantener más o menos estables las condiciones del recinto que pretende

¹ CARRIER AIR CONDITIONING COMPANY. Manual de aire acondicionado (p. 9-4). 1999. Barcelona: Editorial Marcombo, S.A

acondicionar, deben poder eliminar las cargas sensibles y latentes del espacio, así como suministrar la ventilación adecuada en el mismo.

El método para calcular las características de un equipo de frío viene de los días en que se usaba el hielo para extraer el calor.

Hay que recordar que, en la escala de temperatura, se señala que son necesarias 36 Kcal (144BTU) de energía calorífica para fundir una libra (453gramos) de hielo a la temperatura de 0°C (32°F).

Es muy común utilizar un término para expresar la dimensión de un equipo frigorífico se trata de la tonelada de refrigeración que se define como: La cantidad de calor requerida para fundir una tonelada de hielo en un periodo de 24 horas, de ahí que un equipo de acondicionador de aire que tenga una capacidad de una tonelada, extraerá 72.000 Kcal (288.000 BTU) en 24 horas, o sea 3.000 Kcal/hora (12.000 BTU/h).

5.2. CARGA TÉRMICA

También nombrada como carga de enfriamiento, es la cantidad de energía que se requiere vencer en un área para mantener determinadas condiciones de temperatura y humedad para una aplicación específica (ej. Confort humano). Es la cantidad de calor que se retira de un espacio definido, se expresa en BTU, la unidad utilizada comercialmente relaciona unidad de tiempo, *Btu/hr*.

Para realizar el estimado de la carga de enfriamiento requerida con la mayor exactitud posible en espacios y edificios, las siguientes condiciones son de las más importantes para evaluar:

- ✓ Datos atmosféricos del sitio.

- ✓ La característica de la edificación, dimensiones físicas.

- ✓ La orientación del edificio, la dirección de las paredes del espacio a acondicionar.

- ✓ El momento del día en que la carga llega a su pico.

- ✓ Espesor y características de los aislamientos.

- ✓ La cantidad de sombra en los vidrios.

- ✓ Concentración de personal en el local.

- ✓ Las fuentes de calor internas.

- ✓ La cantidad de ventilación requerida.

Existen diferentes métodos para calcular la carga de enfriamiento en un área determinada, en cualquier caso es necesario evaluar diversas características como las condiciones del lugar (condiciones atmosféricas), tipo de construcción y aplicación del espacio a acondicionar.

Las variables que afectan el cálculo de cargas térmicas son numerosas, frecuentemente difíciles para definir en forma precisa, y no siempre están en cada momento mutuamente relacionadas.

Muchas variables de cargas de enfriamiento cambian extensamente en magnitud, por ello deben analizarse detalladamente para establecer la carga de enfriamiento necesaria para un establecimiento o dividirse este en zonas. La necesidad de dividir un sistema en zonas, origina mayor capacidad de carga de enfriamiento que un sistema total; pero permite manejar la carga para cada zona en su hora pico¹.

En el cálculo de carga de enfriamiento, es determinante el uso de valores adecuados para aplicarlos en un procedimiento determinado. La variación en los coeficientes de transmisión de calor de los materiales y montajes compuestos en edificio típicos, la forma de construcción, orientación del edificio y la manera en cual el edificio opera son algunas de las variables que imposibilitan un cálculo numéricamente preciso².

Mientras que los procedimientos sean usados en forma razonable por el diseñador para incluir estos factores, él cálculo es aceptado como correcto, pero todavía es solamente una estimación buena de la real carga de enfriamiento.

5.3. TASA DE FLUJO DE CALOR

En diseño de aire acondicionado existen cuatro (4) tasas relativas de flujo de calor, cada una de las cuales varían en el tiempo y debe ser diferenciada:

- ✓ Aumento de calor del espacio

¹ CARRIER AIR CONDITIONINGCOMPANY. Manual de aire acondicionado (p. 9-4). 1999. Barcelona: Editorial Marcombo, S.A

² CARRIER AIR CONDITIONINGCOMPANY. Manual de aire acondicionado (p. 9-5). 1999. Barcelona: Editorial Marcombo, S.A

- ✓ Carga de enfriamiento del espacio
- ✓ Tasa de extracción de calor del espacio
- ✓ Carga del serpentín.

La ganancia de Calor Espacial (tasa instantánea de aumento de calor) es la tasa a la cual el calor entra y/o es generado internamente en un espacio en un momento determinado.

La ganancia de calor es clasificada por:

- ✓ El modo en el cual entra en el espacio
- ✓ Si es una ganancia sensible o latente.

Los modos de ganancia de calor pueden ser como:

- ✓ Radiación solar a través de fuentes transparentes.
- ✓ Conducción de calor a través de paredes exteriores y techos.
- ✓ Conducción de calor a través de divisiones internas, techos y pisos.
- ✓ Calor generado en el espacio por los ocupantes, luces y aplicaciones.
- ✓ Energía transferida como resultado de ventilación e infiltración de aire del exterior.

- ✓ Aumentos de calor misceláneos.

5.4. CONSIDERACIONES INICIALES DE DISEÑO

Para calcular la carga de enfriamiento de un espacio, se requiere información de diseño detallada de la edificación e información climática a las condiciones de diseño seleccionados. Generalmente, los siguientes pasos deben ser seguidos:

5.4.1. Características de la edificación. Materiales de construcción, tamaño de los componentes, colores externos de fuentes y formas son normalmente determinados a partir de los planos de la edificación y especificaciones¹.

5.4.2. Configuración. Determine la ubicación, orientación y sombra externa de la edificación a partir de los planos y especificaciones. La sombra de edificaciones adyacentes pueden ser determinadas por un plano del sitio o visitando el sitio propuesto. Su permanencia probable debe ser cuidadosamente evaluada de ser incluida en los cálculos.

5.4.3. Condiciones de diseño exterior. Obtenga información climática apropiada y seleccione las condiciones de diseño exterior. La condición climática puede ser obtenida de la estación meteorológica local o del centro climático nacional.

5.4.4. Condiciones de diseño interior. Seleccione las condiciones de diseño interior tales como temperatura de bulbo seco interior, temperatura interior de bulbo húmedo y tasa de ventilación. Incluya variaciones permisibles y límites de control.

¹ CARRIER AIR CONDITIONINGCOMPANY. Manual de aire acondicionado (p. 9-5). 1999. Barcelona: Editorial Marcombo, S.A

5.4.5. Rutina de operación. Obtenga una rutina de iluminación, ocupantes, equipo interno, aplicaciones y procesos que contribuyan a incrementar la carga térmica interna. Determine la probabilidad de que el equipo de refrigeración sea operado continuamente o apagado durante períodos de no ocupación (ej. Noches y/o fines de semana).

5.4.6. Fecha y tiempo. Seleccione el tiempo del día y el mes para realizar los cálculos de la carga de enfriamiento. Frecuentemente varias horas del día y varios meses son requeridos.

5.3.3. Consideraciones adicionales. El diseño apropiado y el tamaño de los sistemas de aire acondicionado central requieren más que el cálculo de la carga de enfriamiento en el espacio a ser condicionado.

El tipo de sistema de acondicionamiento de aire, energía de ventilación, ubicación del ventilador, pérdida de calor de los ductos y ganancia, filtración de los ductos, sistemas de iluminación por extracción de calor y tipo de sistema de retorno de aire, todos afectan la carga del sistema y el tamaño de los componentes.

6. CONFORT TERMICO Y CALIDAD DEL AIRE

La comodidad o confort significa la sensación del cuerpo humano en relación con su entorno. El hallarse confortable describe el ambiente que nos rodea cuando no experimentamos incomodidad alguna. La comodidad implica cuatro variables a saber¹:

- ✓ Temperatura.
- ✓ Humedad.
- ✓ La velocidad o movimiento del aire.
- ✓ Limpieza del aire, la calidad definida en términos de concentración de olores, polvo y otros contaminantes de tipo bacterial.

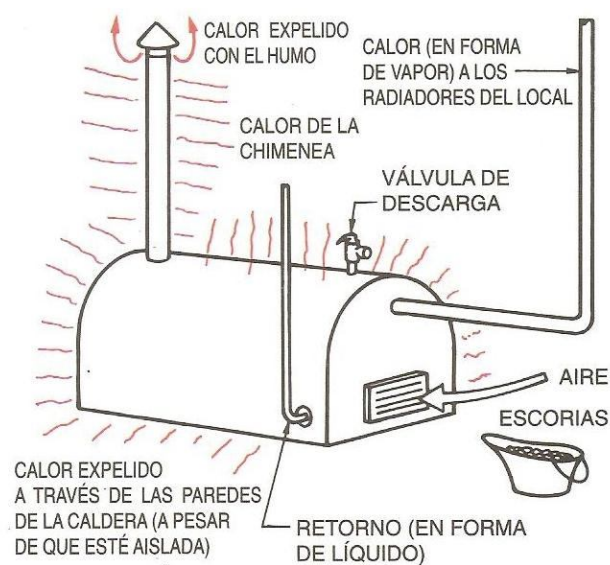
El cuerpo humano posee un sistema sofisticado de control para su protección y comodidad, los ajustes del cuerpo se cumplen a través de los sistemas de circulación y de la respiración. Cuando el cuerpo humano se halla expuesto a un clima demasiado frío, empieza tiritar, lo que es una reacción involuntaria para calentarse². Mientras que en la situación de calor excesivo en el cuerpo, se dilatan los conductos próximos a la piel a fin de que la sangre se encuentre más próxima al aire que la rodea, en un esfuerzo para aumentar el intercambio de calor con el aire.

¹ CARRIER AIR CONDITIONINGCOMPANY. Manual de aire acondicionado (p. 9-3). 1999. Barcelona: Editorial Marcombo, S.A

² Whitman William C. y Johnson William M. Tecnología de refrigeración y aire acondicionado Tomo 3 (p.831). 1999, Barcelona: Marcombo

El cuerpo humano es un organismo que convierte la energía química de la alimentación en calor y en trabajo muscular. Puede mantener su temperatura interna dentro de límites muy estrechos y por esta razón debe eliminar calor en forma permanente y controlada de acuerdo a las condiciones ambientales; se asemeja muchísimo a una caldera de carbón usada para calentar agua¹ (figura 1), el alimento para el cuerpo es como el carbón para la caldera; son la fuente de energía que les permite el funcionamiento. El cuerpo distribuye la energía que adquiere de los alimentos así: Una parte de

Figura 1. Analogía entre el cuerpo humano y una caldera



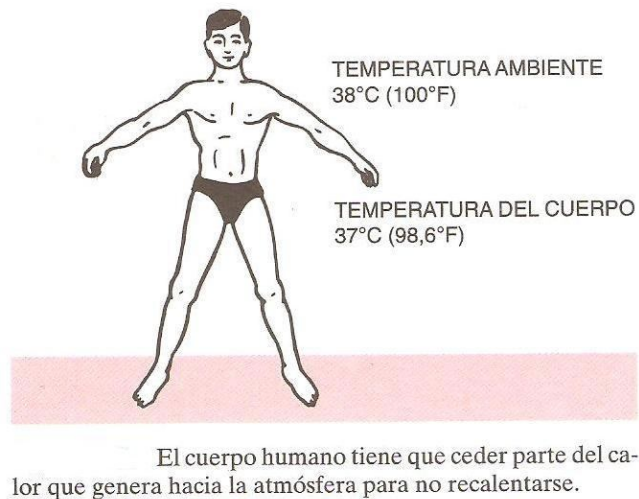
La caldera es muy parecida al cuerpo humano.
Emplea un combustible para producir energía.

Adaptado de producción: Tecnología de refrigeración y aire acondicionado Tomo 3 (p. 831), por Whitman William C. y Johnson William M. 1999, Barcelona: Marcombo.

¹ Whitman William C. y Johnson William M. Tecnología de refrigeración y aire acondicionado Tomo 3 (p.831). 1999, Barcelona: Marcombo

la energía la almacena en los tejidos grasos, otra se elimina como desperdicio, otra se expulsa como calor y otra se convierte en la energía que mantiene el funcionamiento del cuerpo (figura 2). No todas las personas sienten los mismos efectos del ambiente, lo cual está influenciado por la raza, el sexo, la edad, el tipo de actividad desarrollada, y los vestidos.

Figura 2. Intercambio de calor entre el cuerpo y su entorno



Adaptado de producción: Tecnología de refrigeración y aire acondicionado Tomo 3 (p. 832), por Whitman William C. y Johnson William M. 1999, Barcelona: Marcombo

La temperatura normal del cuerpo humano es de 37°C (98,6°F) (figura 3), el ser humano se encuentra confortable cuando el calor interno del cuerpo motivado por su alimentación, es cedido al exterior en la intensidad correcta; aunque deben cumplirse ciertas condiciones para que exista esta situación de equilibrio térmico o comodidad¹. Para alcanzar el equilibrio térmico el

¹ Whitman William C. y Johnson William M. Tecnología de refrigeración y aire acondicionado Tomo 3 (p.832). 1999, Barcelona: Marcombo

organismo debe eliminar el calor metabólico por el efecto acumulado de algunos de los siguientes mecanismos de transmisión de calor:

- ✓ Convección térmica del aire circundante.

- ✓ Intercambio de calor radiante entre la superficie del cuerpo y las superficies
del ambiente que lo rodea.

- ✓ Evaporación del sudor de la piel.

- ✓ Almacenamiento o, pérdida de energía interna del cuerpo.

Figura 3. Temperatura normal del cuerpo humano



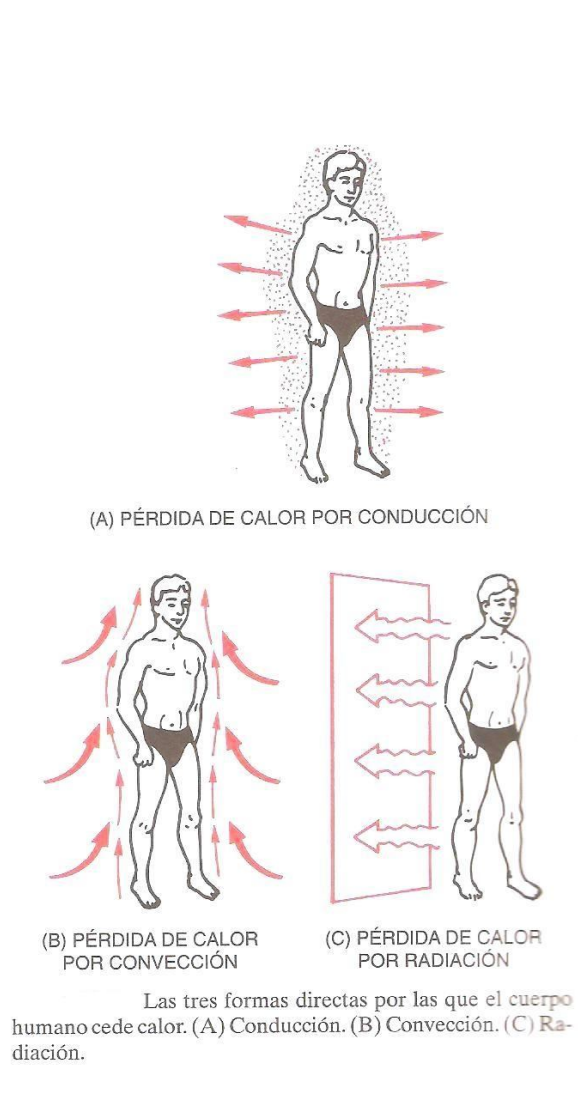
La temperatura normal del cuerpo humano es de 37°C (98,6°F).

Adaptado de producción: Tecnología de refrigeración y aire acondicionado Tomo 3 (p. 832), por Whitman William C. y Johnson William M. 1999, Barcelona: Marcombo.

El cuerpo humano cede y absorbe calor por los tres medios de transferencia de calor: Por conducción, convección y radiación (figura 4); la evaporación en forma de transpiración o sudor, puede ser considerada como otra forma de transferencia de calor, (figura 5). Este fenómeno se presenta cuando las condiciones difieren un poco de lo normal y hace que el cuerpo humano se aleje mucho del equilibrio térmico; como cuando se realiza una actividad que demanda ejercicio o cuando se presenta un incremento excesivo en la temperatura ambiente.

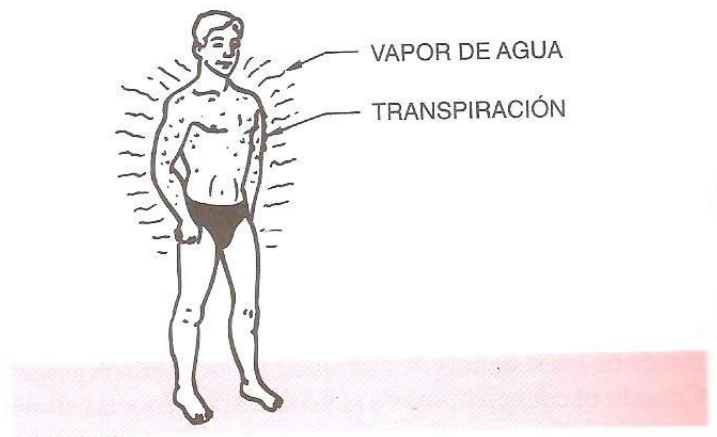
La reacción del cuerpo para contrarrestar el fenómeno es la segregación de sudor para alcanzar un enfriamiento evaporativo.

Figura 4. Procesos de transferencia de calor del cuerpo



Adaptado de producción: Tecnología de refrigeración y aire acondicionado Tomo 3 (p. 832), por Whitman William C. y Johnson William M. 1999, Barcelona: Marcombo

Figura 5. La transpiración otra forma de transferir calor



La transpiración o sudor podría considerarse una cuarta forma de cesión de calor del cuerpo humano.

Adaptado de producción: Tecnología de refrigeración y aire acondicionado Tomo 3 (p. 832), por Whitman William C. y Johnson William M. 1999, Barcelona: Marcombo

Normalmente, cuando el cuerpo en reposo (sentado) está bajo un ambiente de 24°C (75°F) y 50% de humedad relativa, con un movimiento ligero de aire, se encuentra muy próximo a una situación confortable durante la época de verano (figura 6). Deben tenerse en cuenta los siguientes puntos en lo que respecta a la situación de comodidad:

✓ En invierno:

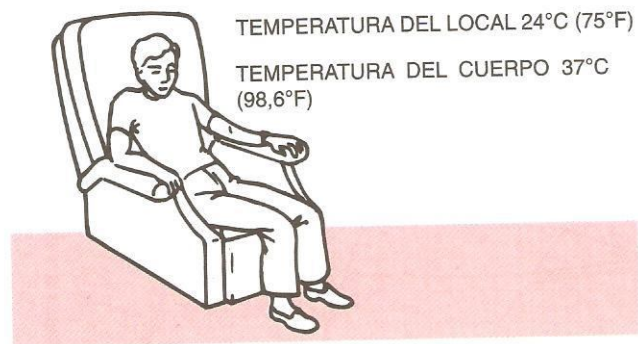
- (A) La baja temperatura puede compensarse con una humedad más alta.
- (B) Cuando más baja es la humedad, más alta debe ser la temperatura.
- (C) Se nota más el movimiento del aire.

✓ En verano:

- (A) Cuando la humedad es alta, el movimiento del aire sirve de ayuda.

Las temperaturas más altas pueden compensarse con una humedad más baja.

Figura 6. Situación confortable del cuerpo humano en época de verano



Relación entre la temperatura del cuerpo humano en reposo con la de la atmósfera que le rodea.

Adaptado de producción: Tecnología de refrigeración y aire acondicionado Tomo 3 (p. 833), por Whitman William C. y Johnson William M. 1999, Barcelona: Marcombo

- ✓ Las condiciones de comodidad en invierno son diferentes a las del verano. La ropa en diversas partes del país establece la diferencia para lograr una situación de comodidad ante los requerimientos de la temperatura.
- ✓ El metabolismo del cuerpo varía de una a otra persona, las mujeres no poseen una naturaleza tan calurosa como los hombres; el sistema circulatorio no trabaja generalmente de la misma manera en las personas de edad que en los jóvenes.

- ✓ El enfriamiento, la calefacción, la humidificación y la limpieza del aire son los factores que describen la profesión del acondicionamiento del aire.

6.1. PSICROMETRÍA

El concepto de psicrometría hace referencia al estudio del aire húmedo y de sus propiedades termodinámicas, el conocimiento de estas propiedades es fundamental para encontrar la solución a inconvenientes en los sistemas de aire acondicionado. Para iniciarnos en la materia encontramos que el aire tiene un peso de 0.075 lb/f^3 (1.2 kg/m^3) a 21.1°C (70°F) al nivel del mar. Este peso o densidad está sujeto a los cambios o modificaciones que se manifiestan en la temperatura.

Para el caso que nos ocupa, podemos calcular el peso de la cantidad de aire que hay en el interior de una habitación multiplicando el volumen de la misma por el peso del aire.

El aire atmosférico no es totalmente seco, en él siempre vamos hallar pequeñas partículas de agua en suspensión debido a los espejos de agua que hay en la superficie terrestre, y el fenómeno de la lluvia mantiene un grado de humedad en la atmósfera en todas partes (aun en un desierto). Esta presencia de agua en el aire reiterando una vez más se conoce por humedad.

El aire no es un gas o elemento puro puesto que está constituido por gases diferentes. El aire está formado por nitrógeno (78%), oxígeno (21%), 1% aproximado de otros gases, estos gases se hallan en el aire altamente recalentados. (Tabla 1).

Tabla 1. Composición del aire seco

Sustancia	Peso molecular	Fracción molecular en aire seco	Fracción por peso en aire seco
Oxígeno (O ₂)	32.0	0.2095	0.2315
Nitrógeno (N ₂)	28.0	0.7809	0.7552
Argón (A)	39.9	0.0093	0.0128
Bióxido de carbono (CO ₂)	44.01	0.0003	0.0005
Total		1.0000	1.0000

Adaptado de producción: Principios de aire acondicionado (p.124), por Beltran, Rafael G. 1992, Bogotá: Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Mecánica.

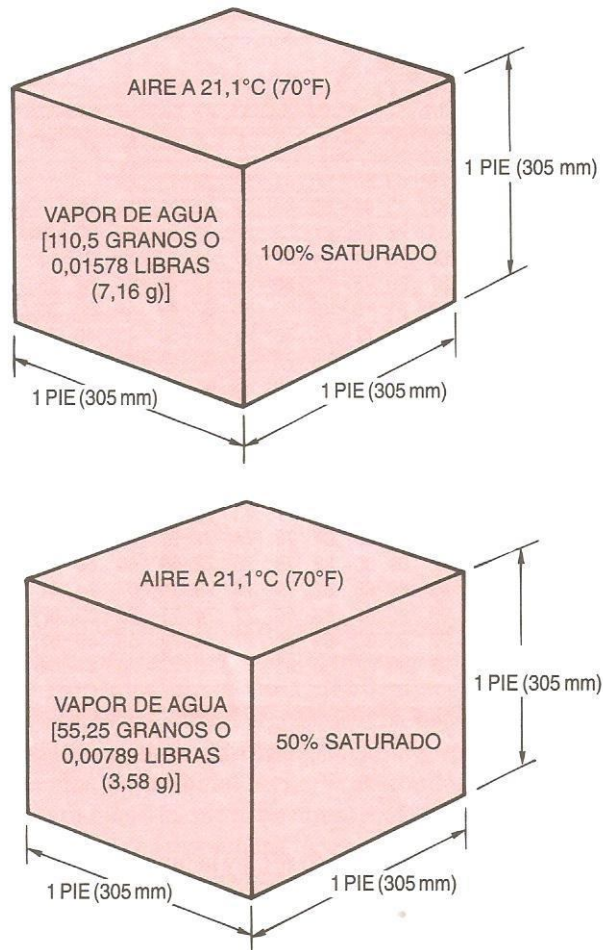
Cada gas ejerce una presión de acuerdo con la ley de Dalton de las presiones parciales. Expresándolo de forma sencilla, esta ley establece que cada gas, en una mezcla de gases, actúa de forma independiente a los demás gases, y que la presión total de una mezcla de gases es la suma de las presiones de cada uno de ellos en la mezcla¹. Un determinado espacio puede estar ocupado por más de un gas al mismo tiempo.

El vapor de agua, que se encuentra en suspensión en el aire, es un gas que ejerce su propia presión y ocupa el espacio junto con los demás gases.

Cuando el vapor de agua está en suspensión en el aire, a éste se llama en ocasiones aire húmedo (figura 7), en realidad el aire no está húmedo, ya que la humedad se encuentra en suspensión, por lo que sería más exacto hablar de una mezcla de nitrógeno, oxígeno y vapor de agua.

¹ Whitman William C. y Johnson William M. Tecnología de refrigeración y aire acondicionado Tomo 3 (p.836). 1999, Barcelona: Marcombo

Figura 7. La humedad relativa



La humedad relativa se basa en el vapor de agua que se encuentra en suspensión en un determinado volumen de aire, comparando el peso de vapor de agua con el que este volumen de aire soportaría si estuviese saturado al 100%.

Adaptado de producción: Tecnología de refrigeración y aire acondicionado Tomo 3 (p. 837), por Whitman William C. y Johnson William M. 1999, Barcelona: Marcombo

El contenido de humedad en el aire se mide por su peso expresado en libras o granos (7000 granos = 1 libra; 14.43 granos = 1 gramo), se emplean diversos métodos para calcular el porcentaje de humedad contenida en el aire. La humedad relativa es el más práctico y el más usado en los aparatos de medición. El método se basa en el peso del vapor de agua en determinado espacio comparado con el peso del vapor de agua que dicho volumen de aire puede contener si estuviese saturado a un 100%¹.

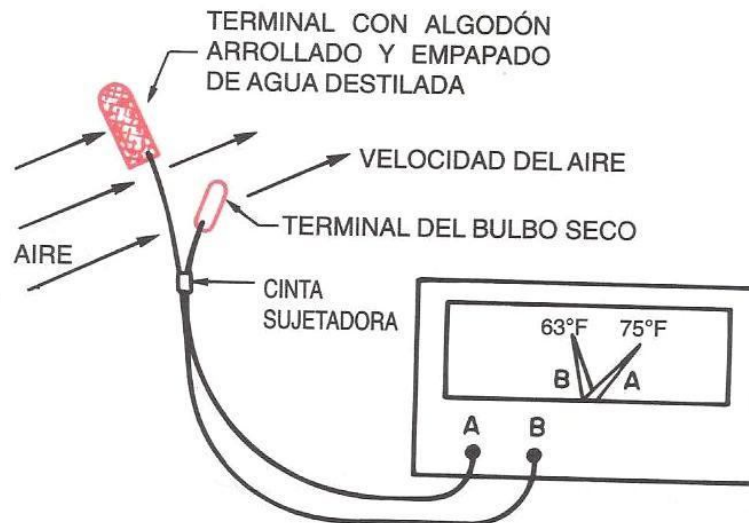
6.2. TEMPERATURAS DEL BULBO SECO Y DEL BULBO HÚMEDO

El contenido de humedad del aire puede verificarse por medio de la combinación de las temperaturas del llamado bulbo seco y bulbo húmedo.

6.2.1 Temperatura del bulbo seco. Es el nivel de calor sensible del aire y se toma por medio de un termómetro corriente (figura 8).

¹ Whitman William C. y Johnson William M. Tecnología de refrigeración y aire acondicionado Tomo 3 (p.837). 1999, Barcelona: Marcombo

Figura 8. Termómetro de bulbo seco y de bulbo húmedo



Forma de adaptar un termómetro electrónico convirtiéndolo en termómetro de bulbo seco y de bulbo húmedo.

Adaptado de producción: Tecnología de refrigeración y aire acondicionado Tomo 3 (p. 843), por Whitman William C. y Johnson William M. 1999, Barcelona: Marcombo

6.2.2 Temperatura de bulbo húmedo. Se toma con un termómetro que dispone en un extremo de una mecha que se enrolla en un pequeño receptáculo de agua destilada (figura 8). Y a la vez registra una temperatura inferior debido a que se necesita energía proveniente del aire para evaporar el líquido de la malla; para efectuar la lectura es necesario que haya una cierta velocidad del aire alrededor de los termómetros de magnitud igual o superior a los 3 m/s, para tal fin podemos hacer uso de un ventilador, o haciendo mover el conjunto de termómetros relativamente al aire quieto mediante una eslinga o agitador.

La lectura del termómetro con bulbo húmedo refleja el contenido de humedad existente en el aire. Este termómetro se hallará más frío que el de bulbo seco debido a la evaporación del agua destilada.

La diferencia entre la lectura del bulbo seco y el bulbo húmedo se conoce por depresión de bulbo húmedo (tabla 2). A la vez que disminuye la cantidad de humedad que se halla en suspensión en el aire, aumenta la depresión de bulbo húmedo y viceversa¹.

6.2.3 Calor sensible del aire. Es considerado como la entalpia del aire seco para cualquier temperatura dada de bulbo seco².

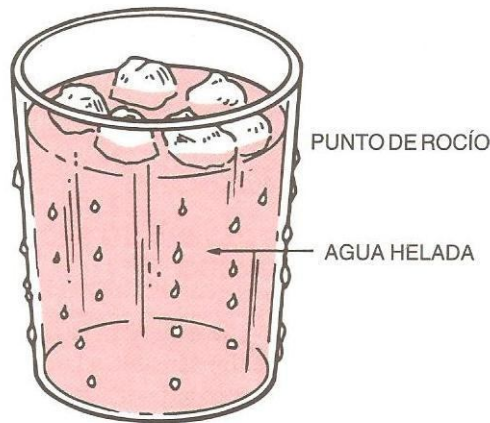
6.2.4 Calor latente del aire. Es el calor que contiene la masa de vapor de agua contenida en el aire; el calor latente del aire sólo es función de la temperatura del punto de rocío. Se puede tomar el calor latente del aire como la entalpia del vapor del agua.

La suma de los dos calores es el calor total o la entalpia del aire.

¹ Whitman William C. y Johnson William M. Tecnología de refrigeración y aire acondicionado Tomo 3 (p.837). 1999, Barcelona: Marcombo

² Dossat Roy J. Principios de refrigeración, 22 reimpresión (p.87). 2002, Mexico: Compañía editorial continental

Figura 9. Temperatura de punto de rocío



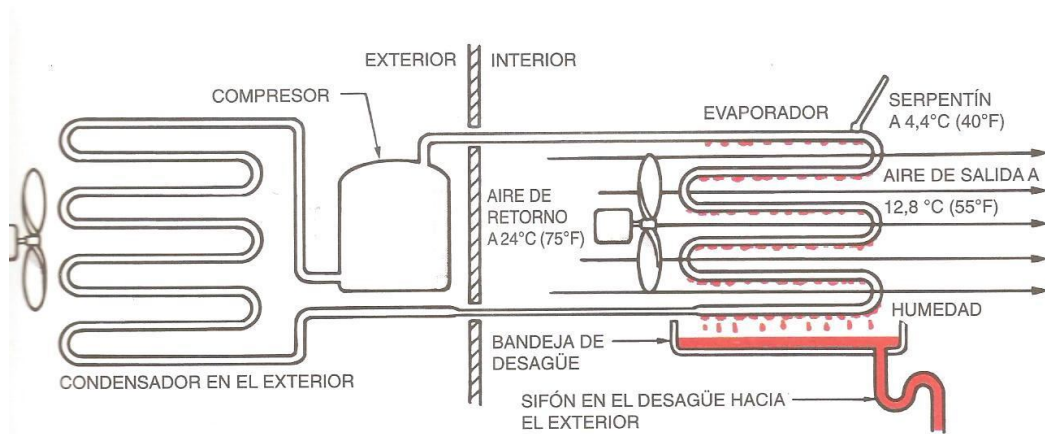
El agua se enfría gradualmente hasta que empiezan a formarse gotas de agua en el exterior del vaso.

Adaptado de producción: Tecnología de refrigeración y aire acondicionado Tomo 3 (p. 838), por Whitman William C. y Johnson William M. 1999, Barcelona: Marcombo

El aire puede deshumidificarse haciéndolo pasar a través de una superficie que se encuentre por debajo de la temperatura del punto de rocío del aire¹ (figura 10); la humedad se condensa, por ejemplo, en la superficie fría (evaporador) de un acondicionador de aire.

¹ Whitman William C. y Johnson William M. Tecnología de refrigeración y aire acondicionado Tomo 3 (p.838). 1999, Barcelona: Marcombo

Figura 10. Deshumidificación del aire



La superficie fría del serpentín de un acondicionador (evaporador) condensa la humedad del aire que lo atraviesa.

Adaptado de producción: Tecnología de refrigeración y aire acondicionado Tomo 3 (p. 839), por Whitman William C. y Johnson William M. 1999, Barcelona: Marcombo

La humedad condensada se evacúa (figura 11), esta es la humedad que se ve gotear en la parte exterior de un acondicionador de aire del tipo de ventana.

Figura 11. Evacuación de la humedad condensada del recinto



Adaptado de producción: Tecnología de refrigeración y aire acondicionado Tomo 3 (p. 839), por Whitman William C. y Johnson William M. 1999, Barcelona: Marcombo

6.4. DIAGRAMA PSICROMÉTRICO

Son graficas que representan las propiedades psicrométricas del aire. Si se conocen dos de las condiciones previamente mencionadas, se pueden trazar las demás. Las condiciones que son más fáciles de determinar acerca del aire en local son las temperaturas correspondientes al termómetro de bulbo seco y de bulbo húmedo, las condiciones del aire se trazan sobre el diagrama psicrométrico a medida que se produce el acondicionamiento del mismo.

6.5. PROCESOS PSICROMÉTRICOS

Los procesos psicrométricos pueden ser ilustrados y analizados sobre una carta psicrométrica, en las siguientes secciones son analizados unos pocos de los procesos psicrométricos más importantes a fin de ilustrar el uso del

diagrama psicrométrico y a demás para introducir algunos nuevos conceptos importantes.

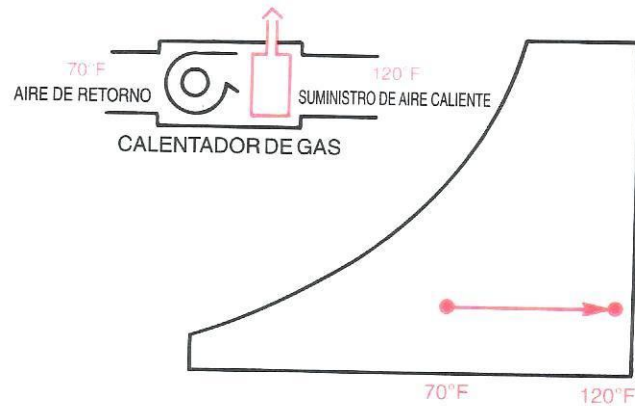
6.5.1. Mezcla de aire. Es uno de los procesos psicrométrico más frecuentes, la mezcla de dos o más corrientes de aire que tienen diferentes condiciones iniciales.

En estos casos las condiciones de la mezcla resultante se obtiene con facilidad a través de un balance simple de masa – energía.

6.5.2. Calentamiento sensible del aire. Se produce calentamiento sensible siempre que se pasa aire sobre una superficie caliente (seca), tal como un serpentín de vapor o de agua caliente, cuya temperatura sea superior a la temperatura del bulbo seco del aire que está pasando sobre la superficie, el aire absorbe calor sensible de la superficie caliente, de manera que se eleva la temperatura de bulbo seco del aire y tiende hacer igual a la temperatura de la superficie caliente¹ (figura 12). Debido a que no se agrega ni se quita humedad al aire durante el proceso de calentamiento, no cambian de valor la humedad específica, la temperatura del punto de rocío y el contenido de calor latente del aire, la temperatura de bulbo húmedo se aumenta. Durante el proceso el calor total del aire se aumenta en una cantidad igual al aumento de calor sensible.

¹ Dossat Roy J. Principios de refrigeración, 22 reimpresión (p.96). 2002, Mexico: Compañía editorial continental

Figura 12. Calentamiento sensible del aire



Aire atravesando un calentador intercambiador del calor sensible.

Adaptado de producción: Tecnología de refrigeración y aire acondicionado Tomo 3 (p. 843), por Whitman William C. y Johnson William M. 1999, Barcelona: Marcombo

6.5.3. Proceso de enfriamiento sensible del aire. Se logra tener enfriamiento sensible del aire haciendo pasar a través de una superficie de enfriamiento seca cuya temperatura sea menor a la temperatura del bulbo seco del aire pero mayor a la temperatura del punto de rocío del aire, no se agrega ni se extrae humedad, por lo tanto permanece constante en todo el proceso la humedad específica, la temperatura del punto de rocío y el calor latente contenido en el aire¹ (figura 13). El cambio en el calor total del aire es igual al cambio de calor sensible del mismo.

¹ Dossat Roy J. Principios de refrigeración, 22 reimpresión (p.99). 2002, Mexico: Compañía editorial continental

Figura 13. Enfriamiento sensible del aire

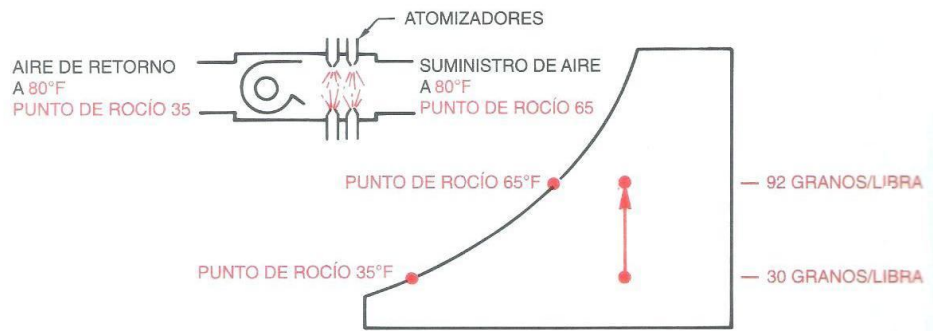


La extracción del calor sensible enfría el aire. La extracción del calor latente quita humedad del aire.

Adaptado de producción: Tecnología de refrigeración y aire acondicionado Tomo 3 (p. 843), por Whitman William C. y Johnson William M. 1999, Barcelona: Marcombo

6.5.4. Proceso de humidificación del aire. No se añade ni se extrae calor (figura 14). Se produce un aumento del contenido de humedad y de la temperatura del punto de rocío.

Figura 14. Humidificación del aire

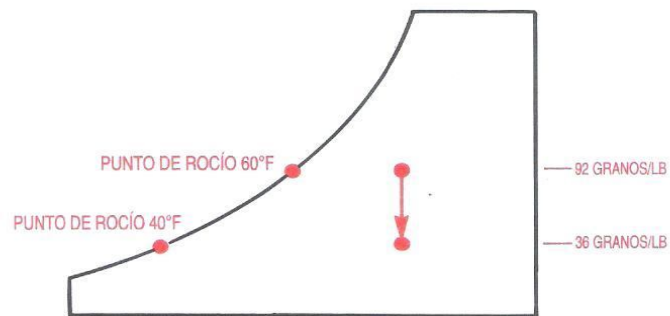


Se emplean atomizadores para añadir humedad al aire. Aumenta la temperatura del punto de rocío y el contenido de humedad.

Adaptado de producción: Tecnología de refrigeración y aire acondicionado Tomo 3 (p. 844), por Whitman William C. y Johnson William M. 1999, Barcelona: Marcombo

6.5.5. Proceso de deshumidificación del aire. No se adiciona y tampoco se extrae calor (figura 15). Se produce una disminución del contenido de humedad y de la temperatura del punto de rocío.

Figura 15. Deshumidificación del aire

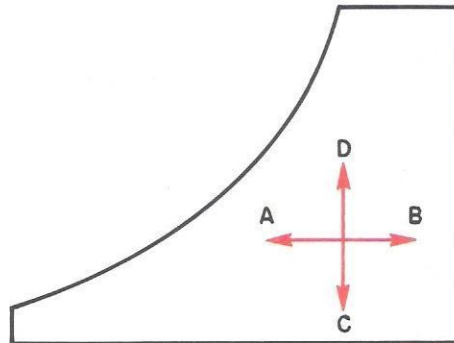


Se extrae humedad del aire. No se trata de una aplicación típica; se explica únicamente como ejemplo.

Adaptado de producción: Tecnología de refrigeración y aire acondicionado Tomo 3 (p. 844), por Whitman William C. y Johnson William M. 1999, Barcelona: Marcombo

6.5.6. El aire se enfría y humidifica por medio de un enfriador de tipo evaporativo (figura 16). Este sistema es popular en los climas calurosos y secos.

Figura 17. Tratamiento del aire



CUANDO EL AIRE SE TRATA Y SE SIGUE LA DIRECCIÓN DE LA FLECHA SIGUIENTE:

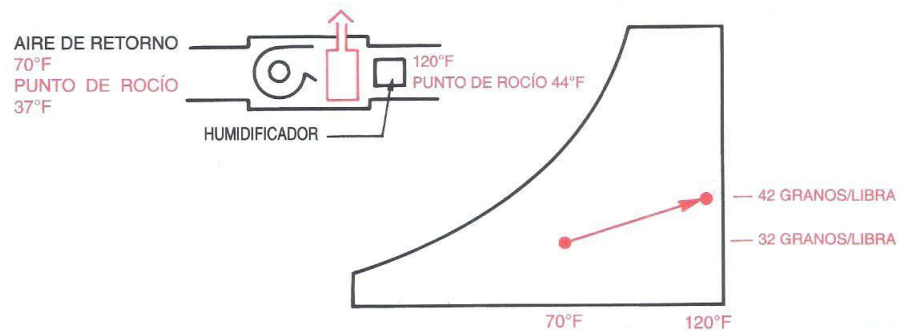
- (A) SE EXTRAE CALOR SENSIBLE.
- (B) SE AÑADE CALOR SENSIBLE.
- (C) SE EXTRAE CALOR LATENTE Y HUMEDAD.
- (D) SE AÑADE CALOR LATENTE Y HUMEDAD.

Suma del calor latente y sensible.

Adaptado de producción: Tecnología de refrigeración y aire acondicionado Tomo 3 (p. 845), por Whitman William C. y Johnson William M. 1999, Barcelona: Marcombo

6.5.7 La aplicación más normal en invierno consiste es en calentar y humidificar el ambiente (figura 18). Esta manipulación comprende el aumento de la temperatura, así como también, el aumento de la humedad y de la temperatura del punto de rocío.

Figura 18. Calentamiento y humidificación del aire en verano

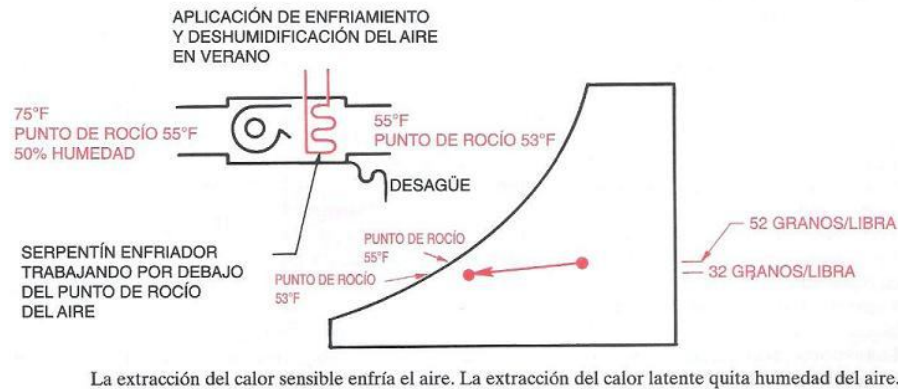


El calor sensible aumenta la temperatura del aire desde 70 hasta 120°F. La humedad se evapora y se añade calor latente al aire.

Adaptado de producción: Tecnología de refrigeración y aire acondicionado Tomo 3 (p. 845), por Whitman William C. y Johnson William M. 1999, Barcelona: Marcombo.

6.5.7. La más corriente de las aplicaciones en verano consiste en enfriar y deshumidificar el aire (figura 19). Se produce, por lo tanto, un descenso de la temperatura, del contenido de humedad y de la temperatura del punto de rocío.

Figura 19. Enfriamiento y deshumidificación del aire en verano



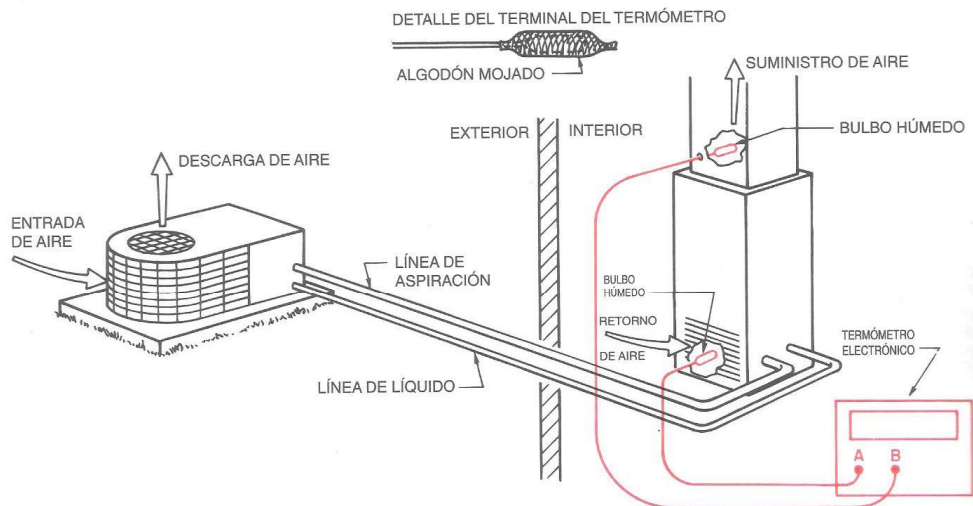
Adaptado de producción: Tecnología de refrigeración y aire acondicionado Tomo 3 (p. 845), por Whitman William C. y Johnson William M. 1999, Barcelona: Marcombo.

Es muy importante observar que todo cambio en el contenido de calor o humedad en el aire motiva un cambio en la lectura del termómetro de bulbo húmedo y, por consiguiente, un cambio en el contenido total de calor.

6.6. CALOR TOTAL

La capacidad de enfriamiento de un equipo puede verificarse sobre el terreno por medio de la característica de calor total del diagrama psicrométrico. Si se conoce la cantidad de aire que pasa a través de un intercambiador de calor, la cantidad total de calor puede comprobarse a la entrada y salida de dicho intercambiador. Con ello se obtendrá, con gran aproximación, el rendimiento del intercambiador de calor (figura 20).

Figura 20. Medida de la eficiencia en un intercambiador de calor



Lecturas de las temperaturas del termómetro de bulbo húmedo que deben tomarse a la entrada y salida del intercambiador de calor.

Adaptado de producción: Tecnología de refrigeración y aire acondicionado Tomo 3 (p. 846), por Whitman William C. y Johnson William M. 1999, Barcelona: Marcombo

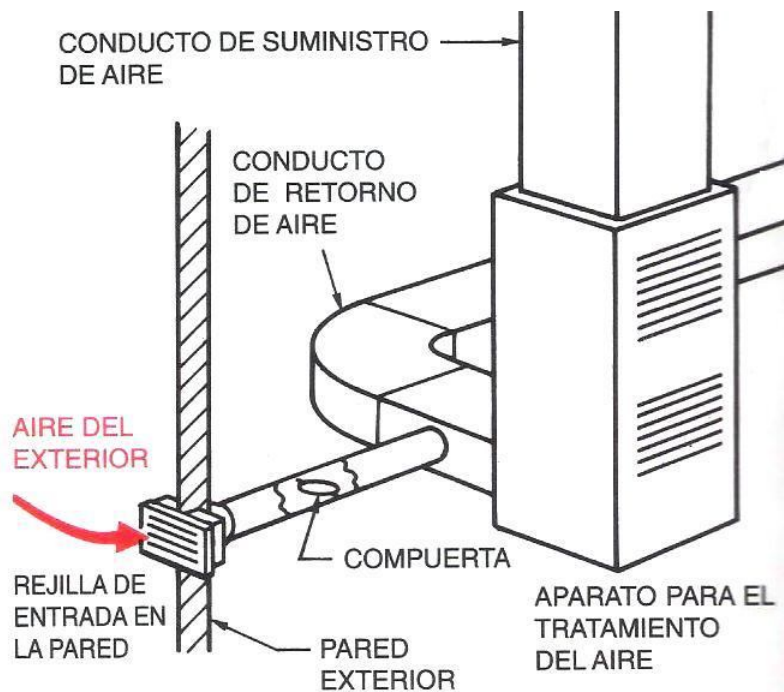
El aire que nos rodea debe mantenerse en condiciones correctas para que nos encontremos confortables, el aire en el interior de nuestras viviendas se trata convenientemente enfriándolo o calentándolo, deshumidificándolo o humidificándolo, y limpiándolo, de forma que el cuerpo humano pueda ceder la cantidad debida de calor para disponer de una situación de comodidad¹.

La función primordial del aire acondicionado consiste en recoger el aire de una habitación para acondicionarlo y mezclarlo al aire existente. Una pequeña cantidad del aire exterior se induce al interior del acondicionador para que el aire interior no se halle estancado y falto de oxígeno. Ello se conoce como entrada de aire fresco o ventilación (figura 21). La cantidad recomendable de aire que debe introducirse es el cambio de un 25% por

¹ Whitman William C. y Johnson William M. Tecnología de refrigeración y aire acondicionado Tomo 3 (p.844). 1999, Barcelona: Marcombo

hora del volumen de aire en el interior del local. De igual forma debe eliminarse un 25% del aire interior al efectuarse la entrada del aire exterior.

Figura 21. Entrada de aire fresco o ventilación



El aire del exterior se introduce en el conducto de retorno para mejorar la calidad del aire en el interior del local acondicionado.

Adaptado de producción: Tecnología de refrigeración y aire acondicionado Tomo 3 (p. 846), por Whitman William C. y Johnson William M. 1999, Barcelona: Marcombo

Si un sistema no posee ventilación o admisión de aire del exterior añadido planificadamente al recinto, este se halla sujeto a las infiltraciones de aire a través de la estructura del edificio alrededor de puertas y paredes.

Las construcciones modernas son lo suficientemente herméticas para no permitir las infiltraciones del aire exterior.

Para evitar la penetración del aire exterior aun local, se pueden tomar las siguientes medidas preventivas.

- ✓ Instalar cancelas en puertas y ventanas.
- ✓ Taponar las salidas no usadas de conducción eléctricas en las paredes exteriores.
- ✓ Obturar bien las puertas y ventanas.
- ✓ Instalar compuertas en los extractores y descargas de aire.

Todas estas prevenciones reducirán la entrada de aire desde el exterior y mejorarán el coste energético. Sin embargo, estas medidas no pueden ser del todo satisfactorias debido a las siguientes causas de polución en el interior del recinto.

- ✓ Los productos químico empleados para las labores del aseo.
- ✓ Los olores de la cocina.
- ✓ Los vapores que expelen los productos químicos de limpieza.
- ✓ Los olores procedentes de los cuartos de baño.
- ✓ Los vapores que desprenden las habitaciones recién pintadas.
- ✓ Los vapores de aerosoles, rociadores de laca y ambientadores.
- ✓ Los vapores procedentes de resinas epóxicas en habitaciones aisladas.

- ✓ Los animales domésticos y los restos de comida de los mismos.

- ✓ Fuga de gas radón proveniente del terreno.

El reglamento que establece las necesidades de renovación de aire en edificios donde permanece una cantidad considerable de personas trabajando, se basa en el número de personas y el tipo de actividad que desempeñan. Finalmente quien determina la cantidad de aire exterior que requiere determinado local es el técnico que proyecta la instalación, la regulación de la entrada de aire es responsabilidad del técnico que efectúa el montaje y el servicio; la mezcla de aire puede determinarse según el ajuste de las compuertas del aire procedente del exterior.

La ASHRAE recomienda para diversas aplicaciones las siguientes renovaciones o entradas de aire exterior (tabla 3).

Tabla 3. Aire exterior requerido para determinados locales

RÉGIMEN DE VENTILACIÓN CON AIRE EXTERIOR RECOMENDADO (Norma ASHRAE N.º 62-1989 abreviada)	
	ft ³ /min o ver nota al pie
Comedores en restaurantes	20
Bares y coctelerías	30
Salas de conferencia en hoteles	20
Oficinas	20
Salas de conferencias en oficinas	35
Tiendas al por menor	0,02 a 0,03
Salones de belleza	25
Salas de baile y discotecas	25
Salas de descanso de los espectadores	15
Auditorios teatrales	15
Salas de espera (transporte)	15
Aulas en escuelas	15
Habitaciones de pacientes en hospitales	25
Residencias	0,35 (b)
Salones de fumadores	60

(a) ft³/min por pie cuadrado del local
(b) cambios de aire por hora

Aire exterior requerido para determinados locales. *Usado con autorización de ASHRAE, Inc.*

Adaptado de producción: Tecnología de refrigeración y aire acondicionado Tomo 3 (p. 848), por Whitman William C. y Johnson William M. 1999, Barcelona: Marcombo

7. DESCRIPCIÓN, CARACTERÍSTICAS Y CONDICIONES QUE PRESENTA CASA VILLA COLONIAL

Es una casa con estructura para tres pisos, de los cuales dos se han construido totalmente. Se construyó para el servicio de hospedaje; está ubicada en el barrio Getsemaní en la calle de la media luna #10-89, en la ciudad de Cartagena.

Su delimitación está dada así: Una edificación no acondicionada por el lado oeste, una bodega no acondicionada por el lado este; considerando que la temperatura del aire dentro de estas dos de limitantes es aproximadamente igual a la temperatura del aire exterior a cualquier hora del día. Por el lado norte hay un gran lote sin construcción que utilizan como parqueadero, y por el lado sur da a la calle de la media luna.

La casa está distribuida de la siguiente forma: En el primer piso consta de una gran sala para visitantes, seguidamente esta el área destinada para la recepción de huéspedes y de visitantes; un poco más hacia el fondo encontramos un amplio salón donde se pueden distinguir una sala estar y un comedor, además se construyeron cinco amplias habitaciones. En el segundo piso posee ocho habitaciones. Ver planos del hotel (anexo 19).

8. DIMENSIONES Y ÁREA DE LAS PAREDES Y TECHO DEL HOTEL SEGÚN LA DISTRIBUCIÓN INTERNA

8.1. SALA PARA VISITANTES.

El techo está conformado por dos secciones rectangulares inclinadas a 45° grados, expuestas hacia los lados norte y sur; la estructura está diseñada de los siguientes materiales: Tejas de arcilla de 10mm de espesor, placa en concreto de 50mm de espesor, impermeabilizante para techo de 4mm y una base en madera de 19mm de espesor; no tiene cielo falso.

✓ Dimensiones del techo.

Sección expuesta hacia el lado norte: Longitud 9,8m y el ancho 3,59m.

Área = Longitud x Ancho

Área = 9,8m x 3,59m

Área_{tn} = 35,3m²

Sección expuesta hacia el lado sur: Longitud 9,55m y el ancho 3,59m.

Área = 9,55m x 3,59m

Área_{ts} = 34,3m²

Área total del techo = 35,3m² + 34,3m²

Área techo = 69,6m²

Las paredes.

✓ Pared del lado este, consta de dos áreas; una rectangular y otra triangular

Área = Área rectangular + área triangular

Área = 5,38m x 4,40m + (5,38m x 2,39m) ÷ 2

En el área de la sección rectangular el aire del exterior está en reposo.

$$\text{Área pared este}_{a_{\text{quieto}}} = 23,7\text{m}^2$$

El área de la sección triangular en el exterior tiene contacto con aire en movimiento.

$$\text{Área pared este}_{a_{\text{movim}}} = 6,4\text{m}^2$$

✓ Pared del lado sur.

$$\text{Área}_{p_s} = \text{Pared en su extensión} - (\text{Área ventanas} + \text{Área puerta principal})$$

$$\text{Área ventana} = \text{Área vidrios marcos en madera} + \text{Área en madera}$$

$$\text{Área vidrios marcos en madera} = 1,96\text{m}^2$$

$$\text{Área en madera} = 1,96\text{m}^2$$

La pared tiene dos ventanas.

$$\text{Área de ventanas} = 2 \times (1,96 + 1,96)$$

$$\text{Área ventanas} = 7,8\text{m}^2$$

Área de la puerta principal, diseñada en vidrio con marcos en metal.

$$\text{Área puerta principal} = 2,54\text{m} \times 3\text{m}$$

$$\text{Área puerta principal} = 7,6\text{m}^2$$

$$\text{Área real de la pared} = 9,5\text{m} \times 4,4\text{m} - (7,8\text{m}^2 + 7,6\text{m}^2)$$

$$\text{Área}_{p_s} = 26,5\text{m}^2$$

Sobre la entrada principal tiene una división horizontal en vidrio con estructura metálica como pared.

$$\text{Área división en vidrio} = 2,54\text{m} \times 2,24\text{m}$$

$$\text{Área división en vidrio} = 5,7\text{m}^2$$

✓ Pared del lado oeste.

Esta pared tiene dos áreas rectangulares y una sección triangular.

$$\text{Área} = 3,41\text{m} \times 4,40\text{m} + (5,40\text{m} \times 2,39\text{m}) \div 2 + 2,50\text{m} \times 1,40\text{m}$$

$$\text{Área}_{a_{\text{quieto}}} = 25\text{m}^2$$

$$\text{Área}_{a\text{ movi}} = 6,7\text{m}^2$$

✓ Pared del lado norte.

$$\text{Área} = 4,1\text{m} \times 4,40\text{m}^2$$

$$\text{Área} = 18\text{m}^2$$

✓ Piso.

$$\text{Área} = 9,7\text{m} \times 5,45\text{m} = 52,9\text{m}^2$$

8.2. VESTÍBULO Ó RECEPCIÓN.

✓ Pared del lado oeste.

$$\text{Área} = 4,44\text{m} \times 2,8\text{m} = 12,4\text{m}^2$$

✓ Pared del lado norte.

La pared está diseñada en dos estructuras, la parte superior es un arco construido en ladrillo común y la otra parte es en vidrio con estructura metálica.

$$\text{Área arco de ladrillo} = 4,2\text{m}^2$$

$$\text{Área en vidrio con metal} = 10,2\text{m}^2$$

✓ Pared del lado este.

Esta pared tiene una ventana en vidrio con marcos en madera y una puerta en madera, además es común para la habitación número 01.

$$\text{Área pared} = (4,43\text{m} \times 2,80\text{m}) - 3,63\text{m}^2 = 8,8\text{m}^2$$

$$\text{Área de ventana} = 1,1\text{m} \times 1,82 = 2\text{m}^2$$

$$\text{Área de puerta} = 2,02\text{m} \times 0,85\text{m} = 1,7\text{m}^2$$

✓ Techo.

$$\text{Área de techo} = 19,5\text{m}^2$$

✓ Piso

$$\text{Área de piso} = 19,5\text{m}^2$$

8.3. SALA ESTAR Y COMEDOR.

- ✓ Pared del lado este.

Es común para las habitaciones números 03 y 04, razón por la cual hay dos puertas y dos ventanas.

$$\text{Área de pared} = \text{Área Pared} - 2 \times (\text{Área ventana} + \text{Área puerta})$$

$$\text{Área de pared} = (9,19\text{m} \times 3,10\text{m}) - 7,3\text{m}^2$$

$$\text{Área de pared} = 21,2\text{m}^2$$

- ✓ Pared del lado oeste.

$$\text{Área de pared} = 9,23\text{m} \times 3,1\text{m} = 28,6\text{m}^2$$

- ✓ Pared del lado sur.

Consta de dos estructuras, la sección superior forma un arco en ladrillo común y la sección complementaria es una estructura en vidrio con metal.

$$\text{Área arco en ladrillo} = 4,7\text{m}^2$$

$$\text{Área en vidrio} = 9,7\text{m}^2$$

- ✓ Pared del lado norte.

Tiene igual diseño a la pared del lado sur.

$$\text{Área de arco en ladrillo} = 4,2\text{m}^2$$

$$\text{Área en vidrio} = 9,7\text{m}^2$$

- ✓ Techo.

$$\text{Área} = 4,8\text{m} \times 9,2\text{m} = 44,2\text{m}^2$$

- ✓ Piso

$$\text{Área piso} = 45,1\text{m}^2$$

Para el desarrollo de los cálculos de la carga térmica por habitación, se mostrara el valor del área de cada pared, las dimensiones estarán solo si se requiere de algún caso especial.

9. ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

El análisis y procesamiento de la información se desarrollo para cada una de las divisiones internas que tiene el hotel, en algunos casos donde la pared divide dos compartimientos y ambos requieren de acondicionamiento del aire; el análisis se hará tomando una sola área debido a que la transferencia de calor es igual en ambos sentidos.

9.1. PROCEDIMIENTO.

✓ Se estima cual es la carga de mayor contribución por inspección. La hora de máxima carga de enfriamiento ocurrirá probablemente cerca de la hora de máxima diferencia de temperatura de carga de enfriamiento CLTD para dicha carga.

✓ Para el estudio se tomara la hora de las 14:00 para realizar los cálculos, de acuerdo a la recomendaciones de la norma ASHRAE 1997.

✓ Condiciones de diseño para Cartagena:

Temperatura exterior = 35 °C bulbo seco y 29,5 °C bulbo húmedo

Temperatura interior= 24 °C bulbo seco y 18 °C bulbo húmedo.

10. METODOLOGÍA DE CÁLCULO CLTD / SCL / CLF ASHRAE 1997

CLTD = Diferencia de temperatura de carga de enfriamiento

SCL = Carga de enfriamiento solar

CLF = Factor de carga de enfriamiento

CARGA TOTAL = CARGA SENSIBLE + CARGA LATENTE

CARGA SENSIBLE

Carga por conducción a través de paredes, techo, vidrios, y particiones

Carga por radiación solar a través de de vidrios

Carga sensible por personas

Carga por luces

Carga por equipos de potencia (motores)

Carga sensible por equipos menores

Carga sensible por ventilación

Carga sensible por infiltración

CARGA LATENTE

Carga latente por personas

Carga latente por ventilación

Carga latente por infiltración

10.1. CARGAS EXTERNAS

10.1.1. Conducción a través de estructuras exteriores. (Paredes, techo y ventanas)

$$q = U \times A \times (\text{CLTD})$$

U = Coeficiente global de transferencia de calor de diseño ($W / m^2 \text{ } ^\circ K$)

A = Área de la superficie en m²

CLTD = Diferencial de temperatura para la carga de enfriamiento

En los cálculos de la conducción a través del techo, sí se deben ajustar los valores de la tabla cuando el valor de la temperatura de diseño no coincide con el valor para el cual se realizó dicha tabla (es decir 25.5 °C), se emplea la siguiente ecuación.

$$CLTD_{\text{Corregido}} = CLTD + (25.5 - t_r) + (t_m - 29.4)$$

CLTD = CLTD de la tabla

t_r = Temperatura interior de diseño

t_m = Temperatura exterior máxima – (variación diaria de temperatura) / 2

El coeficiente global de transferencia de calor se determina por la ecuación:

$$U = 1 / (1/h_i + x_1/k_1 + x_2/k_2 \dots + 1/h_o)$$

h_i = Conductancia de superficies interiores.

h_o = Conductancia de superficies exterior

x = Espesor del material.

k = Conductividad térmica del material.

Nota: Para calcular el U de superficies exteriores, se asume la velocidad del viento en invierno de 12 km / h. Para particiones y otras superficies interiores se considera aire quieto

10.1.2. Radiación solar a través de vidrios

$$q = A \times (SC) \times (SCL)$$

SC = Coeficiente de sombra.

SCL = Factor de carga solar con sombra interior o sin sombra.

10.1.3. Cargas de particiones, cielos falsos, piso

$$q = U \times A \times (t_b - t_{rc})$$

t_b = Temperatura en el espacio adyacente.

t_{rc} = Temperatura interior de diseño en el espacio, se considera constante.

10.2. CARGAS INTERNAS

10.2.1. Cargas internas por personas

- ✓ Carga sensible interna por persona.

$$q_{\text{sensible}} = N \times (\text{SHG}_P) \times \text{CLF}$$

N = Número de personas en el espacio

SHG_P = Ganancia de calor sensible por persona.

CLF = Factor de carga, basado en las horas de ocupación.

Este se selecciona por el tipo de zona, el periodo de ocupación y el número de horas después de entrar en el espacio.

- ✓ Carga latente interna por persona.

$$q_{\text{latente}} = N \times (\text{LHG}_P)$$

N = Número de personas en el espacio.

LHG_P = Ganancia de calor latente por persona.

10.2.2. Carga por luces

$$q_{el} = W \times F_{ul} \times F_{sa} \times (CLF)$$

W = Capacidad total de iluminación, Watt (se toma de planos eléctricos o datos de placa de las luces).

F_{ul} = Factor de uso de luces.

F_{sa} = Factor especial de iluminación.

CLF = Factor de carga, por hora de ocupación.

12.3.3 Carga por equipos de potencia (motor + maquina conducida)

Para equipos dentro del espacio acondicionado.

$$q_p = (P/E_F) \times F_{UM} \times F_{UL}$$

P = Caballos de fuerza del motor de datos de placa

E_F = Eficiencia del motor

F_{UM} = Factor de uso del motor

F_{UL} = Factor de carga del motor

Para los equipos de potencia no existe componente de carga latente, por lo tanto podemos hacer uso de la expresión siguiente como resultado final con bastante precisión.

$$q = q_{em} \times CLF$$

q_{em} = Cantidad de calor que se genera en el motor en funcionamiento.

10.2.3. Carga por equipos menores

- ✓ Carga sensible por equipos menores.

$$q_{\text{sensible}} = q_{\text{entrada}} \times F_U \times F_R \times (\text{CLF})$$

$$q_{\text{sensible}} = q_{\text{entrada}} \times F_L \times (\text{CLF})$$

F_U , F_R , F_L = Factor de uso, factor de radiación y factor de la ganancia de calor sensible con la rata de energía de entrada dada por el fabricante del equipo.

Nota: La carga latente se considerara 0 si el equipo tiene campana de extracción.

10.2.4. Ventilación e infiltración de aire

- ✓ Carga sensible por ventilación e infiltración de aire

$$q_{\text{sensible}} = 1.23 \times Q \times (t_o - t_i)$$

Q = Ventilación según la norma ASHRAE 62; infiltración del capítulo 25, L/s
 t_o y t_i = Temperatura del aire exterior e interior respectivamente, °C.

- ✓ Carga latente por ventilación e infiltración de aire

$$q_{\text{latente}} = 3010 \times Q \times (W_o - W_i)$$

Q = Ventilación según la norma ASHRAE 62; infiltración del capítulo 25, L/s
 W_o y W_i = Relación de humedad del aire exterior e interior respectivamente, Kg (agua) / Kg (aire seco).

$$q_{\text{total}} = 1.20 \times Q \times (h_o - h_i)$$

h_o y h_i = Entalpia del aire exterior e interior respectivamente, Kj / Kj (aire seco).

Para el desarrollo de los cálculos de las infiltraciones en este trabajo se utilizó la expresión siguiente.

$$q_{\text{Infiltración}} = V \times D_t \times C_p \times R$$

V = Volumen de aire infiltrado.

D_t = Diferencia de temperaturas entre la temperatura interior de confort

C_p = Calor específico del aire.

R = Número de renovaciones de aire / horas.

10.4. DESARROLLO DE LOS CALCULOS

✓ SALA PARA VISITANTES.

Datos de construcción.

Pared del lado norte.

En bloque de concreto hueco de 200mm más una capa de repello en cemento con arena de 25mm, y con un área de 18m², no expuesta al ambiente.

Pared del lado sur.

Expuesta al ambiente; en ladrillo compacto de 200mm con acabado en cemento con arena de 50mm, tiene el área de 26,5m².

Tiene dos ventanas, la mitad superior de las ventanas está diseñada en vidrio sencillo de 3,2mm con marcos en madera y la otra mitad es en madera de 16mm.

La puerta principal es en vidrio sencillo de 3,2 mm fijo con marcos en metal, sin puente térmico. Con un área de 5,6m².

Sobre la puerta principal tiene un tramo de pared en vidrio de 3,2mm con metal y su área es de 2m².

Pared del lado este.

Pegada a la pared de la bodega no acondicionada, en ladrillo compacto de 300mm, y piedra coralina unida con cemento y arena al ladrillo. Con un área de 23,7m² en contacto con aire exterior en reposo y 6,4m² expuestos al aire exterior en movimiento.

Pared del lado oeste.

En ladrillo compacto de 300mm, y piedra coralina unida con cemento y arena al ladrillo. Tiene el área de 31,6m², y da con el edificio no acondicionado.

✓ CARGA POR CONDUCCIÓN

Estructuras exteriores.

Conducción a través de la pared del lado sur.

Pared en ladrillo compacto de 200mm. Con repello de cemento y arena de 25mm.

$$K_{\text{ladrillo}} = 0,727 \text{ W / m } ^\circ\text{K} \quad (\text{Anexo 1})$$

$$K_{\text{repello}} = 0,415 \text{ W / m } ^\circ\text{K}$$

Emitancia de superficies de construcción (Anexo 2)

$$\square = 0,9$$

$$h_i = 8,29 \text{ W / m}^2 \text{ } ^\circ\text{K} \quad (\text{Anexo 3})$$

$$h_o = 22,7 \text{ W / m}^2 \text{ } ^\circ\text{K} \quad (\text{Anexo 3})$$

$$U = 1 / (1 / 8,29 + 0,025 / 0,415 + 0,20 / 0,727 + 1 / 22,7) = 2,6 \text{ W / m}^2 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$\text{Tipo de pared} = 4 \quad (\text{Anexo 1})$$

$$\text{CLTD} = 16 \text{ }^\circ\text{K} \quad (\text{Anexo 4})$$

$$A = 26,5\text{m}^2$$

$$q = U \times A \times (\text{CLTD})$$

$$q = 2,6 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ }^\circ\text{K} \times 26,5\text{m}^2 \times 16 \text{ }^\circ\text{K} = 1102,4 \text{ W}$$

Conducción a través de ventanas.

Ventana de vidrio sencillo de 3,2mm, fijo con marco en madera.

$$U = 5,55 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ }^\circ\text{K} \quad (\text{Anexo 5})$$

$$\text{CLTD} = 7 \text{ }^\circ\text{K} \quad (\text{Anexo 6})$$

$$A = 1,96\text{m}^2$$

$$q = U \times A \times (\text{CLTD})$$

$$q = 5,55 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ }^\circ\text{K} \times 1,96\text{m}^2 \times 7 \text{ }^\circ\text{K} = 76,2 \text{ W}$$

Ventana en madera de 16mm.

$$K_{\text{madera}} = 0,166 \text{ W} / \text{m} \text{ }^\circ\text{K}$$

$$U = 1 / (1 / 8,29 + 0,016 / 0,166 + 1 / 22,7) = 3,83 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ }^\circ\text{K}$$

$$\text{Tipo de pared} = 6 \quad (\text{Anexo 1})$$

$$\text{CLTD} = 13 \text{ }^\circ\text{K} \quad (\text{Anexo 4})$$

$$A = 1,96\text{m}^2$$

$$q = 3,83 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ }^\circ\text{K} \times 1,96\text{m}^2 \times 13 \text{ }^\circ\text{K} = 97,6 \text{ W}$$

Tiene dos ventanas.

$$q = 2 \times (76,2 \text{ W} + 97,6 \text{ W}) = 347,5 \text{ W}$$

Conducción a través de la puerta principal.

$$U = 7,24\text{W} / \text{m}^2 \text{ }^\circ\text{K} \quad (\text{Anexo 5})$$

$$A = 5,6\text{m}^2$$

$$\text{CLTD} = 7 \text{ }^\circ\text{K} \quad (\text{Anexo 6})$$

$$q = 7,24 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ }^\circ\text{K} \times 5,6\text{m}^2 \times 7 \text{ }^\circ\text{K} = 283,3 \text{ W}$$

Conducción pared del lado este.

Cargas de particiones.

$$q = U \times A \times (t_b - t_{rc})$$

t_b = Temperatura en el espacio adyacente.

t_{rc} = Temperatura interior de diseño en el espacio, se considera constante.

La pared es en ladrillo común de 200mm, más una capa de piedra coralina de 200mm, unida al ladrillo con cemento y arena.

$$K_{\text{piedra}} = 1,436 \text{ W / m } ^\circ\text{K}$$

$$U = 1 / (1 / 8,29 + 0,20 / 1,436 + 0,20 / 0,727 + 1 / 22,7) = 1,7 \text{ W / m}^2 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$t_b = 35^\circ\text{K}$$

$$t_{rc} = 24^\circ\text{K}$$

$$A = 23,7\text{m}^2$$

$$q = 1,7 \text{ W / m}^2 \text{ } ^\circ\text{K} \times 23,7\text{m}^2 \times (35^\circ\text{K} - 24^\circ\text{K}) = 443,2 \text{ W}$$

Conducción a través de la pared que tiene contacto con el aire en movimiento por el lado este.

$$A = 6,4\text{m}^2$$

$$q = U \times A \times (\text{CLTD})$$

$$U = 2,6\text{W / m}^2 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$\text{Tipo de pared} = 4 \quad (\text{Anexo 1})$$

$$\text{CLTD} = 26 \text{ } ^\circ\text{K} \quad (\text{Anexo 4})$$

$$q = 2,6 \text{ W / m}^2 \text{ } ^\circ\text{K} \times 6,4\text{m}^2 \times 26 \text{ } ^\circ\text{K} = 432,6 \text{ W}$$

Conducción a través de la pared del lado oeste.

Carga de particiones.

$$q = U \times A \times (t_b - t_{rc})$$

$$A = 31,6\text{m}^2$$

$$q = 1,7 \text{ W / m}^2 \text{ } ^\circ\text{K} \times 31,6\text{m}^2 \times (35^\circ\text{K} - 24^\circ\text{K}) = 590,9 \text{ W}$$

Conducción a través de la pared del lado norte.

Carga de particiones.

$$q = U \times A \times (t_b - t_{rc})$$

$$U = 2,6 \text{ W / m}^2 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$t_b = 35^\circ\text{K}$$

$$t_{rc} = 24^\circ\text{K}$$

$$A = 6,2 \text{ m}^2$$

$$q = 2,6 \text{ W / m}^2 \text{ } ^\circ\text{K} \times 6,2 \text{ m}^2 \times (35^\circ\text{K} - 24^\circ\text{K}) = 177,3 \text{ W}$$

Conducción a través del techo

Teja de arcilla de 10mm, placa de concreto de 55mm, base en madera de 19mm y una capa aislante de 4mm.

$$K_{\text{madera}} = 0,166 \text{ W / m } ^\circ\text{K} \quad (\text{Anexo 1})$$

$$K_{\text{arcilla}} = 1,28 \text{ W / m } ^\circ\text{K}$$

$$K_{\text{aislante}} = 0,043 \text{ W / m } ^\circ\text{K}$$

$$K_{\text{concreto}} = 1,8 \text{ W / m } ^\circ\text{K}$$

Emitancia de superficies de construcción (Anexo 2)

$$\epsilon = 0,9$$

$$h_i = 9,09 \text{ W / m}^2 \text{ } ^\circ\text{K} \quad (\text{Anexo 3})$$

$$h_o = 22,7 \text{ W / m}^2 \text{ } ^\circ\text{K} \quad (\text{Anexo 3})$$

$$A = 69,5 \text{ m}^2$$

$$U = 1 / (1/7,5 + 0,01/1,28 + 0,055/1,8 + 0,004/0,043 + 0,019/0,166 + 1/22,7)$$

$$U = 2,4 \text{ W / m}^2 \text{ } ^\circ\text{K}$$

Tipo de pared = 3 (Anexo 7)

CLTD = 37 $^\circ\text{K}$ (Anexo 8)

Corrección del CLTD de acuerdo con los datos del diseño.

$$\text{CLTD}_{\text{Corregido}} = \text{CLTD} + (25.5 - t_r) + (t_m - 29.4)$$

CLTD = CLTD de la tabla

t_r = Temperatura interior de diseño

$t_m = \text{Temperatura exterior máxima} - (\text{variación diaria de temperatura}) / 2$

$$t_r = 24^\circ\text{C}$$

$$t_m = 35 - (35 - 24) / 2 = 29,5^\circ\text{C}$$

$$t_m = 29,5^\circ\text{C}$$

$$\text{CLTD}_{\text{Corregido}} = 37^\circ\text{K} + (25,5 - 24) + (29,5 - 29,4)$$

$$\text{CLTD}_{\text{Corregido}} = 38,6^\circ\text{K}$$

$$q = U \times A \times (\text{CLTD})_{\text{Corregido}}$$

$$q = 2,4 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ }^\circ\text{K} \times 69,5\text{m}^2 \times 38,6 \text{ }^\circ\text{K} = 6.348,5 \text{ W}$$

Carga por radiación solar a través de vidrios.

$$q = A \times (\text{SC}) \times (\text{SCL})$$

SC = Coeficiente de sombra. (Anexo 9)

SCL = Factor de carga solar con sombra interior o sin sombra. (Anexo 10)

$$\text{SC} = 0,3$$

Zona tipo B. (Anexo 11)

$$\text{SCL} = 249 \text{ W} / \text{m}^2$$

$$A = 11,2\text{m}^2$$

$$q = 11,2\text{m}^2 \times 0,3 \times 249 \text{ W} / \text{m}^2 = 839,6 \text{ W}$$

Carga térmica por infiltración.

$$q_{\text{infiltración}} = V \times D_t \times C_p \times R$$

V = Volumen de aire infiltrado.

D_t = Diferencia de temperaturas entre la temperatura interior de confort.

C_p = Calor específico del aire.

R = Número de renovaciones de aire / horas.

$$V = (26,5\text{m}^2 \times 2,4\text{m}) + (52,9\text{m}^2 \times 4,4\text{m}) = 296,4\text{m}^3$$

$$D_t = (35 - 24)^\circ\text{K} = 11^\circ\text{K}$$

$$C_p = 0,33 \text{ W} / \text{m}^3 \text{ }^\circ\text{K}$$

$$R = 3 \times 2 \text{ puertas} = 6 \text{ ren / hr}$$

$$q_{\text{infiltración}} = 296,4\text{m}^3 \times 11^\circ\text{K} \times 0,33 \text{ W / m}^3 \text{ }^\circ\text{K} \times 6 \text{ ren / hr} = 6.455,6 \text{ W}$$

Cargas internas.

Cargas internas por personas.

Carga interna sensible por persona.

$$q_{\text{sensible}} = N \times (\text{SHG}_P) \times \text{CLF}$$

$N = 20$ personas en el espacio

SHG_P = Ganancia de calor sensible por persona.

CLF = Factor de carga, basado en las horas de ocupación.

Este se selecciona por el tipo de zona, el periodo de ocupación y el número de horas después de entrar en el espacio.

$$\text{SHG}_P = 75 \text{ W} \quad (\text{Anexo 12})$$

Oficina con trabajo moderadamente.

Zona tipo B.

$\text{CLF} = 1$. Equipo trabaja 18 horas continuas

$$q_{\text{sensible}} = 20 \times 75 \text{ W} \times 1 = 1.500 \text{ W}$$

Carga interna latente por persona.

$$q_{\text{latente}} = N \times (\text{LHG}_P)$$

$N = 20$ personas en el espacio.

LHG_P = Ganancia de calor latente por persona.

$$\text{LHG}_P = 55 \text{ W} \quad (\text{Anexo 11})$$

$$q_{\text{latente}} = 20 \times 55 \text{ W} = 1100 \text{ W}$$

Carga por luces.

$$q_{\text{el}} = W \times F_{\text{ul}} \times F_{\text{sa}} \times (\text{CLF})$$

W = Capacidad total de iluminación, Watt (se toma de planos eléctricos o datos de placa de las luces).

F_{ul} = Factor de uso de luces.

F_{sa} = Factor especial de iluminación.

CLF = Factor de carga, por hora de ocupación. (Anexo 13)

$F_{ul} = 1$. Luces permanecen encendidas

$F_{sa} = 1,2$. Luces fluorescentes.

CLF = 0,98

W = 24 lámparas \times 24 W = 432 W

$q_{el} = 432 \text{ W} \times 1 \times 1,2 \times 1 = 518,4 \text{ W}$

Carga por equipos.

2 ventiladores de techo: 372 W

5 computadores de: 85 W c / u

$q_{Equipos} = 85 \text{ W} + 372 \text{ W} + (5 \times 85) \text{ W} = 882 \text{ W}$

Conducción a través del piso.

Ladrillo comercial normal de 100mm y placa de concreto de alta densidad de 200mm.

$K_{ladrillo} = 0,727 \text{ W} / \text{m} \text{ } ^\circ\text{K}$

$K_{concreto} = 1,038 \text{ W} / \text{m} \text{ } ^\circ\text{K}$

$U = 1 / (1 / 8,29 + 0,10 / 1,038 + 0,20 / 0,727 + 1 / 22,7) = 1,9 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{K}$

Temperatura del suelo a 0,5m de la superficie 27.5°C, a las 14 horas.

$q = U \times A \times (t_b - t_{rc})$

$A = 52,9\text{m}^2$

$q = 1,9 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{K} \times 52,9\text{m}^2 \times (35^\circ\text{K} - 24^\circ\text{K}) = 1105.6 \text{ W}$

El cálculo de la carga térmica para el resto de los recintos del hotel está resumido en la tabla 4.

Tabla 4. Calculo de la Carga Térmica del Hotel

DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES	CARGA POR CONDUCCIÓN A TRAVÉS DE						CARGA TÉRMICA POR:						CARGA POR RECINTOS
		TECHO	PARED ESTE	PARED OESTE	PARED NORTE	PARED SUR	PISO	INFILTRACIÓN	LUCES	EQUIPO	RADIACIÓN SOLAR	PERSONAS		CARGA POR RECINTOS
												CARGA SENSIBLE	CARGA LATENTE	
	Metros													
	Larg Anch Alt													
SALA VISITANTES	9,6 × 5,4 × 4,4	6,348.50	875.8	590.9	177.3	1673	1105.6	6,456.60	518.4	882	839.6	1500	1100	22,067.30
RECEPCIÓN	4,9 × 4,4 × 2,8	15.3	350.3	326.8	516.9		460.2	1375	81.6	325	358	750	550	5109.1
SALA Y COMEDOR	9,2 × 4,9 × 3,1	48.5	674	557	496.4	599.6	962.2	3688	163.2	542	711.5	750	550	9742.4
HABITACIÓN 01	4,3 × 4,2 × 3,1	19.5	374	350.3	275	273.1	385.5	830	40.8	271		225	165	3209.2
HABITACIÓN 02	4,3 × 4,3 × 3,1	14.4	253	259.2	244.2	264.3	394.6	830	40.8	271	182.2	225	165	3143.7
HABITACIÓN 03	5,0 × 4,2 × 3,1	14.5	297	350.1	231	250	448.2	945.3	40.8	271		300	220	3367.9
HABITACIÓN 04	4,3 × 4,2 × 3,1	19.5	374	350.3	275	273.1	385.5	830	40.8	271		150	110	3079.2
HABITACIÓN 05	6,0 × 4,3 × 3,1	23.6	378.5	384.2	287.2	276.3	550.7	1162	40.8	271	182.2	300	220	4076.5
HABITACIÓN 06	4,7 × 4,1 × 2,6	82	370	258	252	381	17	830	40.8	271	215	300	220	3236.8
HABITACIÓN 07	4,7 × 4,3 × 2,6	83	287	368	262	382	20	843	40.8	271	95	300	220	3171.8
HABITACIÓN 08	4,1 × 4,2 × 2,6	81	267	262	326	263	18	826	40.8	271	182.2	225	165	2927
HABITACIÓN 09	4,4 × 4,1 × 2,6	82	324	274	284	266	21	879	40.8	271		300	220	2961.8
HABITACIÓN 10	3,9 × 4,1 × 2,6	79	241	318	298	287	17	847	40.8	271	157	225	165	2945.8
HABITACIÓN 11	3,9 × 4,1 × 2,6	79	246	322	275	291	17	826	40.8	271	123	225	165	2880.8
HABITACIÓN 12	4,4 × 4,2 × 2,6	82	343	271	277	284	18	829	40.8	271		225	165	2805.8
HABITACIÓN 13	5,8 × 4,3 × 2,6	85	372	364	276	269	23	1097	40.8	271	182.2	300	220	3500

11. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA CARGA TÉRMICA PARA LA SELECCIÓN DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO

Los recintos del hotel en los que se genera la mayor cantidad de carga térmica son: La sala para visitantes con el 28,2%, le sigue la sala star y comedor con un 12,6%, el tercer lugar es la recepción con el 6,5% y el 52,7% restante es generada en las 13 habitaciones que posee el hotel.

La carga térmica generada en la planta 1 es de 49.718,8 W. representa el 63,6% del total de la carga térmica.

La habitación donde se produce la mayor generación de carga térmica es la número 05, ubicada en la planta 1; con 4076,5 W y representa el 5,2% de la carga térmica total.

La habitación en la que menos se genera carga térmica es la número 08 en la planta 2, con 2927 W que representan el 3,7% del total de la carga térmica.

Las habitaciones de la planta 1 generan en promedio un 9,5% más de carga térmica que las habitaciones de la planta 2.

Uno de los argumentos que influye al momento de tomar una decisión sobre el sistema de aire acondicionado que debe instalarse en un determinado lugar, es conocer con certeza la carga térmica que ahí se genera.

El sistema de aire acondicionado que se escoja para ser instalado en el hotel casa villa colonial debe tener la capacidad para producir una carga de refrigeración que logre remover del interior los 78.225,1 W de carga térmica que ahí se generan.

La capacidad de refrigeración de los sistemas de aire acondicionado viene dada en BTU / horas o por Toneladas de refrigeración.

La conversión de unidades de la carga térmica es necesaria efectuarla para referenciar el sistema de aire acondicionado a seleccionar.

Carga térmica calculada $78.225,1 \text{ W} = 266.911,9 \text{ BTU/horas}$

Capacidad de refrigeración $266.911,9 \text{ BTU/horas} = 22,3 \text{ Toneladas}$

En el comercio de los sistemas de aires acondicionados encontramos una variedad de productos de todos los tipos y de marcas reconocidas, las cuales invierten muchísimo dinero en tecnología de punta para ofrecerle al cliente calidad y confort.

Por las características que presenta el hotel casa villa colonial y la carga térmica calculada, el sistema de aire acondicionado que mejor se ajusta son tres equipos de línea comercial / industrial, sistema de refrigeración variable.

Referencia. (Anexos)

Nombre equipo: Marca

Características: Sistema de aire acondicionado con flujo variable de refrigerante, larga longitud de tubería y control individual de zonas de ahorro de energía. Compuesto por una unidad condensadora y múltiples unidades evaporadoras.

Capacidad de refrigeración.

En el comercio los hay con las siguientes capacidades de refrigeración: 80.000 BTU/hr , 100.000 BTU/hr y 120.000 BTU/hr .

La capacidad de refrigeración de los tres equipos es de 120.000 BTU/hr , 100.000 BTU/hr y 80.000 BTU/hr . La carga de refrigeración de los equipos se instalara así : Para la planta 1. Se instalaran los equipos de capacidad de

120.000BTU/hr y 80.000BTU/hr, y el equipo de capacidad de 100.000BTU/hr en la planta 2.

El hotel tendrá una carga de refrigeración disponible de 300.000BTU/hr, con un 12,4% por encima de lo requerido.

12. CONCLUSIONES

La capacidad de refrigeración instalada actualmente en el hotel casa villa colonial constituye el 43,8% de la totalidad requerida, y en la mayoría de las habitaciones por no decir que en todas donde se hayan instalados los equipos paquetes mini – split, su capacidad de enfriamiento está muy por debajo de la requerida para la habitación.

El lugar del hotel donde se concentra la mayor generación de carga térmica es el sitio denominado como sala para visitantes, debido a múltiples causas entre las que se destacan: el diseño arquitectónico, por ser una casa antigua la cual fue reinstaurada conservando los vestigios coloniales, se muestra en la estructura del techo y en las fachadas exterior e interior. La ubicación y la orientación con respecto al sol, todo el día recibe los rayos solares.

La utilización de block de icopor en las placas de concreto de la segunda planta y en la del techo de la misma, con el propósito de disminuir la cantidad de concreto a fundir y a reducir de alguna forma el peso de la estructura también le ayuda en el aislamiento térmico.

En el interior del lugar se observa una ambientación a lo natural con plantas vegetales, las que se encargan de oxigenar el aire y de recoger un poco las impurezas producto de la contaminación ambiental que se genera dentro del mismo por el alto consumo de cigarrillo.

El diseño de dos áreas de ventilación por encima del patio intermedio y trasero respectivamente, conectados a través de un pasillo en la segunda planta; refresca el ambiente afuera de las habitaciones de la misma. De ahí

que las habitaciones en la primera planta la carga térmica en promedio es un 9,5% mayor que las habitaciones de la planta dos.

13. RECOMENDACIONES

Adaptarle un mecanismo que le permita al sistema de aire acondicionado suministrar la ventilación adecuada.

Proteger los condensadores instalados en el techo de los rayos solares.

Desmontar los muros laterales, para la libre circulación de las corrientes de aire por el condensador.

Polarizar los cristales de las habitaciones con materiales que refleje la mayor cantidad de energía en forma de calor.

14. BIBLIOGRAFIA

BELTRÁN, Rafael G. Principios de aire acondicionado. Bogotá: Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Mecánica, octubre 1992, 321 páginas.

DOSSAT, Roy J. Principios de refrigeración. Vigésima segunda reimpresión. México: Compañía Editorial Continental, 2002, 594 páginas.

HERNÁNDEZ GORIBAR. Fundamentos de aire acondicionado y refrigeración. México: Limusa S.A. de C.V. Noriega editores, 1997, 461 páginas.

JOHNSON, William J. y WHITMAN, William C. Tecnología de refrigeración y aire acondicionado. Tomo 3. Barcelona: Marcombo boixareu editores, 1999, 504 páginas.

KARLEKAR, B. V. y DESMOND, R. M. Transferencia de calor. 2ª edición. México: Mc Grau Hill, 1996, 794 páginas.

CARRIER AIR CONDITIONING COMPANY .Manual de aire acondicionado. Barcelona: Editorial Marcombo, S.A., 1999, 856 páginas

SARRIA LOPEZ, Bienvenido. Modulo de Refrigeración y Acondicionamiento del Aire, Diplomado en Uso Racional de la Energía (URE). Cartagena: 2007.

ANEXOS

Anexo 1. Propiedades térmicas de materiales y aislamientos típicos

Thermal Properties and Code Numbers of Layers Used in Wall and Roof Descriptions for Tables 12 and 13

Code Number	Description	Thickness and Thermal Properties					
		L	k	ρ	c_p	R	Mass
A0	Outside surface resistance	0	0.000	0	0.00	0.050	0.00
A1	25 mm Stucco	25	0.092	1858	0.84	0.037	47.34
A2	100 mm Face brick	100	1.333	2002	0.92	0.076	203.90
A3	Steel siding	2	44.998	7589	0.42	0.000	11.71
A4	12 mm Slag	13	0.190	1121	1.67	0.067	10.74
A5	Outside surface resistance	0	0.000	0	0.00	0.050	0.00
A6	Finish	13	0.415	1249	1.09	0.031	16.10
A7	100 mm Face brick	100	1.333	2002	0.92	0.076	203.90
B1	Air space resistance	0	0.000	0	0.00	0.160	0.00
B2	25 mm Insulation	25	0.043	32	0.84	0.587	0.98
B3	50 mm Insulation	51	0.043	32	0.84	1.173	1.46
B4	75 mm Insulation	76	0.043	32	0.84	1.760	2.44
B5	25 mm Insulation	25	0.043	91	0.84	0.587	2.44
B6	50 mm Insulation	51	0.043	91	0.84	1.173	4.88
B7	25 mm Wood	25	0.121	593	2.51	0.207	15.13
B8	65 mm Wood	63	0.121	593	2.51	0.524	37.58
B9	100 mm Wood	100	0.121	593	2.51	0.837	60.02
B10	50 mm Wood	51	0.121	593	2.51	0.420	30.26
B11	75 mm Wood	76	0.121	593	2.51	0.628	45.38
B12	35 mm Insulation	35	0.043	91	0.84	1.760	6.83
B13	100 mm Insulation	100	0.043	91	0.84	2.347	9.27
B14	125 mm Insulation	125	0.043	91	0.84	2.933	11.71
B15	150 mm Insulation	150	0.043	91	0.84	3.520	14.15
B16	4 mm Insulation	4	0.043	91	0.84	0.088	0.49
B17	8 mm Insulation	8	0.043	91	0.84	0.176	0.49
B18	12 mm Insulation	12	0.043	91	0.84	0.264	0.98
B19	15 mm Insulation	15	0.043	91	0.84	0.352	1.46
B20	20 mm Insulation	20	0.043	91	0.84	0.440	1.95
B21	35 mm Insulation	35	0.043	91	0.84	0.792	2.93
B22	42 mm Insulation	42	0.043	91	0.84	0.968	3.90
B23	60 mm Insulation	62	0.043	91	0.84	1.408	5.86
B24	70 mm Insulation	70	0.043	91	0.84	1.584	6.34
B25	85 mm Insulation	85	0.043	91	0.84	1.936	7.81
B26	92 mm Insulation	92	0.043	91	0.84	2.112	8.30
C1	100 mm Clay tile	100	0.571	1121	0.84	0.178	113.70
C2	100 mm low density concrete block	100	0.381	609	0.84	0.266	61.98
C3	100 mm high density concrete block	100	0.813	977	0.84	0.125	99.06
C4	100 mm Common brick	100	0.727	1922	0.84	0.140	195.20
C5	100 mm high density concrete	100	1.731	2243	0.84	0.059	227.90
C6	200 mm Clay tile	200	0.571	1121	0.84	0.352	227.90
C7	200 mm low density concrete block	200	0.571	609	0.84	0.352	123.46
C8	200 mm high density concrete block	200	1.038	977	0.84	0.196	198.62
C9	200 mm Common brick	200	0.727	1922	0.84	0.279	300.40
C10	200 mm high density concrete	200	1.731	2243	0.84	0.117	455.76
C11	300 mm high density concrete	300	1.731	2243	0.84	0.176	683.20
C12	50 mm high density concrete	50	1.731	2243	0.84	0.029	113.70
C13	150 mm high density concrete	150	1.731	2243	0.84	0.088	341.60
C14	100 mm low density concrete	100	0.173	641	0.84	0.587	64.90
C15	150 mm low density concrete	150	0.173	641	0.84	0.880	97.60
C16	200 mm low density concrete	200	0.173	641	0.84	1.173	130.30
C17	200 mm low density concrete block (filled)	200	0.138	788	0.84	1.467	58.56
C18	300 mm high density concrete block (filled)	300	0.588	840	0.84	0.345	172.75
C19	300 mm low density concrete block (filled)	300	0.138	704	0.84	2.200	92.72
C20	300 mm high density concrete block (filled)	300	0.675	827	0.84	0.451	273.28
E0	Inside surface resistance	0	0.000	0	0.00	0.121	0.00
E1	20 mm Plaster or gypsum	20	0.727	1602	0.84	0.025	30.74
E2	12 mm Slag or stone	12	1.436	881	1.67	0.009	11.22
E3	10 mm Felt and membrane	10	0.190	1121	1.67	0.050	10.74
E4	Ceiling air space	0	0.000	0	0.00	0.176	0.00
E5	Acoustic tile	19	0.061	481	0.84	0.314	9.27

L = thickness, mm
k = thermal conductivity, W/(m °C)
 ρ = density, kg/m³
 c_p = specific heat, kJ/(kg °C)
R = thermal resistance, (m² K)/W
Mass = mass per unit area, kg/m²

Anexo 1. Propiedades térmicas de materiales y aislamientos típicos de construcción, continuación.

Typical Thermal Properties of Common Building and Insulating Materials—Design Values²

Description	Density, kg/m ³	Conductivity ^b (k), W/(m·K)	Conductance (C), W/(m ² ·K)	Resistance ^c (R)		Specific Heat, kJ/(kg·K)
				1/k, K·m/W	For Thickness Listed (1/C), K·m ² /W	
BUILDING BOARD						
Asbestos-cement board.....	1900	0.58	—	1.73	—	1.00
Asbestos-cement board..... 3.2 mm	1900	—	187.4	—	0.005	—
Asbestos-cement board..... 6.4 mm	1900	—	93.7	—	0.011	—
Gypsum or plaster board..... 9.5 mm	800	—	17.6	—	0.056	1.09
Gypsum or plaster board..... 12.7 mm	800	—	12.6	—	0.079	—
Gypsum or plaster board..... 15.9 mm	800	—	10.1	—	0.099	—
Flywood (Douglas Fir) ^d	540	0.12	—	8.66	—	1.21
Flywood (Douglas Fir)..... 6.4 mm	540	—	18.2	—	0.055	—
Flywood (Douglas Fir)..... 9.5 mm	540	—	12.1	—	0.083	—
Flywood (Douglas Fir)..... 12.7 mm	540	—	9.1	—	0.11	—
Flywood (Douglas Fir)..... 15.9 mm	540	—	7.3	—	0.14	—
Flywood or wood panels..... 19.0 mm	540	—	6.1	—	0.16	1.21
Vegetable fiber board						
Sheathing, regular density ^e 12.7 mm	290	—	4.3	—	0.23	1.30
..... 19.8 mm	290	—	2.8	—	0.36	—
Sheathing intermediate density ^e 12.7 mm	350	—	5.2	—	0.19	1.30
Nail-base sheathing ^e 12.7 mm	400	—	5.3	—	0.19	1.30
Shingle becker..... 9.5 mm	290	—	6.0	—	0.17	1.30
Shingle becker..... 7.9 mm	290	—	7.3	—	0.14	—
Sound deadening board..... 12.7 mm	240	—	4.2	—	0.24	1.26
Tile and lay-in panels, plain or acoustic.....	290	0.098	—	17.	—	0.59
..... 12.7 mm	290	—	4.5	—	0.22	—
..... 19.0 mm	290	—	3.0	—	0.33	—
Laminated paperboard.....	480	0.072	—	13.9	—	1.38
Homogeneous board from recycled paper.....	480	0.072	—	13.9	—	1.17
Hardboard^f						
Medium density.....	800	0.105	—	9.50	—	1.30
High density, service-tempered grade and service grade.....	880	0.82	—	8.46	—	1.34
High density, standard-tempered grade.....	1010	0.144	—	6.93	—	1.34
Particle board^g						
Low density.....	590	0.102	—	9.77	—	1.30
Medium density.....	800	0.135	—	7.35	—	1.30
High density.....	1000	0.170	—	5.90	—	1.30
Underlayment..... 15.9 mm	640	—	6.9	—	0.14	1.21
Waferboard.....	590	0.01	—	11.0	—	—
Wood subfloor..... 19.0 mm	—	—	6.0	—	0.17	1.38

Adaptado de producción: PhD. SARRIA LOPEZ, Bienvenido. Modulo de Refrigeración y Acondicionamiento del Aire, Diplomado en Uso Racional de la Energía (URE). Cartagena: 2007.

Anexo 1. Propiedades térmicas de materiales y aislamientos típicos de construcción, continuación.

Wood subfloor.....	19.0 mm	—	—	6.0	—	0.17	1.38
BUILDING MEMBRANE							
Vapor-permeable felt.....	—	—	—	94.9	—	0.011	—
Vapor-seal, 2 layers of matted 0.73 kg/m ² felt.....	—	—	—	47.4	—	0.21	—
Vapor-seal, plastic film.....	—	—	—	—	—	Ne gl.	—
FINISH FLOORING MATERIALS							
Carpet and fibrous pad.....	—	—	—	2.73	—	0.37	1.42
Carpet and rubber pad.....	—	—	—	4.60	—	0.22	1.38
Cork tile.....	3.2 mm	—	—	20.4	—	0.049	2.01
Terrazzo.....	25 mm	—	—	71.0	—	0.014	0.80
Tile—asphalt, linoleum, vinyl, rubber.....	—	—	—	113.6	—	0.009	1.26
vinyl asbestos.....	—	—	—	—	—	—	1.01
ceramic.....	—	—	—	—	—	—	0.80
Wood, hardwood finish.....	19 mm	—	—	8.35	—	0.12	—
INSULATING MATERIALS							
<i>Blanket and Batt's</i>							
Mineral fiber, fibrous form processed							
from rock, slag, or glass							
approx. 75-100 mm.....	6.4-32	—	—	0.52	—	1.94	—
approx. 90 mm.....	6.4-32	—	—	0.44	—	2.29	—
approx. 90 mm.....	19-25	—	—	0.38	—	2.63	—
approx. 140-165 mm.....	6.4-32	—	—	0.30	—	3.32	—
approx. 140 mm.....	10-16	—	—	0.27	—	3.67	—
approx. 150-190 mm.....	6.4-32	—	—	0.26	—	3.91	—
approx. 210-250 mm.....	6.4-32	—	—	0.19	—	5.34	—
approx. 250-330 mm.....	6.4-32	—	—	0.15	—	6.77	—
<i>Board and Slabs</i>							
Cellular glass.....	136	0.050	—	—	19.8	—	0.75
Glass fiber, organic bonded.....	64-140	0.036	—	—	27.7	—	0.96
Expanded perlite, organic bonded.....	16	0.052	—	—	19.3	—	1.26
Expanded rubber (rigid).....	72	0.032	—	—	31.6	—	1.68
Expanded polystyrene, extruded (smooth skin surface) (CFC-1.2 exp.).....	29-56	—	—	—	—	—	—

Adaptado de producción: PhD. SARRIA LOPEZ, Bienvenido. Modulo de Refrigeración y Acondicionamiento del Aire, Diplomado en Uso Racional de la Energía (URE). Cartagena: 2007.

Anexo 1. Propiedades térmicas de materiales y aislamientos típicos de construcción, continuación.

Typical Thermal Properties of Common Building and Insulating Materials—Design Values^a (Continued)

Description	Density, kg/m ³	Conductivity ^b (k), W/(m·K)	Conductance (C), W/(m ² ·K)	Resistance ^c (R)		Specific Heat, kJ/(kg·K)
				1/k, K·m/W	For Thickness Listed (1/C), K·m ² /W	
Gypsum plaster:						
Lightweight aggregate 13 mm	720	—	17.7	—	0.056	—
Lightweight aggregate 16 mm	720	—	15.2	—	0.066	—
Lightweight aggregate on metal lath 19 mm	—	—	12.1	—	0.083	—
Perlite aggregate:						
Perlite aggregate 720	720	0.22	—	4.54	—	1.34
Sand aggregate 1680	1680	0.81	—	1.25	—	0.84
Sand aggregate 13 mm	1680	—	63.0	—	0.016	—
Sand aggregate 16 mm	1680	—	51.7	—	0.019	—
Sand aggregate on metal lath 19 mm	—	—	43.7	—	0.023	—
Vermiculite aggregate 720	720	0.24	—	4.09	—	—
MASONRY MATERIALS						
<i>Masonry Units</i>						
Brick, fired clay 2400	2400	1.21-1.47	—	0.83-0.68	—	—
..... 2240	2240	1.07-1.30	—	0.94-0.77	—	—
..... 2080	2080	0.92-1.12	—	1.08-0.89	—	—
..... 1920	1920	0.81-0.98	—	1.24-1.02	—	0.79
..... 1760	1760	0.71-0.85	—	1.42-1.18	—	—
..... 1600	1600	0.61-0.74	—	1.65-1.36	—	—
..... 1440	1440	0.52-0.62	—	1.93-1.61	—	—
..... 1280	1280	0.43-0.53	—	2.31-1.87	—	—
..... 1120	1120	0.36-0.45	—	2.77-2.23	—	—
Clay tile, hollow						
1 cell deep 75 mm	—	—	7.10	—	0.14	0.88
1 cell deep 100 mm	—	—	5.11	—	0.20	—
2 cells deep 150 mm	—	—	3.75	—	0.27	—
2 cells deep 200 mm	—	—	3.07	—	0.33	—
2 cells deep 250 mm	—	—	2.56	—	0.39	—
3 cells deep 300 mm	—	—	2.27	—	0.44	—
Concrete blocks^d						
Limestone aggregate						
200 mm, 16.3 kg, 2210 kg/m ³ concrete, 2 cores	—	—	—	—	—	—
Same with perlite filled cores 2.73	—	—	—	—	0.37	—
300 mm, 25 kg, 2210 kg/m ³ concrete, 2 cores	—	—	—	—	—	—
Same with perlite filled cores 1.53	—	—	—	—	0.65	—
Nominal mass aggregate (sand and gravel) 200 mm						
15-16 kg, 2020-2190 kg/m ³ concrete, 2 or 3 cores	—	—	5.1-5.8	—	0.20-0.17	0.92

Adaptado de producción: PhD. SARRIA LOPEZ, Bienvenido. Modulo de Refrigeración y Acondicionamiento del Aire, Diplomado en Uso Racional de la Energía (URE). Cartagena: 2007.

Anexo 1. Propiedades térmicas de materiales y aislamientos típicos de construcción, continuación.

Typical Thermal Properties of Common Building and Insulating Materials—Design Values^a (Continued)

Description	Density, kg/m ³	Conductivity ^b (k), W/(m·K)	Conductance (C), W/(m ² ·K)	Resistance ^c (R)		Specific Heat, kJ/(kg·K)
				1/k, K·m/W	For Thickness Listed (1/C), K·m ² /W	
<i>Gypsum partition tile</i>						
75 by 300 by 760 mm, solid.....	—	—	4.50	—	0.222	0.79
75 by 300 by 760 mm, 4 cells.....	—	—	4.20	—	0.238	—
100 by 300 by 760 mm, 3 cells.....	—	—	3.40	—	0.294	—
<i>Concretes^d</i>						
<i>Sand and gravel or stone aggregate concretes (concretes with more than 50% quartz or quartzite sand have conductivities in the higher end of the range)</i>						
2400	1.4-2.9	—	0.69-0.35	—	—	—
2240	1.3-2.6	—	0.77-0.39	—	—	0.8-1.0
2080	1.0-1.9	—	0.99-0.53	—	—	—
<i>Limestone concretes</i>						
2240	1.60	—	0.62	—	—	—
1920	1.14	—	0.88	—	—	—
1600	0.79	—	1.26	—	—	—
<i>Gypsum-fiber concrete (87.5% gypsum, 12.5% wood chips)</i>						
816	0.24	—	4.18	—	—	0.88
<i>Cement/lime, mortar, and stucco</i>						
1920	1.40	—	0.71	—	—	—
1600	0.97	—	1.04	—	—	—
1280	0.65	—	1.54	—	—	—
<i>Lightweight aggregate concretes</i>						
<i>Expanded shale, clay, or slate; expanded slag; cinders; pumice (with density up to 1600 kg/m³); and scoria (sand concrete have conductivities in the higher end of the range)</i>						
1920	0.9-1.3	—	1.08-0.76	—	—	—
1600	0.68-0.89	—	1.48-1.12	—	—	0.84
1280	0.48-0.59	—	2.10-1.69	—	—	0.84
960	0.30-0.36	—	3.30-2.77	—	—	—
640	0.18	—	5.40	—	—	—
<i>Perlite, vermiculite, and polystyrene beads</i>						
800	0.26-0.27	—	3.81-3.68	—	—	—
640	0.20-0.22	—	4.92-4.65	—	—	0.63-0.96
480	0.16	—	6.31	—	—	—
320	0.12	—	8.67	—	—	—
<i>Foam concretes</i>						
1920	0.75	—	1.32	—	—	—
1600	0.60	—	1.66	—	—	—
1280	0.44	—	2.29	—	—	—
1120	0.36	—	2.77	—	—	—
<i>Foam concretes and cellular concretes</i>						
960	0.30	—	3.33	—	—	—
640	0.20	—	4.92	—	—	—
320	0.12	—	8.67	—	—	—

Adaptado de producción: PhD. SARRIA LOPEZ, Bienvenido. Modulo de Refrigeración y Acondicionamiento del Aire, Diplomado en Uso Racional de la Energía (URE). Cartagena: 2007.

Anexo 2. Valores de la emitancia para varias superficies

Emittance Values of Various Surfaces and Effective Emittances of Air Spaces^a

Surface	Average Emittance ϵ	Effective Emittance ϵ_{eff} of Air Space	
		One Surface Emittance ϵ ; Other, 0.9	Both Surfaces Emittance ϵ
Aluminum foil, bright	0.05	0.05	0.03
Aluminum foil, with condensate just visible ($> 0.5 \text{ g/m}^2$)	0.30 ^b	0.29	—
Aluminum foil, with condensate clearly visible ($> 2.0 \text{ g/m}^2$)	0.70 ^b	0.65	—
Aluminum sheet	0.12	0.12	0.06
Aluminum coated paper, polished	0.20	0.20	0.11
Steel, galvanized, bright	0.25	0.24	0.15
Aluminum paint	0.50	0.47	0.35
Building materials: wood, paper, masonry, nonmetallic paints	0.90	0.82	0.82
Regular glass	0.84	0.77	0.72

^aThese values apply in the 4 to 40 μm range of the electromagnetic spectrum.

^bValues are based on data presented by Bassett and Tietlowen (1984).

Adaptado de producción: PhD. SARRIA LOPEZ, Bienvenido. Modulo de Refrigeración y Acondicionamiento del Aire, Diplomado en Uso Racional de la Energía (URE). Cartagena: 2007

Anexo 3. Conductividad y resistencias del aire en las superficies

Surface Conductances and Resistances for Air

Position of Surface	Direction of Heat Flow	Surface Emittance, ϵ					
		Non-reflective $\epsilon = 0.90$		Reflective			
		h_f	R	$\epsilon = 0.20$	R	$\epsilon = 0.05$	R
STILL AIR							
Horizontal	Upward	9.26	0.11	5.17	0.19	4.32	0.23
Sloping—45°	Upward	9.09	0.11	5.00	0.20	4.15	0.24
Vertical	Horizontal	8.29	0.12	4.20	0.24	3.35	0.30
Sloping—45°	Downward	7.50	0.13	3.41	0.29	2.56	0.39
Horizontal	Downward	6.13	0.16	2.10	0.48	1.25	0.80
MOVING AIR (Any position)							
		h_o	R				
Wind (for winter) 6.7 m/s (24 km/h)	Any	34.0	0.030	—	—	—	—
Wind (for summer) 3.4 m/s (12 km/h)	Any	22.7	0.044	—	—	—	—

Notes:

1. Surface conductance h_f and h_o , measured in $W/(m^2 \cdot K)$, resistance R in $m^2 \cdot K/W$.
2. No surface has both an air space resistance value and a surface resistance value.
3. For ventilated attics or spaces above ceilings under summer conditions (heat flow down), see Table 5.
4. Conductances are for surfaces of the stated emittance facing virtual blackbody surroundings at the same temperature as the ambient air. Values are based on a surface-air temperature difference of 5.5°C and for surface temperatures of 21°C.
5. See Chapter 3 for more detailed information, especially Tables 2 and 6, and see Figure 1 for additional data.
6. Condensate can have a significant impact on surface emittance (see Table 2).

Adaptado de producción: PhD. SARRIA LOPEZ, Bienvenido. Modulo de Refrigeración y Acondicionamiento del Aire, Diplomado en Uso Racional de la Energía (URE). Cartagena: 2007

Anexo 4. Valores de CLTD para paredes

July Cooling Load Temperature Differences for Calculating Cooling Load from Sunlit Walls 40°North Latitude

		Wall Number 1																							
		Hour																							
Wall Face		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
N		1	0	-1	-1	-2	-1	4	6	6	7	9	12	14	15	16	16	16	16	15	9	6	4	3	2
NE		1	0	-1	-1	-2	1	13	23	26	24	19	16	15	16	16	16	15	13	11	8	6	4	3	2
E		1	0	-1	-1	-1	1	16	28	34	36	33	27	20	17	17	17	16	14	11	9	6	4	3	2
SE		1	0	-1	-1	-2	0	8	18	26	31	32	31	27	22	18	17	16	14	11	8	6	4	3	2
S		1	0	-1	-1	-2	-1	0	2	6	12	18	24	28	29	28	24	19	15	11	8	6	4	3	2
SW		1	0	-1	-1	-1	-1	0	2	4	7	9	14	22	29	36	39	38	34	28	13	7	4	3	2
W		1	1	-1	-1	-1	-1	1	2	4	7	9	12	15	23	33	41	44	44	34	18	9	5	3	2
NW		1	0	-1	-1	-1	-1	0	2	4	7	9	12	14	16	21	28	34	36	31	16	8	5	3	2

		Wall Number 2																							
		Hour																							
Wall Face		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
N		3	2	1	0	-1	-1	-1	2	4	5	6	8	10	12	13	14	15	16	16	15	12	9	7	4
NE		3	2	1	0	-1	-1	1	7	14	20	22	21	18	17	16	16	16	16	14	13	10	8	6	4
E		3	2	1	0	-1	-1	1	8	18	26	31	32	29	24	21	19	18	17	15	13	11	8	6	4
SE		3	2	1	0	-1	-1	0	4	11	18	24	28	29	28	25	22	19	17	16	13	11	8	6	4
S		3	2	1	0	-1	-1	-1	1	4	8	13	18	23	26	27	26	22	18	15	12	8	6	4	
SW		4	2	1	1	0	-1	0	1	3	5	7	11	17	23	29	34	36	34	29	22	15	9	6	
W		4	3	2	1	0	-1	-1	0	1	3	5	7	9	13	18	26	33	38	41	37	28	19	12	8
NW		4	2	1	1	-1	-1	-1	1	3	5	7	9	12	14	18	23	28	32	30	23	16	11	7	

		Wall Number 3																							
		Hour																							
Wall Face		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
N		4	3	2	1	1	0	1	3	4	4	6	8	9	11	13	13	14	14	15	13	11	9	7	6
NE		4	3	2	1	0	0	4	9	14	17	18	17	17	16	16	16	16	16	14	12	10	8	7	5
E		4	3	2	1	1	1	4	12	18	23	26	26	24	22	21	19	18	17	16	13	11	9	7	6
SE		4	3	2	1	1	0	2	7	12	18	22	24	26	24	23	21	19	18	16	13	11	9	7	6
S		4	3	2	1	1	0	0	1	2	5	9	13	17	21	23	23	22	20	17	14	12	9	8	6
SW		7	5	3	2	1	1	1	1	2	3	5	8	12	17	22	27	31	32	30	25	20	16	12	9
W		8	6	4	3	2	1	1	1	2	3	5	7	9	13	19	25	31	35	36	34	28	18	14	11
NW		7	4	3	2	1	1	0	1	2	3	5	7	9	11	14	18	22	27	28	24	19	15	12	9

		Wall Number 4																								
		Hour																								
Wall Face		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
N		6	4	3	2	1	0	0	1	2	3	4	6	7	9	11	12	13	14	15	15	14	12	11	8	
NE		6	4	3	2	1	0	0	2	7	12	16	18	18	18	17	17	17	17	16	16	14	13	11	9	7
E		6	4	3	2	1	1	1	3	8	15	21	25	27	26	24	22	21	19	18	16	14	12	9	8	
SE		6	4	3	2	1	1	0	1	4	9	15	20	24	26	26	24	23	21	19	17	14	12	10	8	
S		6	4	3	2	1	1	0	1	0	1	3	7	11	16	19	23	24	23	22	19	17	13	11	8	
SW		10	7	5	3	2	1	0	0	0	1	3	4	7	10	15	20	25	29	32	32	28	23	18	14	
W		12	8	6	4	2	1	1	0	1	1	3	4	6	8	12	17	22	28	33	36	33	28	22	17	
NW		10	7	5	3	2	1	0	0	0	1	2	4	6	8	11	13	17	21	25	27	27	23	18	14	

		Wall Number 5																							
		Hour																							
Wall Face		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
N		7	6	4	3	3	2	1	2	3	3	4	5	7	8	9	11	12	13	13	13	13	10	8	8
NE		7	6	4	3	3	2	2	4	8	11	14	15	16	16	16	16	16	16	15	14	13	12	10	8
E		8	6	5	4	3	2	2	4	9	14	18	22	22	22	21	21	19	19	18	16	14	13	11	9
SE		8	7	5	4	3	2	2	3	6	10	14	18	21	22	22	21	21	19	18	17	15	13	11	9
S		8	7	5	4	3	2	3	1	2	2	4	7	11	14	17	19	20	20	19	18	16	13	12	10
SW		12	10	8	6	4	3	3	2	2	3	3	5	7	9	14	18	23	26	27	27	24	21	18	14
W		14	11	9	7	6	4	3	2	2	3	4	5	6	8	11	16	21	25	29	30	28	24	21	17
NW		12	9	7	6	4	3	2	2	2	2	3	4	6	8	9	12	15	19	22	23	22	19	17	14

Adaptado de producción: PhD. SARRIA LOPEZ, Bienvenido. Modulo de Refrigeración y Acondicionamiento del Aire, Diplomado en Uso Racional de la Energía (URE). Cartagena: 2007

Anexo 4. Valores de CLTD para paredes, continuación

Wall Face	Wall Number 6																							
	Hour																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
N	7	6	5	4	3	3	2	3	3	4	4	6	7	8	9	10	11	12	13	12	11	9	8	
NE	8	7	6	4	3	3	3	6	8	11	13	14	14	14	15	15	15	14	14	13	12	10	9	
E	9	7	6	5	4	3	4	6	10	14	17	19	20	20	19	19	19	18	17	16	14	13	12	10
SE	9	8	6	5	4	3	3	4	7	10	13	16	18	19	20	19	19	18	18	16	15	13	12	10
S	9	7	6	5	4	3	3	2	2	3	5	7	10	13	16	17	18	19	17	16	15	13	12	10
SW	13	11	9	8	6	5	4	3	3	4	4	6	7	10	13	17	21	23	24	24	22	19	17	15
W	14	12	10	8	7	6	4	4	4	4	6	7	8	11	15	19	23	25	27	28	28	26	19	17
NW	12	10	8	7	6	4	4	3	3	3	4	5	6	8	9	12	14	18	20	21	20	18	16	14

Adaptado de producción: PhD. SARRIA LOPEZ, Bienvenido. Modulo de Refrigeración y Acondicionamiento del Aire, Diplomado en Uso Racional de la Energía (URE). Cartagena: 2007

Anexo 5. Factor U para vidrios

U-Factors for Various Fenestration Products in $W/(m^2 \cdot K)$

Product Type	Glass Only		Vertical Installation										
			Operable (including sliding and swinging glass doors)						Fixed				
			Aluminum without Thermal Break		Aluminum with Thermal Break		Reinforced Vinyl/Aluminum Clad Wood	Insulated Wood/Vinyl		Aluminum without Thermal Break		Reinforced Vinyl/Aluminum Clad Wood	
Frame Type	Center of Glazing	Edge of Glass	Thermal Break	Thermal Break	Aluminum Clad Wood	Wood/Vinyl	Fiberglass/Vinyl	Thermal Break	Thermal Break	Aluminum Clad Wood	Wood/Vinyl	Fiberglass/Vinyl	
Single Glazing													
1 3.2 mm glass	5.91	5.91	7.24	6.12	5.14	5.05	4.61	6.42	6.07	5.55	5.55	5.35	
2 6.4 mm acrylic/polycarb	5.00	5.00	6.49	5.43	4.51	4.42	4.01	5.60	5.25	4.75	4.75	4.58	
3 3.2 mm acrylic/polycarb	5.45	5.45	6.87	5.77	4.82	4.73	4.31	6.01	5.66	5.15	5.15	4.97	
Double Glazing													
4 6.4 mm airspace	3.12	3.63	4.93	3.70	3.25	3.13	2.77	3.94	3.56	3.19	3.17	3.04	
5 12.7 mm airspace	2.73	3.36	4.62	3.42	3.00	2.87	2.53	3.61	3.22	2.86	2.84	2.72	
6 6.4 mm argon space	2.90	3.48	4.75	3.54	3.11	2.98	2.63	3.75	3.37	3.00	2.98	2.85	
7 12.7 mm argon space	2.56	3.24	4.49	3.30	2.89	2.76	2.42	3.47	3.08	2.73	2.70	2.58	
Double Glazing, $\epsilon = 0.60$ on surface 2 or 3													
8 6.4 mm airspace	2.95	3.52	4.80	3.58	3.14	3.02	2.67	3.80	3.41	3.05	3.03	2.90	
9 12.7 mm airspace	2.50	3.20	4.45	3.26	2.85	2.73	2.39	3.42	3.03	2.68	2.66	2.54	
10 6.4 mm argon space	2.67	3.32	4.58	3.38	2.96	2.84	2.49	3.56	3.17	2.82	2.80	2.67	
11 12.7 mm argon space	2.33	3.08	4.31	3.13	2.74	2.62	2.28	3.28	2.89	2.54	2.52	2.40	
Double Glazing, $\epsilon = 0.40$ on surface 2 or 3													
12 6.4 mm airspace	2.78	3.40	4.66	3.46	3.03	2.91	2.56	3.56	3.27	2.91	2.89	2.76	
13 12.7 mm airspace	2.27	3.04	4.27	3.09	2.70	2.58	2.25	3.23	2.84	2.49	2.47	2.35	
14 6.4 mm argon space	2.44	3.16	4.40	3.21	2.81	2.69	2.35	3.37	2.98	2.63	2.61	2.49	
15 12.7 mm argon space	2.04	2.88	4.09	2.93	2.55	2.43	2.10	3.04	2.65	2.31	2.29	2.17	
Double Glazing, $\epsilon = 0.20$ on surface 2 or 3													
16 6.4 mm airspace	2.56	3.24	4.49	3.30	2.89	2.76	2.42	3.47	3.08	2.73	2.70	2.58	
17 12.7 mm airspace	1.99	2.83	4.05	2.89	2.52	2.39	2.07	2.99	2.60	2.26	2.24	2.13	
18 6.4 mm argon space	2.16	2.96	4.18	3.01	2.63	2.51	2.17	3.13	2.74	2.40	2.38	2.26	
19 12.7 mm argon space	1.70	2.62	3.82	2.68	2.33	2.21	1.89	2.75	2.36	2.03	2.01	1.90	

Adaptado de producción: PhD. SARRIA LOPEZ, Bienvenido. Modulo de Refrigeración y Acondicionamiento del Aire, Diplomado en Uso Racional de la Energía (URE). Cartagena: 2007.

Anexo 6. Valores del CLTD para vidrios

Cooling Load Temperature Differences (CLTD) for Conduction through Glass

Solar Time, h	CLTD, °C	Solar Time, h	CLTD, °C
0100	1	1300	7
0200	0	1400	7
0300	-1	1500	8
0400	-1	1600	8
0500	-1	1700	7
0600	-1	1800	7
0700	-1	1900	6
0800	0	2000	4
0900	1	2100	3
1000	2	2200	2
1100	4	2300	2
1200	5	2400	1

Corrections: The values in the table were calculated for an inside temperature of 25.5°C and an outdoor maximum temperature of 35°C with an outdoor daily range of 11.6°C. The table remains approximately correct for other outdoor maximums 33 to 39°C and other outdoor daily ranges 9 to 19°C, provided the outdoor daily average temperature remains approximately 29.5°C. If the room air temperature is different from 25.5°C and/or the outdoor daily average temperature is different from 29.5°C see note 2, Table 32.

Adaptado de producción: PhD. SARRIA LOPEZ, Bienvenido. Modulo de Refrigeración y Acondicionamiento del Aire, Diplomado en Uso Racional de la Energía (URE). Cartagena: 2007

Anexo 7. Números de techo usados en la tabla 12

Roof Numbers Used In Table 30

Mass Location**	Suspended Ceiling	R-Value, m ² ·K/W	B7, Wood 75 mm	C17, HWC concrete 50 mm	A3, Steel Deck	Attic-Ceiling Combination
Mass inside the insulation	Without	0 to 0.9	*	2	*	*
		0.9 to 1.8	*	2	*	*
		1.8 to 2.6	*	4	*	*
		2.6 to 3.5	*	4	*	*
		3.5 to 4.4	*	5	*	*
	4.4 to 5.3	*	*	*	*	*
	With	0 to 0.9	*	5	*	*
		0.9 to 1.8	*	8	*	*
		1.8 to 2.6	*	13	*	*
		2.6 to 3.5	*	13	*	*
3.5 to 4.4		*	14	*	*	
4.4 to 5.3	*	*	*	*	*	
Mass evenly placed	Without	0 to 0.9	1	2	1	1
		0.9 to 1.8	2	*	1	2
		1.8 to 2.6	2	*	1	2
		2.6 to 3.5	4	*	2	2
		3.5 to 4.4	4	*	2	4
	4.4 to 5.3	*	*	*	*	
	With	0 to 0.9	*	3	1	*
		0.9 to 1.8	4	*	1	*
		1.8 to 2.6	5	*	2	*
		2.6 to 3.5	9	*	2	*
3.5 to 4.4		10	*	4	*	
4.4 to 5.3	10	*	*	*	*	
Mass outside the insulation	Without	0 to 0.9	*	2	*	*
		0.9 to 1.8	*	3	*	*
		1.8 to 2.6	*	4	*	*
		2.6 to 3.5	*	5	*	*
		3.5 to 4.4	*	5	*	*
	4.4 to 5.3	*	*	*	*	*
	With	0 to 0.9	*	3	*	*
		0.9 to 1.8	*	3	*	*
		1.8 to 2.6	*	4	*	*
		2.6 to 3.5	*	5	*	*
3.5 to 4.4		*	*	*	*	
4.4 to 5.3	*	*	*	*	*	

*Does not exist that is not possible with the chosen parameters.

**The 30-mm concrete is considered massive and the others non-massive.

Adaptado de producción: Ph.D. SARRIA LOPEZ, Bienvenido. Modulo de Refrigeración y Acondicionamiento del Aire, Diplomado en Uso Racional de la Energía (URE). Cartagena: 2007

Anexo 8. Valores de CLTD para techos

July Cooling Load Temperature Differences for Calculating Cooling Load from Flat Roofs at 40°North Latitude

Roof No.	Hour																							
	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	-1	-2	-3	-3	-3	0	7	16	25	33	41	46	49	49	46	41	33	24	14	8	5	3	1
2	1	0	-1	-2	-3	-3	-2	2	9	18	27	34	41	46	48	47	44	39	31	22	14	8	5	3
3	7	4	3	1	0	-1	0	3	7	13	19	26	32	37	40	41	41	37	33	27	21	17	13	9
4	9	6	4	2	1	-1	-2	-2	0	4	9	16	23	30	36	41	43	43	41	37	31	25	19	13
5	12	9	7	4	3	2	1	1	3	7	12	17	23	28	33	37	38	38	36	33	28	23	19	15
8	16	13	12	9	8	7	6	6	7	9	12	16	19	23	27	29	31	32	31	29	27	24	21	18
9	18	14	12	9	7	5	3	2	2	4	7	11	15	20	25	29	33	35	36	35	32	29	25	21
10	21	18	15	13	11	8	7	6	5	6	7	9	13	17	21	24	28	31	32	32	31	29	26	23
13	19	17	16	14	12	11	10	9	9	9	11	13	16	18	21	23	26	27	27	27	26	24	22	21
14	19	18	17	15	14	13	12	11	11	11	12	13	16	18	20	22	23	24	25	25	24	23	22	21

Note 1. Direct application of data

- Dark surface
- Indoor temperature of 25.5°C
- Outdoor maximum temperature of 35°C with mean temperature of 29.5°C and daily range of 11.6°C
- Solar radiation typical of clear day on 21st day of month
- Outside surface film resistance of 0.059 m²·K/W
- With or without suspended ceiling but no ceiling plenum air return systems
- Inside surface resistance of 0.121 m²·K/W

Note 2. Adjustments to table data

- Design temperature: $\text{Corr. CLTD} = \text{CLTD} + (25.5 - t_i) + (t_m - 29.4)$

where

t_i = inside temperature and t_m = mean outdoor temperature

t_m = maximum outdoor temperature - (daily range)/2

- No adjustment recommended for color
- No adjustment recommended for ventilation of air space above a ceiling

Note 2. Adjustments to table data

- Design temperatures

$$\text{Corr. CLTD} = \text{CLTD} + (25.5 - t_i) + (t_m - 29.4)$$

where

t_i = inside temperature and

t_m = maximum outdoor temperature - (daily range)/2

- No adjustment recommended for color

Adaptado de producción: PhD. SARRIA LOPEZ, Bienvenido. Modulo de Refrigeración y Acondicionamiento del Aire, Diplomado en Uso Racional de la Energía (URE). Cartagena: 2007

Anexo 9. Coeficiente de sombra SC

Shading Coefficients for Single Glass with Indoor Shading by Venetian Blinds or Roller Shades

Type of Glass	Nominal Thickness ^a , mm	Solar Transmittance ^b	Type of Shading				
			Venetian Blinds		Roller Shade		
			Medium	Light	Opaque	White	Translucent
Clear	24 ^c	0.87 to 0.80	0.74 ^d (0.63) ^e	0.67 ^d (0.58) ^e	0.81	0.39	0.44
Clear	6 to 13	0.60 to 0.71					
Clear pattern	3 to 13	0.87 to 0.79					
Heat-absorbing pattern	3	—					
Tinted	5, 5.5	0.74, 0.71					
Heat-absorbing ^f	5, 6	0.46					
Heat-absorbing pattern	5, 6	—	0.57	0.53	0.45	0.30	0.36
Tinted	3, 5.5	0.59, 0.45					
Heat-absorbing or pattern	—	0.44 to 0.30	0.54	0.52	0.40	0.28	0.32
Heat-absorbing ^g	10	0.34					
Heat-absorbing or pattern	—	0.29 to 0.15	0.42	0.40	0.36	0.28	0.31
Reflective coated glass	B.C. = 0.30 ^h ✓ = 0.40 = 0.50 = 0.60		0.25 0.33 0.42 0.50	0.23 0.29 0.38 0.44			

^aRefer to manufacturers' literature for values.

^bFor vertical blinds with opaque white and beige louvers in the tightly closed position, SC is 0.25 and 0.29 when used with glass of 0.71 to 0.60 transmittance.

^cTypical residential glass thickness.

^dFrom Van Dyck and Koenen (1982), for 45° open venetian blinds, 35° solar incidence, and 35° profile angle.

^eValues for closed venetian blinds. Use these values only when operation is automated for solar gain reduction (as opposed to daylight use).

^fRefers to gray, bronze, and green tinted heat-absorbing glass.

^gSC for glass with no shading device.

Adaptado de producción: PhD. SARRIA LOPEZ, Bienvenido. Modulo de Refrigeración y Acondicionamiento del Aire, Diplomado en Uso Racional de la Energía (URE). Cartagena: 2007

Anexo 10. Factor de carga solar para vidrios SCL

July Solar Cooling Load For Sunlit Glass 40°North Latitude

		Zone Type A																							
Glass Face	Hour	Solar Time																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
N	0	0	0	0	3	79	85	88	101	110	120	126	126	123	113	98	98	113	28	19	9	5	3	0	0
NE	0	0	0	0	6	268	406	422	353	236	173	151	139	126	117	101	82	57	22	9	6	3	0	0	
E	0	0	0	0	6	293	495	583	576	485	334	211	167	142	123	104	82	57	22	9	6	3	0	0	
SE	0	0	0	0	3	148	299	413	473	473	413	306	198	134	129	107	85	57	22	9	6	3	0	0	
S	0	0	0	0	0	28	54	79	129	202	268	306	302	265	198	132	98	63	25	13	6	3	0	0	
SW	0	0	0	0	0	28	54	76	95	110	123	202	318	419	476	479	419	293	110	54	25	13	6	3	
W	3	0	0	0	0	28	34	76	95	110	120	126	205	359	498	589	605	491	180	85	41	19	9	6	
NW	3	0	0	0	0	28	54	76	95	110	120	126	126	158	265	381	430	410	145	69	35	16	9	3	
Hor	0	0	0	0	0	76	217	378	532	665	759	810	816	772	684	554	394	221	91	44	22	9	6	3	

		Zone Type B																							
Glass Face	Hour	Solar Time																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
N	6	6	3	3	3	69	72	76	88	101	110	117	120	117	110	101	98	110	50	32	22	16	13	9	
NE	6	3	3	3	6	230	343	365	318	230	183	164	151	142	129	113	95	72	41	28	19	16	9	9	
E	6	6	3	3	6	252	419	501	510	430	331	233	198	173	151	129	107	79	47	32	22	16	13	9	
SE	6	6	3	3	3	126	255	353	413	422	384	302	217	183	154	132	110	82	47	32	25	19	13	9	
S	6	6	3	3	3	25	47	66	113	176	233	271	274	249	198	145	117	85	50	35	25	19	13	9	
SW	19	16	13	9	6	28	50	69	85	98	113	183	280	369	425	435	397	296	145	98	66	47	35	25	
W	25	19	16	13	9	28	50	69	85	98	110	117	186	318	438	523	545	463	208	135	95	66	47	35	
NW	19	16	13	9	6	28	50	69	85	98	107	117	117	145	239	340	403	375	161	104	69	50	35	25	

		Zone Type C																							
Glass Face	Hour	Solar Time																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
N	16	16	13	13	13	76	72	76	85	95	104	107	110	107	101	91	91	107	44	32	25	22	19	19	
NE	23	19	19	16	19	236	354	337	277	192	154	148	142	135	126	113	98	79	50	41	35	32	28	25	
E	28	25	25	22	25	261	410	466	457	391	280	195	176	164	148	135	117	95	63	54	47	41	38	35	
SE	28	25	22	19	19	142	258	337	381	381	337	258	186	161	148	132	113	91	60	50	44	41	35	32	
S	22	22	19	16	16	38	57	72	113	170	221	249	249	221	170	126	104	82	50	41	38	32	28	25	
SW	44	38	35	32	28	47	66	82	91	104	113	180	271	347	391	394	350	252	117	88	72	63	54	47	
W	54	47	41	38	35	54	69	85	98	107	113	117	188	309	416	482	491	403	158	110	88	76	66	60	
NW	38	35	32	28	25	44	63	79	91	101	107	113	113	139	230	321	372	337	123	82	66	54	47	41	
Hor	76	66	60	54	50	187	214	237	454	551	627	668	677	652	595	504	387	261	167	139	120	107	95	85	

Adaptado de producción: PhD. SARRIA LOPEZ, Bienvenido. Modulo de Refrigeración y Acondicionamiento del Aire, Diplomado en Uso Racional de la Energía (URE). Cartagena: 2007

Anexo 10. Factor de carga solar para vidrios SCL, continuación

Glass Face	Zone Type D																							
	Solar Time																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
N	25	32	19	19	19	66	66	66	76	85	91	98	101	98	95	88	91	101	34	44	38	35	32	28
NE	35	32	28	25	28	198	274	284	243	183	154	151	145	139	132	123	110	91	69	60	54	47	44	38
E	47	41	38	35	35	221	337	387	391	347	268	205	189	180	167	151	135	117	91	79	69	63	57	50
SE	44	41	35	32	32	123	214	286	321	328	299	246	189	173	161	148	132	110	85	76	66	60	54	50
S	35	32	28	25	22	38	54	66	101	145	186	211	217	198	164	129	113	95	69	60	54	47	44	38
SW	66	60	54	47	44	57	69	79	88	98	107	161	233	296	334	343	315	246	142	117	104	91	82	72
W	79	72	65	57	54	66	76	88	95	104	107	110	167	265	333	410	425	365	180	145	123	110	98	88
NW	57	50	47	41	38	54	66	76	85	95	101	104	107	129	202	274	318	296	132	104	91	79	69	63
Hor	117	104	95	85	78	120	202	299	391	473	539	583	602	592	554	491	403	302	227	198	176	158	142	129

Notes:
 1. Values are in W/m^2
 2. Applies to directly incident standard double strength glass with no inside shade
 3. Dots apply to 21st day of July.
 4. For other types of glass and internal shade, use shading coefficients as multiplier. See text. For externally shaded glass, use north orientation. See text.

Adaptado de producción: PhD. SARRIA LOPEZ, Bienvenido. Modulo de Refrigeración y Acondicionamiento del Aire, Diplomado en Uso Racional de la Energía (URE). Cartagena: 2007

Anexo 11. Tipos de zonas para usar con las tablas de SCL y CLF

Zone Types for Use with SCL and CLF Tables, Single-Story Building									
Zone Parameter ¹				Zone Type			Error Band		
No. Walls	Floor Covering	Partition Type	Inside Shade	Glass Solar	People and Equipment	Light	Plus	Minus	
1 or 2	Carpet	Gypsum	b	A	B	B	9	2	
1 or 2	Carpet	Concrete block	b	B	C	C	9	0	
1 or 2	Vinyl	Gypsum	Full	B	C	C	9	0	
1 or 2	Vinyl	Gypsum	Half to None	C	C	C	16	0	
1 or 2	Vinyl	Concrete block	Full	C	D	D	8	0	
1 or 2	Vinyl	Concrete block	Half to None	D	D	D	10	6	
3	Carpet	Gypsum	b	A	B	B	9	2	
3	Carpet	Concrete block	Full	A	B	B	9	2	
3	Carpet	Concrete block	Half to None	B	B	B	9	0	
3	Vinyl	Gypsum	Full	B	C	C	9	0	
3	Vinyl	Gypsum	Half to None	C	C	C	16	0	
3	Vinyl	Concrete block	Full	B	C	C	9	0	
3	Vinyl	Concrete block	Half to None	C	C	C	16	0	
4	Carpet	Gypsum	b	A	B	B	6	3	
4	Vinyl	Gypsum	Full	B	C	C	11	6	
4	Vinyl	Gypsum	Half to None	C	C	C	19	-1	

¹A total of 14 zone parameters is fully defined in Table 20. Those not shown in this table were selected to achieve the minimum error band shown in the right-hand column for Solar Cooling Load (SCL). The error band for Light and People and Equipment is approximately 10%.
²The effect of inside shade is negligible in this case.

Adaptado de producción: PhD. SARRIA LOPEZ, Bienvenido. Modulo de Refrigeración y Acondicionamiento del Aire, Diplomado en Uso Racional de la Energía (URE). Cartagena: 2007

Anexo 12. Rata de ganancia de calor por personas

Rates of Heat Gain from Occupants of Conditioned Spaces

Degree of Activity		Total Heat, W		Sensible Heat, W	Latent Heat, W	% Sensible Heat that is Radiant ^b	
		Adult Male	Adjusted, M/F ^c			Low V	High V
Seated at theater	Theater, matinee	115	95	65	30		
Seated at theater, night	Theater, night	115	105	70	35	60	27
Seated, very light work	Offices, hotels, apartments	130	115	70	45		
Moderately active office work	Offices, hotels, apartments	140	130	75	55		
Standing, light work; walking	Department store; retail store	160	130	75	55	58	38
Walking, standing	Drug store, bank	160	145	75	70		
Sedentary work	Restaurant ^e	145	160	80	80		
Light bench work	Factory	235	220	80	140		
Moderate dancing	Dance hall	265	250	90	160	49	35
Walking 4.8 km/h, light machine work	Factory	295	295	110	185		
Bowling ^d	Bowling alley	440	425	170	255		
Heavy work	Factory	440	425	170	255	54	19
Heavy machine work, lifting	Factory	470	470	185	285		
Athletics	Gymnasium	585	525	210	315		

Notes:

1. Tabulated values are based on 24°C room dry-bulb temperature. For 27°C room dry bulb, the total heat remains the same, but the sensible heat values should be decreased by approximately 20%, and the latent heat values increased accordingly.

2. Also refer to Table 4, Chapter 3, for additional rates of metabolic heat generation.

3. All values are rounded to nearest 5 W.

^aAdjusted heat gain is based on normal percentage of men, women, and children for the application listed, with the postulate that the gain from a adult female is

85% of that for an adult male, and that the gain from a child is 75% of that for an adult male.

^b Values approximated from data in Table 5, Chapter 3, where air velocity with limits shown in that table.

^c Adjusted heat gain includes 18 W for food per individual (9 W sensible and 9 W latent).

^d Figure one person per alley actually bowling, and all others as sitting (117 W) or standing or walking slowly (231 W).

Adaptado de producción: PhD. SARRIA LOPEZ, Bienvenido. Modulo de Refrigeración y Acondicionamiento del Aire, Diplomado en Uso Racional de la Energía (URE). Cartagena: 2007

Anexo 13. Factor de carga por luces

Cooling Load Factors for Lights																								
Lights On For	Number of Hours after Lights Turned On																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Zone Type A																								
8	0.85	0.92	0.95	0.96	0.97	0.97	0.97	0.98	0.13	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
10	0.85	0.93	0.95	0.97	0.97	0.97	0.98	0.98	0.98	0.98	0.14	0.07	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
12	0.86	0.93	0.96	0.97	0.97	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.14	0.07	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
14	0.86	0.93	0.96	0.97	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	0.15	0.07	0.05	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02
16	0.87	0.94	0.96	0.97	0.98	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.15	0.08	0.05	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02
Zone Type B																								
8	0.75	0.85	0.90	0.90	0.94	0.95	0.95	0.96	0.23	0.12	0.08	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01
10	0.75	0.86	0.91	0.93	0.94	0.95	0.95	0.96	0.96	0.97	0.24	0.13	0.08	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02
12	0.76	0.86	0.91	0.93	0.95	0.95	0.96	0.96	0.97	0.97	0.97	0.97	0.24	0.14	0.09	0.07	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03
14	0.76	0.87	0.92	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.97	0.97	0.97	0.98	0.98	0.98	0.25	0.14	0.09	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03
16	0.77	0.88	0.92	0.95	0.96	0.96	0.97	0.97	0.97	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.99	0.25	0.15	0.10	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04
Zone Type C																								
8	0.72	0.80	0.84	0.87	0.88	0.89	0.90	0.91	0.23	0.15	0.11	0.09	0.08	0.07	0.07	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03
10	0.73	0.81	0.85	0.87	0.89	0.90	0.91	0.92	0.92	0.93	0.25	0.16	0.13	0.11	0.09	0.08	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04
12	0.74	0.82	0.86	0.88	0.90	0.91	0.92	0.92	0.93	0.94	0.94	0.95	0.26	0.18	0.14	0.12	0.10	0.09	0.08	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05
14	0.75	0.84	0.87	0.89	0.91	0.92	0.93	0.94	0.94	0.95	0.95	0.96	0.96	0.27	0.19	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08	0.08	0.07	0.06
16	0.77	0.85	0.89	0.91	0.92	0.93	0.93	0.94	0.95	0.95	0.95	0.96	0.96	0.97	0.97	0.97	0.28	0.20	0.16	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09
Zone Type D																								
8	0.66	0.72	0.76	0.79	0.81	0.83	0.85	0.86	0.25	0.20	0.17	0.15	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.04
10	0.68	0.74	0.77	0.80	0.82	0.84	0.86	0.87	0.88	0.90	0.28	0.23	0.19	0.17	0.15	0.14	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06	0.06
12	0.70	0.75	0.79	0.81	0.83	0.85	0.87	0.88	0.89	0.90	0.91	0.92	0.30	0.25	0.21	0.19	0.17	0.15	0.15	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08
14	0.72	0.77	0.81	0.83	0.85	0.86	0.88	0.89	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.94	0.32	0.26	0.23	0.20	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	0.10
16	0.75	0.80	0.83	0.85	0.87	0.88	0.89	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.94	0.95	0.96	0.96	0.34	0.28	0.24	0.21	0.19	0.17	0.15	0.14

Note: See Table 22 for zone type. Data based on a radiative/convective fraction of 0.59/0.41.

Adaptado de producción: PhD. SARRIA LOPEZ, Bienvenido. Modulo de Refrigeración y Acondicionamiento del Aire, Diplomado en Uso Racional de la Energía (URE). Cartagena: 2007

Anexo 14. Tipos de paredes protegidas con aislante térmico

Wall Types, Mass Located Inside Insulation, for Use with Table 32

Secondary Material	R-Value m ² ·KW	Principal Wall Material**															
		A1	A7	B7	B10	B9	C1	C7	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C17	C18	
Stucco and/or plaster	0 to 0.35	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
	0.35 to 0.44	*	5	*	*	*	*	*	*	5	*	*	*	*	*	*	
	0.44 to 0.53	*	5	*	*	*	3	*	2	5	6	*	*	5	*	*	
	0.53 to 0.62	*	5	*	*	*	4	2	2	5	6	*	*	6	*	*	
	0.62 to 0.70	*	5	*	*	*	4	2	3	6	6	10	4	6	*	5	
	0.70 to 0.84	*	6	*	*	*	5	2	4	6	6	11	5	10	*	10	
	0.84 to 0.97	*	6	*	*	*	5	2	4	6	6	11	5	10	*	10	
	0.97 to 1.14	*	6	*	*	*	5	2	5	10	7	12	5	11	*	10	
	1.14 to 1.36	*	6	*	*	*	5	4	5	11	7	16	10	11	*	11	
	1.36 to 1.59	*	6	*	*	*	5	4	5	11	7	*	10	11	*	11	
	1.59 to 1.89	*	6	*	*	*	5	4	5	11	7	*	10	11	4	11	
	1.89 to 2.24	*	6	*	*	*	5	4	5	11	11	*	10	11	4	11	
	2.24 to 2.64	*	10	*	*	*	10	4	5	11	11	*	10	11	9	12	
	2.64 to 3.08	*	10	*	*	*	10	5	5	11	11	*	11	12	10	16	
	3.08 to 3.52	*	11	*	*	*	10	5	9	11	11	*	15	16	10	16	
3.52 to 4.05	*	11	*	*	*	10	9	9	16	11	*	15	16	10	16		
4.05 to 4.76	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	16	*	15	*		
Steel or other light- weight cladding	0 to 0.35	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
	0.35 to 0.44	*	3	*	*	*	*	*	2	3	5	*	*	*	*	*	
	0.44 to 0.53	*	5	*	*	*	2	*	2	5	3	*	*	5	*	*	
	0.53 to 0.62	*	5	*	*	*	3	1	2	5	5	*	*	5	*	*	
	0.62 to 0.70	*	5	*	*	*	3	2	2	5	5	6	3	5	*	5	
	0.70 to 0.84	*	6	*	*	*	4	2	2	5	5	10	4	6	*	5	
	0.84 to 0.97	*	6	*	*	*	5	2	2	6	6	11	5	6	*	6	
	0.97 to 1.14	*	6	*	*	*	5	2	3	6	6	11	5	6	*	6	
	1.14 to 1.36	*	6	*	*	*	5	2	3	6	6	11	5	6	*	10	
	1.36 to 1.59	*	6	*	*	*	5	2	3	6	6	12	5	6	*	11	
1.59 to 1.89	*	6	*	*	*	5	2	3	6	6	12	5	6	4	11		
1.89 to 2.24	*	6	*	*	*	5	2	3	6	7	12	6	11	4	11		
Face brick	0 to 0.35	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
	0.35 to 0.44	3	*	*	*	*	*	*	*	11	*	*	*	*	*	*	
	0.44 to 0.53	5	11	*	*	*	*	*	6	11	12	*	*	*	*	*	
	0.53 to 0.62	5	12	5	*	*	11	*	11	12	12	*	*	12	*	*	
	0.62 to 0.70	5	12	6	*	*	12	6	12	12	13	*	*	12	*	*	
	0.70 to 0.84	6	13	6	10	*	13	10	12	12	13	*	11	*	*	16	
	0.84 to 0.97	6	13	6	11	*	*	11	12	13	13	*	16	*	*	*	
	0.97 to 1.14	6	13	6	11	*	*	11	12	13	13	*	*	*	*	*	
	1.14 to 1.36	6	13	6	11	*	*	11	13	*	13	*	*	*	*	*	
	1.36 to 1.59	6	13	10	16	*	*	11	13	*	13	*	*	*	*	*	
	1.59 to 1.89	6	14	10	16	*	*	11	13	*	14	*	*	*	16	*	
	1.89 to 2.24	6	*	11	16	*	*	12	13	*	*	*	*	*	*	*	
	2.24 to 2.64	10	*	11	*	*	*	12	13	*	*	*	*	*	*	*	
	2.64 to 3.08	10	*	11	*	*	*	16	*	*	*	*	*	*	*	*	
	3.08 to 3.52	11	*	15	*	*	*	16	*	*	*	*	*	*	*	*	
3.52 to 4.05	11	*	15	*	*	*	16	*	*	*	*	*	*	*	*		
4.05 to 4.76	*	*	*	*	*	*	16	*	*	*	*	*	*	*	*		

*Denotes a wall that is not possible with the chosen set of parameters.
 **See Table 11 for definition of Code letters

Adaptado de producción: PhD. SARRIA LOPEZ, Bienvenido. Modulo de Refrigeración y Acondicionamiento del Aire, Diplomado en Uso Racional de la Energía (URE). Cartagena: 2007

Anexo 15. CLTD por personas y equipos sin extracción

Cooling Load Factors for People and Unhooded Equipment																								
Hours in Space	Number of Hours after Entry into Space or Equipment Turned On																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Zone Type A																								
2	0.75	0.88	0.18	0.08	0.04	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0.75	0.88	0.93	0.95	0.22	0.10	0.05	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	0.75	0.88	0.93	0.95	0.97	0.97	0.23	0.11	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	0.75	0.88	0.93	0.95	0.97	0.97	0.98	0.98	0.24	0.11	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
10	0.75	0.88	0.93	0.95	0.97	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.24	0.12	0.07	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00
12	0.75	0.88	0.93	0.96	0.97	0.98	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.25	0.12	0.07	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
14	0.76	0.88	0.93	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	0.25	0.12	0.07	0.05	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01
16	0.76	0.89	0.94	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.25	0.12	0.07	0.05	0.03	0.03	0.02
18	0.77	0.89	0.94	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.25	0.12	0.07	0.05	0.03	0.03	0.02
Zone Type B																								
2	0.65	0.74	0.16	0.11	0.09	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0.65	0.75	0.81	0.85	0.24	0.17	0.13	0.10	0.07	0.06	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
6	0.65	0.75	0.81	0.85	0.89	0.91	0.29	0.20	0.15	0.12	0.09	0.07	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00
8	0.65	0.75	0.81	0.85	0.89	0.91	0.93	0.95	0.21	0.22	0.17	0.13	0.10	0.08	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
10	0.65	0.75	0.81	0.85	0.89	0.91	0.93	0.95	0.96	0.97	0.33	0.24	0.18	0.14	0.11	0.08	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01
12	0.66	0.76	0.81	0.86	0.89	0.92	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98	0.98	0.24	0.19	0.14	0.11	0.08	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02
14	0.67	0.76	0.82	0.86	0.89	0.92	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.35	0.25	0.19	0.15	0.11	0.09	0.07	0.05	0.04	0.03
16	0.69	0.78	0.83	0.87	0.90	0.92	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.35	0.25	0.19	0.15	0.11	0.09	0.07
18	0.71	0.80	0.85	0.88	0.91	0.93	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	0.35	0.25	0.19	0.15	0.11	0.09
Zone Type C																								
2	0.60	0.68	0.14	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0.60	0.68	0.74	0.79	0.23	0.16	0.14	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
6	0.61	0.69	0.74	0.79	0.83	0.86	0.28	0.22	0.18	0.15	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01
8	0.61	0.69	0.75	0.79	0.83	0.86	0.89	0.91	0.32	0.26	0.21	0.17	0.14	0.11	0.09	0.08	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02
10	0.62	0.70	0.75	0.80	0.83	0.86	0.89	0.91	0.92	0.94	0.35	0.28	0.23	0.18	0.15	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03
12	0.63	0.71	0.76	0.81	0.84	0.87	0.89	0.91	0.93	0.94	0.95	0.96	0.37	0.29	0.24	0.19	0.16	0.13	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05	0.04
14	0.65	0.72	0.77	0.82	0.85	0.89	0.90	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.97	0.38	0.30	0.25	0.20	0.17	0.14	0.11	0.09	0.08	0.06
16	0.68	0.74	0.79	0.83	0.86	0.89	0.91	0.92	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98	0.98	0.39	0.31	0.25	0.21	0.17	0.14	0.11	0.09
18	0.72	0.78	0.82	0.85	0.88	0.90	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.39	0.31	0.26	0.21	0.17	0.14
Zone Type D																								
2	0.59	0.67	0.13	0.09	0.08	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
4	0.60	0.67	0.72	0.76	0.20	0.16	0.13	0.11	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01
6	0.61	0.68	0.73	0.77	0.80	0.83	0.26	0.20	0.17	0.15	0.13	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02
8	0.62	0.69	0.74	0.77	0.80	0.83	0.85	0.87	0.30	0.24	0.20	0.17	0.15	0.13	0.11	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03
10	0.63	0.70	0.75	0.78	0.81	0.84	0.86	0.88	0.89	0.91	0.33	0.27	0.22	0.19	0.17	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05
12	0.65	0.71	0.76	0.79	0.82	0.84	0.87	0.88	0.90	0.91	0.92	0.93	0.35	0.29	0.24	0.21	0.18	0.16	0.13	0.12	0.10	0.09	0.08	0.07
14	0.67	0.73	0.78	0.81	0.83	0.86	0.88	0.89	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.95	0.37	0.30	0.25	0.22	0.19	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09
16	0.70	0.76	0.80	0.83	0.85	0.87	0.89	0.90	0.92	0.93	0.94	0.95	0.95	0.96	0.96	0.97	0.38	0.31	0.26	0.23	0.20	0.17	0.15	0.13
18	0.74	0.80	0.83	0.85	0.87	0.89	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.95	0.96	0.97	0.97	0.97	0.98	0.98	0.39	0.32	0.27	0.23	0.20	0.17

Note: See Table 25 for zone type. Data based on a radiation/convective fraction of 0.70/0.30.

Adaptado de producción: PhD. SARRIA LOPEZ, Bienvenido. Modulo de Refrigeración y Acondicionamiento del Aire, Diplomado en Uso Racional de la Energía (URE). Cartagena: 2007

Anexo 16. Tipos de zonas para usar con tablas de CLF

Zone Types for Use with CLF Tables, Interior Rooms

Room Location	Zone Parameters ^a			Zone Type	
	Middle Floor	Ceiling Type	Floor Covering	People and Equipment	Lights
Single story	N/A	N/A	Carpet	C	B
	N/A	N/A	Vinyl	D	C
Top floor	65 mm Concrete	With	Carpet	D	C
	65 mm Concrete	With	Vinyl	D	D
	65 mm Concrete	Without	b	D	B
	25 mm Wood	b	b	D	B
Bottom floor	65 mm Concrete	With	Carpet	D	C
	65 mm Concrete	b	Vinyl	D	D
	65 mm Concrete	Without	Carpet	D	D
	25 mm Wood	b	Carpet	D	C
	25 mm Wood	b	Vinyl	D	D
Mid-floor	65 mm Concrete	N/A	Carpet	D	C
	65 mm Concrete	N/A	Vinyl	D	D
	25 mm Wood	N/A	b	C	B

^aA total of 14 zone parameters is fully defined in Table 20. Those not shown in this table were selected to achieve an error band of approximately 10%.

^bThe effect of this parameter is negligible in this case.

Adaptado de producción: PhD. SARRIA LOPEZ, Bienvenido. Modulo de Refrigeración y Acondicionamiento del Aire, Diplomado en Uso Racional de la Energía (URE). Cartagena: 2007

Anexo 17. Ganancia de calor de motores eléctricos

Heat Gain from Typical Electric Motors

Motor Name-plate or Rated Horsepower	(kW)	Motor Type	Nominal rpm	Full Load Motor Efficiency, %	Location of Motor and Driven Equipment with Respect to Conditioned Space or Airstream		
					A	B	C
					Motor in, Driven Equipment in, Watt	Motor out, Driven Equipment in, Watt	Motor in, Driven Equipment out, Watt
0.05	(0.04)	Shaded pole	1500	35	105	35	70
0.08	(0.06)	Shaded pole	1500	35	170	99	110
0.125	(0.09)	Shaded pole	1500	35	264	94	173
0.16	(0.12)	Shaded pole	1500	35	340	117	223
0.25	(0.19)	Split phase	1750	54	346	188	158
0.33	(0.25)	Split phase	1750	56	439	246	194
0.50	(0.37)	Split phase	1750	60	621	372	249
0.75	(0.56)	3-Phase	1750	72	776	557	217
1	(0.75)	3-Phase	1750	75	993	747	249
1.5	(1.1)	3-Phase	1750	77	1453	1119	334
2	(1.5)	3-Phase	1750	79	1887	1491	396
3	(2.2)	3-Phase	1750	81	2763	2238	525
5	(3.7)	3-Phase	1750	82	4541	3721	817
7.5	(5.6)	3-Phase	1750	84	6651	5596	1066
10	(7.5)	3-Phase	1750	85	8760	7178	1315
15	(11.2)	3-Phase	1750	86	13 009	11 192	1820
20	(14.9)	3-Phase	1750	87	17 140	14 913	2230
25	(18.6)	3-Phase	1750	88	21 184	18 635	2545
30	(22.4)	3-Phase	1750	89	25 110	22 370	2765
40	(30)	3-Phase	1750	89	33 401	29 885	3690
50	(37)	3-Phase	1750	89	41 900	37 210	4600
60	(45)	3-Phase	1750	89	50 395	44 829	5538
75	(56)	3-Phase	1750	90	62 115	55 962	6210
100	(75)	3-Phase	1750	90	82 918	74 719	8290
125	(93)	3-Phase	1750	90	103 430	93 172	10 342
150	(110)	3-Phase	1750	91	123 060	111 925	11 075
200	(150)	3-Phase	1750	91	163 785	149 135	14 738
250	(190)	3-Phase	1750	91	204 805	186 346	18 430

Adaptado de producción: PhD. SARRIA LOPEZ, Bienvenido. Modulo de Refrigeración y Acondicionamiento del Aire, Diplomado en Uso Racional de la Energía (URE). Cartagena: 2007

Anexo 18. Factor de uso, radiante y de carga de equipos típicos

Heat Gain Factors of Typical Electric Appliances Under Hood

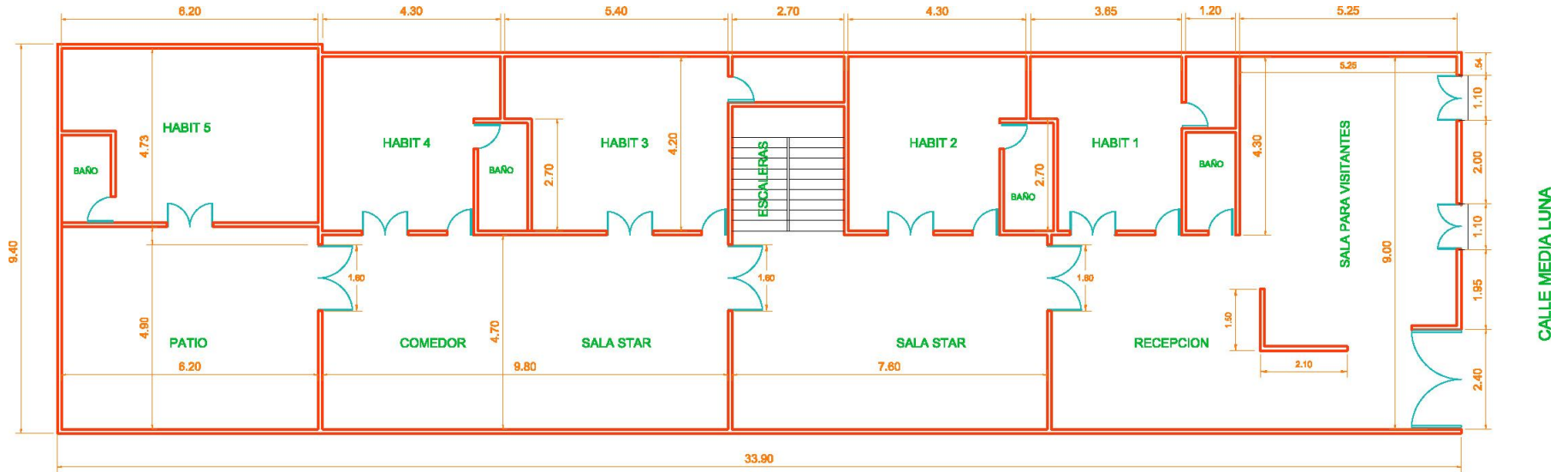
Appliance	Usage Factor F_U	Radiation Factor F_R	Load Factor $F_L = F_U F_R$ Elec/Steam
Griddle	0.16	0.45	0.07
Fryer	0.06	0.43	0.03
Convection oven	0.42	0.17	0.07
Charbroiler	0.83	0.29	0.24
Open-top range without oven	0.34	0.46	0.16
Hot-top range without oven	0.79	0.47	0.37
with oven	0.59	0.48	0.28
Steam cooker	0.13	0.30	0.04

Heat Gain Factors of Typical Gas Appliances Under Hood

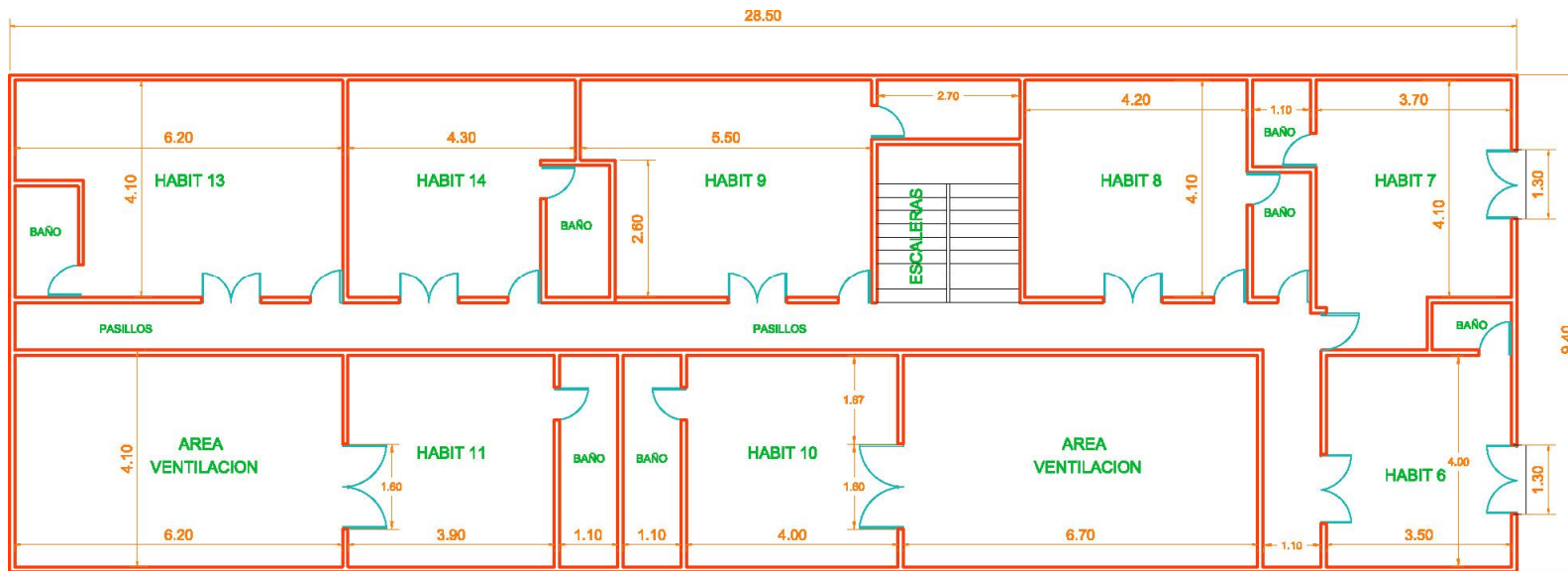
Appliance	Usage Factor F_U	Radiation Factor F_R	Load Factor $F_L = F_U F_R$ Gas
Griddle	0.25	0.25	0.06
Fryer	0.07	0.35	0.02
Convection oven	0.42	0.20	0.08
Charbroiler	0.62	0.18	0.11
Open-top range without oven	0.34	0.17	0.06

Adaptado de producción: PhD. SARRIA LOPEZ, Bienvenido. Modulo de Refrigeración y Acondicionamiento del Aire, Diplomado en Uso Racional de la Energía (URE). Cartagena: 2007

Anexo 19. Planos del hotel



PRIMER PISO
PLANTA ARQUITECTONICA
HOTEL CASA VILLA COLONIAL



SEGUNDO PISO
PLANTA ARQUITECTONICA
HOTEL CASA VILLA COLONIAL

**Anexo 20. Equipo Seleccionado (Equipos de aire acondicionado.
Equipos línea comercial / Industrial Sistemas de Refrigerante Variable)**



Referencia

Nombre Equipos Carrier

Características Sistemas de Aire Acondicionado con flujo variable de refrigerantes largos longitudes de tubería y control individual de zonas. Ahorro de energía. Compuesto por una unidad condensadora y múltiples unidades evaporadoras. Capacidades 80.000, 100.000, 120.000 BTU.

Usos Apto para oficinas, centros comerciales, Industria, este producto se utiliza en espacios grandes.

Anexo 21. Fotografías del Hotel



















