



UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO
DIVISIÓN DE CIENCIAS E INGENIERÍA

Balance Térmico de la Preparatoria del Centro de Estudios Tecnológicos del Mar No. 10 en Chetumal Quintana Roo

TESIS
Para obtener el grado de
Ingeniero en Sistemas de Energía

PRESENTA
José Alberto Aragón Salazar

DIRECTOR DE TESIS
Dr. Fernando Enrique Flores Murrieta

ASESORES
Dr. José Hernández Rodríguez
M.C. Emmanuel Torres Montalvo
M.E.S. Roberto Acosta Olea
Dr. Gliserio Romeli Barbosa Pool





UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO
DIVISIÓN DE CIENCIAS E INGENIERÍA

**Trabajo de Tesis elaborado bajo supervisión del Comité de asesoría y
aprobada como requisito parcial para obtener el grado de:**

INGENIERO EN SISTEMAS DE ENERGÍA

Comité de Trabajo de Tesis

Director:



Dr. Fernando Enrique Flores Murrieta

Asesor:



M.C. Emmanuel Torres Montalvo

Asesor:



Dr. José Hernández Rodríguez



Chetumal, Quintana Roo, México, Mayo de 2014.

DEDICATORIA

A mis padres:

José A. Aragón Pérez y Luceli del Carmen Salazar Reyes por orientarme, apoyarme y por no dejarme caer cuando más lo necesite a pesar de los dolores de cabeza que les cause, siempre estuvieron y están conmigo.

A mis hermanas:

Nalleli Grisel Aragón Salazar y Rosario Anahí Aragón Salazar con quienes he compartido y convivio toda mi infancia y la mayoría de mis momentos bueno y malos.

A mis abuelos:

Guilbardo Aragón Pacheco, Rosario Pérez Pech, Paulino Salazar Heredia y Amparo Reyes Canto que siempre me dieron grandes consejos para guiarme en un buen camino.

Al amor de mi vida:

Yipzi Linet Sosa López, gracias a esta hermosa persona me decidí a terminar la carrera. Es el principal motivo por el cual me decidí a ser alguien en la vida, para luego compartir mis triunfos y derrotas con ella.

A mis amigos:

A mi amigo Alan Maldonado Osorio, Jesús Álvarez, Miguel Gonzales, Miguel López, Luis Pantoja, Santiago Picazo y el buen Adrián Medrano, siempre me ayudaron, me ofrecieron su apoyo y con quienes compartí experiencias a lo largo de toda la carrera.

También agradecer a todos los compañeros tanto de la carrera como de mi vida personal, todos de una forma u otra han tenido que ver en mis logros y derrotas a lo largo de mi trayectoria en la carrera y a lo largo de mi vida.

AGRADECIMIENTOS.

Agradezco de todo corazón a mi madre, tal vez nunca me cansé de darle las gracias, me apoyaste cuando más lo necesite, siempre con la duda de si terminaría o no una carrera, siempre estuvo y está ahí a mi lado, aconsejándome, regañándome, pero dándome el apoyo necesario para ser una mejor persona.

A mi padre, que a pesar de no ser los mejores amigos siempre me apoyo a su manera, me oriento y me soporto en los momentos en los que era un joven rebelde.

Un agradecimiento muy especial a mi profesor y tutor el M.C. Emmanuel Torres Montalvo, que siempre me dio la orientación adecuada a lo largo de mi carrera en la Universidad, para llegar hasta donde me encuentro ahora, por escucharme, por tenerme paciencia en las clases y por ser un buen amigo.

Al Dr. Fernando Enrique Murrieta, quien me brindó un espacio donde pueda trabajar este proyecto en tranquilidad, me dio todas las herramientas necesarias (libros, información, etc.) para realizar un buen trabajo en el balance térmico. Gracias a él agarre gusto al área térmica.

Al M.C. Roberto Acosta Olea y al Dr. José Hernández Rodríguez quienes me entrevistaron cuando aspiraba a ser estudiante de la carrera en Ingeniería en Sistemas de Energía y me dieron la oportunidad de quedarme en ella.

A mi amigo Alan Gilberto Maldonado Osorio, con quien compartí todo el tiempo los momentos buenos y malos de la carrera. Siempre me brindó su ayuda.

Por último darle las gracias a mi novia Yipzi Linet Sosa López, una persona que amo mucho, y quien me motivó a terminar la carrera, si no fuera por ella tal vez nunca me hubiera preocupado en ser alguien en la vida.

RESUMEN

El proyecto de tesis presenta un balance térmico de todos los edificios del Centro de Estudios Tecnológicos del Mar No. 10 con la finalidad de determinar la capacidad de las unidades de aire acondicionado que debe tener cada espacio de todos los edificios de la institución. Se emplean dos metodologías, la primera para analizar las ganancias de calor a través de la envolvente (ganancias externas) y la segunda para analizar las ganancias de calor en el interior de los recintos. Primeramente se explican los conceptos básicos del aire y de cómo mediante el tratamiento de este mismo se puede lograr un espacio confortable, así como los antecedentes históricos del inicio de la climatización y su importancia. Seguidamente, se definen los conceptos de las cargas térmicas y su clasificación, y se describen los métodos más empleados para determinar dichas cargas. Posteriormente, se presenta el marco metodológico, es decir, la base teórica que rige la secretaría de energía a través de la NOM-008-ENER-2001 para las ganancias externas de calor y la técnica descrita por Miranda (2004) para determinar las ganancias internas de calor. Consecuentemente se realiza un recorrido a las instalaciones del plantel para analizar los estados físicos en los que se encuentran las instalaciones eléctricas y se señala en que artículos de la norma NOM-001-SEDE-2005 infringen las instalaciones eléctricas de la Institución. Inmediatamente, se realiza el balance térmico, tomando como ejemplo cuatro espacios para ejemplificar los cálculos. De esta manera, se determina la capacidad de las unidades de enfriamiento para los diversos espacios del inmueble y seguidamente, se presenta una propuesta para reducir el consumo de energía mediante la implementación de dos tipos de aislantes térmicos, minimizando las ganancias de calor a través de la envolvente. Por último, se manifiestan las conclusiones a las cuales se llegó mediante el análisis del balance térmico en las instalaciones del Centro de Estudios Tecnológicos del Mar No. 10, también conocido como CETMAR No. 10

CONTENIDO

Introducción	1
Objetivos	2
Objetivo general.	2
Objetivos particulares.....	2
Justificación e importancia de la investigación.	2
Alcance	4
CAPITULO I. Climatización	5
1.1 ¿Qué es la climatización?	5
1.2 Antecedentes.....	5
1.3 Aire.....	6
1.4 Temperatura	7
1.5 Humedad del aire	7
1.6 Humedad absoluta y relativa.....	7
1.7 Psicrometria.....	8
1.8 Carta psicrometrica	8
1.9 Movimiento del aire	8
1.10 Pureza y contaminación del aire	8
1.11 Niveles de ruido	9
1.12 Presión	9
1.13 Convección.....	10
1.14 Conducción	10
1.15 Evaporación	10
1.16 Radiación	11
1.17 Aire acondicionado.....	11
1.18 Funcionamiento de un equipo de aire acondicionado.....	12
CAPITULO II. Metodos de cálculo de cargas térmicas.	14
2.1 Métodos más empleados	17

2.1.1	Método de cargas instantáneas.	17
2.1.2	Método E20 de carrier y manual cltd/clf.	18
2.1.3	Método de funciones de transferencia.	18
2.1.4	Método del balance térmico.	19
CAPITULO III. Método del balance térmico.		20
3.1	Condiciones de proyecto.	21
3.1.1	Localidad.	21
3.1.2	Edificio.	21
3.1.3	Parámetros de diseño.	22
3.1.3.1	Condiciones exteriores.	22
3.1.3.2	Condiciones interiores.	22
3.1.3.2.1	Temperatura de 25°C en el interior.	22
3.1.3.2.2	Humedad del 50% en el interior.	23
3.1.4	Consideraciones de la construcción.	23
3.2	NOM-008-ENER-2001 ‘Eficiencia Energética en Edificaciones, Envolverte de Edificios no Residenciales’.	25
3.2.1	Cálculo de la ganancia de calor a través de la envolvente del edificio proyectado.	25
3.2.1.1	Ganancia de calor por conducción.	26
3.2.1.2	Ganancia de calor por radiación.	27
3.3	Determinación del coeficiente global de transferencia de calor (k) de las porciones de la envolvente.	28
3.4	Orientación.	28
3.5	Cálculo de las cargas térmicas internas.	29
3.5.1	Cálculo de la carga sensible.	29
3.5.1.1	Calor sensible debido al aire de infiltraciones.	29
3.5.1.2	Calor sensible generado por las personas que ocupan el local.	31
3.5.1.3	Calor sensible generado por la iluminación del local.	32
3.5.1.4	Calor sensible generado por máquinas y equipo eléctrico en el interior del local.	32
3.5.1.5	Calor sensible producido por el aire de ventilación.	33

3.5.1.5.1	Procesos de deshumidificación.	36
3.5.2	Cálculo de las cargas latentes.	39
3.5.2.1	Calor latente debido al aire de infiltraciones.	39
3.5.2.2	Calor latente generado por las personas que ocupan el local.	40
3.5.2.3	Calor latente producido por el aire de ventilación.	40
3.6	Cálculo de las cargas totales.	41
3.6.1	Carga sensible efectiva parcial y carga latente efectiva parcial.	41
3.6.2	Carga sensible efectiva total y carga latente efectiva total.	41
CAPITULO IV:	Evaluación general de las instalaciones.	42
4.1	Objetivo del recorrido.	42
4.2	Estado de los aires acondicionados.	43
4.3	Estado de la iluminación.	44
4.4	Estado general de las instalaciones electricas.	45
4.5	Censo de cargas.	51
4.6	Resultado del censo de cargas	55
CAPITULO V.	Cálculo de las cargas térmicas en las instalaciones del CETMAR No. 10 57	
5.1	Datos generales	57
5.2	Cálculo de las partidas de calor sensible	59
5.2.1	Calor sensible debido a la conducción y radiación a través de la envolvente.	60
5.2.1.1	Ganancia de calor por conducción.	60
5.2.1.2	Ganancia de calor por radiación	64
5.2.2	Calor sensible debido a infiltración del aire.	67
5.2.3	Calor sensible generado por personas que ocuparán el local.	69
5.2.4	Calor sensible generado por la iluminación del local.	71
5.2.5	Calor sensible generado por máquinas y equipo eléctrico en el interior del local.	73
5.2.6	Calor sensible por ventilación del aire.	74
5.3	Cálculo de las cargas latentes.	76
5.3.1	Calor latente generado por las personas que ocuparan el local.	78

5.3.2	Calor latente procedente del aire de ventilación.....	80
5.4	Cargas totales.	82
5.5	Determinación de la capacidad de los equipos de aire acondicionado.....	83
5.6	Análisis.....	84
5.7	Determinación de la capacidad de los aires acondicionados de todos los recintos del centro de estudios tecnológicos del mar No. 10.....	86
5.8	Comparación del consumo de energía de los equipos instalados con los equipos propuestos.....	89
CAPITULO VI. Aislamiento térmico.		91
6.1	¿Qué es un aislamiento térmico?.....	91
6.1.1.	Beneficios potenciales.....	91
6.2	Determinación de los equipos de los equipos de aires acondicionados utilizando aislante de placa de poliestireno expandido.....	93
6.3	Capacidad de los equipos de aires acondicionados aplicando aislante térmico con placa de poliestireno expandido.	96
6.4	Determinación de la capacidad de los aires acondicionados de todos los recintos del centro de estudios tecnológicos del mar No. 10 utilizando aislante térmico de poliestireno expandido.....	97
6.5	Determinación de los equipos de aires acondicionados utilizando aislante térmico de placa de poliestireno extruido.	99
6.6	Capacidad de los equipos de aires acondicionados aplicando aislante térmico con placa de poliestireno extruido.....	102
6.7	Determinación de la capacidad de los aires acondicionados de todos los recintos del centro de estudios tecnológicos del mar No. 10 utilizando aislante térmico de poliestireno extruido.	103
6.8	Comparación del consumo de energía eléctrica de los aires acondicionados instalados, propuestos con balance térmico, con aislante termico de poliestireno expandido y extruido.....	106
6.9	Analisis de la reducción del consumo de energía.	109
CAPITULO VII. Conclusiones y recomendaciones		110
Bibliografía.....		112
Apendice A.....		115

Apendice B.....	136
Cálculo del coeficiente global de transferencia de calor (k)	136
Apendice C.....	139
Anexo 1.....	140
Edificio A.....	142
Edificio B.....	143
Edificio D.....	144
Edificio D1.....	145
Edificio E.....	146
Edificio F1.....	147
Edificio L.....	148
Edificio M.....	149
Edificio N.....	150
Anexo 2.....	151
Anexo 3.....	152

LISTA DE TABLAS

Tabla 3.1 Condiciones recomendadas de acuerdo a combinaciones de temperatura y humedad relativa.....	23
Tabla 3.2 Aire de infiltraciones en metros cúbicos por hora (m^3/h), por persona y por puerta.	31
Tabla 3.3 Calor emitido por las personas en Watts (W).....	32
Tabla 3.4 Aire de ventilación en metros cúbicos por hora (m^3/h), por persona y por puerta. Ventilación mínima y ocupación máxima estimada en diversos locales.	35
Tabla 4.1 Cargas instaladas en el Centro de estudios Tecnológicos del Mar No. 10.....	51
Tabla 4.2 Consumo total por tipo de equipos instalados en el plantel.....	56
Tabla 5.1 Ganancia de calor sensible debido a la conducción a través de la envolvente en área secretarial en edificio A.	61
Tabla 5.2 Ganancia de calor sensible debido a la conducción a través de la envolvente en oficina de servicios administrativos en edificio A.	62
Tabla 5.3 Ganancia de calor sensible debido a la conducción a través de la envolvente en laboratorio de idiomas del edificio N.	62
Tabla 5.4 Ganancia de calor sensible debido a la conducción a través de la envolvente en el aula 01 del edificio D.	63
Tabla 5.5 Ganancia de calor sensible por radiación en el área secretarial del edificio de la dirección en edificio A.	65
Tabla 5.6 Ganancia de calor sensible por radiación en el laboratorio de idiomas del edificio N.....	66
Tabla 5.7 Ganancia de calor sensible por radiación en el aula 01 del edificio D.....	66
Tabla 5.8 Calor sensible generado por infiltración del aire en área secretarial del edificio A.	68
Tabla 5.9 Calor sensible generado por infiltración del aire en oficina de servicios educativos del edificio A.....	68
Tabla 5.10 Calor sensible generado por infiltración del aire en laboratorio de idiomas.....	68
Tabla 5.11 Calor sensible generado por infiltración del aire en aula 01 del edificio D.....	69
Tabla 5.12 Calor sensible generado por personas en área secretarial del edificio A.....	70

Tabla 5.13 Calor sensible generado por personas en oficina de servicios educativos del edificio A.....	70
Tabla 5.14 Calor sensible generado por personas en laboratorio de idiomas del edificio N	70
Tabla 5.15 Calor sensible generado por personas en el interior del aula 01 del edificio D.	70
Tabla 5.16 Calor sensible generado por iluminación en de oficina de área secretarial en el edificio A.	72
Tabla 5.17 Calor sensible generado por iluminación en oficina de servicios educativos del edificio A.	72
Tabla 5.18 Calor sensible generado por iluminación en laboratorio de idiomas en edificio N	72
Tabla 5.19 Calor sensible generado por iluminación en aula 01 del edificio D	72
Tabla 5.20 Calor sensible generado por equipo eléctrico en oficina de área secretarial	73
Tabla 5.21 Calor sensible generado por equipo eléctrico en oficina de servicios educativos del edificio A	73
Tabla 5.22 Calor sensible generado por equipo eléctrico en laboratorio de idiomas del edificio N.....	73
Tabla 5.23 Calor sensible generado por ventilación en oficina de área secretarial del edificio A	74
Tabla 5.24 Calor sensible generado por ventilación en oficina de servicios educativos del edificio A	74
Tabla 5.25 Calor sensible generado por ventilación en laboratorio de idiomas en edificio N	75
Tabla 5.26 Calor sensible generado por ventilación en el aula 01 del edificio D.....	75
Tabla 5.27 Calor latente generado por infiltración del aire en oficina de área secretarial del edificio A	77
Tabla 5.28 Calor latente generado por infiltración del aire en oficina de servicios educativos del edificio A.....	77
Tabla 5.29 Calor latente generado por infiltración del aire en laboratorio de idiomas del edificio N.....	78
Tabla 5.30 Calor latente generado por infiltración del aire en el aula 01 del edificio D.....	78

Tabla 5.31 Calor latente generado por personas que ocupan el área secretarial del edificio A.....	79
Tabla 5.32 Calor latente que generado por personas que ocupan la oficina de servicios educativos del edificio A.....	80
Tabla 5.33 Calor latente generado por personas que ocuparán el laboratorio de idiomas.	80
Tabla 5.34 Calor latente generado por personas que ocuparán el aula 01 del edificio D...	80
Tabla 5.35 Calor latente generado por ventilación en el área secretarial del edificio A.....	81
Tabla 5.36 Calor latente generado por ventilación en el área de servicios educativos del edificio A.....	81
Tabla 5.37 Calor latente generado por ventilación en el laboratorio de idiomas	81
Tabla 5.38 Calor latente generado por ventilación en el aula 01 del edificio D.	81
Tabla 5.39 Resumen de las cargas térmicas en los espacios a acondicionar	82
Tabla 5.40 Determinación de la capacidad del equipo de aire acondicionado en los espacios elegidos.....	83
Tabla 5.41 Capacidad de refrigeración en todos los espacios de la preparatoria de centro de estudios tecnológicos del mar No. 10	86
Tabla 5.42 Comparación del consumo de energía de los equipos instalados actualmente con los equipos propuestos.....	89
Tabla 6.1 Cálculo de la conducción a través de la envolvente utilizando aislante térmico de placa de poliestireno expandido en oficina de área secretarial.	93
Tabla 6.2 Cálculo de conducción a través de la envolvente utilizando aislante térmico de palca de poliestireno expandido en oficina de servicios educativos	94
Tabla 6.3 Cálculo de conducción a través de la envolvente utilizando aislante térmico de palca de poliestireno expandido en laboratorio de idiomas.....	94
Tabla 6.4 Cálculo de conducción a través de la envolvente utilizando aislante térmico de palca de poliestireno expandido en aula 01 de edificio D	95
Tabla 6.5 Determinación de la capacidad de los equipos de aire acondicionado utilizando aislante térmico de placa de poliestireno expandido	96
Tabla 6.6 Determinación y comparación de la capacidad de los equipos de aires acondicionados utilizando aislante térmico de poliestireno expandido	97
Tabla 6.7 Cálculo de la conducción a través de la envolvente utilizando aislante térmico de placa de poliestireno expandido	99

Tabla 6.8 Cálculo de la conducción a través de la envolvente utilizando aislante térmico de placa de poliestireno expandido	100
Tabla 6.9 Cálculo de la conducción a través de la envolvente utilizando aislante térmico de placa de poliestireno expandido	100
Tabla 6.10 Cálculo de la conducción a través de la envolvente utilizando aislante térmico de placa de poliestireno expandido	101
Tabla 6.11 Determinación de los equipos de aires acondicionados utilizando aislante térmico de poliestireno extruido.....	102
Tabla 6.12 Determinación de la capacidad y comparación de los equipos de aires acondicionados utilizando aislante térmico de poliestireno extruido.....	103
Tabla 6.13 Comparación del consumo de energía de los equipos de aires acondicionados	106
Tabla 6.14 Comparación de consumo de energía eléctrica de todos los equipos de A.A.	109
Tabla A.1 Valores para el cálculo de flujo del calor a través de la envolvente	115

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 Estado físico del refrigerante, su temperatura y su presión	13
Figura 2.1 Cargas térmicas a considerarse en verano	16
Figura 3.1 Comportamiento del aire caliente en invierno y en verano.	20
Figura 3.2 Representación constructiva de un muro o pared.....	24
Figura 3.3 Representación constructiva de la techumbre del edificio.....	24
Figura 3.4 Orientación para las paredes y muros.....	28
Figura 3.5 Representación esquemática de una instalación que utiliza solo aire del local UAA, unidad de aire acondicionado, representa el aparato o ventilador que aspira el aire del local, lo enfría y lo vuelve a introducir.	33
Figura 3.6 Representación esquemática de una instalación que utiliza solo aire del exterior.	34
Figura 3.7 Representación esquemática de una instalación que mezcla aire del exterior con aire del local.....	34
Figura 3.8 Batería de deshumidificación	36
Figura 3.9 Representación gráfica del proceso de deshumidificación y enfriamiento	37
Figura 4.1 Aires acondicionados con falta de mantenimiento y con mala instalación.....	43
Figura 4.2 Orificio mal sellado en donde se encuentra la tubería de desagüe del equipo acondicionador.	43
Figura 4.3 Fuga del aire por persianas tipo persiana.	44
Figura 4.4 Lámparas que se encuentran no encienden en el taller de idiomas.....	44
Figura 4.5 Bases sin lámparas y con exceso de óxido y polvo.....	45
Figura 4.6 Receptáculo sin tapa, sin identificación de cables y sin puesta a tierra. Apagador sin tapa	45
Figura 4.7 Receptáculos sin conexión a tierra. Conductores expuestos a la intemperie	47
Figura 4.8 Conductores sin protección. Centros de carga con exceso de pintura y cemento y sin tapa.....	48
Figura 4.9 Conductores a la intemperie sin protección alguna.....	49
Figura 5.1 Proyección de los edificios de la institución.....	58
Figura 5.2 Orientación idónea de inmuebles en México.....	59

Figura 5.3 Afectación de la radiación solar según la orientación de las ventanas y del tamaño del volado.....	64
Figura 5.4 Filtración de aire por fisuras o por apertura de puertas.....	67
Figura 5.5 Calor sensible generado por personas en el interior de un local.....	69
Figura 5.6 Calor sensible generado por lámparas.....	71
Figura 5.7 Calor latente filtrándose en fisuras o por apertura de puertas.....	76
Figura 5.8 Calor latente emitido por personas en el interior de un recinto.....	79
Figura 6.1 Comportamiento del aislante térmico en verano.....	92
Figura 6.2 Comportamiento del aislante térmico en invierno.....	92

LISTA DE GRAFICAS

Grafica 2.1 : Porcentaje de consumo de los aires acondicionados en edificios.....	14
Grafica2.2 : Porcentaje de consumo eléctrico a nivel nacional en el 2009 en un hogar promedio que cuenta con climatización.	15
Grafica 2.3: Comparación de la precisión y complejidad de los métodos más empleados.	17
Grafica 4.1 Porcentaje total de los tipos de equipos instalados	56
Grafica 5.1 Comportamiento de las cargas térmicas en el área secretarial	84
Grafica 5.2 Comportamiento de las cargas térmicas en oficina de servicios educativos	84
Grafica 5.3 Comportamiento de las cargas térmicas en laboratorio de idiomas.....	85
Grafica 5.4 Comportamiento de las cargas térmicas en el aula 01 del edificio D.....	85
Grafica 5.5 Diferencia de consumo energético de los equipos instalados con los equipos propuestos por el balance térmico	90
Grafica 6.1 Comportamiento de los consumos de energía	109

LISTA DE APÉNDICES

APENDICE A Tablas

Tabla A.1 Valores para el cálculo del flujo de calor a través de la envolvente

Tabla A.2 Factor de corrección de sombreado exterior (SE) por el uso de volado sobre la ventana , con extensión lateral más allá de los límites de ésta

Tabla A.3 Factor de corrección de sombreado exterior (SE) por el uso de volados sobre la ventana, con extensión lateral hasta los límites de ésta.

Tabla A.4 Factor de corrección de sombreado exterior (SE) por el uso de ventanas remetidas.

Tabla A.5 Factor de corrección de sombreado exterior (SE) por el uso de ventanas con partesoles.

APENDICE B Cálculo del coeficiente global de transferencia de calor (K).

APENDICE C Valores de conductividad térmica de los materiales de construcción.

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1 Planta arquitectónica de los edificios del Centro de Estudios Tecnológicos del Mar No. 10

Fachada frontal del edificio A y fachada lateral de todos los edificios

Planta arquitectónica del edificio A

Planta arquitectónica del edificio B

Planta arquitectónica del edificio D

Planta arquitectónica del edificio D1

Planta arquitectónica del edificio E

Planta arquitectónica del edificio F1

Planta arquitectónica del edificio L

Planta arquitectónica del edificio M

Planta arquitectónica del edificio N

ANEXO 2 Carta psicrométrica

ANEXO 3 Normales climatológicas, Chetumal, Quintana Roo.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día la principal fuente de energía eléctrica en México es obtenida gracias a la quema del carbón y el petróleo, siendo los sectores residenciales y los sectores productivos los principales consumidores de la energía eléctrica en el país. Debido a la gran demanda de energía eléctrica, es difícil prescindir de centrales de generación de energía eléctrica, cuya operación representa costos elevados para la economía de México. Por ello, hay que realizar esfuerzos para reforzar las acciones de ahorro y uso racional de dichos recursos energéticos.

Desde la revolución industrial, hace aproximadamente dos siglos, el consumo de la energía eléctrica se ha incrementado de forma rápida para mejorar los estándares de vida. La dependencia de los recursos fósiles y nucleares para generar esta, provoca contaminación a nuestro medio ambiente, por lo que día a día se tiene que concientizar a la gente para un uso debido de ella.

El impacto de los edificios es avasallador, se estima que los edificios a nivel mundial consumen en promedio el 60% del total de la energía, 40% de la energía primaria, 25% del agua potable, 40% de los recursos naturales, 25% de la madera cosechada y son responsables del 40 % de las emisiones de CO₂, 30% de los desperdicios sólidos y 20% del agua contaminada.(1)

Tan solo en México se emiten anualmente 1.89 toneladas de CO₂ por vivienda por el uso de la energía eléctrica y 2.92 toneladas por vivienda debido al uso de la energía por desechos sólidos, por tratamiento del agua, etc.(2)

“En edificios con sistemas de aire acondicionado y climatización, más de 80% de la energía utilizada se destina a equipos, y de ellos, la mayor parte corresponde al funcionamiento de compresores.” (3)

Es importante hacer un uso racional de la energía eléctrica, ya que el costo de generación de esta es alto, por lo tanto surge la necesidad de implementar programas de ahorro de energía eléctrica cuyo objetivo es emplearla de manera eficiente y reducir costos de producción.

En México, con la finalidad de preservar y hacer uso racional de los recursos energéticos, elaboró bajo la coordinación del Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Preservación y Uso Racional de los Recursos Energéticos (CCNNPURRE) con el apoyo del Instituto de Investigaciones Eléctricas y con la colaboración de diferentes organismos y empresas, la Norma Oficial Mexicana NOM-008-ENER-2001 “Eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios no residenciales”, la cual tiene como objetivo limitar las ganancias de calor en las edificaciones a través de su envolvente, con objeto de racionalizar el uso de energía eléctrica en los sistemas de enfriamiento.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL.

Elaborar y analizar propuestas de ahorro de energía que sean económicamente factibles para edificaciones.

OBJETIVOS PARTICULARES.

- Analizar la información general relacionada con el estado de las instalaciones y equipo de las edificaciones.
- Determinar que equipos son ineficientes (iluminación, aires acondicionados) para ser sustituidos por equipos de alta eficiencia.
- Calcular la ganancia de calor a través de la envolvente de los edificios, utilizando la NOM-008-ENER-01 y para la ganancia de calor en el interior utilizando la metodología de Ángel Luis Miranda (2004).
- Evaluar la calidad de las instalaciones eléctricas en el Centro de Estudios Tecnológicos del Mar No.10

JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.

Según los pronósticos de varios estudiosos en el tema, el costo de la energía eléctrica seguirá en aumento, caso que afecta directamente a toda la población. Por ello, se presenta este trabajo de tesis que aplica una metodología para resolver los problemas de una instalación particular en varios edificios, contribuyendo así al ahorro de energía, tomando como base las instalaciones de la Preparatoria de Centros de Estudios Tecnológicos del Mar No. 10

El deterioro de las instalaciones eléctricas y en algunos equipos de aires acondicionados es de llamar la atención. Esto afecta tanto la imagen del plantel, como el incremento de la facturación eléctrica y el impacto ambiental.

La preparatoria también presenta un constante aumento de alumnos, de equipos de cómputo y por ende de equipos de aires acondicionados, con más razón se tiene que considerar un programa de ahorro de energía.

Por lo anterior, la realización de un balance térmico y la implementación de aislantes térmicos en instalaciones nuevas o ya proyectadas es una alternativa a la solución de esta problemática, reduciendo así los consumos de energía eléctrica y elevando las eficiencias de los equipos de aires acondicionados instalados.

El presente trabajo de tesis se divide de la siguiente manera:

Capítulo I Climatización.

En este capítulo se presentan los conceptos básicos de las propiedades del aire y como se logra el acondicionamiento del aire para obtener un espacio confortable, también se presenta los antecedentes históricos y el cómo se inició la climatización.

Capítulo II Métodos de cálculo de cargas térmicas.

Presenta los métodos que existen para poder realizar cálculos de cargas térmicas, también se determina cual es el método más efectivo para poder obtener un mejor calculo.

Capítulo III Método del balance térmico.

Se describe el método más efectivo para realizar cálculos de cargas térmicas tanto exteriores como interiores, con ayuda de la NOM-008-ENER-2001 'Eficiencia Energética en Edificaciones, Envolvente de Edificios no Residenciales' para cálculos de cargas térmicas exteriores y para cargas interiores con la metodología de Miranda.

Capitulo IV Evaluación general de las instalaciones.

Se presenta los estados en los que se encuentran las instalaciones eléctricas, los equipos de aires acondicionados y las lámparas de todo el plantel educativo.

Capítulo V Calculo de las cargas térmicas en las instalaciones del Centro de Estudios Tecnológicos del Mar No. 10 en Chetumal Quintana Roo.

Se describe el proceso de los cálculos realizados con base a los métodos descritos en el capítulo III.

Capítulo VI Aislamiento térmico.

Se describe el beneficio y él porque es importante la implementación de los aislantes térmicos en los edificios o casas habitación. También se presentan los cálculos para la reducción de la transferencia de calor a través de la envolvente tomando en cuenta los aislantes en la techumbre y muros, utilizando el mismo método descrito en el capítulo III.

Capitulo VII Conclusiones y recomendaciones.

Se expresan las conclusiones y las recomendaciones fundamentadas en los resultados obtenidos, así como también se corrobora el beneficio de la realización del balance térmico, así como la implementación de los aislantes térmicos.

ALCANCE

Determinar la capacidad de los aires acondicionados mediante la metodología del balance térmico en todos los edificios de la preparatoria de Centros de Estudios Tecnológicos del mar No.10 y así elaborar una propuesta que permita reducir el consumo de energía eléctrica en las instalaciones.

CAPITULO I. CLIMATIZACIÓN

1.1 ¿QUÉ ES LA CLIMATIZACIÓN?

La climatización es un proceso de tratamiento del aire que se efectúa lo largo de todo el año, controlando en los espacios interiores la temperatura, la humedad, la pureza y velocidad del aire, para crear condiciones adecuadas para la comodidad del usuario y lograr el intercambio de aire a los espacios que no pueden ser ventilados de manera natural o que requieran condiciones especiales de temperatura controlada (4).

1.2 ANTECEDENTES

Uno de los grandes sistemas para suprimir el calor fue el de los egipcios. Se utilizaba en el palacio del faraón, cuyas paredes estaban formadas por enormes bloques de piedra, con un peso superior a mil toneladas.

Durante la noche, tres mil esclavos dismantelaban las paredes y acarreaban las piedras al desierto del Sahara. Como el clima desértico es extremo de día y la temperatura disminuye a niveles muy bajos durante la noche, las piedras se enfriaban notablemente.

Justo antes de que amaneciera, los esclavos acarreaban de regreso las piedras al palacio y volvían a colocarlas en su sitio. Se supone que el faraón disfrutaba de temperaturas de alrededor de 26° Celsius, mientras que afuera el calor subía considerablemente(5).

En ese entonces se necesitaban miles de esclavos para poder realizar la labor para climatizar un espacio, actualmente esto se efectúa por medio de un equipo al que se le conoce como aire acondicionado.

En 1852 William Thomson (Lord Kelvin) descubrió el principio de la refrigeración. Con el objetivo de conseguir un ambiente frío, el científico creó un circuito frigorífico hermético basado en la absorción del calor a través de un gas refrigerante(6). Para ello, se basó en tres principios.

- El calor se transmite de la temperatura más alta a la más baja.
- Una sustancia necesita absorber calor para cambiar de estado líquido a gaseoso.
- La presión y la temperatura están directamente relacionadas. En un recipiente cerrado, como una olla, se necesita proporcionar menor cantidad de calor para llegar a la misma temperatura que en uno abierto.

En 1902 el Dr. Willis Carrier diseñó el primer sistema de aire acondicionado, su cliente era un frustrado impresor de Brooklyn, N.Y., que no lograba imprimir una imagen decente a color debido a que los cambios de temperatura y la humedad afectaban las dimensiones y alineación de las tintas (6).

Hasta 1906 se patentó el primer equipo de Aire Acondicionado como: "Un aparato para tratar el aire" (6).

Por dos décadas, la invención del Aire Acondicionado, que permite controlar científicamente la temperatura y humedad dentro de nuestros hogares, estaba dirigida a las máquinas, o a la industria más que a las personas (6).

En 1924 muchos norteamericanos disfrutaron la experiencia del aire acondicionado en los cines por primera ocasión, ya que los propietarios instalaron los equipos para incrementar la asistencia durante los cálidos y húmedos días de verano (6).

Actualmente para la sociedad muchos productos y servicios vitales dependen del control del clima interno; La comida, la ropa que vestimos, las bebidas, los medicamentos, es indispensable en los lugares como los hospitales, aeropuertos, plazas comerciales etc.

1.3 AIRE

El aire es un gas incoloro, insípido e inodoro, mezcla de diversos gases. Se divide en dos grupos: el aire seco y el aire húmedo. El seco es el que carece de humedad; el húmedo, el que la tiene. El aire posee la propiedad de ser un transportador que puede llevar frío, calor, humo, vapor, suciedad, polvo, olores y también sonido(4).

Se puede acondicionar mediante los siguientes procesos:

- Enfriamiento.
- Calentamiento.
- Deshumidificación.
- Humidificación.
- Compresión mecánica de vapor.

1.4 TEMPERATURA

La temperatura es la escala usada para medir la intensidad del calor. Hay dos escalas de temperaturas que son las más usadas en todo el mundo: Celsius y Fahrenheit.

En la primera, el valor 0° queda marcado por el punto de congelación del agua, y el valor de 100° C corresponde al de ebullición (dependiendo de la presión atmosférica, ya que en altitudes superiores esta disminuye, por lo que el agua necesita temperaturas menores para entrar en ebullición). En la segunda, el punto de congelación corresponde a 32° y el de ebullición a 212°. En México se utiliza la escala de grados Centígrados (Celsius)(4).

La temperatura del aire es la primera variable a tomar en consideración en la comodidad. A menudo el calor o el frío percibido por las personas tiene más que ver con la sensación térmica que con la temperatura real, el cual es el resultado de la forma en que la piel percibe la temperatura de los objetos y de su entorno(4).

1.5 HUMEDAD DEL AIRE

El aire contiene cierta proporción de humedad, la cual viene de la evaporación parcial de las grandes masas de agua que existen en la tierra y del vapor de agua que exhalan las personas, animales y vegetales en sus funciones orgánicas (4).

La proporción de vapor de agua en el aire atmosférico es mayor o menor según la localización geográfica, las condiciones meteorológicas y conforme a las estaciones del año.

1.6 HUMEDAD ABSOLUTA Y RELATIVA

Se llama humedad absoluta a la cantidad de vapor de agua (generalmente medida en gramos) por unidad de volumen de aire ambiente (medido en metros cúbicos).

La humedad relativa es la unidad que contiene una masa de aire en relación con la máxima humedad absoluta que podría admitir sin producirse condensación, conservando las mismas condiciones de temperatura y de presión atmosférica. Es la forma más habitual de expresar la humedad ambiental.

El termómetro húmedo o psicrómetro se utiliza para la medición de la humedad relativa.

1.7 PSICROMETRIA.

Es la ciencia que estudia las propiedades Termodinámicas del aire húmedo y el efecto que tiene la humedad sobre los materiales y el confort humano.

1.8 CARTA PSICROMETRICA

Una carta psicrométrica, es una gráfica de las propiedades del aire, tales como temperatura, humedad relativa, volumen, presión, etc. Las cartas psicométricas se utilizan para determinar, cómo varían estas propiedades al cambiar la humedad en el aire.

1.9 MOVIMIENTO DEL AIRE

En los sistemas de aire de acondicionado es necesaria la limpieza del aire, pero si no se realiza una distribución correcta y un movimiento eficaz del aire, no se habrá cumplido el objetivo del acondicionamiento.

El movimiento del aire depende de la cantidad que circula y de la dirección en la cual se expulsa; ambos se determinan por el tipo de distribución de aire que se utilice, que puede ser directamente desde el equipo o a través de ductos para poder mantener uniforme la circulación y retorno del sistema de climatización ambiental.

El tratamiento del aire conduce de una forma definitiva a la sensación de confort.

El sistema en que se expresa el movimiento es en m/s (metro/segundo) y se mide con diversos tipos de anemómetros.

La circulación lenta del aire, provoca una sensación de encierro y velocidades excesivas producen sensaciones molestas (4).

1.10 PUREZA Y CONTAMINACIÓN DEL AIRE

La pureza o calidad del aire es controlada mediante la eliminación de partículas contaminantes, de polvo, gérmenes y olores indeseables por medio de filtros u otros dispositivos purificadores.

El aire de una ciudad, en condiciones normales, contiene millones de partículas de polvo, polen, humo, vapores y químicos; sus partículas son demasiado pequeñas por lo tanto los sistemas de aire acondicionado cuentan con los filtros necesarios para retener dichas partículas.

La renovación del aire elimina los olores desagradables, humos y vapores, contribuyendo a la mejora del ambiente (4).

1.11 NIVELES DE RUIDO

Los equipos de aire acondicionado y de ventilación mecánica por su naturaleza producen ruido el cual debe ser controlado, existen niveles de ruidos recomendados que no deberían de ser sobrepasados, para no causar daños al oído.

Para un verdadero bienestar en el entorno hay varias necesidades básicas, una de ellas es el silencio, por lo que el control de ruido es importante ya que este es un factor negativo y contaminante, causante de molestias y trastornos fisiológicos.

La elección del equipo, con su ventilador y motor, es uno de los puntos más importantes que tiene que tomar en cuenta (4).

1.12 PRESIÓN

La presión es la fuerza ejercida en una unidad de área. Puede definirse como la medida de intensidad de una fuerza en un punto cualquiera sobre la superficie de contacto.

En los sistemas de aire acondicionado, se mide la presión del refrigerante mediante un conjunto de aparatos denominados manómetros. Estos han sido diseñados para medir presiones superiores a la presión atmosférica.

Los manómetros están calibrados para que el cero coincida con la presión normal. Las presiones indicadas por los manómetros reciben el nombre de presiones manométricas; un manómetro mide la diferencia de presión entre la presión total del fluido contenido en un recipiente y la presión atmosférica.

Dentro del circuito de refrigeración de aire acondicionado el fluido (refrigerante) está sometido a cambios de presión, una parte del circuito a alta presión y otra a baja presión; la parte correspondiente a la alta presión está comprendida entre la descarga del compresor y la entrada del dispositivo de expansión la cual es medida por un manómetro, la parte que corresponde a la baja presión, es la comprendida entre la salida del dispositivo de expansión y la entrada del compresor; la instalación dispone de un manómetro de baja presión para conocer su valor (4).

1.13 CONVECCIÓN

La convección puede entenderse como un proceso de climatización, porque el trabajo de la misma es calentar el aire; este proceso se da de forma natural en nuestro planeta pero también podemos encontrarlo artificialmente a través de equipos de aire acondicionado.

La convección es una de las tres formas principales de transmitir calor de manera natural, el sol se encarga de calentar las aguas, las mismas, luego de absorber dicho calor, cambian rápidamente de estado, de líquido a gaseoso tomando la forma de vapor.

De esta forma se realiza un proceso de climatización natural, para poder llevar a cabo un proceso de climatización dentro de un espacio es necesario realizar una convección forzada, en el caso de los países que tienen clima frío se realiza este proceso absorbiendo el aire, filtrándolo y luego insertándolo nuevamente al entorno a mayor temperatura; en climas cálidos se encarga de hacer todo lo contrario, es decir, absorber el aire caliente, filtrarlo e introducirlo nuevamente al espacio pero a una menor temperatura.

Este proceso de convección puede ser controlado manualmente por el usuario; es decir, a qué temperatura debe permanecer el aire climatizado dentro de un espacio, mediante el control de un equipo de aire acondicionado (4).

1.14 CONDUCCIÓN

El calor penetra en las paredes a través de su cara exterior debido a la acción combinada del aire y de la radiación solar, lo cual provoca un calentamiento progresivo desde el exterior al interior; cuando el aporte de calor desde el exterior disminuye, la pared se enfría desde dentro hacia afuera(4).

1.15 EVAPORACIÓN

La evaporación es un proceso por el cual una sustancia en estado líquido pasa al estado gaseoso.

Lo que hace el equipo de aire acondicionado es evaporar el refrigerante que contiene alto grado de calor, convirtiéndolo a estado gaseoso mediante el proceso de evaporación, con el fin de introducirlo nuevamente en el espacio a menor temperatura (4).

1.16 RADIACIÓN

La radiación es un proceso por el cual se transmite el calor desde una fuente termógena ya sea el sol, fuego, etc., hasta otro objeto.

El principio se basa en que el calor se transmite en el sentido de superficie caliente a superficie fría.

La radiación es un proceso independiente de la convección, que no necesita movimiento alguno del aire para realizar la transferencia de calor ni se ve afectada por la temperatura del aire, aunque sí por las superficies circundantes.

El cuerpo experimenta rápidamente los efectos de la radiación solar cuando pasa de una zona oscura a otra iluminada. De la misma forma que el calor por radiación del sol o del fuego(4).

1.17 AIRE ACONDICIONADO

El aire acondicionado es un sistema utilizado para controlar la temperatura en un espacio, las ventajas son varias, control de temperatura, control de salida de aire, eliminación de la humedad del ambiente, la circulación y limpieza de aire.

En el mercado se encuentran distintos tipos de aire acondicionado, de diferentes marcas y distintas funciones, con sistemas de frío, frío-calor, purificadores, etc.

La unidad de medida de energía con la que comúnmente se caracteriza a los equipos de aire acondicionado es el BTU (British Thermal Unit) y se define como la cantidad de energía que se necesita para aumentar la temperatura de una libra de agua a un grado Fahrenheit.

El BTU es fundamental a la hora de hacer planes de instalación de aires acondicionado, ya que de esta unidad dependerá la comodidad y confort, sino es el adecuado, no se obtendrá el clima deseado provocando un incorrecto uso del sistema lo cual puede llevar a un eventual daño parcial o total del equipo.

En algunos países especialmente en Norte América se emplea las Toneladas de Refrigeración (TRF), como unidad nominal para referirse a capacidades de aires acondicionados(4).

1.18 FUNCIONAMIENTO DE UN EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO.

El funcionamiento del acondicionador de aire está sometido a tres leyes naturales:

1a ley — El calor se mueve siempre desde el objeto más caliente hacia el objeto más frío. El calor es una forma de energía; la temperatura es una medida para su intensidad.

2a ley — Para convertir un líquido en vapor es necesario calor. Si, por ejemplo, el agua hierve sobre un quemador, absorbe una gran cantidad de calor sin que varíe su temperatura al evaporarse. Si, por el contrario, se extrae calor del vapor, entonces el vapor se condensa y se convierte en líquido. La temperatura a la cual el agua hierve, o el vapor de agua se condensa, depende de la presión. Al aumentar la presión aumenta la temperatura de ebullición.

3a ley — Al comprimir un gas, aumenta su temperatura y su presión. Ejemplo: cuando el pistón de un motor Diésel se mueve hacia arriba, comprime el aire. Al comprimirse se genera una alta temperatura que, si se inyecta combustible en el cilindro, lo inflama inmediatamente (7).

El ciclo fundamental de refrigeración en el que encuentran aplicación las citadas leyes se efectúa en la siguiente forma:

1. El agente frigorífico líquido absorbe calor del medio ambiente al evaporarse (1ª y 2ª ley de la termodinámica.).
2. El vapor caliente es comprimido y alcanza una temperatura superior a la del aire del medio ambiente (3ª ley).
3. El aire del medio ambiente (que está más frío) absorbe calor y condensa el vapor convirtiéndolo en líquido (1ª y 3ª leyes).
4. El líquido fluye hacia el punto de partida del ciclo y se vuelve a utilizar.

En un equipo de aire acondicionado el proceso de refrigeración inicia en el compresor, este, es el encargado de hacer recircular el refrigerante por el sistema y también crea una alta presión al comprimir el refrigerante, ocasionando que este empiece un calentamiento en sus propiedades.

El gas comprimido es expulsado al condensador a mucha presión (generada por el compresor), esto porque las moléculas del gas a presión son forzadas a unirse, por lo que se pierde energía en forma de calor, esta pérdida de energía provoca que el refrigerante pase de gas a líquido.

Convertido el refrigerante a un estado líquido, este pasa por un filtro deshidratador que limpia el refrigerante de partículas extrañas y de agua. Luego pasa a la válvula de expansión, esta consta de un orificio autoajustable limitando el paso de refrigerante, así creando una significativa caída de presión en el evaporador.

Al salir de la válvula, el refrigerante se encuentra con una presión baja, dicho de otra manera, se encuentra libre de presión, esto ocasiona que el refrigerante se evapore, pero para poder lograr su evaporación, el refrigerante necesita de una energía, esta energía se toma en forma de calor, calor que absorbe de un recinto mientras se evapora, dejando así, un espacio frío.

Ya evaporado el refrigerante, este llega al final del ciclo y está listo para comenzar.

En la figura 1.1 se describe el estado físico del refrigerante dependiendo en el área en el que se encuentre, al igual que se puede observar si se encuentra a alta o baja presión y su temperatura aproximada.

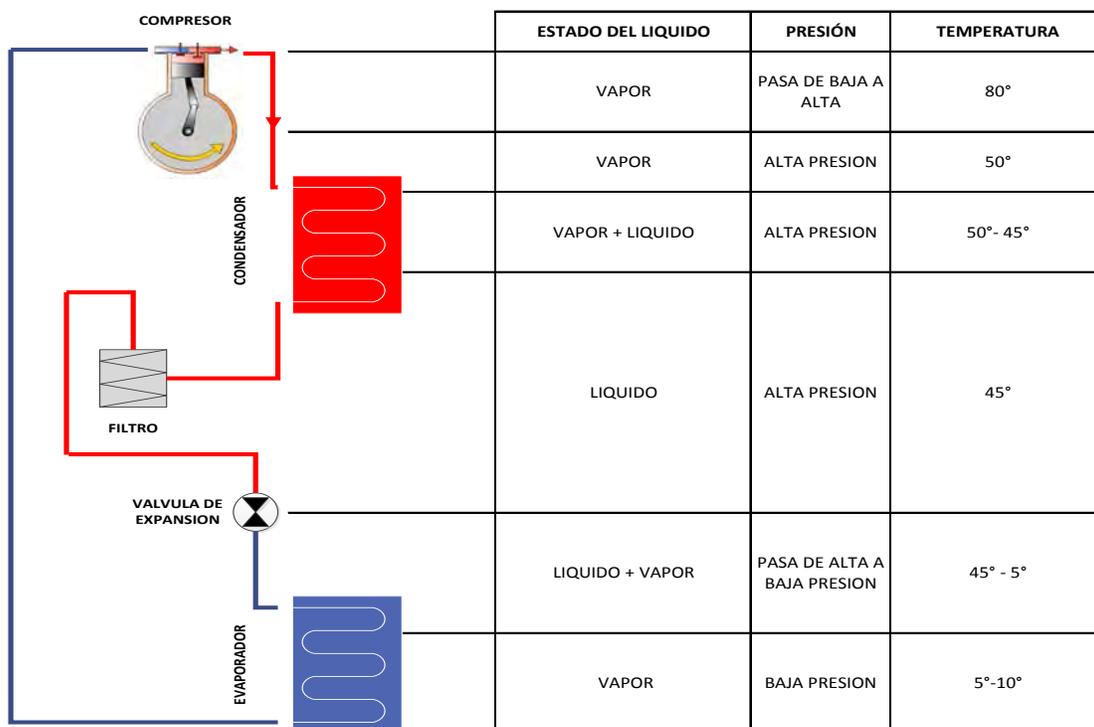
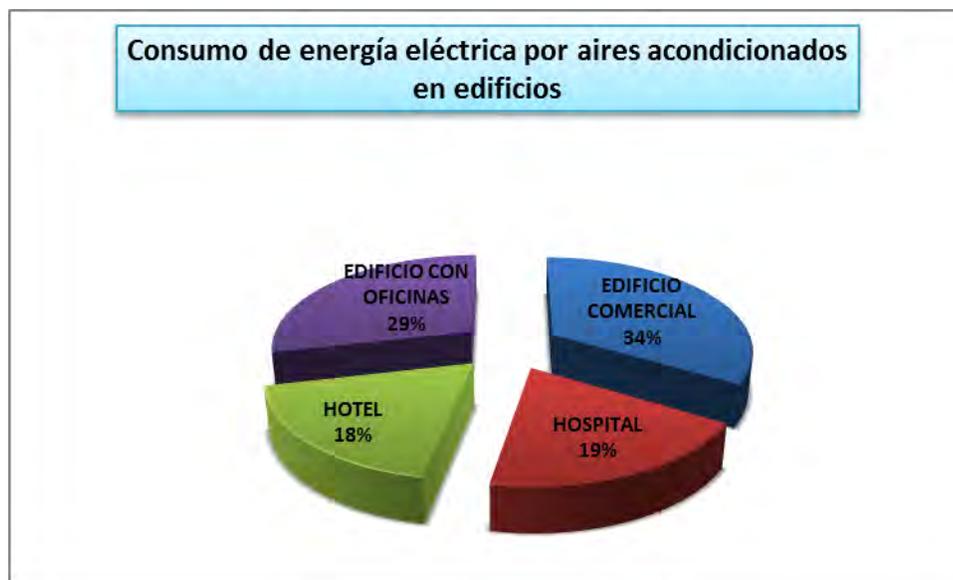


Figura 1.1: Estado físico del refrigerante, su temperatura y su presión.

CAPITULO II. METODOS DE CALCULO DE CARGAS TÉRMICAS.

Es de suma importancia para el ser humano usar los equipos de aire acondicionado, están imprescindibles hoy en día el uso de estos, ya que gracias a ellos se puede obtener un estado de bienestar, donde se puede laborar, descansar o dormir en óptimas condiciones. La combinación adecuada de temperatura y humedad en diferentes ambientes promueve o limita la capacidad de las personas además de que influye en el estado de ánimo de estas. (8)

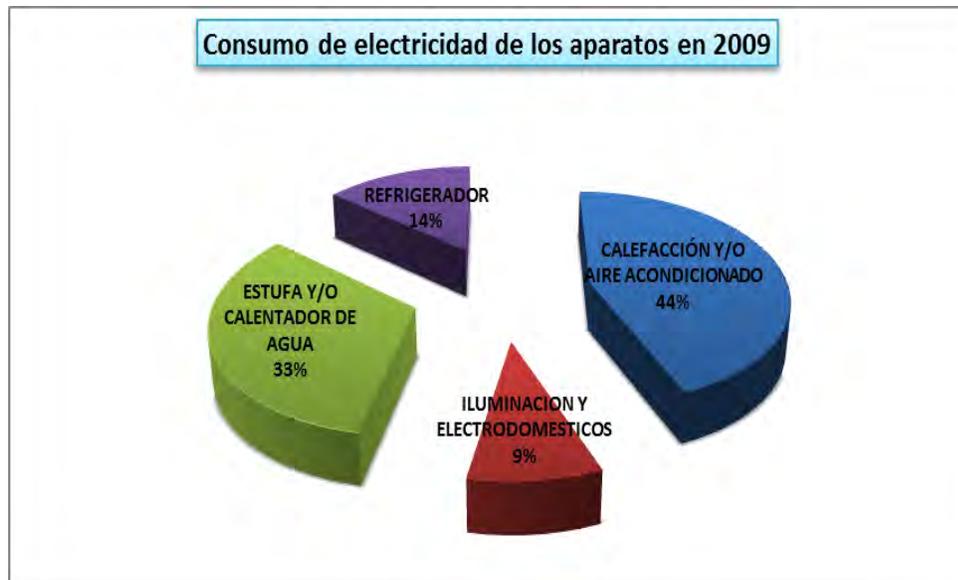
En contraparte, cabe señalar que en los edificios el aire acondicionado es uno de los elementos que más energía consumen. En un edificio comercial representa 40% del consumo de energía, en un hospital 23%, en un hotel 22% y en un edificio de oficinas 34% (3), en la Gráfica 2.1 se puede observar de mejor manera esto antes mencionado.



Grafica 2.1 : Porcentaje de consumo de los aires acondicionados en edificios.

Fuente: Elaboración propia con datos de López D. (2010, Octubre) (3).

En la gráfica 2.2 se puede observar que tipo de equipo es el que consume mayor energía eléctrica en un hogar promedio que cuenta con aire acondicionado.



Gráfica 2.2 : Porcentaje de consumo eléctrico a nivel nacional en el 2009 en un hogar promedio que cuenta con climatización.

Fuente: Elaboración propia con datos de Arce, R. (2009, Octubre)(9)

La reducción del consumo energético en el mundo se ha vuelto una prioridad especialmente en el sector industrial, pero el sector de las edificaciones no se queda exento. Es importante mencionar que en la mayoría de los casos las personas no tienen la educación o el debido conocimiento de usar los equipos de aire acondicionado, en ocasiones solo se retiran del recinto, dejando encendido el equipo y este consumiendo energía. Es por esto que la climatización conlleva un conjunto de conocimientos de arquitectura e ingeniería, para poder resolver estos problemas (10)

Un sistema de aire acondicionado bien proyectado y ejecutado, orientado hacia el ahorro de energía, debe contar con equipos eficientes, a esto debe agregarse una correcta operación y un buen cálculo para determinar el equipo a instalar (11).

Para acondicionar un local hay que extraer o introducir calor, dependiendo en que estación del año se encuentre y de cual sea la necesidad de los ocupantes.

El cálculo de las cargas térmicas permite determinar la cantidad de energía que en forma de calor o frío hay que suministrar a un local, mediante un sistema de calefacción o refrigeración para mantener las condiciones térmicas de diseño (temperatura y humedad) (12). En pocas palabras la carga térmica, es la cantidad de energía que se requiere vencer en un área para mantener determinadas condiciones de temperatura y humedad para una aplicación específica (confort humano).

Existen muchas variables que afectan el cálculo de cargas térmicas, en ocasiones son difíciles para definir de forma precisa. La variación en los coeficientes de transmisión de calor de los materiales, la forma de construcción, orientación del edificio y la manera en cómo actúan las cargas en el interior de un recinto (figura 2.1) son algunas de las consideraciones en tomarse en cuenta a la hora de este cálculo.

Si tales variables alteran la temperatura de los locales se denominan **cargas sensibles**; si hace variar el contenido de vapor de agua, la carga recibe la denominación de **cargas latentes**.(13)

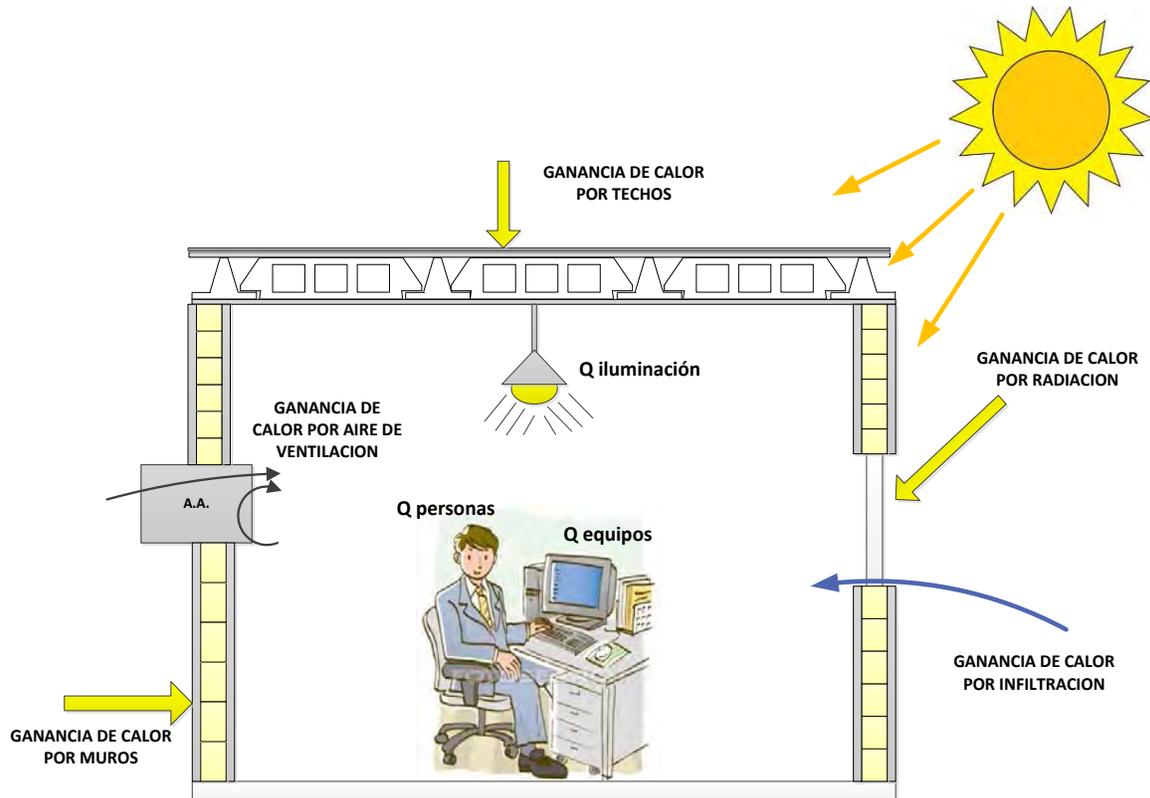
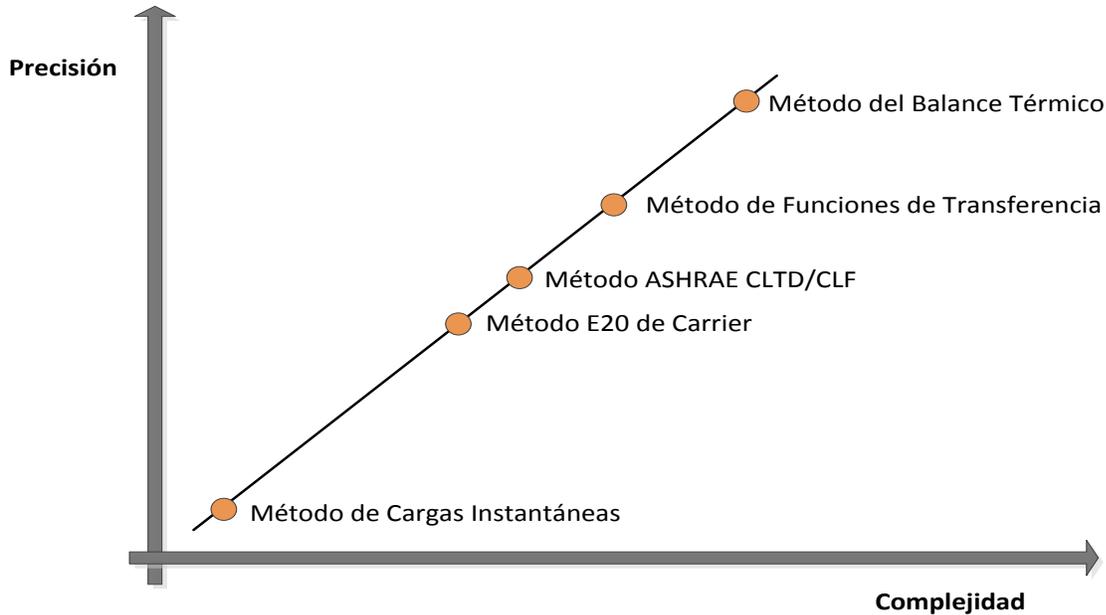


Figura 2.1 : Cargas térmicas a considerarse en verano

Fuente: Elaboración propia.

2.1 METODOS MAS EMPLEADOS

Hoy en día, encontramos diferentes métodos para el cálculo de cargas térmicas. En la gráfica 2.3 se muestran cinco de los métodos más empleados tradicionalmente, comparando la complejidad y precisión de cada uno. Como es de esperarse, se obtiene más precisión cuando el método es más complicado(14). En los siguientes subtítulos se describen cada uno de los métodos de cargas térmicas, comenzando desde el menos preciso y complejo hasta llegar a los más efectivos.



Grafica 2.3: Comparación de la precisión y complejidad de los métodos más empleados.

Fuente: Elaboración propia con datos Rey, F.J. & Velasco, E. (2006)(14).

2.1.1 Método de cargas instantáneas.

Fue uno de los primeros métodos en emplearse y es el más sencillo de los cinco. Asume que todas las ganancias o pérdidas de calor se convierten instantáneamente en carga térmica.

En este método, cualquier calor ganado por el local debe ser retirado instantáneamente para que no cambien las condiciones interiores. Dicho de otro modo, no hay almacenamiento de calor debido a los elementos implicados en el proceso térmico.

De este modo, la carga debida a la transmisión de calor por muros y techo se evalúa fácilmente como el calor generado o perdido mediante la ecuación $Q = K * A * \Delta T$, donde K es el coeficiente global de transmisión de calor, A el área expuesta a esa transmisión y ΔT la diferencia de temperaturas entre el interior y el exterior. (14)

2.1.2 Método E20 de Carrier y manual Cltd/Clf.

Son métodos distintos pero conceptualmente similares. En ambos se emplean tablas de factores de carga pre-calculados para unas condiciones estándar o de referencia. En ellas se tiene en consideración la temperatura exterior y radiación solar propias de un día del mes de Julio en una localidad a 40° de latitud norte. Estas condiciones de referencia son también relativas a unas características de los edificios.

Con estos datos se obtiene una carga térmica que luego hay que corregir (en vez de calcular de nuevo) mediante tablas con la temperatura exterior, latitud y características constructivas propias del diseño. Pero las correcciones son a menudo imprecisas, porque no se tienen en cuenta todas las situaciones específicas (por ejemplo, sólo se pueden considerar regímenes de funcionamiento de los equipos de 12, 16 o 24 horas y no casos intermedios). Esto conduce a resultados a menudo poco precisos.

Antes de que estuviese extendido el uso de los ordenadores los dos métodos eran muy empleados por su fácil manejo. Hoy en día se prefiere recurrir a otros procedimientos informáticos con resultados más exactos.

2.1.3 Método de Funciones de Transferencia.

A diferencia de los dos anteriores, éste tiene un mayor nivel de precisión y es más flexible debido a que no se calculan cargas en condiciones de referencia, sino que se calculan como resultado de secuencias concretas de aportaciones de calor para cada aplicación específica.

El método se desarrolla a partir del Balance Térmico

2.1.4 Método del Balance Térmico.

Contrariamente al método de cargas instantáneas en cuanto a precisión y complejidad, en este método se tienen en cuenta los tres mecanismos de transmisión de calor (conducción, convección y radiación), así como la acumulación de calor.

Para todas las superficies y volúmenes que incluye el local se plantea un balance de energía con las leyes fundamentales de la transmisión de calor. Las ecuaciones que resultan se resuelven simultáneamente, ya que en general están acopladas.

La desventaja de este método son los exhaustivos cálculos que sólo pueden ser resueltos por computadoras. Además, es necesaria información de todos los materiales que aparecen o componen el edificio, lo que alarga la labor de introducción de datos. En este método, también se toman en cuenta el calor por iluminación, personas, equipos y máquinas.

CAPITULO III. MÉTODO DEL BALANCE TÉRMICO.

El propósito de una instalación de aire acondicionado es la de mantener en temperaturas ideales un espacio, al mismo tiempo que controla la humedad, en pocas palabras un estado de confort.

El sistema de aire acondicionado consume energía eléctrica para operar y a su vez este consumo de energía está en función de la energía térmica que se requiere convertir. Es por eso que se requiere de un balance térmico, donde se estudian las cargas térmicas, tanto internas como externas que afectan a nuestro espacio a acondicionar.

En invierno el calor fluye directamente desde los espacios habitados (donde hay aire caliente) hacia el exterior y hacia los espacios sin calefacción como son áticos, garajes y sótanos. Por el contrario, en verano el aire caliente se mueve en sentido contrario, desde el exterior hacia el interior de los edificios(15).

Dicho de otra manera, en invierno tenemos una pérdida de calor del recinto hacia el exterior y en verano tenemos ganancia de calor del exterior hacia el interior de un recinto, como se puede observar en la figura 3.1.

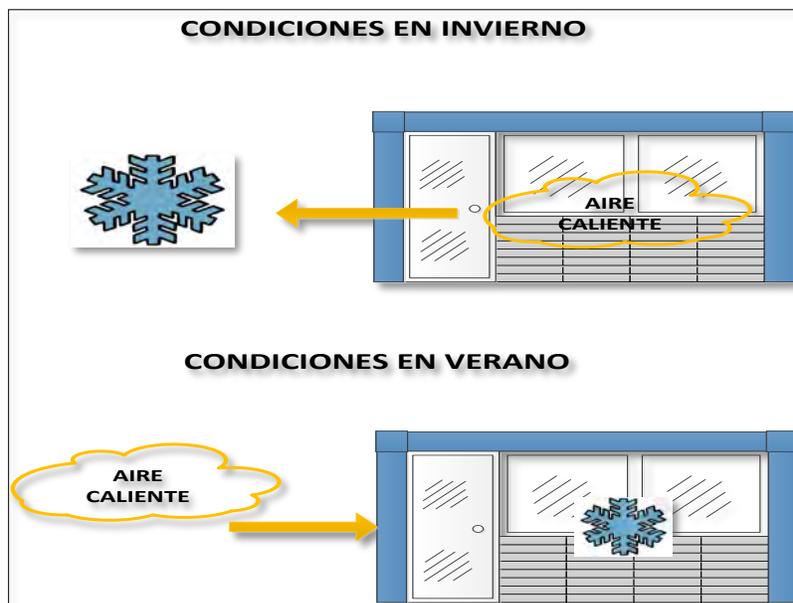


Figura 3.1 Comportamiento del aire caliente en invierno y en verano.

Fuente: Elaboración propia.

Se considera que las pérdidas de calor en invierno se convertirán en cargas térmicas a compensar por la instalación. Sin embargo, las ganancias en verano no se pueden suponer exactamente igual a las cargas térmicas para la instalación. La principal razón es que una parte de las ganancias térmicas por radiación son absorbidas y almacenadas en el local, aumentando gradualmente la temperatura de los materiales hasta que se conviertan en cargas térmicas para la instalación, ya que sus valores pueden diferir (16).

Un balance térmico nos permite estimar las cargas térmicas que afectan en un espacio, y con ello podemos seleccionar los elementos terminales en cada local. (Equipos de aire acondicionado)

En este capítulo se utiliza el método del Balance Térmico, esto por ser el método más efectivo, el cual considera tanto las cargas internas como las externas que intervienen en un local. Además, existe una norma mexicana que rige los lineamientos de la metodología para saber la ganancia de calor en la envolvente y que va de la mano con el método de cálculo de las cargas internas.

3.1 CONDICIONES DE PROYECTO

Para determinar la carga térmica, tenemos que saber en qué posición geográfica se encuentra nuestro local, la humedad relativa, la temperatura exterior, el diseño del edificio, los materiales de la envolvente, las ventanas y las puertas utilizadas son elementos decisivos para conseguir el confort dentro de un edificio. A todo este conjunto se le llama condiciones proyecto.

3.1.1 Localidad.

El lugar donde se encuentra situado el local tiene condiciones de temperatura y humedad.

- Temperatura exterior del proyecto, que es el valor medio de las temperaturas máximas.
- Humedad relativa exterior, que es el valor medio de las humedades relativas máximas.

3.1.2 Edificio.

Localización exacta del inmueble a analizar.

3.1.3 Parámetros de diseño.

Para calcular la carga térmica se necesita conocer las condiciones de diseño del local. Se clasifican en dos:

- Condiciones exteriores.
- Condiciones interiores.

3.1.3.1 Condiciones exteriores.

Las temperaturas de diseño del exterior varían de acuerdo a la ubicación y orientación del muro, techo, puerta o ventana según la nomenclatura en la norma (Tabla A.1 del apéndice A). La orientación del edificio es muy importante ya que de esta dependerá que tanto incida el sol sobre la edificación, paredes, vidrios, etc. con orientación Este y Sur están expuestos a mayor calor producido por los rayos del sol.

3.1.3.2 Condiciones interiores.

Está demostrado que ciertas condiciones ambientales (25°C y 50% de humedad relativa) proporcionan una sensación placentera, en donde las personas alcanzan el 100% de rendimiento en su trabajo, un 75% a 27°C, mientras que el rendimiento disminuye hasta en un 50% a una temperatura de 30°C (15). La temperatura y la humedad juegan un papel importante que hay que tomar en cuenta. La humedad está estrechamente relacionada con la temperatura.

3.1.3.2.1 Temperatura de 25°C en el interior

Es aconsejable seleccionar una temperatura adecuada, porque si es demasiado baja el equipo funcionará mucho tiempo, pero si es demasiado alta el aparato trabajará poco tiempo y no se conseguirá el estado de confort que tanto se desea (17). Además, el objetivo es tener una zona climatizada, en donde no se perciba ni frío ni calor.

Por ejemplo, en ocasiones las personas seleccionan una temperatura menor a la recomendada (18°C), cuando en el exterior hay una temperatura de 31°C. El salto térmico (diferencia de temperatura) es de 13°C. El cuerpo experimenta un salto térmico brusco, que es la principal causa de los resfriados en verano (15). En cambio sí se selecciona una temperatura adecuada (25°C) el salto térmico o diferencia de temperatura es menor, de 6°C, por lo que el cuerpo no experimenta un cambio brusco de temperatura.

3.1.3.2.2 Humedad del 50% en el interior.

Un ambiente seco produce una sensación más agradable (menos del 50% de humedad relativa), en general, que uno húmedo; sin embargo si la sequedad del aire es demasiada, pronto se manifestarán inconvenientes, como sequedad en las mucosas de las vías respiratorias, en donde el cuerpo humano se debilita y sustancias nocivas puedan llegar al sistema respiratorio (15).

El aire con humedad relativa inferior de 50% permite la acumulación de cargas electrostáticas, por lo que los ocupantes pueden recibir descargas eléctricas.

El aire con humedad relativa mayor de 50% en el interior del edificio puede causar problemas de salud de los ocupantes al favorecer la contaminación biológica (proliferación de ácaros, hongos y bacterias), causando así problemas respiratorios. Un aumento de humedad mayor al 50% también nos da una sensación de malestar, escalofríos, dificultad para respirar, dolor de cabeza y malos olores.

En la tabla 3.1 se puede observar que condición es la recomendada para el interior de un recinto, para obtener una buena zona de confort.

Tabla 3.1 Condiciones recomendadas de acuerdo a combinaciones de temperatura y humedad relativa

Condiciones		
Temperatura seca (°C)	Humedad relativa (%)	Situación
20	60	Fuera de la zona de confort: Frío
25	50	Zona de confort
30	40	Fuera de la zona de confort: Caluroso

Fuente: Miranda Á. L. (2008) (17).

3.1.4 Consideraciones de la construcción.

Es importante conocer los materiales que componen la superficie que gana calor. Los materiales utilizados en las construcciones deben poseer las mejores condiciones de diseño, de manera que minimicen la ganancia de calor.

Para la construcción de un muro o pared es necesaria la utilización de mortero, block y mortero (figura 3.2.). Cabe mencionar que son construcciones típicas de la península de Yucatán.

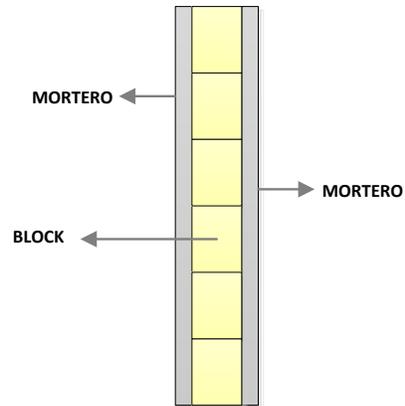


Figura 3.2 Representación constructiva de un muro o pared.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 3.3 se observa la composición de la techumbre de un edificio típico de la península de Yucatán.

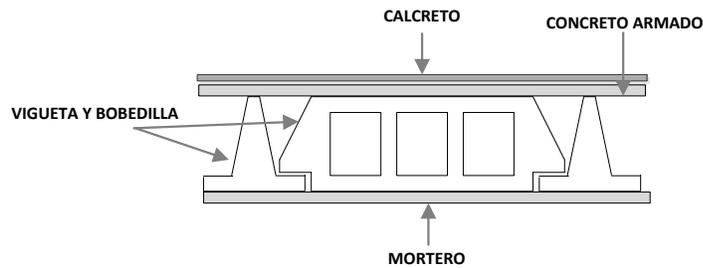


Figura 3.3 Representación constructiva de la techumbre del edificio

Fuente: Elaboración propia.

El mortero es la capa constructiva, en la zona es comúnmente llamado revoco, este está compuesto por cemento y polvo; el calcreto es utilizado para evitar que el agua se filtre en el techo, se compone de cemento, cal y polvo; el concreto armado está compuesto de cemento, polvo y grava.

3.2 NOM-008-ENER-2001 'Eficiencia Energética en Edificaciones, Envolvente de Edificios no Residenciales'.

Esta norma fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 12 de marzo de 2001 y entro en vigor el agosto del mismo. Tiene como objetivo mejorar el diseño térmico en las edificaciones y así lograr una comodidad en los ocupantes con el mínimo consumo de energía.

La metodología del cálculo de la norma solo se limita a la ganancia de calor a través de la envolvente del edificio: techo, paredes, pisos y superficies inferiores que conforman el espacio interior de un edificio.

Las cargas térmicas interiores como: alumbrado, calor por personas, calor por equipo eléctrico, por infiltraciones, etc., se realizan mediante otro método que más adelante se explica a detalle.

Esta norma aplica a todos los edificios nuevos y a las aplicaciones de edificios existentes. Quedan excluidos edificios cuyo uso primordial sea industrial o habitacional.

3.2.1 Calculo de la ganancia de calor a través de la envolvente del edificio proyectado.

La ganancia de calor a través de la envolvente del edificio proyectado, se determina de acuerdo a la NOM-008-ENER-2001 como la suma de la ganancia de calor por conducción, más la ganancia de calor por radiación solar, es decir:

$$\Phi_p = \Phi_{pc} + \Phi_{ps} \quad (3.1)$$

en donde:

Φ_p : Es la ganancia de calor a través de la envolvente del edificio proyectado, en W.

Φ_{pc} : Es la ganancia de calor por conducción a través de las partes opacas y transparentes de la envolvente del edificio proyectado, en W.

Φ_{ps} : Es la ganancia de calor por radiación solar a través de las partes transparentes de la envolvente del edificio proyectado, en W.

3.2.1.1 Ganancia de calor por conducción.

Es la suma de la ganancia de calor por conducción a través de cada una de las componentes, de acuerdo con su orientación y utilizando la siguiente ecuación.

$$\Phi_{pc} = \sum_{i=1}^6 \Phi_{pci} \quad (3.2)$$

en donde:

i: Son las diferentes orientaciones. 1 es el techo, 2 es norte, 3 es este, 4 sur, 5 oeste y 6 es superficie sur.

Cualquier porción de la envolvente con colindancia con la tierra se considera que tiene una ganancia de cero. Sin embargo, si el edificio proyectado tiene ganancia de calor a través del piso, este debe considerarse como una superficie inferior, y su ganancia de calor debe sumarse a la del resto de la envolvente. Un ejemplo típico es un edificio cuyo estacionamiento ocupa los primeros pisos.

La ganancia de calor por conducción a través de la envolvente con orientación *i*, se calcula utilizando la siguiente ecuación.

$$\Phi_{pci} = \sum_{j=1}^n [K_j \times A_{ij} \times (t_{ei} - t)] \quad (3.3)$$

en donde:

Φ_{pci} : Es la ganancia de calor por conducción a través de la componente con orientación *i*, en W.

j: Son las diferentes porciones que conforman la parte de la envolvente. Cada porción tendrá un coeficiente global de transferencia de calor.

K_j : Es el coeficiente global de transferencia de calor de cada porción, determinado según el Apéndice B, en W/m^2K .

A_{ij} : Es el Área de la porción *j* con orientación *i*, en m^2 .

t_{ei} : Es el valor de la temperatura equivalente promedio para la orientación *i*, determinada en la tabla A.1 del Apéndice A, en °C.

t : Es el valor de la temperatura interior del edificio, que se considera igual a 25°C.

Nota: este valor de temperatura interior de 25°C, es solo una referencia para el cálculo de la ganancia de calor (presupuesto energético).

3.2.1.2 Ganancia de calor por radiación.

Es la suma de la ganancia por radiación solar a través de cada una de las partes transparentes, la cual se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$\Phi_{ps} = \sum_{i=5}^5 \Phi_{psi} \quad (3.4)$$

en donde:

i : Son las diferentes orientaciones. 1 es el techo, 2 es norte, 3 este, 4 sur y 5 es oeste.

La ganancia de calor por radiación solar a través de la componente con orientación i , se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$\Phi_{psi} = \sum_{j=1}^m [A_{ij} \times CS_j \times FG_i \times SE_{ij}] \quad (3.5)$$

en donde:

Φ_{psi} : Es la ganancia de calor por radiación solar a través de las porciones transparentes de la envolvente del edificio proyectado, en W.

j : Son las diferentes porciones transparentes que forman la parte de la componente de la envolvente. Cada porción tendrá un coeficiente de sombreado, un factor de ganancia de calor solar y un factor de corrección por sombreado exterior.

A_{ij} : Es el área de la porción transparente j con orientación i , en m^2 .

CS_j : Es el coeficiente de sombreado del vidrio de cada porción transparente, según la especificación del fabricante, con valor adimensional entre cero y uno.

FG_i : Es la ganancia de calor solar por orientación, determinada según la Tabla A.1 de Apéndice A, en W/m^2K .

SE_{ij} : Es el factor de corrección por sombreado exterior por cada porción transparente, determinado de acuerdo a las tablas A.2, A.3, A.4 y A.5 según correspondan, localizadas en el Apéndice A, con valor adimensional entre cero y uno.

3.3 DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE GLOBAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR (K) DE LAS PORCIONES DE LA ENVOLVENTE.

Los valores del coeficiente global de transferencia de calor de las porciones de la envolvente proyectada, se determinan de acuerdo al método de cálculo establecido en el Apéndice B.

3.4 ORIENTACIÓN.

Debido a que la ganancia de calor a través de las paredes varía con la orientación de estas, se establecen las siguientes convenciones (figura 3.4.):

Norte: cuyo plano normal está orientado desde 45° al oeste y menos de 45° al este del norte verdadero.

Este: cuyo plano normal está orientado desde 45° al norte y menos de 45° al sur del este verdadero.

Sur: cuyo plano normal está orientado desde 45° al este y menos de 45° al oeste del sur verdadero.

Oeste: cuyo plano normal está orientado desde 45° al sur y menos de 45° del oeste verdadero.

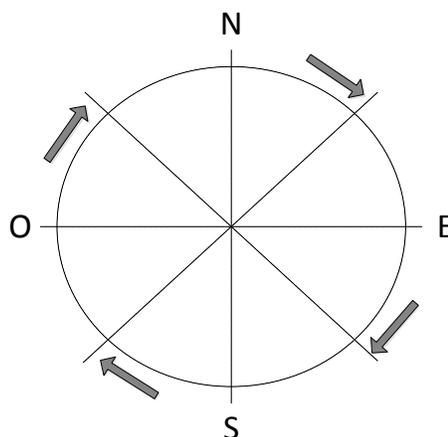


Figura 3.4 Orientación para las paredes y muros

Fuente: Elaboración propia con datos de la Secretaria de Energía (2001)(18).

3.5 CALCULO DE LAS CARGAS TÉRMICAS INTERNAS.

En virtud de que la NOM-008-ENER-2001 está limitada únicamente al cálculo de las ganancias de calor a través de la envolvente, para determinar estas cargas se aplicará la metodología descrita por Miranda, Á.L. (19).

Estas cargas internas se dividen en dos, el calor sensible que es el que entra como consecuencia de diferencias de temperaturas y el calor latente que es el que entra como diferencia de humedades. Tanto la carga sensible como la carga latente se deben a distintos factores que se explican a lo largo del capítulo.

El calor que entra como consecuencia de la diferencia de temperaturas se llama calor sensible y el que entra como consecuencia de la diferencia de humedades se llama calor latente. Ambos dependen de una serie de factores que se explican a continuación. Tanto la carga sensible como la latente se deben a distintos conceptos, que deben calcularse separadamente, estos conceptos diferentes (llamados también “partidas”) son los siguientes:

Carga sensible

- Calor sensible debido al aire de infiltraciones.
- Calor sensible generado por las personas que ocupan el local.
- Calor generado por la iluminación del local.
- Calor generado por máquinas en el interior del local.
- Calor sensible debido a la ventilación del local.

Carga latente

- Calor latente debido al aire de infiltraciones.
- Calor latente generado por las personas que ocupan el local.
- Calor latente debido a la ventilación del local.

3.5.1 Cálculo de la carga sensible.

Las partidas que la integran se calculan de la siguiente manera:

3.5.1.1 Calor sensible debido al aire de infiltraciones.

El local que se acondiciona debe estar exento de entradas de aire caliente del exterior. Sin embargo cuando se abren las puertas o ventanas, o bien a través de las fisuras, es inevitable que algo de aire exterior entre en el local.

Para valorar la cantidad de aire que entra por las puertas puede utilizarse la tabla 3.2, teniendo entendido que el dato obtenido en esta tabla es por puerta y por persona.

Una vez calculado el valor del caudal total de infiltraciones, \dot{V}_i que es igual a:

$$\dot{V}_i = \text{Valor de la Tabla 3.2} \times \text{número de puertas} \times \text{número de personas} \quad (3.6)$$

Se aplica la fórmula:

$$\dot{Q}_{si} = 0.34 \dot{V}_i \Delta t \quad (3.7)$$

Siendo:

\dot{Q}_{si} : Calor sensible debido a las infiltraciones, viene dando en W.

\dot{V}_i : Volumen de infiltración en m³/h.

Δt = salto térmico en °C

En el SI, la fórmula sería:

$$\dot{Q}_{si} = \dot{m}_i c_{pm} \Delta t = \rho \dot{V}_i c_{pm} \Delta t \quad (3.8)$$

Siendo:

\dot{m}_i : El caudal másico.

c_{pm} : El calor específico del aire.

\dot{V}_i : El caudal volumétrico.

ρ : La densidad del aire.

Aceptando valores medios:

$$\dot{Q}_{si} = 1.2 \times \frac{\dot{V}_i}{3600} \times 1.025 \Delta t \approx 0.34 \dot{V}_i \Delta t \quad (3.9)$$

que es la fórmula anterior, con \dot{V}_i en m³/h. El c_{pm} del aire es $1.025 \frac{J}{Kg K}$

En la tabla 3.2 se observan los caudales volumétricos de aire que se infiltra a un recinto. El volumen depende del tipo de local al que se vaya a analizar y de no encontrarse el local que se requiere, se puede tomar el tipo de local que se iguale.

Tabla 3.2 Aire de infiltraciones en metros cúbicos por hora (m^3/h), por persona y por puerta.

Tipo de local	Volumen V_i en m^3/h por persona y puerta	
	Sin vestíbulo	Con vestíbulo
Bancos	13.5	10.2
Peluquerías	8.5	6.5
Bares	12	9
Estancos	51	38
Pequeños comercios	13.6	10.2
Tienda de confecciones	4.3	3.2
Farmacias	11.9	9
Habitación hospital	6	4.4
Sala de té	8.5	6.5
Restaurantes	4.3	3.2
Comercio comercial	6	4.4

Fuente: Miranda, A.L. (2008) (17).

3.5.1.2 Calor sensible generado por las personas que ocupan el local.

Las personas que ocupan el recinto generan calor sensible y calor latente debido a la actividad que realizan y a que su temperatura (unos $37^\circ C$) es mayor que la que debe mantenerse en el local. Cuando se habla de las personas que ocupan el local, se refiere al número medio de personas que lo ocupan, no a las personas que pueda haber en un instante determinado.

En la Tabla 3.3 se muestra la información que se requiere, según la temperatura del local y el tipo de actividad que realice la gente en el interior del local.

El valor obtenido en la Tabla 3.3 bastará multiplicarlo por el número de personas del local. Esta partida se denomina \dot{Q}_{SP}

$$\dot{Q}_{SP} = \text{Valor de la Tabla 3.3.} \times \text{número de personas} \quad (3.10)$$

Tabla 3.3 Calor emitido por las personas en Watts (W)

Cuadro de Actividad	28°C		27°C		26°C		25°C		24°C	
	Sensible	Latente								
Sentado en Reposo	52	52	58	47	64	41	67	35.5	70	30
Sentado trabajo ligero	52	64	58	58	64	52	67	49.5	70	47
Oficinista actividad moderada	52	81	58	76	64	70	67	64	70	58
Persona de pie	52	81	58	87	64	81	70	75.5	76	70
Persona que pasea	52	93	58	87	64	81	70	75.5	76	70
Trabajo sedentario	58	105	64	99	70	93	75.5	87	81	81
Trabajo ligero taller	58	163	64	157	70	151	78.5	142.5	87	134
Persona que camina	64	186	70	180	81	169	90	160	99	151
Persona que baila	81	215	87	204	99	198	104.5	189	110	180
Persona en trabajo penoso	134	291	140	291	145	285	148	276.5	151	268

Fuente: Miranda A.L. (2004) (19).

3.5.1.3 Calor sensible generado por la iluminación del local.

La iluminación produce calor que hay que tener en cuenta. Si la iluminación es incandescente, se toma directamente la potencia eléctrica de iluminación, I , en W.

Si la iluminación es fluorescente, además hay que multiplicar por el factor 1.25. Se llamará \dot{Q}_{SIL} a esta partida; así pues:

a) Incandescente:

$$\dot{Q}_{SIL} = I \quad (3.11)$$

a) Fluorescente:

$$\dot{Q}_{SIL} = 1.25 I \quad (3.12)$$

3.5.1.4 Calor sensible generado por máquinas y equipo eléctrico en el interior del local.

En la mayor parte de climatizaciones de viviendas, oficinas o locales similares no se encuentran las partidas $A4$ (calor generado por máquinas). Esta partida se denomina \dot{Q}_{SM}

En el caso que hubiese una máquina, la partida *A4* se calcula a partir de la potencia nominal de la máquina, en *W*, multiplicada por $1-\eta$, siendo η el rendimiento de la máquina en tanto por uno. Si la máquina se refrigera con agua que entra y sale del recinto esta partida se ignora.

Una vez determinado el calor generado por cada máquina, basta con multiplicarlo por el número de máquinas.

3.5.1.5 Calor sensible producido por el aire de ventilación.

Es posible extraer el aire de un local, enfriarlo y volver a introducirlo en el mismo (Figura 3.5); de hecho, algunos aparatos de aire acondicionado funcionan así. Sin embargo, cuando en el local existen fuentes de mal olor, como son fumadores, olores corporales, etc., el aire siempre es el mismo (aire viciado), aunque se esté enfriando. Por lo tanto, no habrá sensación de confort, y no será debido a la temperatura, sino al aire mismo, que provocará dentro del recinto: mal olor, problemas respiratorios, fatiga mental, apatía, mareos, estrés e irritación de ojos, nariz y garganta.

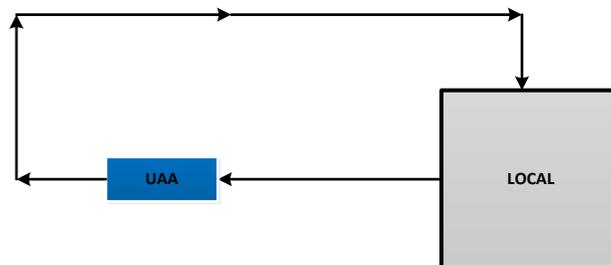


Figura 3.5 Representación esquemática de una instalación que utiliza solo aire del local UAA, unidad de aire acondicionado, representa el aparato o ventilador que aspira el aire del local, lo enfría y lo vuelve a introducir.

Fuente: Elaboración propia.

Otra posibilidad es no emplear aire del local (figura 3.6.), sino únicamente aire del exterior. Este sistema no representa los inconvenientes del primero, sin embargo, la máquina debe enfriar aire exterior que está muy caliente y, por lo tanto, emplea mucha energía en el proceso.

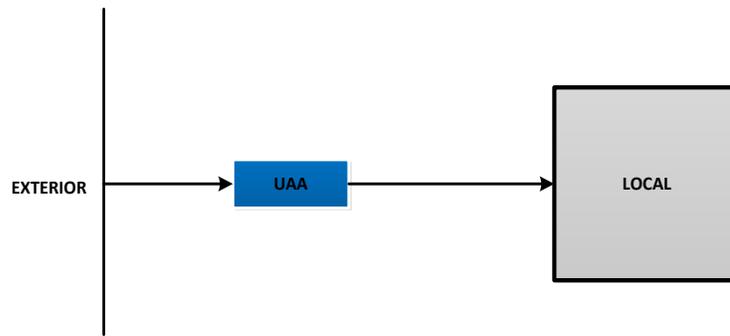


Figura 3.6 Representación esquemática de una instalación que utiliza solo aire del exterior.

Fuente: Elaboración propia

La tercera posibilidad (figura 3.7) es mezclar aire del exterior con aire procedente del local; este método es el más adecuado porque reúne las ventajas de los dos anteriores y ninguno de los inconvenientes.

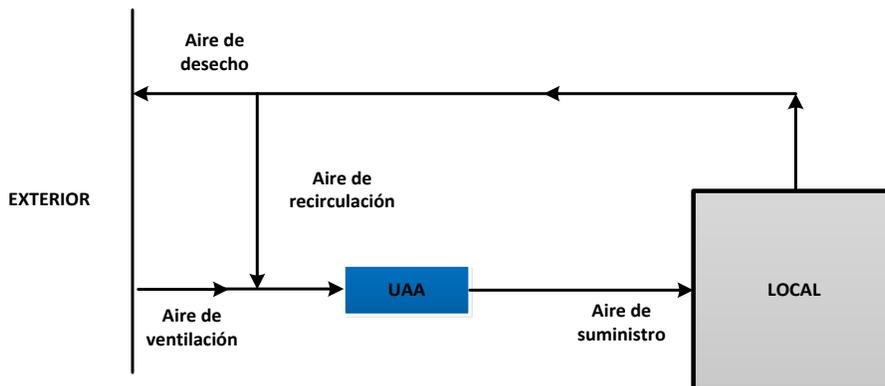


Figura 3.7 Representación esquemática de una instalación que mezcla aire del exterior con aire del local.

Fuente: Elaboración propia

Es necesario recircular una parte o la totalidad del aire interior (aire de recirculación), así se tendrá que introducir al ambiente interior una parte de aire nuevo procedente del exterior (aire de ventilación), que trae consigo una masa de aire caliente y humedad que el equipo debe acondicionar. Este aire de ventilación contiene humos, partículas en suspensión y olores que deben ser eliminados para una adecuada calidad del aire interior.

En la tabla 3.4 se presentan los valores usuales que se utilizan, como valor mínimo y el aconsejado, en m^3/h por persona: Basta multiplicar por el número de personas para tener el caudal de aire de ventilación.

Esta partida se determina mediante la siguiente ecuación:

$$\dot{Q}_{sv} = 0.34 f \dot{V}_v \Delta t \quad (3.13)$$

Siendo:

\dot{V}_v Es el caudal volumétrico de ventilación, tomado de la tabla 3.4, en m³/h.

Δt = Salto térmico en °C.

\dot{Q}_{sv} : Calor sensible debido a la ventilación; viene dado en W.

f: Es un coeficiente de la batería de enfriamiento, denominado “factor de by-pass”. Miranda Á.L. (2004) recomienda considerar este valor igual a 0.3.

Tabla 3.4 Aire de ventilación en metros cúbicos por hora (m³/h), por persona y por puerta. Ventilación mínima y ocupación máxima estimada en diversos locales.

Tipo de local		Ocupación Personas/m ²	Caudal mínimo [m ³ /h/ persona]	Caudal mínimo [m ³ /h/m ²]
Restaurantes y locales de ocio	Comedor	0.75	34	-
	Cafetería	1.1	34	-
	Bar/Pub	1.1	51	-
	Cocina	0.22	25	-
	Disco	1.08	42	-
Oficinas	Oficina	0.08	34	-
	Recepción	0.65	25	-
	Sala Conferencia	0.54	34	-
Grandes Almacenes	Planta Baja	0.32	-	5.5
	Plantas Superiores	0.22	-	3.7
Teatro	Recepción	1.6	34	-
	Auditorio	1.6	25	-
Zonas Deportivas	Zona Deportiva	0.75	42	-
Centros Docentes	Aulas	0.54	25	-
	Biblioteca	0.22	25	-
Hoteles	Habitaciones	-	50/habitación	-
	Recepción	0.32	25	-

Fuente: Miranda, A.L. (2004)(19).

3.5.1.5.1 Procesos de deshumidificación.

En esta sección se explica que es el factor de by-pass y como se puede obtener, explicando más adelante su obtención con dos ejemplos, esto en caso de que no se tenga este dato.

La deshumidificación tiene como objetivo eliminar agua del aire. Es la operación básica que se tiene que emplear en verano en climas húmedos. Fundamentalmente hay dos procedimientos:

- Deshumidificación por enfriamiento: Consiste en enfriar el aire por debajo del punto de rocío, con lo cual condensa el vapor de agua y se elimina.
- Deshumidificación química: Consiste en hacer pasar el aire a través de una sustancia sólida o líquida que absorbe el agua. Por ejemplo, el cloruro de calcio o diferentes glicoles.

Deshumidificación por enfriamiento.

El procedimiento consiste en enfriar el aire hasta una temperatura inferior a la del punto de rocío; para ello se hace pasar por una batería de refrigeración, lo cual está constituida por un conjunto de tubos, provistos de aletas, por el interior de los cuales circula un refrigerante, es decir, un gas o un líquido a baja temperatura; el aire hace pasar por fuera de los tubos y, al entrar en contacto con la superficie exterior de los tubos y aletas, se enfría (figura 3.8).

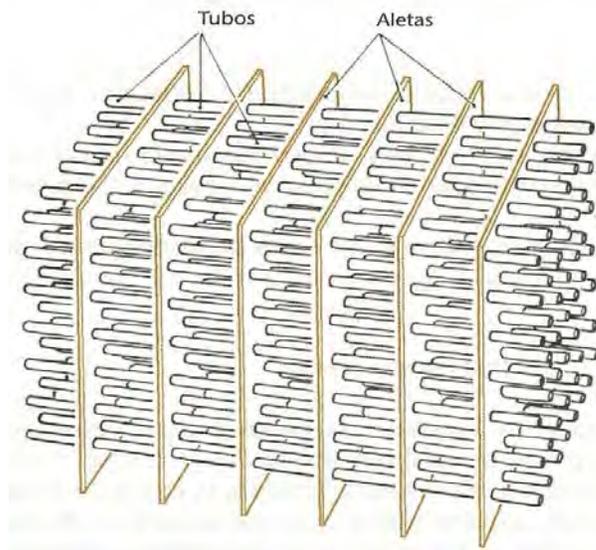


Figura 3.8 Batería de deshumidificación

Fuente: Miranda, A.L. (2004)(19).

Se designa con el número 1 las condiciones de aire a la entrada de la batería, con el número 2 las condiciones a la salida, y con el número 2' las condiciones que tendría el aire si saliese de la batería saturado y a la temperatura de la superficie de la batería. Las condiciones 2' no son reales, representan un estado ideal que no se alcanzara nunca.

En la figura 3.9 se representa estos estados en un diagrama psicrométrico para un mejor entendimiento.

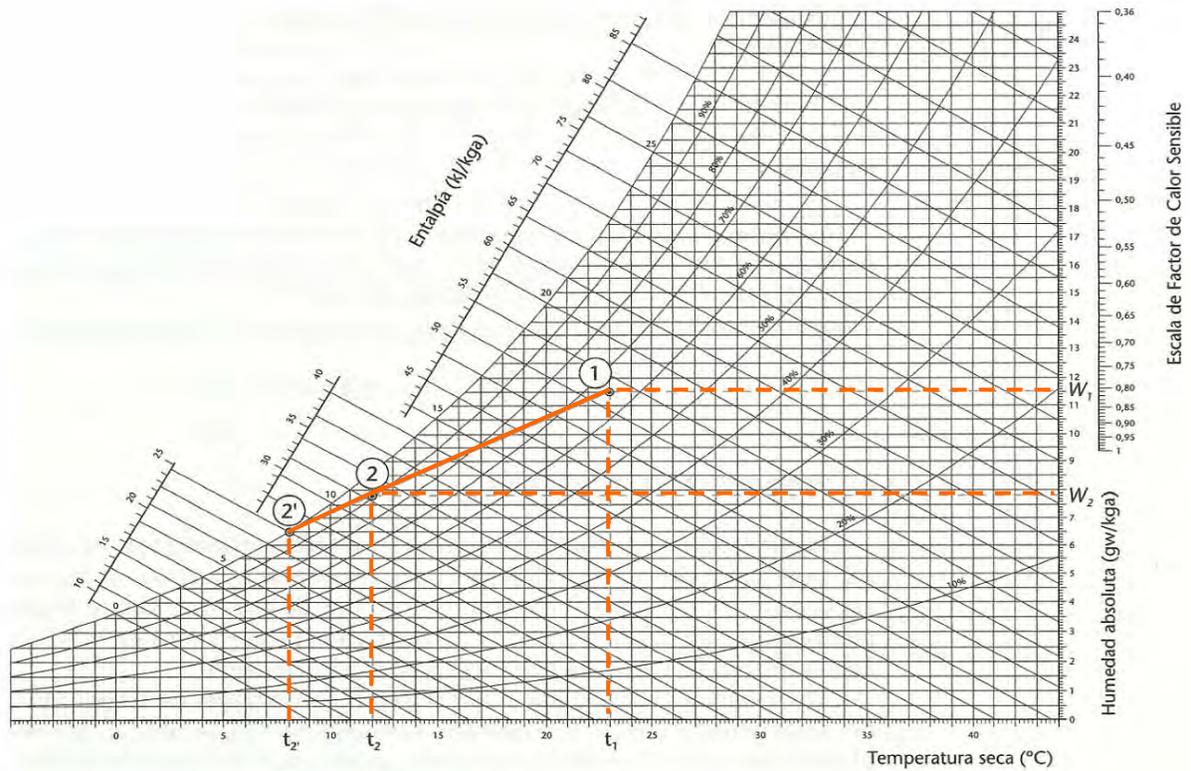


Figura 3.9 Representación gráfica del proceso de deshumidificación y enfriamiento

Fuente: Miranda, A.L. (2004)(19).

El punto 2 (estado del aire a la salida de la batería) está en la recta 1-2'. Se puede observar que el punto 2 tiene una temperatura t_2 menos que la temperatura t_1 , y una humedad w_2 menos que la humedad w_1 .

La temperatura t_2' , que es la temperatura de la superficie de la batería, se llama punto de rocío de la batería. La relación es:

$$\frac{t_2 - t_{2'}}{t_1 - t_{2'}}$$

Se llama factor de by-pass de la batería y se representa con la letra f , es decir:

$$f = \frac{t_2 - t_{2'}}{t_1 - t_{2'}}$$

El factor de by-pass de la batería es una forma de indicar la eficiencia de la misma. Un factor bajo indica una buena efectividad.

Esta relación se utiliza para determinar la temperatura de salida del aire de la batería.

Si de la relación anterior despejamos la temperatura de salida, t_2 , se obtiene:

$$f (t_1 - t_{2'}) = t_2 - t_{2'}$$

$$\therefore t_2 = f (t_1 - t_{2'}) + t_{2'}$$

Ejemplo 1.

Una batería de refrigeración utiliza un refrigerante con una temperatura media de superficie de 8°C . El aire entra a 23°C y sale a 12°C . Calcular el factor de by-pass de la batería.

Basta aplicar directamente la fórmula del by-pass.

$$f = \frac{t_2 - t_{2'}}{t_1 - t_{2'}} = \frac{12 - 8}{23 - 8} \approx 0.27$$

Ejemplo 2.

Una batería emplea un refrigerante con una temperatura media de superficie de 10°C . El aire entra a 25°C y el factor de by-pass de la batería es de 0.15. Hallar la temperatura de salida del aire.

Aplicaremos la fórmula que nos da la temperatura de salida despejada.

$$t_2 = (t_1 - t_{2'})f + t_{2'} = (25 - 10) \times 0.15 + 10 = 12.25^\circ\text{C}$$

3.5.2 Cálculo de las cargas latentes.

Estas cargas se calculan de la siguiente manera:

3.5.2.1 Calor latente debido al aire de infiltraciones.

Con el mismo caudal de infiltraciones, \dot{V}_i obtenido a partir de la Tabla 3.2, se aplica la siguiente fórmula:

$$\dot{Q}_{LI} = 0.83 \dot{V}_i \Delta W \quad (3.14)$$

Siendo:

\dot{V}_i : Caudal de infiltraciones en m^3/h (tabla 3.2)

\dot{Q}_{LI} : Calor latente de infiltraciones en W ,

ΔW : Diferencia de las humedades absolutas, en g_w/kg_a , del aire exterior del local menos la del interior del local. Estas humedades absolutas se obtienen mediante un diagrama psicométrico.

En el *SI*, la fórmula sería:

$$\dot{Q}_{LI} = \dot{m}_i L_m \Delta W = \rho \dot{V}_i L_m \Delta W \quad (3.15)$$

Siendo:

\dot{m}_i : El caudal másico

ρ : La densidad del aire

\dot{V}_i : El caudal volumétrico

L_m : El calor latente medio y ΔW la diferencia de humedades en g_w/kg_a .

Tomando valores medios:

$$\dot{Q}_{LI} = 1.2 \frac{\dot{V}_i}{3600} 2'478,000 \frac{\Delta W}{1000} = 0.83 \dot{V}_i \Delta W \quad (3.16)$$

que la fórmula anterior, con \dot{V}_i en m^3/h y ΔW en g_w/kg_a .

3.5.2.2 Calor latente generado por las personas que ocupan el local.

Esta partida es muy similar al calor sensible generado por personas. En la Tabla 3.3 aparece el dato del calor latente generado por persona. Bastará con multiplicar por el número de personas. Esta partida se denomina \dot{Q}_{LP} , en W.

$$\dot{Q}_{LP} = \text{Valor de la Tabla 3.3.} \times \text{número de personas} \quad (3.17)$$

3.5.2.3 Calor latente producido por el aire de ventilación.

Esta partida es similar a la de calor sensible producido por el aire de ventilación. El calor latente por ventilación se toma en cuenta porque todo aire del exterior trae una cierta cantidad de humedad, es por esto su consideración.

Esta partida se determina mediante la siguiente ecuación.

$$\dot{Q}_{LV} = 0.83 f \dot{V}_v \Delta W \quad (3.18)$$

Siendo:

\dot{V}_v : Caudal de ventilación en m³/h (tabla 3.4).

\dot{Q}_{LV} : Calor latente de ventilación en W.

ΔW : diferencia de las humedades absolutas, en g_w/kg_a, del aire exterior del local menos la del interior del local. Estas humedades absolutas se obtienen mediante un diagrama psicométrico.

f : Es un coeficiente de la batería de enfriamiento, denominado "factor de by-pass". Miranda Á.L. (2004) recomienda considerar este valor igual a 0.3

3.6 CALCULO DE LAS CARGAS TOTALES.

3.6.1 Carga sensible efectiva parcial y carga latente efectiva parcial.

De todo lo anterior, se deriva que:

La carga sensible efectiva parcial, \dot{Q}_{SEP} será:

$$\dot{Q}_{SEP} = \phi_{pc} + \phi_{ps} + \dot{Q}_{SI} + \dot{Q}_{SP} + \dot{Q}_{SIL} + \dot{Q}_{SIM} + \dot{Q}_{SV} \quad (3.19)$$

La carga latente efectiva parcial, \dot{Q}_{LEP} será:

$$\dot{Q}_{LEP} = \dot{Q}_{LI} + \dot{Q}_{LP} + \dot{Q}_{LV} \quad (3.20)$$

3.6.2 Carga sensible efectiva total y carga latente efectiva total.

Son las anteriores parciales, aumentadas en un tanto por ciento de seguridad, con el fin de asegurarse de haber calculado todas las posibilidades de producción e ingreso de calor al local. Es preferible calcular la carga térmica, ligeramente por exceso que por defecto.

Usualmente se considera entre un 5% y 10% de aumento. Si se considera un 10% se tiene que:

$$\dot{Q}_{SE} = \dot{Q}_{SEP} + (0.10 \times \dot{Q}_{SEP}) = 1.1 \times \dot{Q}_{SEP} \quad (3.21)$$

$$\dot{Q}_{LE} = \dot{Q}_{LEP} + (0.10 \times \dot{Q}_{LEP}) = 1.1 \times \dot{Q}_{LEP} \quad (3.22)$$

CAPITULO IV: EVALUACIÓN GENERAL DE LAS INSTALACIONES DEL CETMAR No.10.

4.1 OBJETIVO DEL RECORRIDO.

En este capítulo se describe el estado de las instalaciones eléctricas, los equipos de aires acondicionados de todos los edificios, así como la recopilación de información del inmueble.

Se sabe que en la mayoría de los edificios que cuentan con equipos de aire acondicionado consumen más energía, esto por causa de los motores que mueven al compresor.

El objetivo principal es encontrar las malas operaciones y dimensionamientos de los equipos de aire acondicionado, para sustentar el elevado consumo de energía por causa de los equipos de aires acondicionados y así se pueda efectuar un balance térmico para obtener usos eficientes de energía.

Se inició con un recorrido a todas las instalaciones de la preparatoria para identificar oportunidades de ahorro de energía.

Los primeros inconvenientes encontrados fue que en la administración no cuentan con los planos de la escuela, por lo que se tuvo que hacer un levantamiento de todos los edificios con el fin de utilizar esta información para cálculos en los balances térmicos para determinar la capacidad de los equipos de A.A.

Se encontraron en malas condiciones equipos de aire acondicionado, antiguos y con falta de mantenimiento. Además de que las instalaciones eléctricas, de la cual se alimentan los equipos climatizadores, se encuentran en malas condiciones, la mayoría con faltas en los artículos de la NOM-001-SEDE-2005, que es la que rige los lineamientos para obtener una buena instalación. Es de tomar en cuenta esto porque los equipos acondicionadores se alimentan de la red y si dichas instalaciones no están en óptimas condiciones a lo largo del tiempo pueden ocurrir accidentes.

Se realizó un breve recuento de las faltas en la que incumplen las instalaciones, de igual manera se comprobó que el consumo máximo de la institución es por medio de los equipos de aires acondicionados, esto mediante un censo de cargas.

4.2 ESTADO DE LOS AIRES ACONDICIONADOS

Los aires a condicionados ubicados en el Edificio A están mal dimensionados, ya que son espacios pequeños y la capacidad de cada aire acondicionado es de 24,000 Btu/h, cantidad que es mayor a la requerida en el espacio a acondicionar. Se encuentran en mal estado y sin mantenimiento (figura 4.1), motivo por el cual son ineficientes.

Cabe mencionar que solo en los espacios de la dirección se encuentran estos tipos de equipos acondicionadores (A.A. tipo ventana) con las mismas características descritas en las imágenes, los demás edificios cuentan con aires acondicionados tipo mini-split.

El uso de los equipos es de 7:00 am a 3:00 pm que es el horario laboral de la institución.



Figura 4.1 Aires acondicionados con falta de mantenimiento y con mala instalación.

El orificio por donde pasa la tubería de desagüe de los aires acondicionados de la biblioteca no se encuentra debidamente sellado (figura 4.2), por lo que por medio de este orificio entra y sale aire del interior o del exterior del edificio, ocasionando que los equipos climatizadores no funcionen correctamente.



Figura 4.2 Orificio mal sellado en donde se encuentra la tubería de desagüe del equipo acondicionador.

En la cafetería de la preparatoria se ubican dos aires acondicionados de 24,000 Btu/h cada uno, capacidad que no hace efecto cuando el lugar está lleno. Tienen una mala ubicación y en todo el lugar hay ventanas tipo persiana (figura 4.3), por lo que a la hora de encender los equipos, estos no logran completamente la función de climatizar el espacio, ya que dicho lugar no está herméticamente cerrado.



Figura 4.3 Fuga del aire por persianas tipo persiana.

4.3 ESTADO DE LA ILUMINACIÓN.

En el taller de idiomas algunas lámparas no encienden en otros edificios no hay lámparas en funcionamiento y si las hay, no cumplen con el objetivo de tener un espacio bien iluminado para poder laborar, como se observa en la figura 4.4. El mantenimiento tanto para las luminarias como para los aires acondicionados es inexistente.



Figura 4.4 Lámparas que se encuentran no encienden en el taller de idiomas

En otros casos las bases de las lámparas se encuentran en mal estado, donde predomina el óxido y el polvo, como se puede observar en la figura 4.5.



Figura 4.5 Bases sin lámparas y con exceso de óxido y polvo

4.4 ESTADO GENERAL DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS.

Las instalaciones eléctricas de la preparatoria de Centro Tecnológicos de Estudios No. 10 cuentan ya con varios años de funcionamiento, a lo largo del cual ha sufrido varios cambios y en las que no existe un programa de mantenimiento preventivo.

En la figura 4.6 se muestra un receptáculo y un apagador sin tapa, en el caso de los receptáculos no cuentan con un código de colores, además de que no se encuentra una conexión a tierra.

Este tipo de errores se encuentran en todos los edificios de la institución, pudiéndose suscitar un accidente por una mala instalación y uso de las instalaciones eléctricas.

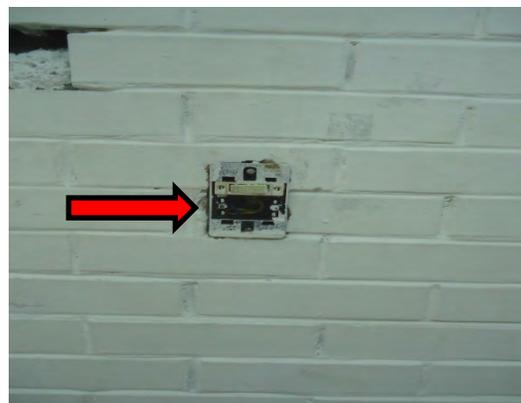


Figura 4.6 Receptáculo sin tapa, sin identificación de cables y sin puesta a tierra. Apagador sin tapa

Sección de referencia en la Norma NOM-001-SEDE-2005:

110-12. Ejecución mecánica de los trabajos.- Los equipos eléctricos se deben instalar de manera limpia y profesional

370-25. Tapas sencillas y ornamentales.- En las instalaciones una vez terminadas, todas las cajas deben tener una tapa una placa de cierre o una tapa ornamental.

310-12. Identificación de los conductores.

b) Conductores de puesta a tierra. Se permite instalar conductores de puesta a tierra desnudos, cubiertos o aislados. Los conductores de puesta a tierra, cubiertos o aislados individualmente, deben tener un acabado exterior continuo verde o verde con una o más franjas amarillas.

c) Conductores de fase. Los conductores que vayan a utilizarse como conductores de fase, ya sea como conductores sencillos o en cables multiconductores, deben estar identificados de modo que se distinga claramente de los conductores puestos a tierra y de los de puesta a tierra. Los conductores de fase se deben distinguir por colores distintos al blanco, gris claro o verde o por cualquier de combinación de colores y sus correspondientes marcas.

300-4. Protección contra daños físicos. En donde los conductores estén expuestos a daños físicos, deben protegerse adecuadamente

Ubicación: Edificio A

Solución:

- ❖ Instalar sus tapas a cada receptáculo o apagador para evitar accidentes.
- ❖ Identificar cada conductor debidamente, con su código de colores.
- ❖ Instalar conductor a tierra.
- ❖ Proteger los conductores con tubo conduit de PVC.

En la figura 4.7 se muestra el estado de las instalaciones eléctricas del salón de acuicultura. Cabe recalcar que en este salón se hacen prácticas con pescados y plantas, por lo que siempre están en uso constante del agua, además de que se concentra un buen porcentaje de humedad dentro del aula.

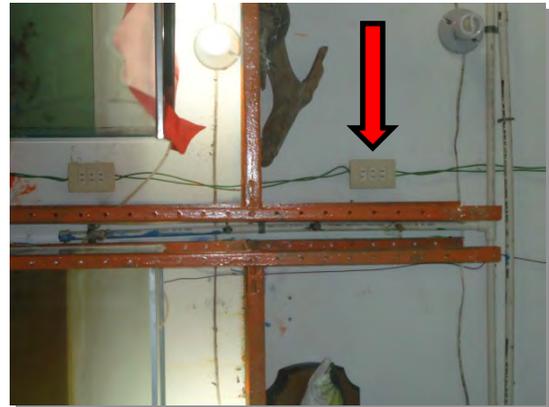


Figura 4.7Receptáculos sin conexión a tierra. Conductores expuestos a la intemperie

Sección de referencia en la Norma NOM-001-SEDE-2005:

110-12. Ejecución mecánica de los trabajos.

Los equipos eléctricos se deben instalar de manera limpia y profesional

310-12. Identificación de los conductores.

b) Conductores de puesta a tierra. Se permite instalar conductores de puesta a tierra desnudos, cubiertos o aislados. Los conductores de puesta a tierra, cubiertos o aislados individualmente, deben tener un acabado exterior continuo verde o verde con una o más franjas amarillas.

c) Conductores de fase. Los conductores que vayan a utilizarse como conductores de fase, ya sea como conductores sencillos o en cables multiconductores, deben estar identificados de modo que se distinga claramente de los conductores puestos a tierra y de los de puesta a tierra. Los conductores de fase se deben distinguir por colores distintos al blanco, gris claro o verde o por cualquier de combinación de colores y sus correspondientes marcas.

300-4. Protección contra daños físicos. En donde los conductores estén expuestos a daños físicos, deben protegerse adecuadamente

410-57. Receptáculos en lugares húmedos o mojados.

a) Lugares húmedos. Un receptáculo instalado en el exterior en un lugar protegido contra la intemperie o en otros lugares húmedos, debe tener una envolvente para el receptáculo que sea a prueba de intemperie cuando el receptáculo esté cubierto (sin meter la clavija y con la tapa cerrada).

Ubicación: Edificio M aulas de acuicultura.

Solución:

- ❖ Instalar receptáculos que sean a prueba de intemperie para evitar accidentes.
- ❖ Identificar cada conductor debidamente, con su código de colores e instalar debidamente en su posición.
- ❖ Instalar conductor puesto a tierra.

Los centros de cargas en el aula de Acuacultura (edificio M) y el taller de refrigeración no cuentan con una tapa protectora, además de que dentro de estos se encuentra polvo, cemento y pintura (Figura 4.8), provocando el deterioro de los conductores, además de que estos están expuestos, pudiéndose suscitar algún accidente.



Figura 4.8 Conductores sin protección. Centros de carga con exceso de pintura y cemento y sin tapa.

Sección de referencia en la Norma NOM-001-SEDE-2005:

110-12 .Ejecución mecánica de los trabajos.- Los equipos eléctricos se deben instalar de manera limpia y profesional.

110-12(c) .Integridad de los equipos y conexiones eléctricas.- Las partes internas de los equipos eléctricos, como las barras colectoras, terminales de cables y otras superficies, no deben estar dañadas o contaminadas por materias extrañas como restos de pintura, yeso, limpiadores, abrasivos o corrosivos. No debe haber partes dañadas que puedan afectar negativamente al buen funcionamiento o la resistencia mecánica de los equipos, como piezas rotas, dobladas, cortadas, deterioradas por la corrosión o por acción química o sobrecalentamiento o contaminadas por materiales extraños como pintura, yeso, limpiadores o abrasivos.

300-12. Continuidad mecánica de canalización y cables.- Las canalizaciones metálicas y no metálicas, armaduras y cubiertas de cables deben ser continuas entre gabinetes, cajas, accesorios u otras cubiertas, envolventes o salidas.

300-4. Protección contra daños físicos

En donde los conductores estén expuestos a daños físicos, deben protegerse adecuadamente.

310-12. Identificación de los conductores.

c) Conductores de fase. Los conductores que vayan a utilizarse como conductores de fase, ya sea como conductores sencillos o en cables multiconductores, deben estar identificados de modo que se distinga claramente de los conductores puestos a tierra y de los de puesta a tierra. Los conductores de fase se deben distinguir por colores distintos al blanco, gris claro o verde o por cualquier combinación de colores y sus correspondientes marcas.

Ubicación: Aula de Acuicultura y Taller de Refrigeración.

Solución:

- ❖ Limpiar debidamente los centros de cargas, retirando pintura, polvo o excesos de cemento que se encuentran en estos.
- ❖ Instalar tubos conduit de PVC para cada conductor saliente de los centros de cargas e identificarlos con su código de colores.
- ❖ Colocar tapa a los centros de cargas para evitar accidentes.

El cableado en mal estado y sin canalizaciones son otro problema con el que cuentan los pasillos del CETMAR No. 10 como se muestra a continuación en la figura 4.9.



Figura 4.9 Conductores a la intemperie sin protección alguna.

Sección de referencia en la Norma NOM-001-SEDE-2005:

110-12. Ejecución mecánica de los trabajos.- Los equipos eléctricos se deben instalar de manera limpia y profesional.

300-12. Continuidad mecánica de canalización y cables.- Las canalizaciones metálicas y no metálicas, armaduras y cubiertas de cables deben ser continuas entre gabinetes, cajas, accesorios u otras cubiertas, envolventes o salidas.

Ubicación:

Pasillo del edificio D (aulas)

Solución:

- ❖ Colocar tubería adecuada con sus accesorios.

Nota: Es de suma importancia cumplir con las normativas mexicanas para evitar en un futuro accidentes, en el caso de las instalaciones eléctricas la NOM-001-SEDE-2005 es la encargada de regir los lineamientos, los cuales se deben cumplir para evitar futuros accidentes.

Al tener una buena instalación eléctrica nuestros equipos pueden operar sin ningún problema, cumpliendo con su objetivo primordial sin problema alguno.

4.5 CENSO DE CARGAS.

El censo de las cargas instaladas, se realizó con un recorrido por las diferentes oficinas y áreas del CETMAR No.10, en donde se fueron anotando las potencias (W) de los equipos eléctricos, aires acondicionados, lámparas, etc.

Con el censo de las cargas instaladas, tal como se muestra en las siguiente tabla 4.1, se podrá conocer la demanda que existe en cada uno de los edificios y salones y así determinar qué tipo de equipo es el que consume más energía.

Tabla 4.1 Cargas instaladas en el Centro de estudios Tecnológicos del Mar No. 10

EDIFICIO A				
AREA	CARGAS	CANTIDAD	POTENCIA(W)	TOTAL
DIRECCION Y SALA DE JUNTAS	A.A TIPO VENTANA YORK 24,000 Btu/h	1	2,400	2,400.0
	COMPUTADORA	1	150	150.0
	IMPRESORA HP	1	14.65	14.7
	LAMPARAS + 15% PHILLIPS	2	30	69.0
AREA SECRETARIAL	COMPUTADORA	3	150	450.0
	A.A TIPO VENTANA YORK 24,000 Btu/h	2	2,400	4,800.0
	ENFRIADOR DE AGUA	1	280	280.0
	FOTOCOPIADORA	1	300	300.0
	LAMPARAS + 15% PHILLIPS	6	30	207.0
RECURSOS HUMANOS	COMPUTADORA	1	150	150.0
	A.A TIPO VENTANA YORK 24,000 Btu/h	1	2,400	2,400.0
	LAMPARAS + 15% PHILLIPS	2	30	69.0
W.C	LAMPARAS + 15% PHILLIPS	2	30	69.0
SUBDIRECCION	COMPUTADORA	1	150	150.0
	A.A TIPO VENTANA YORK 24,000 Btu/h	1	2,400	2,400.0
	LAMPARAS + 15% PHILLIPS	2	30	69.0
SERVICIOS EDUCATIVOS	COMPUTADORA	3	150	450.0
	A.A TIPO VENTANA YORK 24,000 Btu/h	2	2,400	4,800.0
	IMPRESORA	1	14.65	14.7
	LAMPARAS + 15% PHILLIPS	4	30	138.0
	COMPUTADORA	2	150	300.0
SERVICIOS ADMINISTRATIVOS	A.A TIPO VENTANA YORK 24,000 Btu/h	1	2,400	2,400.0
	IMPRESORA	1	14.65	14.7
	LAMPARAS + 15% PHILLIPS	2	30	69.0
	COMPUTADORA	1	150	150.0
BIBLIOTECA	A.A MINISPLIT 24,000 Btu/h	4	2,200	8,800.0
	LAMPARAS + 15% PHILLIPS	20	70	1,490.0
	LAMPARAS + 15% PHILLIPS	20	30	690.0

EDIFICIO B				
AREA	CARGAS	CANTIDAD	POTENCIA(W)	TOTAL
W.C. MUJERES	LAMPARAS + 15% PHILLIPS	2	30	69.0
W.C HOMBRES	LAMPARAS + 15% PHILLIPS	2	30	69.0
03 SALA DE MAESTROS	COMPUTADORA	1	150	150.0
	A.A TIPO VENTANA 24,000 Btu/h	1	2,400	2,400.0
	LAMPARAS + 15% PHILLIPS	2	30	69.0
04 SALA DE MAESTROS	COMPUTADORA	1	150	150.0
	IMPRESORA	1	14.65	14.7
	LAMPARAS + 15% PHILLIPS	2	30	69.0
05 SALA DE MAESTROS	LAMPARAS + 15% PHILLIPS	4	30	138.0
06 CAFETERIA	A.A MINISPLIT YORK 24,000 Btu/h	4	2,200	8,800.0
	LAMPARAS + 15% PHILLIPS	8	30	276.0
	LICUADORA	1	400	400.0
	MICROONDAS	1	1,200	1,200.0
	REFRIGERADOR	2	375	750.0
	CONGELADOR	1	400	400.0
	T.V	1	70	70.0
07 AUDITORIO	COMPUTADORA	1	150	150.0
	A.A MINISPLIT YORK 24,000 Btu/h	4	2,200	8,800.0
	PROYECTOR	1	300	300.0
	T.V.	1	70	70.0
	LAMPARAS + 15% PHILLIPS	20	30	690.0
PASILLO Y PORTICO	LAMPARAS + 15% PHILLIPS	14	30	483.0
EDIFICIO D				
AREA	CARGAS	CANTIDAD	POTENCIA(W)	TOTAL
AULA 01	A.A MINISPLIT CARRIER 24,000 Btu/h	2	2,200	4,400.0
	LAMPARAS + 15% PHILLIPS	8	30	276.0
AULA 02	A.A MINISPLIT CARRIER 24,000 Btu/h	2	2,200	4,400.0
	LAMPARAS + 15% PHILLIPS	8	30	276.0
AULA 03	A.A MINISPLIT CARRIER 24,000 Btu/h	2	2,200	4,400.0
	LAMPARAS + 15% PHILLIPS	8	30	276.0
AULA 04	A.A MINISPLIT CARRIER 24,000 Btu/h	2	2,200	4,400.0
	LAMPARAS + 15% PHILLIPS	8	30	276.0
PASILLO	LAMPARAS + 15% PHILLIPS	8	30	276.0

EDIFICIO D1				
AREA	CARGAS	CANTIDAD	POTENCIA(W)	TOTAL
AULA 01	A.A MINISPLIT CARRIER 24,000 Btu/h	2	2,200	4,400.0
	LAMPARAS + 15% PHILLIPS	8	30	276.0
AULA 02	A.A MINISPLIT CARRIER 24,000 Btu/h	2	2,200	4,400.0
	LAMPARAS + 15% PHILLIPS	8	30	276.0
AULA 03	A.A MINISPLIT CARRIER 24,000 Btu/h	2	2,200	4,400.0
	LAMPARAS + 15% PHILLIPS	8	30	276.0
AULA 04	A.A MINISPLIT CARRIER 24,000 Btu/h	2	2,200	4,400.0
	LAMPARAS + 15% PHILLIPS	8	30	276.0
AULA 05	A.A MINISPLIT CARRIER 24,000 Btu/h	2	2,200	4,400.0
	LAMPARAS + 15% PHILLIPS	8	30	276.0
PASILLO	LAMPARAS + 15% PHILLIPS	10	30	345.0
EDIFICIO E				
AREA	CARGAS	CANTIDAD	POTENCIA(W)	TOTAL
AULA 01	A.A MINISPLIT YORK 24,000 Btu/h	2	2,200	4,400.0
	LAMPARAS + 15% PHILLIPS	8	30	276.0
AULA 02	A.A MINISPLIT YORK 24,000 Btu/h	2	2,200	4,400.0
	LAMPARAS + 15% PHILLIPS	8	30	276.0
03 OFICINA VINCULACION	A.A TIPO VENTANA YORK 24,000 Btu/h	1	2,400	2,400.0
	T.V.	1	70	70.0
	LAMPARAS + 15% PHILLIPS	8	30	276.0
04 TALLER DE DIBUJO	A.A MINISPLIT YORK 24,000 Btu/h	2	2,200	4,400.0
	LAMPARAS + 15% PHILLIPS	8	30	276.0
PASILLO	LAMPARAS + 15% PHILLIPS	8	30	276.0
EDIFICIO F1				
AREA	CARGAS	CANTIDAD	POTENCIA(W)	TOTAL
SINDICATO	A.A MINI SPLIT 24,000 Btu/h	1	2,200	2,200.0
	COMPUTADORA	1	150	150.0
	IMPRESORA HP	1	14.65	14.7
	LAMPARAS + 15% PHILLIPS	2	30	69.0
LAB DE FISICA	A.A TIPO MINISPLIT 24,000 Btu/h	1	2,200	2,200.0
	LAMPARAS + 15% PHILLIPS	12	30	414.0
ALMACEN LAB-FISICA	COMPUTADORA	1	150	150.0
	A.A MINI SPLIT YORK 12,000 Btu/h	1	1,460	1,460.0
	LAMPARAS + 15% PHILLIPS	2	30	69.0
W.C. MUJERES	LAMPARAS + 15% PHILLIPS	2	30	69.0
W.C. HOMBRES	LAMPARAS + 15% PHILLIPS	2	30	69.0
LAB DE BIOLOGIA	A.A TIPO MINISPLIT 24,000 Btu/h	1	2,200	2,200.0
	LAMPARAS + 15% PHILLIPS	12	30	414.0
ALMACEN LAB DE BIOLOGIA	COMPUTADORA	1	150	150.0
	A.A MINI SPLIT 12,000 Btu/h	1	1,460	1,460.0
	LAMPARAS + 15% PHILLIPS	2	30	69.0
PASILLO Y PORTICO	LAMPARAS + 15% PHILLIPS	14	30	483.0

EDIFICIO L				
AREA	CARGAS	CANTIDAD	POTENCIA(W)	TOTAL
LAB. DE ESPECIALIDADES	A.A MINISPLIT YORK 24,000 Btu/h	1	2,200	2,200.0
	LAMPARAS + 15% PHILLIPS	8	30	276.0
ALMACEN	A.A TIPO VENTANA 24,000 Btu/h	1	2,400	2,400.0
	LAMPARAS + 15% PHILLIPS	8	30	276.0
PASILLO	LAMPARAS + 15% PHILLIPS	4	30	138.0
EDIFICIO M				
AREA	CARGAS	CANTIDAD	POTENCIA(W)	TOTAL
01 AULA	LAMPARAS + 15% PHILLIPS	8	30	276.0
02 AULA	LAMPARAS + 15% PHILLIPS	8	30	276.0
03 AULA	LAMPARAS + 15% PHILLIPS	8	30	276.0
04 AULA	LAMPARAS + 15% PHILLIPS	2	30	69.0
05 AULA	LAMPARAS + 15% PHILLIPS	2	30	69.0
06 AULA	COMPUTADORA	1	150	150.0
	A.A. MINISPLIT YORK 24,000 Btu/h	1	2,200	2,200.0
	LAMPARAS + 15%	2	30	69.0
PASILLO	LAMPARAS + 15% PHILLIPS	9	30	310.5
EDIFICIO N				
AREA	CARGAS	CANTIDAD	POTENCIA(W)	TOTAL
LAB. DE IDIOMAS	COMPUTADORA	30	150	4,500.0
	T.V.	1	70	70.0
	A.A MINI SPLIT YORK 24,000 Btu/H	4	2,200	8,800.0
	LAMPARAS + 15% PHILLIPS	20	30	690.0
LAB. DE COMPUTO	COMPUTADORA	31	150	4,650.0
	A.A MINI SPLIT YORK 24,000 Btu/H	4	2,200	8,800.0
	LAMPARAS + 15% PHILLIPS	18	30	621.0
PASILLO	LAMPARAS + 15% PHILLIPS	9	30	310.5
TANQUE ELEVADO				
AREA	CARGAS	CANTIDAD	POTENCIA(W)	TOTAL
	BOMBA	1	400	400.0
TALLER MECANICA NAVAL				
AREA	CARGAS	CANTIDAD	POTENCIA(W)	TOTAL
AULA 01	COMPUTADORA	2	150	300.0
	VENTILADORES	6	65	390.0
	LAMPARAS + 15% PHILLIPS	26	39	1,131.0
TALLER DE REFRIGERACION				
AREA	CARGAS	CANTIDAD	POTENCIA(W)	TOTAL
AULA 01	COMPUTADORA	1	150	150.0
	VENTILADORES	6	65	390.0
	LAMPARAS + 15% PHILLIPS	26	39	1,131.0

TALLER DE PESCA				
AREA	CARGAS	CANTIDAD	POTENCIA(W)	TOTAL
AULA 01	COMPUTADORA	1	150	150.0
	VENTILADORES	6	65	390.0
	LAMPARAS + 15% PHILLIPS	20	30	690.0
AULA 02	COMPUTADORA	1	150	150.0
	VENTILADORES	6	65	390.0
	LAMPARAS + 15% PHILLIPS	20	30	690.0
ALMACEN 03	LAMPARAS + 15% PHILLIPS	20	30	690.0

4.6 RESULTADO DEL CENSO DE CARGAS

En la tabla 4.2 se observa el resultado total de cada uno de los equipos en todo el plantel educativo.

En la gráfica 4.1 se observa en porcentajes de cómo afecta cada tipo de cargas en las edificaciones del plantel. La carga más grande es por aires acondicionados con un 77%. La iluminación es la segunda carga más grande en la escuela, con 12%. Los electrónicos (computadoras, copiadoras e impresoras) tienen 8%, los electrodomésticos que se utilizan en la cafetería también se tomaron en cuenta, y tienen un 2%. En los talleres tienen ventiladores y en el tanque elevado se encuentra una bomba de agua, juntos tienen el 1% de la carga instalada.

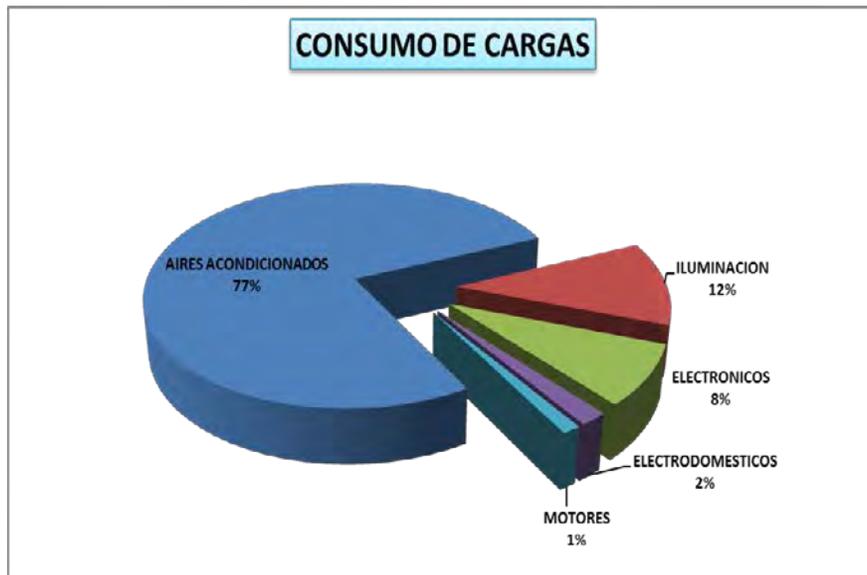
Derivado de la tabla 4.1, 4.2 y de la gráfica 4.1, se concluye que el mayor consumo de energía es por el uso de los equipos de aire acondicionado, detectado esto, se comprueba que el mayor consumo de energía es por dichos equipos en la institución y por tal motivo se enfoca el presente proyecto al ahorro de energía mediante la metodología del balance térmico descrito en el Capítulo III.

Cabe mencionar que en la mayoría de las edificaciones, los equipos de aires acondicionados están sobredimensionados, por lo que este se refleja en la facturación eléctrica, pagando de más cuando en realidad no es necesario un equipo de capacidad grande.

Los equipos climatizadores están en función la mayor parte del año, esto por el lugar geográfico en el que está situado el plantel. También hay que tomar en cuenta que los equipos tienen un horario de funcionamiento de 7:00 am a 3:00 pm.

Tabla 4.2 Consumo total por tipo de equipos instalados en el plantel.

CONSUMO TOTAL POR LOS DIFERENTES EQUIPOS INSTALADOS					
AIRES ACONDICIONADOS (Kw)	ILUMINACION (Kw)	ELECTRONICOS (Kw)	ELECTRODOMESTICOS (Kw)	MOTORES (Kw)	TOTAL (Kw)
137.12	18.86	13.42	2.96	1.96	174.33



Gráfica 4.1 Porcentaje total de los tipos de equipos instalados

CAPITULO V. CÁLCULO DE LAS CARGAS TÉRMICAS EN LAS INSTALACIONES DEL CETMAR No. 10

En este capítulo se implementara la metodología del balance térmico, citada en el Capítulo III. Con el fin de determinar la ganancia de calor de las partidas de calor sensible y latente en las instalaciones del Centro de Estudios Tecnológicos del Mar No. 10.

Debido a que el Centro de estudios Tecnológicos del Mar No. 10 cuenta con varios edificios y cada uno de estos tiene diferentes espacios, se mostrara solamente cuatro ejemplos para mostrar el cálculo de las cargas térmicas, pero, se realizaron los cálculos de todos los espacios de cada edificio, que se anexaran en este mismo capítulo.

5.1 DATOS GENERALES

Se presentan las referencias de la localidad y de los edificios a analizar. Asimismo, se muestran las condiciones de diseño tanto exterior como interior de las instalaciones de la institución.

Los datos de temperatura promedio en la ciudad como el porcentaje de humedad en la zona se obtienen de los datos proporcionados por la Conagua, tabla que se localiza en el anexo 4 del presente proyecto.

Edificio: Instalaciones del Centro de Estudios Tecnológicos del Mar No. 10.

Localidad: Chetumal	Latitud: 18° 51'
Municipio: Othón P. Blanco	Longitud: 88° 27'
Estado: Quintana Roo	Altitud: 9msnm
Dirección: Boulevard Bahía S/N	Tipo de local: Aulas y Oficinas
Colonia: Adolfo L. Mateos	
Temperatura exterior: 31.5°C	Humedad absoluta exterior: 23 g_w/K_{gas}
Temperatura interior: 25°C	Humedad absoluta interior: 10 g_w/K_{gas}
Diferencia de temperaturas: 6.5°C	Diferencia de humedades: 13 g_w/K_{gas}

La envolvente de todos los edificios del Centro de estudios Tecnológicos del Mar No. 10 consta de muros con tabiques de barra solido vitriado, dichos tabiques tienen un acabado que viene de fábrica, por lo que los muros no tienen ningún tipo de acabado como calcreto o mortero.

En el caso de la techumbre de los edificios del plantel, estos cuentan con los terminados descritos en la figura 3.3 del capítulo III del presente trabajo.

La figura 5.1 que a continuación se muestra, tiene como objetivo detallar las medidas de los edificios, esto porque todos los edificios cuentan con las mismas medidas y características. También cuentan con la misma fachada exterior y con las mismas medidas para los muros, puertas y ventanas.

La única diferencia entre los edificios del plantel son los espacios interiores, algunos están adaptados para ser oficinas, otros para ser laboratorios, almacenes o aulas.

En el anexo 1 se encuentran los planos arquitectónicos de cada uno de los edificios de la institución, con sus medidas y orientaciones geográficas.

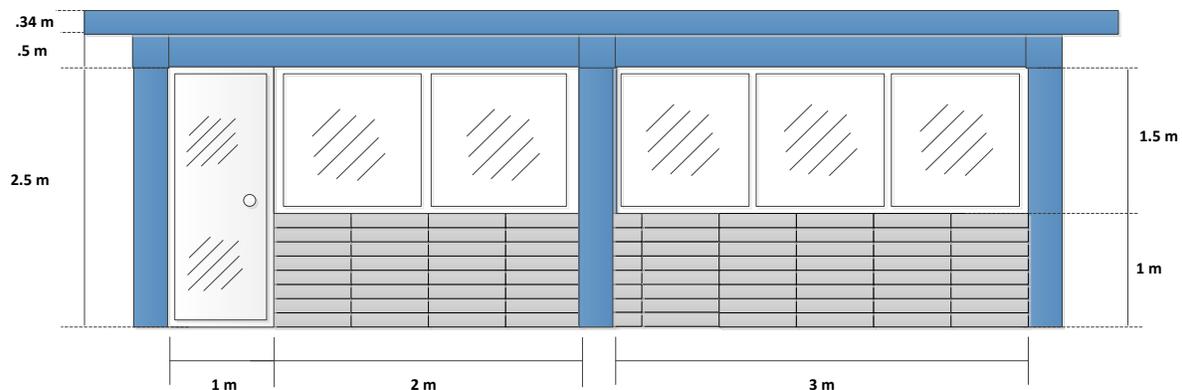


Figura 5.1 Proyección de los edificios de la institución

Fuente: Elaboración propia

5.2 CALCULO DE LAS PARTIDAS DE CALOR SENSIBLE

Para determinar la ganancia de calor por conducción y radiación, se emplean las ecuaciones de la NOM-008-ENER-2001, citadas en el Capítulo III. Los planos del inmueble se muestran en el Anexo 1, estos son de gran importancia, ya que apoyándose de ellos se determinan las áreas de las componentes o porciones de la envolvente. Los materiales que constituyen la envolvente de los edificios, se presentan en el Apéndice C.

En la figura 5.1 se muestra la orientación idónea de inmuebles en México. Se puede observar en que orientación geográfica inciden los rayos del sol con más contundencia en las edificaciones.

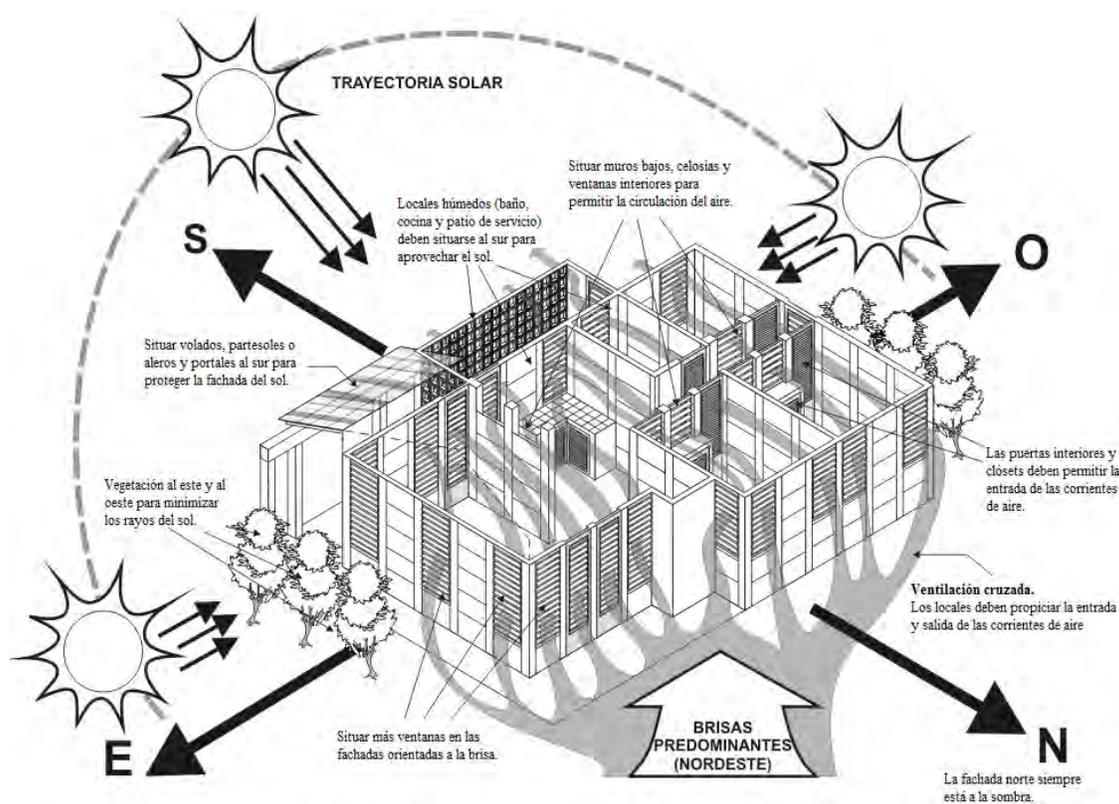


Figura 5.2 Orientación idónea de inmuebles en México.

Fuente: Vílchez, C (2009)

5.2.1 Calor sensible debido a la conducción y radiación a través de la envolvente.

5.2.1.1 Ganancia de calor por conducción.

Recordar que esta ganancia de calor se determina mediante la ecuación (3.3), que es la ganancia de calor por conducción a través de cada componente con orientación i .

Mediante las fórmulas B.1 y B.2 del Apéndice B, se determinó el Coeficiente Global de Transferencia de Calor (K) de las porciones de la envolvente, en este apéndice se explica cada uno de los conceptos (h_i , h_e , k , L y M).

Las temperatura exterior corresponde a la temperatura equivalente promedio, se toma de la Tabla A.1 del Apéndice A. La temperatura interior (25 °C) respectivamente es nuestra temperatura deseada. Para algunos casos cuando una barrera o envolvente de un espacio acondicionado colinda con otro no acondicionado, la temperatura equivalente promedio se determina mediante un promedio, tomando el valor correspondiente a la temperatura equivalente promedio para esa parte (ya sea opaca o transparente) y la temperatura interior del local, se suman y se dividen entre dos.

Si el local que se quiere acondicionar colinda con otro recinto que será acondicionado o que ya está acondicionado, el muro que colinda no se tomara en cuenta como algún tipo de carga térmica, esto porque dicho espacio al ser acondicionado no presentara alguna diferencia de temperatura que afecte al espacio que se quiere acondicionar.

En las tablas 5.1, 5.2, 5.3 y 5.4 se describe cada uno de los conceptos que se toman en cuenta en la formula antes mencionada, además de que se muestra el cálculo de los espacios tomados como ejemplos para una explicación más detallada de los cálculos que se efectuaron para llegar a los resultados.

Tabla 5.1 Ganancia de calor sensible debido a la conducción a través de la envolvente en área secretarial en edificio A.

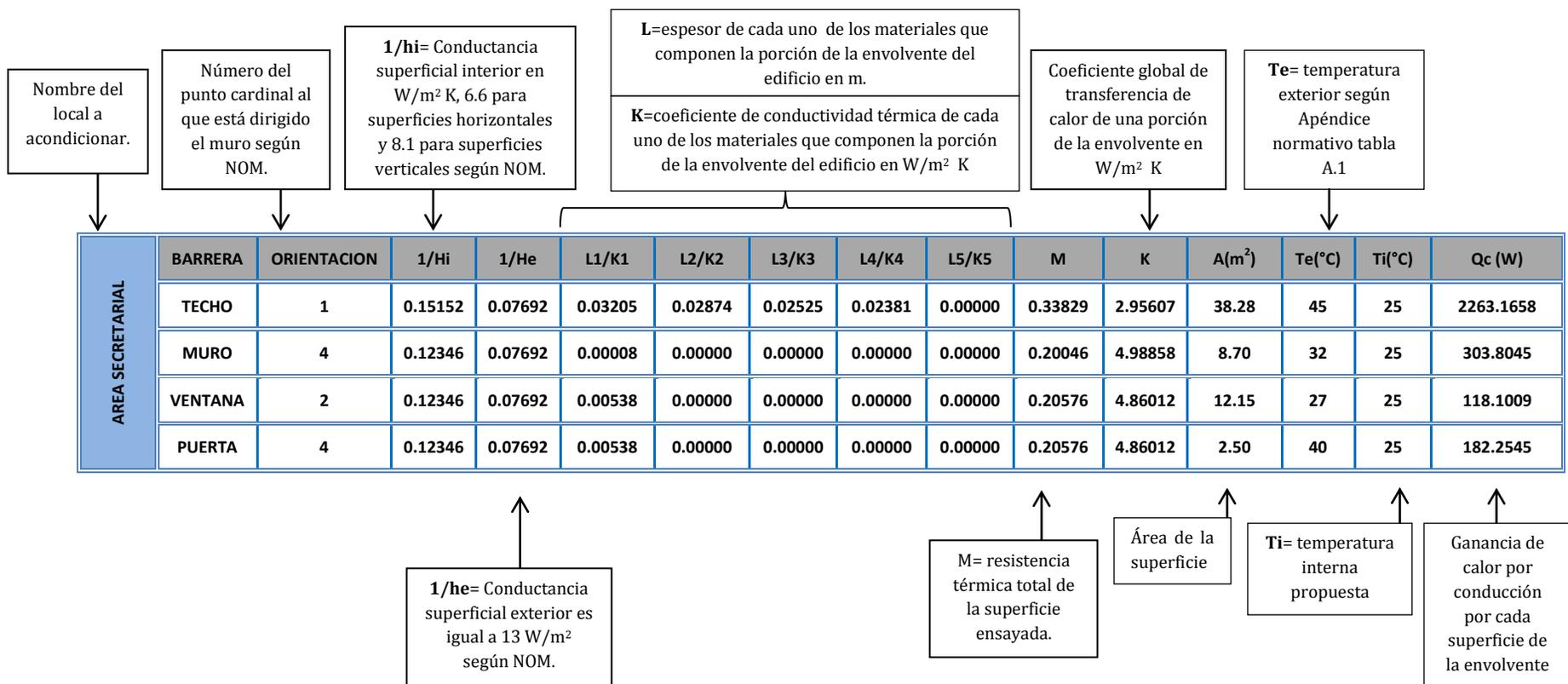


Tabla 5.2 Ganancia de calor sensible debido a la conducción a través de la envolvente en oficina de servicios administrativos en edificio A.

SERVICIOS EDUCATIVOS	BARRERA	ORIENTACION	1/Hi	1/He	L1/K1	L2/K2	L3/K3	L4/K4	L5/K5	M	K	A(m ²)	Te(°C)	Ti(°C)	Qc (W)	
	TECHO	1		0.15152	0.07692	0.03205	0.02874	0.02525	0.02381	0.00000	0.33829	2.95607	21.78	45	25	1287.6633
		1'		0.15152	0.07692	0.03205	0.02874	0.02525	0.02381	0.00000	0.33829	2.95607	78.21	45	28	3930.2996
	MURO	4		0.12346	0.07692	0.00008	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.20046	4.98858	6.60	32	25	230.4724
	VENTANA	2		0.12346	0.07692	0.00538	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.20576	4.86012	9.00	27	25	87.4822
	PUERTA	4		0.12346	0.07692	0.00538	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.20576	4.86012	2.50	40	25	182.2545

Tabla 5.3 Ganancia de calor sensible debido a la conducción a través de la envolvente en laboratorio de idiomas del edificio N.

LAB. DE IDIOMAS	BARRERA	ORIENTACION	1/Hi	1/He	L1/K1	L2/K2	L3/K3	L4/K4	L5/K5	M	K	A(m ²)	Te(°C)	Ti(°C)	Qc(W)	
	TECHO	1		0.15152	0.07692	0.03205	0.02874	0.02525	0.02381	0.00000	0.33829	2.95607	128.84	45	25	7,617.19646
	MUROS	2		0.12346	0.07692	0.00008	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.20046	4.98858	15.31	31	25	458.25090
		4		0.12346	0.07692	0.00008	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.20046	4.98858	16.31	32	25	569.54611
		5		0.12346	0.07692	0.00008	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.20046	4.98858	23.70	32	25	827.60532
	VENTANA	2		0.12346	0.07692	0.00538	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.20576	4.86012	21.50	27	25	208.98519
		4		0.12346	0.07692	0.00538	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.20576	4.86012	22.50	29	25	437.41085
	PUERTA	2		0.123457	0.07692	0.30769	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.50807	1.96822	2.50	36	25	54.12617

Tabla 5.4 Ganancia de calor sensible debido a la conducción a través de la envolvente en el aula 01 del edificio D.

AULA 01	BARRERA	ORIENTACION	1/Hi	1/He	L1/K1	L2/K2	L3/K3	L4/K4	L5/K5	M	K	A(m ²)	Te(°C)	Ti(°C)	Qc (W)	
	TECHO	1	0.15152	0.07692	0.03205	0.02874	0.02525	0.02381	0.00000	0.33829	2.95607	64.38	45	25	3,806.23338	
	MUROS	2	0.12346	0.07692	0.00008	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.20046	4.98858	7.45	31	25	222.98950
		4	0.12346	0.07692	0.00008	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.20046	4.98858	6.45	32	25	225.23436
		5	0.12346	0.07692	0.00008	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.20046	4.98858	23.70	32	25	827.60532
	VENTANA	2	0.12346	0.07692	0.00538	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.20576	4.86012	11.17	27	25	108.57509
		4	0.12346	0.07692	0.00538	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.20576	4.86012	9.00	29	25	174.96434
	PUERTA	2	0.123457	0.07692	0.30769	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.50807	1.96822	2.50	36	25	54.12617

5.2.1.2 Ganancia de calor por radiación

Cuando existen superficies vidriadas en un local, una parte de los aportes de calor se debe a la radiación del sol, que atraviesa el cristal e ingresa al local calentándolo. La radiación del sol varía con cada hora del día solar y también a lo largo de los meses. La temperatura de las ventanas se tomara de la tabla A.1 de Apéndice A donde cada ventana tiene su temperatura promedio según su localización geográfica.

Se utiliza la ecuación 3.5 descrita en el capítulo III del presente proyecto para el cálculo de esta partida. Cabe aclarar que los edificios de la preparatoria tienen un volado de 1.20 m, el cual ocasiona que no toda la radiación del sol pegue de lleno a los cristales de la ventana, por lo cual se usa el factor de corrección por sombreado exterior (SE), mismo que está presente en la ecuación 3.5. Este factor de corrección se obtiene mediante la tabla A.2 del Apéndice A.

Para tener un buen entendimiento de como incide el calor del sol en las ventanas, véase la figura 5.3, donde se observa cómo afecta los rayos del sol dependiendo de la posición geográfica de nuestras ventanas y del tamaño del volado en nuestras techumbres.

Si en dado caso nuestro edificio cuenta con un volado mucho mayor o si la orientación de las ventanas no recibe los rayos del sol, esta partida de ganancia de calor sensible por radiación se despreciaría.

En las tablas 5.5, 5.6, 5.7 y 5.8 se muestra el cálculo efectuado.

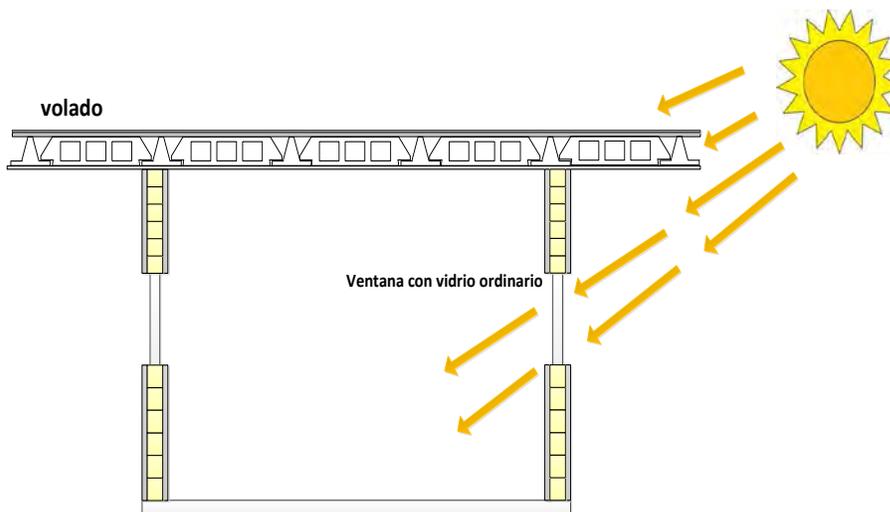


Figura 5.3 Afectación de la radiación solar según la orientación de las ventanas y del tamaño del volado.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5.5 Ganancia de calor sensible por radiación en el área secretarial del edificio de la dirección en edificio A.

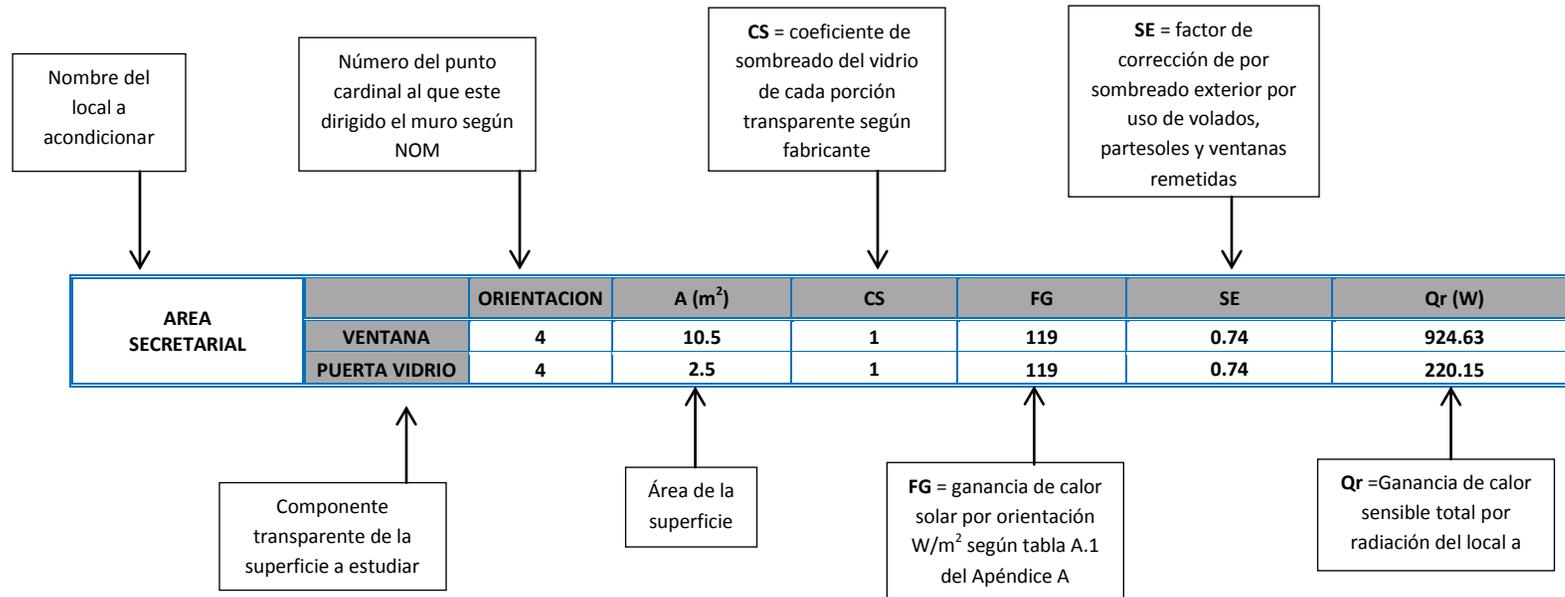


Tabla 5.6 Ganancia de calor sensible por radiación en el laboratorio de idiomas del edificio N

LABORATORIO DE IDIOMAS	VENTANA	ORIENTACION	A (m ²)	CS	FG	SE	Qr (W)
		4	22.5	1	119	0.74	1,981.35

Tabla 5.7 Ganancia de calor sensible por radiación en el aula 01 del edificio D

AULA 01	VENTANA	ORIENTACION	A (m ²)	CS	FG	SE	Qr (W)
		4	9	1	119	0.74	792.54

Nota: No se realiza el cálculo por ganancia de calor en la oficina de servicios educativos porque los rayos del sol no inciden en las ventanas de dicho espacio, por estar en una orientación hacia el norte.

5.2.2 Calor sensible debido a infiltración del aire.

El aire exterior que ingresa al ambiente (figura 5.4) constituye una carga de calor, ya que tiene mayor temperatura y humedad que el aire interior. Al mezclarse con aire ambiente lo calienta y humidifica, siendo esta una ganancia de calor para el ambiente de nuestro recinto. Además de las fisuras, también se filtra el aire cuando una persona ingresa al recinto abriendo la puerta.

Esta carga se calcula con la ecuación 3.7 del capítulo III, con ayuda de la tabla 3.2, en donde se consideró como tipo de local para aulas, oficinas y centros de cómputo “Restaurantes (sin vestíbulo)” y para los laboratorios de química y física “Sala de té (sin vestíbulo)”, se seleccionaron estas secciones puesto que son las más allegadas a las actividades que se desarrollan en los espacios antes descritos.

La temperatura exterior de la ciudad de Chetumal es de 31.5°C, tomado de los datos que se encuentran en el Anexo 3 del presente proyecto. La temperatura interior es la recomendada, de 25°C, por lo que nuestra diferencia de temperatura (ΔT) es de 6.5°C. En las siguientes tablas muestra desde el cálculo del caudal volumétrico, dato que es necesario para obtener el calor sensible generado por infiltraciones del aire.

Cabe mencionar que los espacios que colinden con otros que serán o están acondicionados no se toman en cuenta para esta partida, ya que el recinto colindante por estar climatizado no infiltrará aire caliente de exterior.

De la tabla 5.8 a la 5.11 se observan los cálculos que se efectuaron para determinar esta partida.

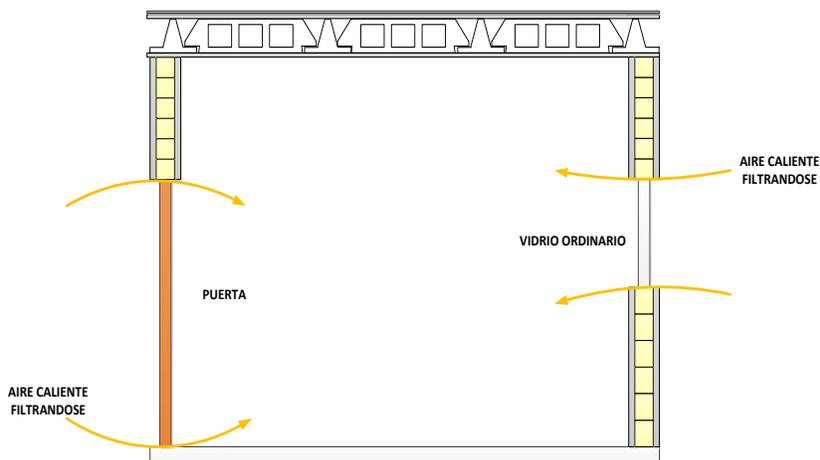


Figura 5.4 Filtración de aire por fisuras o por apertura de puertas

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.8 Calor sensible generado por infiltración del aire en área secretarial del edificio A.

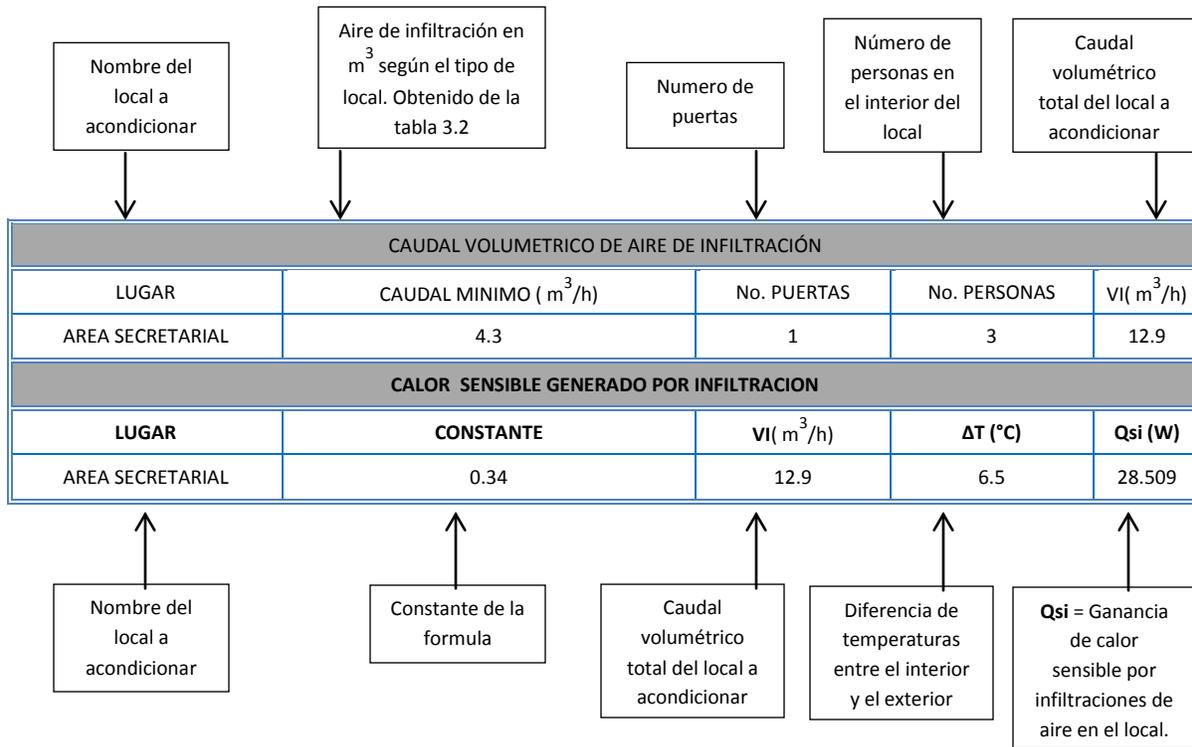


Tabla 5.9 Calor sensible generado por infiltración del aire en oficina de servicios educativos del edificio A

CAUDAL VOLUMETRICO DE AIRE DE INFILTRACIÓN				
LUGAR	CAUDAL MINIMO (m ³ /h)	No. PUERTAS	No. PERSONAS	VI (m ³ /h)
SERVICIOS EDUCATIVOS	4.3	1	3	12.9

CALOR SENSIBLE GENERADO POR INFILTRACION				
LUGAR	CONSTANTE	VI(m ³ /h)	ΔT (°C)	Qsi (W)
SERVICIOS EDUCATIVOS	0.34	12.9	6.5	28.509

Tabla 5.10 Calor sensible generado por infiltración del aire en laboratorio de idiomas.

CAUDAL VOLUMETRICO DE AIRE DE INFILTRACIÓN				
LUGAR	CAUDAL MINIMO (m ³ /h)	No. PUERTAS	No. PERSONAS	VI (m ³ /h)
LAB. DE IDIOMAS	4.3	1	30	129

CALOR SENSIBLE GENERADO POR INFILTRACION				
LUGAR	CONSTANTE	VI(m ³ /h)	ΔT (°C)	Qsi (W)
LAB. DE IDIOMAS	0.34	129	6.5	285.09

Tabla 5.11 Calor sensible generado por infiltración del aire en aula 01 del edificio D

CAUDAL VOLUMETRICO DE AIRE DE INFILTRACIÓN				
LUGAR	CAUDAL MINIMO (m ³ /h)	No. PUERTAS	No. PERSONAS	VI(m ³ /h)
AULA 01	4.3	1	20	86
CALOR SENSIBLE GENERADO POR INFILTRACION				
LUGAR	CONSTANTE	VI(m ³ /h)	ΔT(°C)	Qsi (W)
AULA 01	0.34	86	6.5	190.06

5.2.3 Calor sensible generado por personas que ocuparán el local.

La ganancia de calor debido a las personas es igual a la cantidad de personas presentes en el ambiente (figura 5.5). Esta partida está en función de la condición interior y fundamentalmente de la actividad que desarrolla la persona, es decir, del grado de esfuerzo físico que realiza.

Dicha ganancia esta tabulada en la tabla 3.3 del capítulo III, donde se puede observar las temperaturas interiores deseadas dentro de un local y las cargas sensibles de una persona dependiendo de la actividad que vaya a efectuar en el interior del recinto. La temperatura interior seleccionada para los edificios de la institución es de 25°C, que es la recomendada y la actividad que se efectuará en el interior será la de “sentado trabajo ligero” para las aulas y centros de cómputo y “oficinista actividad moderada” para los laboratorios y para las oficinas de la dirección.

De la tabla 5.12 a la 5.15 se observa los cálculos realizados para esta partida.

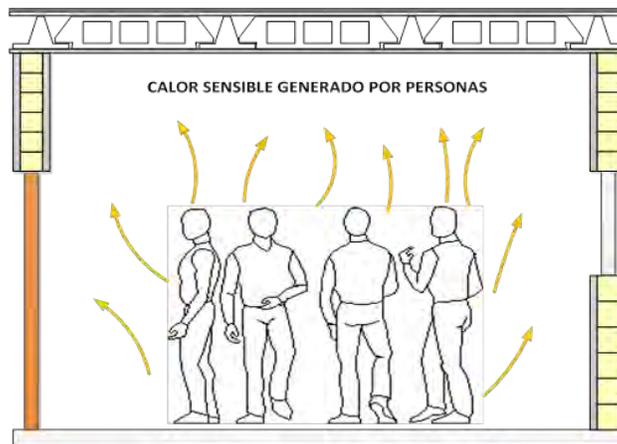


Figura 5.5 Calor sensible generado por personas en el interior de un local

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.12 Calor sensible generado por personas en área secretarial del edificio A

GANANCIA DE CALOR SENSIBLE POR PERSONAS					
LUGAR	TEMPERATURA INTERIOR	ACTIVIDAD	No. DE PERSONAS	CALOR SENSIBLE (W)	Qsp (W)
AREA SECRETARIAL	25°C	OFICINISTA ACTIVIDAD MODERADA	3	67	201

Nombre del local a acondicionar

Temperatura interior deseada

Actividad a desarrollar en el interior o semejante del local

Número de personas que ocupan el local

Cantidad de calor sensible generado por persona y por actividad según tabla 3.3

Qsp = ganancia de calor sensible generado por personas en el local.

Tabla 5.13 Calor sensible generado por personas en oficina de servicios educativos del edificio A

GANANCIA DE CALOR SENSIBLE POR PERSONAS					
LUGAR	TEMPERATURA INTERIOR	ACTIVIDAD	No. DE PERSONAS	CALOR SENSIBLE (W)	Qsp (W)
SERVICIOS EDUCATIVOS	25°C	OFICINISTA ACTIVIDAD MODERADA	3	67	201

Tabla 5.14 Calor sensible generado por personas en laboratorio de idiomas del edificio N

GANANCIA DE CALOR SENSIBLE POR PERSONAS					
LUGAR	TEMPERATURA INTERIOR	ACTIVIDAD	No. DE PERSONAS	CALOR SENSIBLE (W)	Qsp (W)
LABORATORIO DE IDIOMAS	25°C	SENTADO TRABAJO LIGERO	30	67	2010

Tabla 5.15 Calor sensible generado por personas en el interior del aula 01 del edificio D

GANANCIA DE CALOR SENSIBLE POR PERSONAS					
LUGAR	TEMPERATURA INTERIOR	ACTIVIDAD	No. DE PERSONAS	CALOR SENSIBLE (W)	Qsp (W)
AULA 01	25°C	SENTADO TRABAJO LIGERO	20	67	1340

5.2.4 Calor sensible generado por la iluminación del local.

La iluminación es normalmente eléctrica y la potencia consumida termina disipándose como calor en el ambiente (figura 5.6). La carga será entonces el total de la potencia eléctrica.

Los datos de la potencia de las lámparas en todas las instalaciones se encuentra en la tabla 4.1 “censo de cargas instaladas en el CETMAR No 10”, todas las lámparas son del tipo fluorescentes, por lo que se utilizara la ecuación 3.12 descrita en el capítulo III.

Si en dado caso en un local no hay datos de potencias, se deberá estimar de acuerdo al uso previsto de los locales.

De la tabla 5.16 a la 5.19 se observa los cálculos efectuados para determinar esta partida.

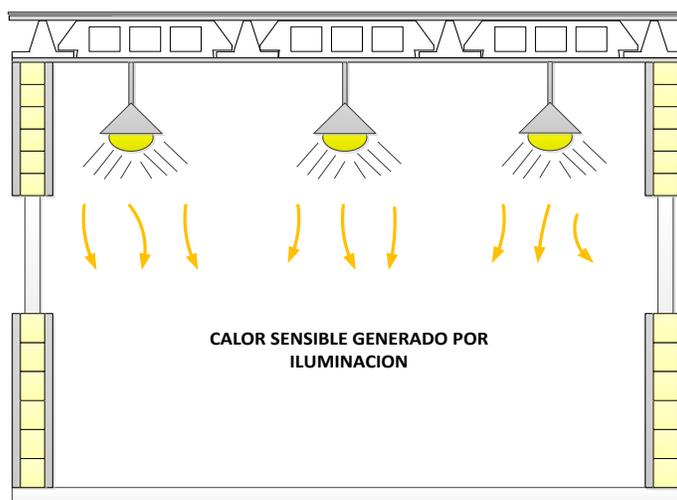


Figura 5.6 Calor sensible generado por lámparas

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.16 Calor sensible generado por iluminación en de oficina de área secretarial en el edificio A.

GANANCIA DE CALOR SENSIBLE POR ILUMINACION			
LUGAR	No. DE LAMPARAS	POTENCIA	Qsil (W)
AREA SECRETARIAL	6	37.5	225

Nombre del local a acondicionar

Número de lámparas en el interior de local

Potencia en Watts por cada lámpara

Qsil = ganancia de calor sensible por iluminación

Tabla 5.17 Calor sensible generado por iluminación en oficina de servicios educativos del edificio A.

GANANCIA DE CALOR SENSIBLE POR ILUMINACION			
LUGAR	No. DE LAMPARAS	POTENCIA	Qsil (W)
SERVICIOS EDUCATIVOS	4	37.5	150

Tabla 5.18 Calor sensible generado por iluminación en laboratorio de idiomas en edificio N

GANANCIA DE CALOR SENSIBLE POR ILUMINACION			
LUGAR	No. DE LAMPARAS	POTENCIA	Qsil (W)
LABORATORIO DE IDIOMAS	20	70	1,750

Tabla 5.19 Calor sensible generado por iluminación en aula 01 del edificio D

GANANCIA DE CALOR SENSIBLE POR ILUMINACION			
LUGAR	No. DE LAMPARAS	POTENCIA	Qsil (W)
AULA 01	8	37.5	300

5.2.5 Calor sensible generado por máquinas y equipo eléctrico en el interior del local.

En ocasiones las cargas térmicas desprendidas de computadoras, impresoras y fotocopiadoras son de mayor concentración en las oficinas, por lo tanto, se tomaron en cuenta sus datos específicos de todos los equipos en el interior de las instalaciones de la institución, misma que está plasmada en la tabla 4.1, donde se especifica cuanta potencia eléctrica consume cada equipo eléctrico.

En el caso del aula 01 del edificio D no se consideró esta partida, porque no cuenta con algún equipo eléctrico en su interior y mismo caso para las demás aulas en los edificios del plantel.

De la tabla 5.20 a la 5.22 se pueden observar los cálculos efectuados.

Tabla 5.20 Calor sensible generado por equipo eléctrico en oficina de área secretarial

GANANCIA DE CALOR SENSIBLE POR MAQUINAS O EQUIPO ELECTRICO				
LUGAR	MAQUINA O EQUIPO	CANTIDAD	POTENCIA	Qsm (W)
AREA SECRETARIAL	COMPUTADORA	3	150	450
	IMPRESORA	1	14.65	14.65

Tabla 5.21 Calor sensible generado por equipo eléctrico en oficina de servicios educativos del edificio A

GANANCIA DE CALOR SENSIBLE POR MAQUINAS O EQUIPO ELECTRICO				
LUGAR	EQUIPO	CANTIDAD	POTENCIA	Qsm (W)
SERVICIOS EDUCATIVOS	COMPUTADORA	3	150	450
	IMPRESORA	2	14.65	29.3

Tabla 5.22 Calor sensible generado por equipo eléctrico en laboratorio de idiomas del edificio N

GANANCIA DE CALOR SENSIBLE POR MAQUINAS O EQUIPO ELECTRICO				
LUGAR	EQUIPO	CANTIDAD	POTENCIA	Qsm (W)
LABORATORIO DE IDIOMAS	COMPUTADORA	30	150	4,500
	TELEVISION	1	70	70

5.2.6 Calor sensible por ventilación del aire.

Para evitar una sensación de malestar en el interior del recinto es necesario renovar el aire que se encuentra dentro, esto se logra gracias a que el equipo acondicionador de aire mezcla el aire del interior del recinto con aire del exterior y ambos tienen temperaturas diferentes.

Para esto se considera un caudal volumétrico dependiendo del tipo de local y de cuantas personas estén en el interior, (tabla 3.4). Se utiliza la ecuación 3.13.

Se utilizó un caudal de 25 m^3 para los laboratorios, aulas, auditorio y biblioteca y un caudal de 34 m^3 para las oficinas de la dirección.

De la tabla 5.23 a la 5.26 se puede observar los cálculos efectuados.

Tabla 5.23 Calor sensible generado por ventilación en oficina de área secretarial del edificio A

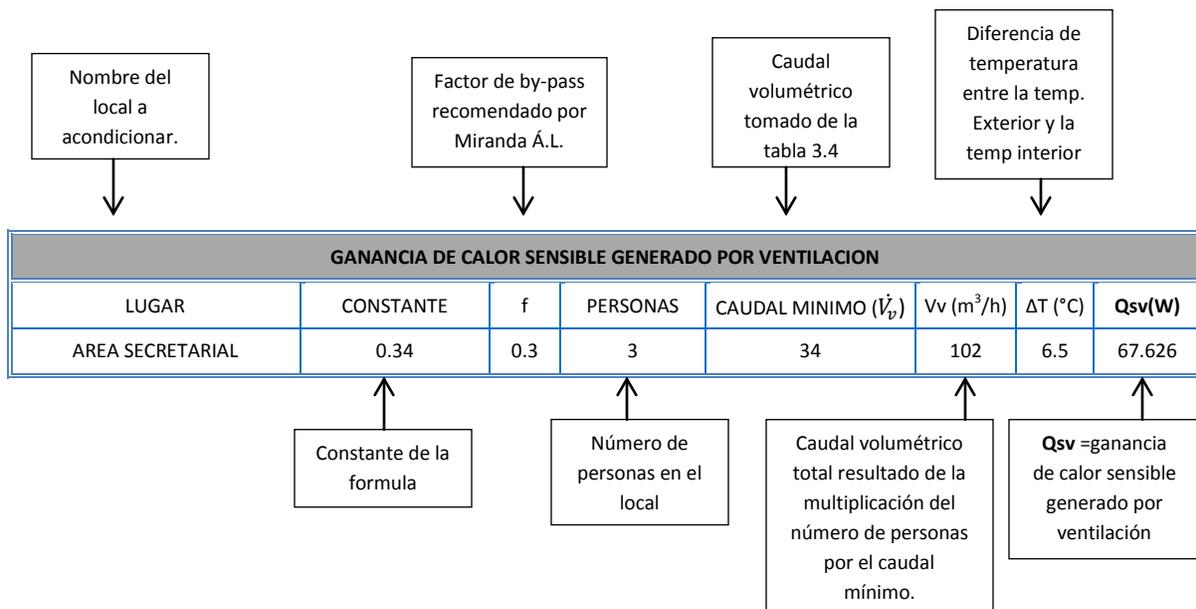


Tabla 5.24 Calor sensible generado por ventilación en oficina de servicios educativos del edificio A

GANANCIA DE CALOR SENSIBLE GENERADO POR VENTILACION							
LUGAR	CONSTANTE	f	PERSONAS	CAUDAL MINIMO	V_v (m^3/h)	ΔT ($^\circ\text{C}$)	Q_{sv} (W)
SERVICIOS EDUCATIVOS	0.34	0.3	3	34	102	6.5	67.626

Tabla 5.25 Calor sensible generado por ventilación en laboratorio de idiomas en edificio N

GANANCIA DE CALOR SENSIBLE GENERADO POR VENTILACION							
LUGAR	CONSTANTE	f	PERSONAS	CAUDAL MINIMO	Vv (m ³ /h)	ΔT (°C)	Qsv(W)
LABORATORIO DE IDIOMAS	0.34	0.3	30	25	750	6.5	497.25

Tabla 5.26 Calor sensible generado por ventilación en el aula 01 del edificio D

GANANCIA DE CALOR SENSIBLE GENERADO POR VENTILACION							
LUGAR	CONSTANTE	f	PERSONAS	CAUDAL MINIMO	Vv (m ³ /h)	ΔT (°C)	Qsv(W)
AULA 01	0.34	0.3	20	25	500	6.5	331.5

5.3 CALCULO DE LAS CARGAS LATENTES.

Tomando los mismos locales que se emplearon en el cálculo de cargas sensibles se utilizaran para estas partidas como ejemplo.

5.3.1. Calor latente debido al aire de infiltraciones.

Esta partida se calcula porque en el interior deseamos tener una humedad relativa de 50%, la humedad relativa exterior promedio de la ciudad de Chetumal es de 77%, obtenida de la tabla del Anexo 4.

Cuando el aire se infiltra por las fisuras o por las aperturas de puertas (Figura 5.7), lleva consigo humedad, por lo que se necesita saber cuánta agua en forma de vapor se filtra. Esto se obtiene por medio de la carta psicrométrica localizada en el Anexo 3, donde se obtiene la diferencia de humedades absolutas, dato que nos servirá para emplear en la ecuación 3.14.

Con ayuda de la tabla 3.2, se consideró como tipo de local para aulas, oficinas y centros de cómputo “Restaurantes (sin vestíbulo)” y para los laboratorios de química y física “Sala de té (sin vestíbulo)”, se seleccionaron estas secciones puesto que son las más allegadas a las actividades que se desarrollan en los espacios antes descritos.

De la tabla 5.27 a la 5.30 se observa el cálculo realizado para esta partida.

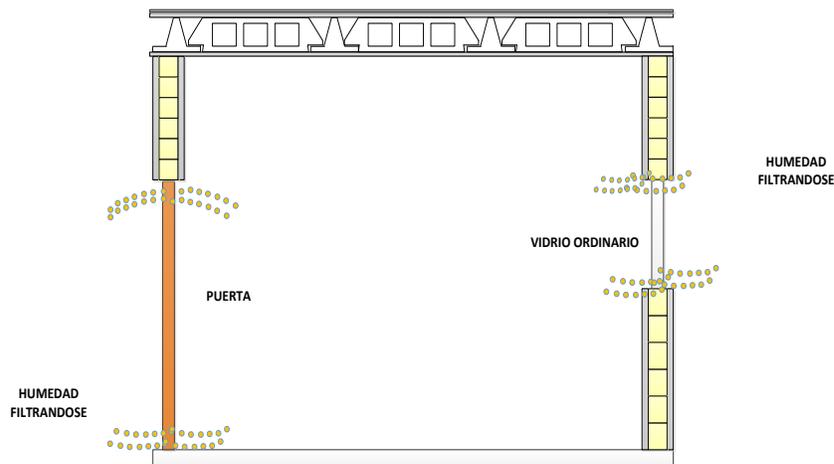


Figura 5.7 Calor latente filtrándose en fisuras o por apertura de puertas

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.27 Calor latente generado por infiltración del aire en oficina de área secretarial del edificio A

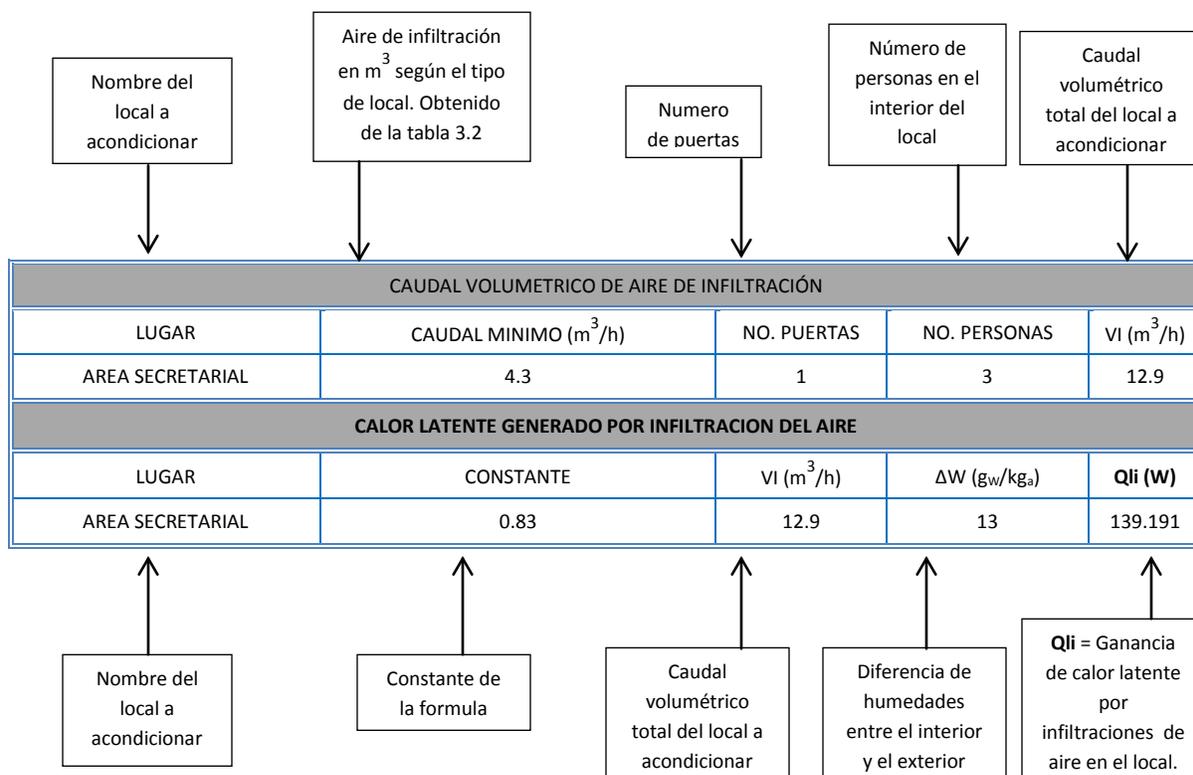


Tabla 5.28 Calor latente generado por infiltración del aire en oficina de servicios educativos del edificio A

CAUDAL VOLUMETRICO DE AIRE DE INFILTRACIÓN				
LUGAR	CAUDAL MINIMO (m ³ /h)	No. PUERTAS	No. PERSONAS	VI (m ³ /h)
SERVICIOS EDUCATIVOS	4.3	1	3	12.9
CALOR LATENTE GENERADO POR INFILTRACION DEL AIRE				
LUGAR	CONSTANTE	VI (m ³ /h)	ΔW (g _w /kg _a)	Q _{li} (w)
SERVICIOS EDUCATIVOS	0.83	12.9	13	139.191

Tabla 5.29 Calor latente generado por infiltración del aire en laboratorio de idiomas del edificio N

CAUDAL VOLUMETRICO DE AIRE DE INFILTRACIÓN				
LUGAR	CAUDAL MINIMO (m ³ /h)	No. PUERTAS	No. PERSONAS	VI (m ³ /h)
LABORATORIO DE IDIOMAS	4.3	1	30	129
CALOR LATENTE GENERADO POR INFILTRACION DEL AIRE				
LUGAR	CONSTANTE	VI (m ³ /h)	ΔW (g _w /kg _a)	Qli (w)
LABORATORIO DE IDIOMAS	0.83	129	13	1,391.91

Tabla 5.30 Calor latente generado por infiltración del aire en el aula 01 del edificio D

CAUDAL VOLUMETRICO DE AIRE DE INFILTRACIÓN				
LUGAR	CAUDAL MINIMO (m ³ /h)	No. PUERTAS	No. PERSONAS	VI (m ³ /h)
AULA 01	4.3	1	20	86
CALOR LATENTE GENERADO POR INFILTRACION DEL AIRE				
LUGAR	CONSTANTE	VI (m ³ /h)	ΔW (g _w /kg _a)	Qli (w)
AULA 01	0.83	86	13	927.94

5.3.1 Calor latente generado por las personas que ocuparan el local.

Las personas además de emitir un calor seco (calor sensible) emiten un calor en forma de vapor (calor latente), esto por el sudor que libera el cuerpo.

Dicho sudor que emerge del cuerpo, se mantiene sobre la piel, se evapora tomando un poco de calor del cuerpo para poder lograr su cambio de estado, se hace vapor y el sudor del cuerpo ya en estado de vapor se desprende del cuerpo (Figura 5.8) mezclándose con el aire.

De la tabla 3.7 se obtiene el calor latente emitido de por las personas a una temperatura interior de 25°C y con la ecuación 3.17 se hace el cálculo para obtener el calor latente que emite una persona o personas en la temperatura seleccionada dentro de nuestro espacio.

De la tabla 5.31 a la 5.34 se observa los cálculos efectuados para esta partida.



Figura 5.8 Calor latente emitido por personas en el interior de un recinto.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5.31 Calor latente generado por personas que ocupan el área secretarial del edificio A

GANANCIA DE CALOR LATENTE POR PERSONAS					
LUGAR	TEMPERATURA INTERIOR	ACTIVIDAD	No. DE PERSONAS	CALOR LATENTE (W)	Q_{lp} (W)
AREA SECRETARIAL	25°C	OFICINISTA ACTIVIDAD MODERADA	3	64	192

Nombre del local a acondicionar

Temperatura interior deseada.

Actividad a desarrollar en el interior o semejante del local

Número de personas que ocupan el local

Cantidad de calor sensible generado por persona y por actividad según tabla 3.3

Q_{lp} = ganancia de calor latente generado por personas en el local.

Tabla 5.32 Calor latente que generado por personas que ocupan la oficina de servicios educativos del edificio A.

GANANCIA DE CALOR LATENTE POR PERSONAS					
LUGAR	TEMPERATURA INTERIOR	ACTIVIDAD	No. DE PERSONAS	CALOR LATENTE (W)	Q _{lp} (W)
SERVICIOS EDUCATIVOS	25°C	OFICINISTA ACTIVIDAD MODERADA	3	64	192

Tabla 5.33 Calor latente generado por personas que ocuparán el laboratorio de idiomas.

GANANCIA DE CALOR LATENTE POR PERSONAS					
LUGAR	TEMPERATURA INTERIOR	ACTIVIDAD	No. DE PERSONAS	CALOR LATENTE (W)	Q _{lp} (W)
LABORATORIO DE IDIOMAS	25°C	SENTADO TRABAJO LIGERO	30	49.5	1,485

Tabla 5.34 Calor latente generado por personas que ocuparán el aula 01 del edificio D

GANANCIA DE CALOR LATENTE POR PERSONAS					
LUGAR	TEMPERATURA INTERIOR	ACTIVIDAD	NO. DE PERSONAS	CALOR LATENTE (W)	Q _{lp} (W)
AULA 01	25°C	SENTADO TRABAJO LIGERO	20	49.5	990

5.3.2 Calor latente procedente del aire de ventilación.

El aire de ventilación consiste en la entrada del aire exterior para renovar permanentemente el aire del interior y así obtener un nivel de pureza, ya que con el proceso de respiración o gracias a gases, se contamina el interior del espacio.

Este aire proveniente del exterior trae consigo una determinada cantidad de calor latente, por lo que se hace un análisis de la diferencia de humedades tanto del exterior como del interior del recinto por medio de la carta psicrométrica (Anexo 2).

Se utilizó un caudal de 25 m³ para los laboratorios, aulas, auditorio y biblioteca y un caudal de 34 m³ para las oficinas de la dirección, obtenidos de la tabla 3.4.

Para el cálculo de esta partida se utilizó la ecuación 3.17 del capítulo III.

De la tabla 5.35 a la 5.38 se puede observar los cálculos realizados.

Tabla 5.35 Calor latente generado por ventilación en el área secretarial del edificio A

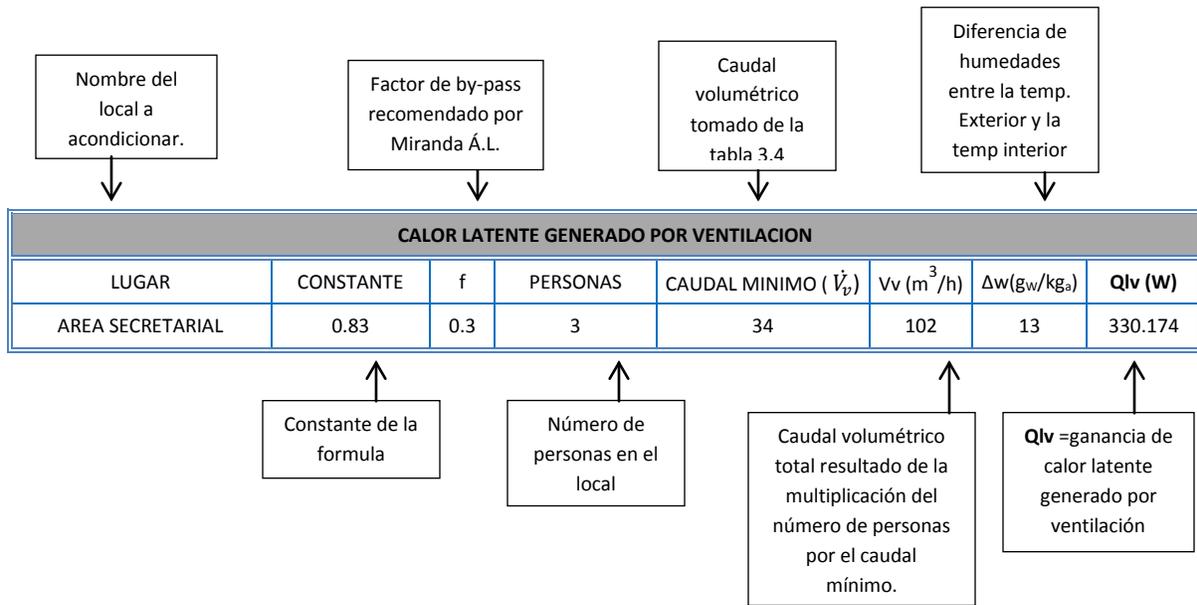


Tabla 5.36 Calor latente generado por ventilación en el área de servicios educativos del edificio A

CALOR LATENTE GENERADO POR VENTILACION							
LUGAR	CONSTANTE	f	PERSONAS	CAUDAL MINIMO	V_v (m^3/h)	Δw (g_w/kg_a)	Q_{lv} (W)
SERVICIOS EDUCATIVOS	0.83	0.3	3	34	102	13	330.174

Tabla 5.37 Calor latente generado por ventilación en el laboratorio de idiomas

CALOR LATENTE GENERADO POR VENTILACION							
LUGAR	CONSTANTE	f	PERSONAS	CAUDAL MINIMO	V_v (m^3/h)	Δw (g_w/kg_a)	Q_{lv} (W)
LABORATORIO DE IDIOMAS	0.83	0.3	30	25	750	13	2,427.75

Tabla 5.38 Calor latente generado por ventilación en el aula 01 del edificio D.

CALOR LATENTE GENERADO POR VENTILACION							
LUGAR	CONSTANTE	f	PERSONAS	CAUDAL MINIMO	V_v (m^3/h)	Δw (g_w/kg_a)	Q_{lv} (W)
AULA 01	0.83	0.3	20	25	500	13	1,618.5

5.4 CARGAS TOTALES.

Derivado de todos los cálculos realizados anteriormente, se presenta la siguiente tabla (5.39), en donde se encuentran resumidas todas las ganancias de calor que influyen en los espacios que se tomaron como ejemplo.

Tabla 5.39 Resumen de las cargas térmicas en los espacios a acondicionar

CARGAS TERMICAS										
LUGAR	CALOR SENSIBLE (W)							CALOR LATENTE (W)		
	CONDUCCION (Qc)	RADIACION (Qr)	AIRE DE INFILTRACION (Qsi)	POR PERSONAS (Qsp)	POR ILUMINACION (Qsil)	POR MAQUINAS (Qsm)	POR VENTILACION (Qsv)	AIRE DE INFILTRACION (Qli)	POR PERSONAS (Qlp)	POR VENTILACION (Qlv)
AREA SECRETARIAL	2,867.33	1,144.78	28.51	201	225	464.65	67.62	139.19	192.00	330.17
SERVICIOS EDUCATIVOS	5,718.17	-	28.51	201	150	479.30	67.62	139.19	192.00	330.17
LABORATORIO DE IDIOMAS	10,173.12	1,981.35	285.09	2,010	1,750	4,570.000	497.23	1,391.91	1,485.00	2,427.75
AULA 01	5,419.73	792.54	190.06	1,340	300	-	331.50	927.94	990.00	1,618.50

5.5 DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE LOS EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO

Para determinar la capacidad de nuestro equipo acondicionador de aire se suman todas las ganancias de calor sensibles (ecuación 3.19) y latentes (ecuación 3.20) para así obtener un total de las dos cargas (Q_{total}).

Se multiplica la carga total por el coeficiente de seguridad (ecuación 3.21 y 3.22), que en este caso fue de un 10%, esto con el fin de asegurarse de haber calculado todas las posibilidades de producción e ingreso de calor local. Una vez obtenido la carga total con su respectivo coeficiente de seguridad se procede a convertir el calor total a toneladas de refrigeración (TR) o Btu/h.

En la tabla 5.40 se observa el cálculo realizado para determinar la capacidad de refrigeración de los espacios tomados como ejemplos para este proyecto.

Tabla 5.40 Determinación de la capacidad del equipo de aire acondicionado en los espacios elegidos

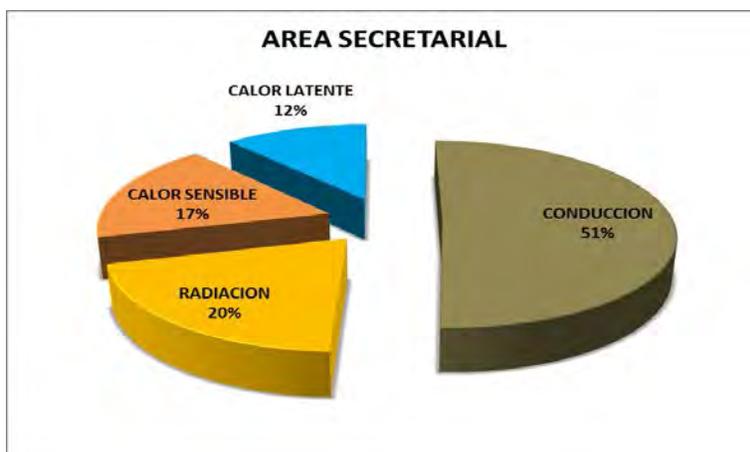
CAPACIDAD DEL EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO A SELECCIONAR										
LUGAR	CONDUCCION (W)	RADIACION (W)	CALOR SENSIBLE (W)	CALOR LATENTE (W)	Q_{total} (KW)	COEFICIENTE DE SEGURIDAD	Q_{total} (KW) CON COEFICIENTE DE SEGURIDAD	TONELADAS DE REFRIGERACION (TR)	(Btu/h)	CAPACIDAD DEL EQUIPO (TR)
AREA SECRETARIAL	2,867.33	1,144.78	986.78	661.36	5.66	1.1	6.23	1.77	21,225.92	2 TON
SERVICIOS EDUCATIVOS	5,718.17	0.00	926.43	661.36	7.31	1.1	8.04	2.28	27,397.35	2 TON
LABORATORIO DE IDIOMAS	10,173.12	1,981.35	9,112.32	5,304.66	26.57	1.1	29.23	8.30	99,642.94	8 TON
AULA 01	5,419.73	792.54	2,161.56	3,536.44	11.91	1.1	13.10	3.72	44,663.51	4 TON

Factor de conversión para determinar la capacidad de los equipos.

$$1 \text{ Tonelada de refrigeración} = 12,000 \text{ Btu/h} = 3.52 \text{ Kw}$$

5.6 ANALISIS.

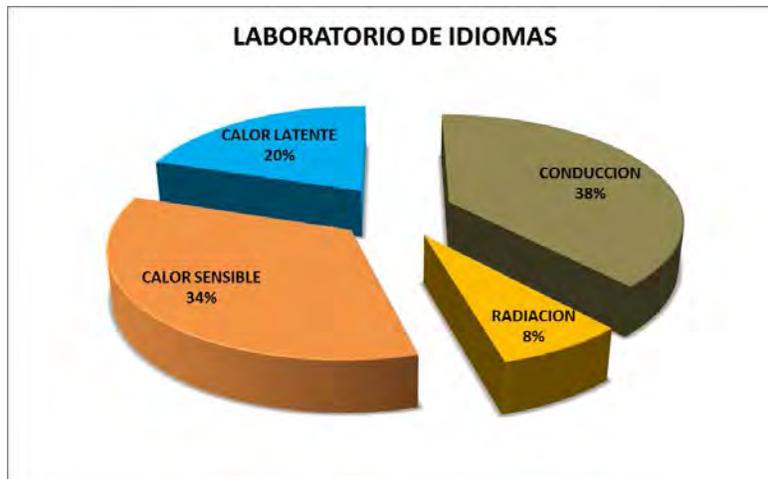
De acuerdo a las gráficas 5.1, 5.2, 5.3 y 5.4 se puede observar que la mayor ganancia de calor en los cuatro edificios tomados como ejemplos es por conducción y no solo en estos cuatro edificios, en la gran mayoría de los edificios del plantel la mayor ganancia de calor es por conducción.



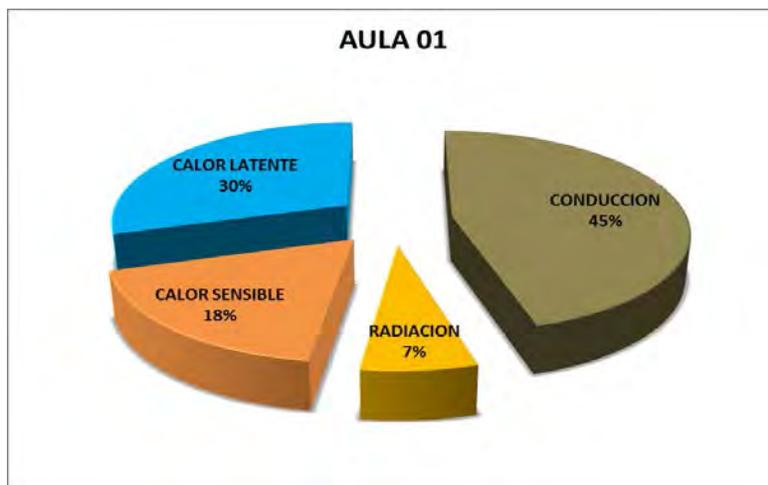
Grafica 5.1 Comportamiento de las cargas térmicas en el área secretarial



Grafica 5.2 Comportamiento de las cargas térmicas en oficina de servicios educativos



Grafica 5.3 Comportamiento de las cargas térmicas en laboratorio de idiomas



Grafica 5.4 Comportamiento de las cargas térmicas en el aula 01 del edificio D

5.7 DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE LOS AIRES ACONDICIONADOS DE TODOS LOS RECINTOS DEL CENTRO DE ESTUDIOS TECNOLOGICOS DEL MAR NO 10.

Como se mencionó anteriormente al inicio del capítulo, solo se tomaron como ejemplo cuatro espacios o recintos para explicar el procedimiento que se realizó para determinar cada una de las cargas térmicas, sin embargo se efectuó el mismo proceso para todos los recintos existentes en la institución y así determinar la capacidad del equipo de aire acondicionado en cada uno de los espacios, como se presenta a continuación en la Tabla 5.41.

Tabla 5.41 Capacidad de refrigeración en todos los espacios de la preparatoria de centro de estudios tecnológicos del mar No. 10

LUGAR	GANANCIAS DE CALOR				Q total (KW)	Q total x 1.1 (KW)	Btu/h	TONELADAS DE REFRIGERACION	CAPACIDAD DEL EQUIPO (TR)
	CONDUCCION (W)	RADIACION (W)	Q SENSIBLE (W)	Q LATENTE (W)					
LAB. DE IDIOMAS (EDIF. N)	10,173.12	1,981.35	9,112.34	5,304.66	26.57	29.23	99,643.0	8.30	8 TR
LAB. DE COMPUTO (EDIF. N)	8,571.46	1,585.08	9,760.42	5,403.98	25.32	27.85	94,953.5	7.91	8 TR
AULA 05 (EDIF. D1)	4,852.74	1,188.81	2,161.56	3,536.44	11.74	12.91	44,023.3	3.67	4 TR
AULA 01 (EDIF. D1)	4,616.28	1,188.81	2,161.56	3,536.44	11.50	12.65	43,136.6	3.59	4 TR
AULA 02 (EDIF. D1)	3,788.67	1,188.81	2,161.56	3,536.44	10.68	11.74	40,033.1	3.34	3 TR
AULA 03 (EDIF. D1)	3,788.67	1,188.81	2,161.56	3,536.44	10.68	11.74	40,033.1	3.34	3 TR
AULA 04 (EDIF. D1)	3,788.67	1,188.81	2,161.56	3,536.44	10.68	11.74	40,033.1	3.34	3 TR
AULA 05 (EDIF. D1)	3,788.67	1,188.81	2,161.56	3,536.44	10.68	11.74	40,033.1	3.34	3 TR
AULA 01 (EDIF. D)	5,419.73	792.54	2,161.56	3,536.44	11.91	13.10	44,663.5	3.72	4 TR
AULA 02 (EDIF. D)	4,592.12	792.54	2,161.56	3,536.44	11.08	12.19	41,560.0	3.46	3 TR
AULA 03 (EDIF. D)	4,592.12	792.54	2,161.56	3,536.44	11.08	12.19	41,560.0	3.46	3 TR
AULA 04 (EDIF. D)	5,656.19	792.54	2,161.56	3,536.44	12.15	13.36	45,550.2	3.80	4 TR

LUGAR	GANANCIAS DE CALOR				Q total (KW)	Q total x 1.1 (KW)	Btu/h	TONELADAS DE REFRIGERACION	CAPACIDAD DEL EQUIPO (TR)
	CONDUCCION (W)	RADIACION (W)	Q SENSIBLE (W)	Q LATENTE (W)					
AULA 01 (EDIF E)	5,445.81	983.63	2,161.56	3,536.44	12.13	13.34	45,477.9	3.79	4 TR
AULA 02 (EDIF E)	4,618.20	983.63	2,161.56	3,536.44	11.30	12.43	42,374.4	3.53	4 TR
OFICINA VINCULACION (EDIF E)	1,829.98	396.27	429.23	530.47	3.19	3.50	11,947.3	1.00	1 TR
TALLER DE DIBUJO (EDIF E)	8,594.13	1,673.14	2,942.34	5,304.66	18.51	20.37	69,428.5	5.79	6 TR
LAB DE ESPECIALIDADES (EDIF L)	6,008.36	1,144.78	2,497.20	4,732.80	14.38	15.82	53,936.8	4.49	4 TR
ALMACEN (EDIF L)	2,884.43	396.27	317.15	289.85	3.89	4.28	14,578.9	1.21	1 TR
05 AULA (EDIF M)	1,414.64	0.00	242.15	260.85	1.92	2.11	7,191.1	0.60	1 TR
06 AULA (EDIF M)	1,473.34	792.54	636.16	353.64	3.26	3.58	12,208.8	1.02	1 TR
04 AULA (EDIF M)	882.60	0.00	242.15	260.85	1.39	1.52	5,196.0	0.43	1/2 TR
03 AULA (EDIF M)	3,719.63	704.48	2,161.56	4,066.44	10.65	11.72	39,945.4	3.33	3 TR
02 AULA (EDIF M)	3,719.63	704.48	2,161.56	3,536.44	10.12	11.13	37,957.9	3.16	3 TR
01 AULA (EDIF M)	6,404.68	1,056.72	2,311.56	3,536.44	13.31	14.64	49,910.2	4.16	4 TR
SINDICATO (EDIF F1)	3,114.96	396.27	562.66	449.54	4.52	4.98	16,962.9	1.41	1 TR
LAB. DE FISICA (EDIF F1)	5,180.76	1,144.78	2,497.20	4,732.80	13.56	14.91	50,833.3	4.24	4 TR
LAB. DE FISICA-ALMACEN (EDIF F1)	1,820.37	396.27	317.15	289.85	2.82	3.11	10,588.6	0.88	1 TR
LAB. DE BIOLOGIA (EDIF F1)	5,180.76	1,144.78	2,497.20	4,732.80	13.56	14.91	50,833.3	4.24	4 TR
LAB. DE BIOLOGIA-ALMACEN (EDIF F1)	2,884.43	396.27	317.15	289.85	3.89	4.28	14,578.9	1.21	1 TR

LUGAR	GANANCIAS DE CALOR				Qtotol (KW)	Qtotol x 1.1 (KW)	Btu/h	TONELADAS DE REFRIGERACION	CAPACIDAD DEL EQUIPO (TR)
	CONDUCCION (W)	RADIACION (W)	Q SENSIBLE (W)	Q LATENTE (W)					
03 SALA DE MAESTROS (EDIF. B)	2,451.16	396.27	261.16	353.64	3.46	3.81	12,983.4	1.08	1 TR
04 SALA DE MAESTROS (EDIF. B)	2,392.45	0.00	261.16	353.64	3.01	3.31	11,277.2	0.94	1 TR
05 SALA DE MAESTROS (EDIF. B)	3,194.49	396.27	429.23	530.47	4.55	5.01	17,064.2	1.42	1 TR
CAFETERIA (EDIF. B)	4,061.18	598.81	8,621.42	10,544.58	23.83	26.21	89,347.5	7.45	7 TR
AUDITORIO (EDIF.B)	10,401.36	1,893.29	10,801.21	13,186.79	36.28	39.91	136,059.9	11.34	11 TR
DIR-SALA DE JUNTAS (EDIF. A)	2,647.97	396.27	762.72	348.12	4.16	4.57	15,581.6	1.30	1 TON
AREA SECRETARIAL (EDIF. A)	2,867.33	1,144.78	988.78	661.37	5.66	6.23	21,233.4	1.77	2 TON
RECURSOS HUMANOS (EDIF. A)	763.84	0.00	420.72	284.12	1.47	1.62	5,507.6	0.46	1/2 TON
SUBDIRECCION (EDIF. A)	763.84	0.00	420.72	284.12	1.47	1.62	5,507.6	0.46	1/2 TON
SERVICIOS EDUCATIVOS (EDIF. A)	5,718.17	0.00	930.42	661.37	7.31	8.04	27,412.3	2.28	2 TON
SERVICIOS ADMON (EDIF. A)	5,149.48	396.27	589.73	440.91	6.58	7.23	24,661.5	2.06	2 TON
BIBLIOTECA (EDIF.A)	11,803.81	1,805.23	4,076.62	4,464.38	22.15	24.37	83,062.6	6.92	7 TON

5.8 COMPARACION DEL CONSUMO DE ENERGIA DE LOS EQUIPOS INSTALADOS CON LOS EQUIPOS PROPUESTOS.

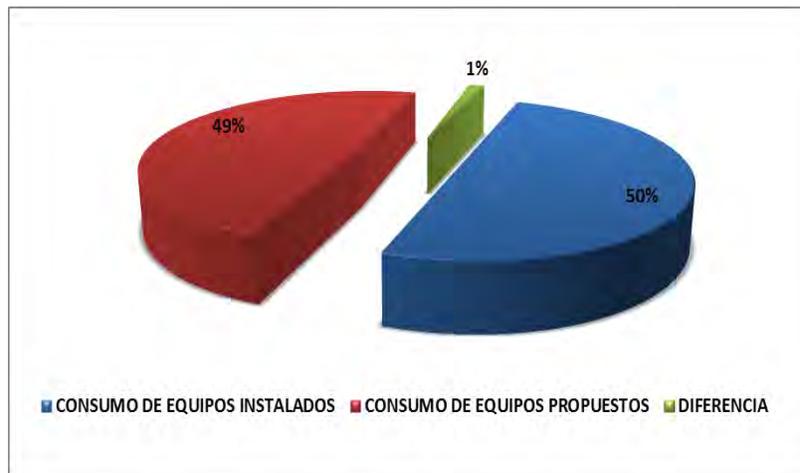
Con el fin de demostrar que en la institución hay un mal dimensionamiento de los equipos de aires acondicionados y de que hay una reducción de consumo de energía gracias al cálculo del balance térmico, se presenta la siguiente tabla y gráfica que demuestran que hay un consumo de energía mayor con los equipos que en la actualidad están instalados en el Centro de Estudios Tecnológicos del mar No. 10 en comparación con los equipos propuestos se reduce el consumo de energía.

Tabla 5.42 Comparación del consumo de energía de los equipos instalados actualmente con los equipos propuestos

LUGAR	CAPACIDAD DEL EQUIPO INSTALADO (TR)	POTENCIA (W)	CAPACIDAD DEL EQUIPO PROPUESTO (TR)	POTENCIA (W)
LAB. DE IDIOMAS (EDIF. N)	8 TR	8800	8 TR	8800
LAB. DE COMPUTO (EDIF. N)	8 TR	8800	8 TR	8800
AULA 05 (EDIF. D1)	4 TR	4400	4 TR	4400
AULA 01 (EDIF. D1)	4 TR	4400	4 TR	4400
AULA 02 (EDIF. D1)	4 TR	4400	3 TR	3300
AULA 03 (EDIF. D1)	4 TR	4400	3 TR	3300
AULA 04 (EDIF. D1)	4 TR	4400	3 TR	3300
AULA 01 (EDIF. D)	4 TR	4400	4 TR	4400
AULA 02 (EDIF. D)	4 TR	4400	3 TR	3300
AULA 03 (EDIF. D)	4 TR	4400	3 TR	3300
AULA 04 (EDIF. D)	4 TR	4400	4 TR	4400
AULA 01 (EDIF E)	4 TR	4400	4 TR	4400
AULA 02 (EDIF E)	4 TR	4400	4 TR	4400
OFICINA VINCULACION (EDIF E)	2 TR	2200	1 TR	1100
TALLER DE DIBUJO (EDIF E)	4 TR	4400	6 TR	6600
LAB DE ESPECIALIDADES (EDIF L)	2 TR	2400	4 TR	4800
ALMACEN- LAB. DE ESPECIALIDADES (EDIF L)	2 TR	2400	1 TR	1200
05 AULA (EDIF M)	NO TIENE A.A	0	1 TR	0
06 AULA (EDIF M)	2 TR	2200	1 TR	1100
04 AULA (EDIF M)	NO TIENE A.A	0	0.5 TR	0
03 AULA (EDIF M)	NO TIENE A.A	0	3 TR	0
02 AULA (EDIF M)	NO TIENE A.A	0	3 TR	0
01 AULA (EDIF M)	NO TIENE A.A	0	4 TR	0
SINDICATO (EDIF F1)	2 TR	2200	1 TR	1100
LAB. DE FISICA (EDIF F1)	2 TR	2200	4 TR	4400
LAB. DE FISICA-ALMACEN (EDIF F1)	1 TR	1100	1 TR	1100
LAB. DE BIOLOGIA (EDIF F1)	2 TR	2200	4 TR	4400
LAB. DE BIOLOGIA-ALMACEN (EDIF F1)	1 TR	1100	1 TR	1100

LUGAR	CAPACIDAD DEL EQUIPO INSTALADO (TR)	POTENCIA (W)	CAPACIDAD DEL EQUIPO PROPUESTO (TR)	POTENCIA (W)
03 SALA DE MAESTROS (EDIF. B)	2 TR	2400	1 TR	1200
04 SALA DE MAESTROS (EDIF. B)	NO TIENE A.A	0	1 TR	0
05 SALA DE MAESTROS (EDIF. B)	NO TIENE A.A	0	1 TR	0
CAFETERIA (EDIF. B)	4 TR	8800	7 TR	7700
AUDITORIO (EDIF. B)	8 TR	8800	11 TR	12100
DIR-SALA DE JUNTAS (EDIF. A)	2 TR	2400	1 TR	1200
AREA SECRETARIAL (EDIF. A)	2 TR	2400	2 TR	2400
RECURSOS HUMANOS (EDIF. A)	2 TR	1200	0.5 TR	600
SUBDIRECCION (EDIF. A)	2 TR	1200	0.5 TR	600
SERVICIOS EDUCATIVOS (EDIF. A)	2 TR	2400	2 TR	2400
SERVICIOS ADMON (EDIF. A)	2 TR	2400	2 TR	2400
BIBLIOTECA (EDIF. A)	8 TR	9600	7 TR	8400

De la tabla 5.42 se obtiene el total del consumo de los equipos instalados que es de 130kW y de los equipos propuestos es de 126.4 kW. Existe una diferencia de 3.6 kW como se observa en la gráfica 5.5, esto porque los equipos de aire acondicionado que son tipo ventana son los más antiguos y no cuentan con un mantenimiento ni preventivo ni correctivo y también porque hay recintos en los que se encuentran equipos de A.A. de mayor o menor capacidad a la requerida, lo que se refleja como un consumo mayor de energía.



Gráfica 5.5 Diferencia de consumo energético de los equipos instalados con los equipos propuestos por el balance térmico

CAPITULO VI. AISLAMIENTO TÉRMICO.

Con el fin de reducir lo más posible el consumo de energía de los aires acondicionados y de reducir las ganancias de calor por conducción, se propone implementar dos tipos de aislantes térmicos en la envolvente (techumbre y muros) de los edificios de la preparatoria.

Los dos aislantes propuestos que permitirán minimizar aún más la capacidad de refrigeración en las edificaciones son el Poliestireno expandido (A.1) y el Poliestireno extruido (A.2).

Dichos aislantes son propuestos porque son los que predominan en la zona, son económicamente más accesibles que otros, además de ser efectivos. También en proyectos anteriores como en el trabajo de tesis de Noé Merlín Euan (13) se demuestra que se puede reducir la ganancia de calor a través de envolventes, datos que sirven para tomar en cuenta estos dos tipos de aislantes.

Antes de mostrar el cálculo y el procedimiento que se efectuó con estos dos aislantes, se explicara brevemente cuál es su función de un aislante térmico.

6.1 ¿QUÉ ES UN AISLAMIENTO TÉRMICO?

Es una combinación de materiales que tienen la capacidad de oponerse al paso de calor por conducción y se evalúan por la resistencia térmica que tienen, dicho de otra manera, el aislante térmico evita el paso del aire caliente por conducción(20).

Los aislantes térmicos son opacos, porque así impiden el paso del calor por la radiación del sol, están constituidos en su mayor parte por aire, y tienen la característica de contener más del 90% de su volumen en aire.

También con estos dos tipos de aislantes térmicos se han hecho otro tipo de propuestas, como en el proyecto antes citado de Noe Merlin Euan (13) y Abril Ita Ndehui García Ramos(21), dando resultados positivos y demostrando que con el uso de estos aislantes se logra un mejor acondicionamiento interno de un local, además de lograr un bajo consumo de energía en el caso de tener equipos acondicionadores de aire.

6.1.1. Beneficios potenciales.

En el caso de casa habitación, los ocupantes dentro de un recinto obtienen un mejor nivel de vida y de descanso gracias a una temperatura interior controlada. En el caso de un edificio con oficinas el beneficio es que al tener un control de temperatura del interior, el trabajador puede desempeñarse mucho mejor en sus labores(20).

En un edificio donde se pretende usar equipos de aire acondicionado o donde ya los hay, el utilizar aislantes térmicos es un beneficio sumamente potencial, ya que estos impiden el paso del aire caliente por muros y techos en verano (figura 6.1) y en invierno impiden la fuga del calor generado en el interior hacia el exterior (figura 6.2).

En lo económico al instalar aislamiento térmico en un edificio reduce la necesidad de refrigeración entre 27% y 38%(20).

El impacto del aislamiento térmico puede abatir dramáticamente la reducción de la demanda de energía en la refrigeración y calefacción de un edificio.

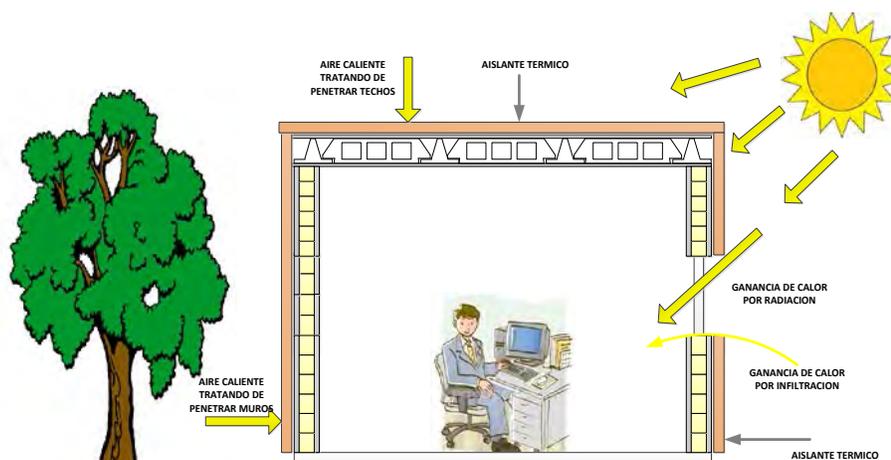


Figura 6.1 Comportamiento del aislante térmico en verano

Fuente: Elaboración propia

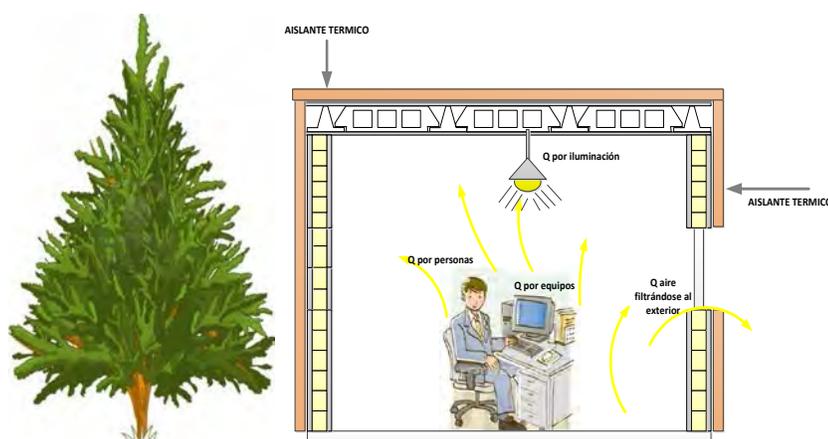


Figura 6.2 Comportamiento del aislante térmico en invierno

Fuente: Elaboración propia

6.2 DETERMINACION DE LOS EQUIPOS DE LOS EQUIPOS DE AIRES ACONDICIONADOS UTILIZANZO AISLANTE DE PLACA DE POLIESTIRENO EXPANDIDO.

Para minimizar la ganancia de calor por conducción en los edificios, se realizó nuevamente el cálculo de la ganancia de calor por conducción a través de la envolvente.

Los datos de este aislante para efectuar el cálculo de la ganancia de calor por conducción a través de la envolvente se encuentran en el Apéndice C.

Solamente se agregó el dato del aislante térmico que se utiliza en la misma tabla en la que se elabora nuestro cálculo de ganancia de calor por la envolvente, considerando los datos de dicho aislante como un muro más de los edificios.

A continuación se muestra de la tabla 6.1 a la 6.4 el ejemplo de los cuatro recintos utilizados en los cálculos anteriores del capítulo V.

Tabla 6.1 Cálculo de la conducción a través de la envolvente utilizando aislante térmico de placa de poliestireno expandido en oficina de área secretarial.

Aislante térmico en techumbre y muros



AREA SECRETARIAL	BARRERA	ORIENTACION	1/Hi	1/He	L1/K1	L2/K2	L3/K3	L4/K4	L5/K5	M	K	A(m ²)	Te(°C)	Ti(°C)	Qc (W)
	TECHO	1	0.15152	0.07692	0.03205	0.02874	0.02525	0.02381	0.34324	0.68153	1.46729	38.28	45	25	1123.3541
	MURO	4	0.12346	0.07692	0.00008	0.00000	0.00000	0.00000	0.34324	0.54370	1.83925	8.70	32	25	112.0101
	VENTANA	2	0.12346	0.07692	0.00538	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.20576	4.86012	12.15	27	25	118.1009
	PUERTA	4	0.12346	0.07692	0.00538	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.20576	4.86012	2.50	40	25	182.2545

Tabla 6.2 Cálculo de conducción a través de la envolvente utilizando aislante térmico de palca de poliestireno expandido en oficina de servicios educativos

SERVICIOS EDUCATIVOS	BARRERA	ORIENTACION	1/Hi	1/He	L1/K1	L2/K2	L3/K3	L4/K4	L5/K5	M	K	A(m ²)	Te(°C)	Ti(°C)	Qc (W)
	TECHO	1	0.15152	0.07692	0.03205	0.02874	0.02525	0.02381	0.34324	0.68153	1.46729	21.78	45	25	639.1497
		1'	0.15152	0.07692	0.03205	0.02874	0.02525	0.02381	0.34324	0.68153	1.46729	78.21	45	28	1950.8593
	MURO	4	0.12346	0.07692	0.00008	0.00000	0.00000	0.00000	0.34324	0.54370	1.83925	6.60	32	25	84.9732
	VENTANA	2	0.12346	0.07692	0.00538	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.20576	4.86012	9.00	27	25	87.4822
	PUERTA	4	0.12346	0.07692	0.00538	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.20576	4.86012	2.50	40	25	182.2545

Tabla 6.3 Cálculo de conducción a través de la envolvente utilizando aislante térmico de palca de poliestireno expandido en laboratorio de idiomas

LAB. DE IDIOMAS	BARRERA	ORIENTACION	1/Hi	1/He	L1/K1	L2/K2	L3/K3	L4/K4	L5/K5	M	K	A(m ²)	Te(°C)	Ti(°C)	Qc (W)
	TECHO	1	0.15152	0.07692	0.03205	0.02874	0.02525	0.02381	0.34324	0.68153	1.46729	128.84	45	25	3780.90232
	MUROS	2	0.12346	0.07692	0.00008	0.00000	0.00000	0.00000	0.34324	0.54370	1.83925	15.31	31	25	168.95312
		4	0.12346	0.07692	0.00008	0.00000	0.00000	0.00000	0.34324	0.54370	1.83925	16.31	32	25	209.98670
		5	0.12346	0.07692	0.00008	0.00000	0.00000	0.00000	0.34324	0.54370	1.83925	23.70	32	25	305.13088
	VENTANA	2	0.12346	0.07692	0.00538	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.20576	4.86012	21.50	27	25	208.98519
		4	0.12346	0.07692	0.00538	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.20576	4.86012	22.50	29	25	437.41085
	PUERTA	2	0.123457	0.07692	0.30769	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.50807	1.96822	2.50	36	25	54.12617

Tabla 6.4 Cálculo de conducción a través de la envolvente utilizando aislante térmico de palca de poliestireno expandido en aula 01 de edificio D

AULA 01	BARRERA	ORIENTACION	1/Hi	1/He	L1/K1	L2/K2	L3/K3	L4/K4	L5/K5	M	K	A(m ²)	Te(°C)	Ti(°C)	Qc (W)
	TECHO	1	0.15152	0.07692	0.03205	0.02874	0.02525	0.02381	0.34324	0.68153	1.46729	64.38	45	25	1889.27733
	MUROS	2	0.12346	0.07692	0.00008	0.00000	0.00000	0.00000	0.34324	0.54370	1.83925	7.45	31	25	82.21429
		4	0.12346	0.07692	0.00008	0.00000	0.00000	0.00000	0.34324	0.54370	1.83925	6.45	32	25	83.04195
		5	0.12346	0.07692	0.00008	0.00000	0.00000	0.00000	0.34324	0.54370	1.83925	23.70	32	25	305.13088
	VENTANA	2	0.12346	0.07692	0.00538	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.20576	4.86012	11.17	27	25	108.57509
		4	0.12346	0.07692	0.00538	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.20576	4.86012	9.00	29	25	174.96434
	PUERTA	2	0.123457	0.07692	0.30769	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.50807	1.96822	2.50	36	25	54.12617

6.3 CAPACIDAD DE LOS EQUIPOS DE AIRES ACONDICIONADOS APLICANDO AISLANTE TERMICO CON PLACA DE POLIESTIRENO EXPANDIDO.

A continuación se muestra en la tabla 6.5 los resultados donde se determina la capacidad de refrigeración que tendría cada equipo de aire acondicionado para los espacios si se aplica el aislante de placa de poliestireno expandido en la envolvente de los edificios.

También en la misma tabla se puede observar la reducción de calor por conducción a través de la envolvente de los edificios que se tomaron como ejemplo, esta reducción es por la consideración de este aislante en la envolvente de los edificios.

Tabla 6.5 Determinación de la capacidad de los equipos de aire acondicionado utilizando aislante térmico de placa de poliestireno expandido

CAPACIDAD DE LOS EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO UTILIZANDO AISLANTE TERMICO DE POLIESTIRENO EXPANDIDO										
LUGAR	CONDUCCION (W)	RADIACION (W)	CALOR SENSIBLE (W)	CALOR LATENTE (W)	Qtotal (KW)	COEFICIENTE DE SEGURIDAD	Qtotal (KW) CON COEFICIENTE DE SEGURIDAD	Btu/h	TONELADAS DE REFRIGERACION (TR)	CAPACIDAD DE LOS EQUIPOS (TR)
AREA SECRETARIAL	1575.72	1144.78	986.78	661.36	4.37	1.1	4.81	16382.40	1.37	1 TR
SERVICIOS EDUCATIVOS	2944.72	0.00	926.43	661.36	4.53	1.1	4.99	16996.91	1.42	1.5 TR
LABORATORIO DE IDIOMAS	5165.50	1981.35	9112.32	5304.66	21.56	1.1	23.72	80864.36	6.74	7 TR
AULA 01	2697.33	792.54	2161.56	3536.44	9.19	1.1	10.11	34454.51	2.87	3 TR

6.4 DETERMINACION DE LA CAPACIDAD DE LOS AIRES ACONDICIONADOS DE TODOS LOS RECINTOS DEL CENTRO DE ESTUDIOS TECNOLOGICOS DEL MAR NO. 10 UTILIZANDO AISLANTE TERMICO DE POLIESTIRENO EXPANDIDO.

En la tabla 6.6 están plasmadas las capacidades de los equipos de aires acondicionados que se utilizarían en todos los recintos de la institución si se utiliza el aislante de poliestireno expandido. En la misma tabla están las capacidades de los equipos de AA que actualmente están instalados y las capacidades de los equipos determinados con el balance térmico, esto con el fin de comparar las capacidades y observar la reducción de la capacidad de refrigeración en los equipos.

Tabla 6.6 Determinación y comparación de la capacidad de los equipos de aires acondicionados utilizando aislante térmico de poliestireno expandido

LUGAR	CAPACIDAD DEL EQUIPO INSTALADO (TR)	CAPACIDAD DEL EQUIPO DETERMINADO CON BALANCE TERMICO (TR)	CAPACIDAD DEL EQUIPO UTILIZANDO AISLANTE DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (TR)
LAB. DE IDIOMAS (EDIF. N)	8 TR	8 TR	7 TR
LAB. DE COMPUTO (EDIF. N)	8 TR	8 TR	7 TR
AULA 05 (EDIF. D1)	4 TR	4 TR	3 TR
AULA 01 (EDIF. D1)	4 TR	4 TR	3 TR
AULA 02 (EDIF. D1)	4 TR	3 TR	3 TR
AULA 03 (EDIF. D1)	4 TR	3 TR	3 TR
AULA 04 (EDIF. D1)	4 TR	3 TR	3 TR
AULA 01 (EDIF. D)	4 TR	4 TR	3 TR
AULA 02 (EDIF. D)	4 TR	3 TR	3 TR
AULA 03 (EDIF. D)	4 TR	3 TR	3 TR
AULA 04 (EDIF. D)	4 TR	4 TR	3 TR

LUGAR	CAPACIDAD DEL EQUIPO INSTALADO (TR)	(PORPUESTA) CAPACIDAD DEL EQUIPO (TR)	CAPACIDAD DEL EQUIPO UTILIZANDO AISLANTE POLIESTIRENO EXPANDIDO (TR)
AULA 01 (EDIF E)	4 TR	4 TR	3 TR
AULA 02 (EDIF E)	4 TR	4 TR	3 TR
OFICINA VINCULACION (EDIF E)	2 TR	1 TR	1 TR
TALLER DE DIBUJO (EDIF E)	4 TR	6 TR	4 TR
LAB DE ESPECIALIDADES (EDIF L)	2 TR	4 TR	4 TR
ALMACEN- LAB. DE ESPECIALIDADES (EDIF L)	2 TR	1 TR	1 TR
05 AULA (EDIF M)	NO TIENE A.A	1 TR	0.5 TR
06 AULA (EDIF M)	2 TR	1 TR	1 TR
04 AULA (EDIF M)	NO TIENE A.A	0.5 TR	0.5 TR
03 AULA (EDIF M)	NO TIENE A.A	3 TR	3 TR
02 AULA (EDIF M)	NO TIENE A.A	3 TR	3 TR
01 AULA (EDIF M)	NO TIENE A.A	4 TR	3 TR
SINDICATO (EDIF F1)	2 TR	1 TR	1 TR
LAB. DE FISICA (EDIF F1)	2 TR	4 TR	3 TR
LAB. DE FISICA-ALMACEN (EDIF F1)	1 TR	1 TR	1 TR
LAB. DE BIOLOGIA (EDIF F1)	2 TR	4 TR	3 TR
LAB. DE BIOLOGIA-ALMACEN (EDIF F1)	1 TR	1 TR	1 TR
03 SALA DE MAESTROS (EDIF. B)	2 TR	1 TR	1 TR
04 SALA DE MAESTROS (EDIF. B)	NO TIENE A.A	1 TR	0.5 TR
05 SALA DE MAESTROS (EDIF. B)	NO TIENE A.A	1 TR	1 TR
CAFETERIA (EDIF. B)	4 TR	7 TR	7 TR
AUDITORIO (EDIF. B)	8 TR	11 TR	10 TR
DIR-SALA DE JUNTAS (EDIF. A)	2 TR	1 TR	1 TR
AREA SECRETARIAL (EDIF. A)	2 TR	2 TR	1 TR

LUGAR	CAPACIDAD DEL EQUIPO INSTALADO (TR)	(PORPUESTA) CAPACIDAD DEL EQUIPO (TR)	CAPACIDAD DEL EQUIPO UTILIZANDO AISLANTE POLIESTIRENO EXPANDIDO (TR)
RECURSOS HUMANOS (EDIF. A)	2 TR	0.5 TR	0.5 TR
SUBDIRECCION (EDIF. A)	2 TR	0.5 TR	0.5 TR
SERVICIOS EDUCATIVOS (EDIF. A)	2 TR	2 TR	1 TR
SERVICIOS ADMON (EDIF. A)	2 TR	2 TR	1 TR
BIBLIOTECA (EDIF. A)	8 TR	7 TR	5 TR

6.5 DETERMINACION DE LOS EQUIPOS DE AIRES ACONDICIONADOS UTILIZANDO AISLANTE TERMICO DE PLACA DE POLIESTIRENO EXTRUIDO.

Para minimizar la ganancia de calor por conducción en los edificios, se realizó nuevamente el cálculo de la ganancia de calor por conducción a través de la envolvente utilizando el aislante térmico con placa de poliestireno extruido.

Se realiza el mismo procedimiento descrito anteriormente, que se puede observar de la tabla 6.7 a la 6.10.

Tabla 6.7 Cálculo de la conducción a través de la envolvente utilizando aislante térmico de placa de poliestireno expandido

AREA SECRETARIAL	BARRERA	ORIENTACION	1/Hi	1/He	L1/K1	L2/K2	L3/K3	L4/K4	L5/K5	M	K	A(m ²)	Te(°C)	Ti(°C)	Qc(W)
	TECHO	1	0.15152	0.07692	0.03205	0.02874	0.02525	0.02381	0.86685	1.20514	0.82978	38.28	45	25	635.2795
	MURO	4	0.12346	0.07692	0.00008	0.00000	0.00000	0.00000	0.86685	1.06731	0.93694	8.70	32	25	57.0594
	VENTANA	2	0.12346	0.07692	0.00538	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.20576	4.86012	12.15	27	25	118.1009
	PUERTA	4	0.12346	0.07692	0.00538	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.20576	4.86012	2.50	40	25	182.2545

Tabla 6.8 Cálculo de la conducción a través de la envolvente utilizando aislante térmico de placa de poliestireno expandido

SERVICIOS EDUCATIVOS	BARRERA	ORIENTACION	1/Hi	1/He	L1/K1	L2/K2	L3/K3	L4/K4	L5/K5	M	K	A(m ²)	Te(°C)	Ti(°C)	Qc(W)	
	TECHO	1		0.15152	0.07692	0.03205	0.02874	0.02525	0.02381	0.86685	1.20514	0.82978	21.78	45	25	361.4521
		1'		0.15152	0.07692	0.03205	0.02874	0.02525	0.02381	0.86685	1.20514	0.82978	78.21	45	28	1103.2505
	MURO	4		0.12346	0.07692	0.00008	0.00000	0.00000	0.00000	0.86685	1.06731	0.93694	6.60	32	25	43.2864
	VENTANA	2		0.12346	0.07692	0.00538	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.20576	4.86012	9.00	27	25	87.4822
	PUERTA	4		0.12346	0.07692	0.00538	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.20576	4.86012	2.50	40	25	182.2545

Tabla 6.9 Cálculo de la conducción a través de la envolvente utilizando aislante térmico de placa de poliestireno expandido

LAB. DE IDIOMAS	BARRERA	ORIENTACION	1/Hi	1/He	L1/K1	L2/K2	L3/K3	L4/K4	L5/K5	M	K	A(m ²)	Te(°C)	Ti(°C)	Qc(W)	
	TECHO	1		0.15152	0.07692	0.03205	0.02874	0.02525	0.02381	0.86685	1.20514	0.82978	128.84	45	25	2138.17697
	MUROS	2		0.12346	0.07692	0.00008	0.00000	0.00000	0.00000	0.86685	1.06731	0.93694	15.31	31	25	86.06688
		4		0.12346	0.07692	0.00008	0.00000	0.00000	0.00000	0.86685	1.06731	0.93694	16.31	32	25	106.96991
		5		0.12346	0.07692	0.00008	0.00000	0.00000	0.00000	0.86685	1.06731	0.93694	23.70	32	25	155.43758
	VENTANA	2		0.12346	0.07692	0.00538	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.20576	4.86012	21.50	27	25	208.98519
		4		0.12346	0.07692	0.00538	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.20576	4.86012	22.50	29	25	437.41085
	PUERTA	2		0.123457	0.07692	0.30769	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.50807	1.96822	2.50	36	25	54.12617

Tabla 6.10 Cálculo de la conducción a través de la envolvente utilizando aislante térmico de placa de poliestireno expandido

AULA 01	BARRERA	ORIENTACION	1/Hi	1/He	L1/K1	L2/K2	L3/K3	L4/K4	L5/K5	M	K	A(m ²)	Te(°C)	Ti(°C)	Qc(W)
	TECHO	1	0.15152	0.07692	0.03205	0.02874	0.02525	0.02381	0.86685	1.20514	0.82978	64.38	45	25	1068.42466
	MUROS	2	0.12346	0.07692	0.00008	0.00000	0.00000	0.00000	0.86685	1.06731	0.93694	7.45	31	25	41.88101
		4	0.12346	0.07692	0.00008	0.00000	0.00000	0.00000	0.86685	1.06731	0.93694	6.45	32	25	42.30263
		5	0.12346	0.07692	0.00008	0.00000	0.00000	0.00000	0.86685	1.06731	0.93694	23.70	32	25	155.43758
	VENTANA	2	0.12346	0.07692	0.00538	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.20576	4.86012	11.17	27	25	108.57509
		4	0.12346	0.07692	0.00538	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.20576	4.86012	9.00	29	25	174.96434
PUERTA	2	0.123457	0.07692	0.30769	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.50807	1.96822	2.50	36	25	54.12617	

6.6 CAPACIDAD DE LOS EQUIPOS DE AIRES ACONDICIONADOS APLICANDO AISLANTE TERMICO CON PLACA DE POLIESTIRENO EXTRUIDO.

La tabla 6.11 muestra los resultados del cálculo realizado para determinar la capacidad de los equipos de aires acondicionados si se utiliza el aislante térmico de poliestireno extruido en la envolvente de los edificios.

Tabla 6.11 Determinación de los equipos de aires acondicionados utilizando aislante térmico de poliestireno extruido

CAPACIDAD DE LOS EQUIPOS DE AA CON AISLANTE TERMICO DE POLIESTIRENO EXTRUIDO										
LUGAR	CONDUCCION (W)	RADIACION (W)	CALOR SENSIBLE (W)	CALOR LATENTE (W)	Q total (KW)	COEFICIENTE DE SEGURIDAD	Q total (KW) CON COEFICIENTE DE SEGURIDAD	Btu/h	TONELADAS DE REFRIGERACION (TR)	CAPACIDAD DE LOS EQUIPOS (TR)
AREA SECRETARIAL	992.69	1144.78	986.78	661.36	3.79	1.1	4.16	14196.04	1.18	1 TR
SERVICIOS EDUCATIVOS	1777.73	0.00	926.43	661.36	3.37	1.1	3.70	12620.70	1.05	1 TR
LABORATORIO DE IDIOMAS	3187.17	1981.35	9112.32	5304.66	19.59	1.1	21.54	73445.63	6.12	6 TR
AULA 01	1645.71	792.54	2161.56	3536.44	8.14	1.1	8.95	30510.94	2.54	2.5TR

6.7 DETERMINACION DE LA CAPACIDAD DE LOS AIRES ACONDICIONADOS DE TODOS LOS RECINTOS DEL CENTRO DE ESTUDIOS TECNOLOGICOS DEL MAR No. 10 UTILIZANDO AISLANTE TERMICO DE POLIESTIRENO EXTRUIDO.

En la tabla 6.2 están plasmadas las capacidades de los equipos de aires acondicionados que se utilizarían en todos los recintos de la institución si se utiliza el aislante de poliestireno extruido. En la misma tabla están las capacidades de los equipos de AA que actualmente están instalados, las capacidades de los equipos determinados con el balance térmico, la capacidad determinada usan el aislante de poliestireno expandido y el aislante de poliestireno extruido esto con el fin de comparar las capacidades y observar la reducción de la capacidad de refrigeración en los equipos.

Tabla 6.12 Determinación de la capacidad y comparación de los equipos de aires acondicionados utilizando aislante térmico de poliestireno extruido

LUGAR	CAPACIDAD DEL EQUIPO INSTALADO (TR)	CAPACIDAD DEL EQUIPO DETERMINADO CON BALANCE TERMICO (TR)	CAPACIDAD DEL EQUIPO UTILIZANDO AISLANTE POLIESTIRENO EXPANDIDO (TR)	CAPACIDAD DEL EQUIPO UTILIZANDO AISLANTE POLIESTIRENO EXTRUIDO (TR)
LAB. DE IDIOMAS (EDIF. N)	8 TR	8 TR	7 TR	6 TR
LAB. DE COMPUTO (EDIF. N)	8 TR	8 TR	7 TR	6 TR
AULA 05 (EDIF. D1)	4 TR	4 TR	3 TR	3 TR
AULA 01 (EDIF. D1)	4 TR	4 TR	3 TR	3 TR
AULA 02 (EDIF. D1)	4 TR	3 TR	3 TR	2.5 TR
AULA 03 (EDIF. D1)	4 TR	3 TR	3 TR	2.5 TR
AULA 04 (EDIF. D1)	4 TR	3 TR	3 TR	2.5 TR
AULA 01 (EDIF. D)	4 TR	4 TR	3 TR	2.5 TR
AULA 02 (EDIF. D)	4 TR	3 TR	3 TR	2.5 TR
AULA 03 (EDIF. D)	4 TR	3 TR	3 TR	2.5 TR
AULA 04 (EDIF. D)	4 TR	4 TR	3 TR	2.5 TR

LUGAR	CAPACIDAD DEL EQUIPO INSTALADO (TR)	CAPACIDAD DEL EQUIPO DETERMINADO CON BALANCE TERMICO (TR)	CAPACIDAD DEL EQUIPO UTILIZANDO AISLANTE DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (TR)	CAPACIDAD DEL EQUIPO UTILIZANDO AISLANTE DE POLIESTIRENO EXTRUIDO (TR)
AULA 01 (EDIF E)	4 TR	4 TR	3 TR	3 TR
AULA 02 (EDIF E)	4 TR	4 TR	3 TR	2.5 TR
OFICINA VINCULACION (EDIF E)	2 TR	1 TR	1 TR	0.5 TR
TALLER DE DIBUJO (EDIF E)	4 TR	6 TR	4 TR	4 TR
LAB DE ESPECIALIDADES (EDIF L)	2 TR	4 TR	4 TR	3 TR
ALMACEN- LAB. DE ESPECIALIDADES (EDIF L)	2 TR	1 TR	1 TR	0.5 TR
05 AULA (EDIF M)	NO TIENE A.A	1 TR	0.5 TR	0.5 TR
06 AULA (EDIF M)	2 TR	1 TR	1 TR	1 TR
04 AULA (EDIF M)	NO TIENE A.A	0.5 TR	0.5 TR	0.5 TR
03 AULA (EDIF M)	NO TIENE A.A	3 TR	3 TR	2.5 TR
02 AULA (EDIF M)	NO TIENE A.A	3 TR	3 TR	2 TR
01 AULA (EDIF M)	NO TIENE A.A	4 TR	3 TR	3 TR
SINDICATO (EDIF F1)	2 TR	1 TR	1 TR	1 TR
LAB. DE FISICA (EDIF F1)	2 TR	4 TR	3 TR	3 TR
LAB. DE FISICA-ALMACEN (EDIF F1)	1 TR	1 TR	1 TR	0.5 TR
LAB. DE BIOLOGIA (EDIF F1)	2 TR	4 TR	3 TR	3 TR
LAB. DE BIOLOGIA-ALMACEN (EDIF F1)	1 TR	1 TR	1 TR	0.5 TR
03 SALA DE MAESTROS (EDIF. B)	2 TR	1 TR	1 TR	0.5 TR
04 SALA DE MAESTROS (EDIF. B)	NO TIENE A.A	1 TR	0.5 TR	0.5 TR
05 SALA DE MAESTROS (EDIF. B)	NO TIENE A.A	1 TR	1 TR	1 TR
CAFETERIA (EDIF. B)	4 TR	7 TR	7 TR	7 TR
AUDITORIO (EDIF.B)	8 TR	11 TR	10 TR	9 TR
DIR-SALA DE JUNTAS (EDIF. A)	2 TR	1 TR	1 TR	1 TR
AREA SECRETARIAL (EDIF. A)	2 TR	2 TR	1 TR	1 TR

LUGAR	CAPACIDAD DEL EQUIPO INSTALADO (TR)	CAPACIDAD DEL EQUIPO DETERMINADO CON BALANCE TERMICO (TR)	CAPACIDAD DEL EQUIPO UTILIZANDO AISLANTE DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (TR)	CAPACIDAD DEL EQUIPO UTILIZANDO AISLANTE DE POLIESTIRENO EXTRUIDO (TR)
RECURSOS HUMANOS (EDIF. A)	2 TR	0.5 TR	0.5 TR	0.5 TR
SUBDIRECCION (EDIF. A)	2 TR	0.5 TR	0.5 TR	0.5 TR
SERVICIOS EDUCATIVOS (EDIF. A)	2 TR	2 TR	1 TR	1 TR
SERVICIOS ADMON (EDIF. A)	2 TR	2 TR	1 TR	1 TR
BIBLIOTECA (EDIF.A)	8 TR	7 TR	5 TR	5 TR

6.8 COMPARACION DEL CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA DE LOS AIRES ACONDICIONADOS INSTALADOS, PROPUESTOS CON BALANCE TERMICO, PROPUESTOS CON AISLANTE TERMICO DE POLIESTIRENO EXPANDIDO Y EXTRUIDO.

Con el fin de demostrar el ahorro de energía aplicando el método del balance térmico y empleando aislantes térmicos en la envolvente de los edificios, se presenta la tabla 6.13 que demuestra la reducción del consumo de energía, así comprobando que por la utilización de aislantes térmicos se puede reducir drásticamente el calor por conducción a través de la envolvente de los edificios, calor que predomina en todos los edificios de la institución por el tipo de material de la envolvente de estos y por la zona geográfica en la que se localiza.

Tabla 6.13 Comparación del consumo de energía de los equipos de aires acondicionados

LUGAR	POTENCIA DE LOS EQUIPOS INSTALADOS (W)	POTENCIA DE LOS EQUIPOS DETERMINADOS CON BALANCE TERMICO (W)	POTENCIA DE LOS EQUIPOS DETERMINADOS CON AISLANTE TERMICO DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (W)	POTENCIA DE LOS EQUIPOS DETERMINADOS CON AISLANTE TERMICO DE POLIESTIRENO EXTRUIDO (W)
LAB. DE IDIOMAS (EDIF. N)	8800	8800	7700	6600
LAB. DE COMPUTO (EDIF. N)	8800	8800	7700	6600
AULA 05 (EDIF. D1)	4400	4400	3300	3300
AULA 01 (EDIF. D1)	4400	4400	3300	3300
AULA 02 (EDIF. D1)	4400	3300	3300	2750
AULA 03 (EDIF. D1)	4400	3300	3300	2750
AULA 04 (EDIF. D1)	4400	3300	3300	2750

LUGAR	POTENCIA DEL EQUIPO INSTALADO (W)	POTENCIA DE LOS EQUIPOS DETERMINADOS CON BALANCE TERMICO (W)	POTENCIA DE LOS EQUIPOS DETERMINADOS CON AISLANTE TERMICO DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (W)	POTENCIA DE LOS EQUIPOS DETERMINADOS CON AISLANTE TERMICO DE POLIESTIRENO EXTRUIDO (W)
AULA 01 (EDIF. D)	4400	4400	3300	2750
AULA 02 (EDIF. D)	4400	3300	3300	2750
AULA 03 (EDIF. D)	4400	3300	3300	2750
AULA 04 (EDIF. D)	4400	4400	3300	2750
AULA 01 (EDIF E)	4400	4400	3300	3300
AULA 02 (EDIF E)	4400	4400	3300	2750
OFICINA VINCULACION (EDIF E)	2200	1100	1100	550
TALLER DE DIBUJO (EDIF E)	4400	6600	4400	4400
LAB DE ESPECIALIDADES (EDIF L)	2400	4800	4800	3600
ALMACEN- LAB. DE ESPECIALIDADES (EDIF L)	2400	1200	1200	600
05 AULA (EDIF M)	0	0	0	0
06 AULA (EDIF M)	2200	1100	1100	1100
04 AULA (EDIF M)	0	0	0	0
03 AULA (EDIF M)	0	0	0	0
02 AULA (EDIF M)	0	0	0	0
01 AULA (EDIF M)	0	0	0	0
SINDICATO (EDIF F1)	2200	1100	1100	1100
LAB. DE FISICA (EDIF F1)	2200	4400	3300	3300
LAB. DE FISICA-ALMACEN (EDIF F1)	1100	1100	1100	550
LAB. DE BIOLOGIA (EDIF F1)	2200	4400	3300	3300
LAB. DE BIOLOGIA-ALMACEN (EDIF F1)	1100	1100	1100	550

LUGAR	POTENCIA DEL EQUIPO INSTALADO (W)	POTENCIA DE LOS EQUIPOS DETERMINADOS CON BALANCE TERMICO (W)	POTENCIA DE LOS EQUIPOS DETERMINADOS CON AISLANTE TERMICO DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (W)	POTENCIA DE LOS EQUIPOS DETERMINADOS CON AISLANTE TERMICO DE POLIESTIRENO EXTRUIDO (W)
03 SALA DE MAESTROS (EDIF. B)	2400	1200	1200	600
04 SALA DE MAESTROS (EDIF. B)	0	0	0	0
05 SALA DE MAESTROS (EDIF. B)	0	0	0	0
CAFETERIA (EDIF. B)	8800	7700	7700	7700
AUDITORIO (EDIF.B)	8800	12100	11000	9900
DIR-SALA DE JUNTAS (EDIF. A)	2400	1200	1200	1200
AREA SECRETARIAL (EDIF. A)	2400	2400	2400	1200
RECURSOS HUMANOS (EDIF. A)	1200	600	300	300
SUBDIRECCION (EDIF. A)	1200	600	300	300
SERVICIOS EDUCATIVOS (EDIF. A)	2400	2400	1200	1200
SERVICIOS ADMON (EDIF. A)	2400	2400	1200	1200
BIBLIOTECA (EDIF.A)	9600	8400	6000	6000

Nota: Los recintos o espacios que tienen como potencia eléctrica la cantidad de cero es porque en dicho espacio en la actualidad no hay algún equipo de aire acondicionado, por lo que las comparaciones de los consumos de energía se realizaron con los equipos que existen en la actualidad en los edificios del Centro de Estudios Tecnológicos del Mar No. 10.

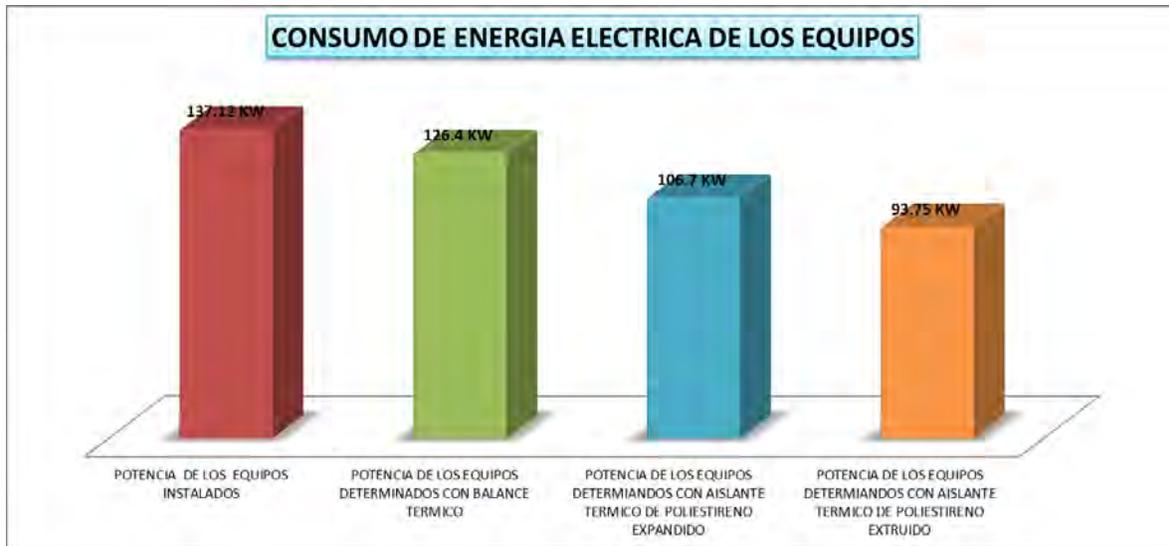
6.9 ANALISIS DE LA REDUCCION DEL CONSUMO DE ENERGIA.

En la tabla 6.14 se muestra el consumo total de energía eléctrica que tendrían todos los equipos instalados en las instalaciones de la institución en cada propuesta, esto con el fin de mostrar la reducción del consumo de energía ya sea realizando un balance térmico o aplicando aislantes térmicos.

Tabla 6.14 Comparación de consumo de energía eléctrica de todos los equipos de A.A.

POTENCIA DE LOS EQUIPOS INSTALADOS	POTENCIA DE LOS EQUIPOS DETERMINADOS CON BALANCE TERMICO	POTENCIA DE LOS EQUIPOS DETERMIANDOS CON AISLANTE TERMICO DE POLIESTIRENO EXPANDIDO	POTENCIA DE LOS EQUIPOS DETERMIANDOS CON AISLANTE TERMICO DE POLIESTIRENO EXTRUIDO
137 kw	126.4 kw	106.7 kw	93.75 kw

En la gráfica 6.1 se muestra más detallado el cambio que se efectúa cuando se realiza un cálculo donde se estiman todas las cargas térmicas o cuando se aplican aislantes térmicos en las edificaciones.



Grafica 6.1 Comportamiento de los consumos de energía

CAPITULO VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se realizó el balance térmico de las instalaciones del Centro de Estudios Tecnológicos del Mar No. 10 en la ciudad de Chetumal Quintana Roo con el propósito de determinar la capacidad adecuada de los equipos de climatización. Se mostró de la manera más sencilla los cálculos de los diversos conceptos que generan ganancias de calor en cada uno de los espacios de los edificios, por lo tanto, las conclusiones derivadas de este trabajo son las siguientes.

- En los cálculos de ganancia de calor se determinó que en la cafetería se concentra gran cantidad de cargas térmicas, la mayor carga es por la concentración de personas en el lugar.
- En los espacios más grandes como la biblioteca y el auditorio la mayor parte de las ganancias de calor es a través de muros, techos y ventanas, además de que el número de personas que se concentran dentro es considerable.
- En las aulas, laboratorios y oficinas de la institución se concentran cargas térmicas que en la mayoría de los casos es por conducción térmica, característica que se presenta en casi todos los edificios ya que los materiales de los muros permiten con facilidad las ganancias de calor y porque el techo de los edificios siempre están expuestos a los rayos del sol.
- La segunda ganancia de calor considerable es por iluminación de las lámparas, luminarias que son emisoras de calor.
- La implementación de un balance térmico en edificaciones tanto proyectado como existente es importante porque se determina la capacidad de las unidades de aires acondicionados y también sirve para implementar estrategias de ahorro de energía.

Por lo tanto, algunas de las recomendaciones para obtener un considerable ahorro de energía y el empleo eficiente de las unidades de aire acondicionado son:

- Emplear puertas de madera en los edificios donde incida el sol directamente ya que en algunos edificios las puertas son de vidrio ordinario. La madera es un aislante térmico.
- Si se dificulta la instalación de puertas de madera por el costo, también se puede sustituir el vidrio ordinario por un vidrio más grueso y polarizado en las puertas.

- En el caso de las ventanas también se recomienda la utilización de vidrios más gruesos, que estén polarizados y en la medida de lo posible implementar persianas tipo venecianas.
- Emplear aislante térmico para disminuir las ganancias de calor por conducción a través de la envolvente del inmueble, ya que con la implementación de estos materiales se minimiza la ganancia de calor en 30% con el aislante de poliestireno expandido y 50% con aislante de poliestireno extruido.
- Se recomienda utilizar el aislante térmico de poliestireno extruido por ser el que más reduce la ganancia de calor en las edificaciones
- Cambiar los equipos de acondicionamiento de aire por unidades por mini-Split con tecnología inverter, ya que estos son más eficientes y pueden obtener desde un 25% hasta un 50% de ahorro de energía en comparación con un mini-Split normal.
- Se recomienda tener un programa de mantenimiento preventivo y correctivo, tanto de los equipos de aires acondicionados, y lámparas como de las instalaciones eléctricas de todos los edificios, con esto se podrán tener ahorros de energía y evitar accidentes.

Hoy en día la implementación de un balance térmico es una solución para ahorrar energía. En los edificios conviene integrar los aspectos energéticos y medio ambientales en su diseño, ya que ello condicionará el consumo de energía eléctrica durante muchas décadas.

Los motivos más grandes por el cual se debe considerar un balance térmico son los siguientes:

- Mejoran la calidad del aire interior y el confort
- El ocupante mejora su rendimiento laboral o académico
- Se limita las emisiones de gases de efecto invernadero
- Permiten un ahorro sustancial de energía eléctrica

El incremento progresivo de la energía eléctrica, de la implementación desmedida de equipos en el interior de un recinto, el uso de luminarias ineficientes, todo esto y más son puntos a tomarse en cuenta a la hora de instalar un equipo climatizador y que la metodología del balance térmico lo considera, por eso, no es de extrañarse que a corto plazo, esta metodología sea recurrente para el diseño óptimo de nuevas edificaciones.

BIBLIOGRAFÍA

1. Electric, Scheider. *Todo sobre edificios sustentables*.
2. Morillon, David. *Edificación Sustentable*. DF : Instituto de Ingeniería de la UNAM , 2012 Septiembre.
3. López, D.A. *Soluciones de eficiencia energética* . s.l. : Revista MUNDO HVACR, Año VI (66), 30-32, 2010 Octubre.
4. Colocho, N, Daza, P y Guzmán, M. *Manual básico de sistemas de aire acondicionado y extracción mecánica de uso común en arquitectura*. Cuscatlan, El Salvador : s.n., 2011.
5. Trejo, Pedro y Reyes, Humberto. *Calculo y seleccion del equipo de un sistema de aire acondicionado para un teatro en Puerto Vallarta Jalisco*. Mexico D.F. : Trabajo de tesis en el Instituto Politécnico Nacional , 2009.
6. Córdova, Hugo. hitechrefrigeracion. *hitechrefrigeracion*. [En línea] 04 de Octubre de 2009. [Citado el: 03 de Marzo de 2014.] <http://www.hitechrefrigeracion.com/web/d-hitech-historia.pdf>.
7. www.mecanicavirtual.org. *Curso de aire acondicionado*. Recuperado de la pagina el 05 de Marzo de 2014.
8. *Soluciones para cada aplicación* . s.l. : Revista Mundo HVACR, Año IX (113),11, (2010, Mayo).
9. Arce, R. *Aparatos que consumen más Energía* . s.l. : CONUEE, (2009, Octubre) .
10. *Funcionalidad y confort de la mano*. (2012, Agosto). s.l. : Revista MUNDO HVACR, Año VI (64),11.
11. Quadri, Néstor. *Incremento de la eficiencia energetica en el aire acondicionado*. s.l. : Revista MUNDO HVACR, (2008, Mayo).
12. Garcia, D. *Instalaciones de refrigeracion y aire acondicionado*. Barcelona España : UOC-Marcombo. ISBN OUC, (2007). 978-84-9788-691-8/ISB Marcombo 978-84-267-1473-2.
13. Merlin, Noe. *Balance Térmico en las oficinas del PRI , Kantunilkin, Quintana Roo*. s.l. : Universidad de Quintana Roo, (2013, Septiembre).
14. Rey, F.J. & Velasco, E. *Curso Universitario de Ingeniería de Climatización*. Valladolid, España : s.n., (2006).

15. School, Intelligent use of Energy at. *Uso de la Energía en los Edificios*. s.l. : Intelligent Energy Europe.
16. Torellana, E., Navarro, J., Cabello, R. & Gómez, F. *Manual de climatización*. Madrid, España : AMV Ediciones, (2005). ISB: 84-89922-46-2.
17. Miranda, A. *Técnicas de climatización-Segunda Edición*. Barcelona, España : Marcombo. Ediciones Técnicas, (2008). ISBN:978-84-267-1476-3.
18. Energía, Secretaría de. *Norma oficial mexicana NOM-008-ENER-2001, eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios no residenciales*. 2001.
19. Miranda, Á.L. *Aire acondicionado (Quinta edición)* . Barcelona, España. : CEAC, (2004). 84-329-1079-1.
20. H., Fálcon. Taller para el aislameinto térmico en la vivienda. [aut. libro] AC (AEAEE, A.C.) Asociacion de empresas para el ahorro de energia en la edificacion. Febrero 2010.
21. Ramos, Abril. Balance energético en las oficinas de la comisión federal de electricidad de transmisión y transformación Chetumal. Chetumal : s.n., Junio 2011.

APENDICES

APENDICE A

Tabla A.1 Valores para el cálculo de flujo del calor a través de la envolvente

ESTADO	CIUDAD	CONDUCCION														RADIACION					Barrera para vapor			
		OPACA							TRANSPARENTE							TRANSPARENTE								
		Coeficiente de transferencia de calor, K (W/m ² K)		Temperatura equivalente promedio te (°C)														Factor de ganancia solar promedio FG (W/m ²)						
				Superficie inferior	Techo	Muro masivo				Muro ligero				Tragaluz y domo	Ventanas									
Techo	Muro	N	E			S	O	N	E	S	O	N	E		S	O	Tragaluz y domo	N	E	S	O			
AGUASCALIENTES	Aguascalientes	0.391	2.200	26	37	24	27	25	25	30	33	32	32	22	23	24	24	24	274	91	137	118	146	
BAJA CALIFORNIA SUR	La Paz	0.358	0.722	30	44	30	34	32	32	36	40	38	39	25	27	28	28	28	322	70	159	131	164	
	Cabo San Lucas	0.360	0.798	30	43	30	33	31	31	35	39	37	38	25	27	28	28	28	322	70	159	131	164	
BAJA CALIFORNIA	Ensenada	0.391	2.200	24	35	22	24	23	23	28	31	30	30	20	22	22	22	22	322	70	159	131	164	
	Mexicali	0.354	0.521	32	47	33	36	34	35	38	42	40	41	27	28	30	30	30	322	70	159	131	164	
	Tijuana	0.391	2.200	26	37	24	26	25	25	29	32	31	32	21	23	23	24	24	322	70	159	131	164	
CAMPECHE	Campeche	0.357	0.640	31	45	31	35	32	33	36	40	38	40	26	27	29	29	29	284	95	152	119	133	Si
	Cd. Del Carmen	0.356	0.601	31	45	32	35	33	33	37	41	39	40	26	28	29	29	29	284	95	152	119	133	
COAHUILA	Monclova	0.357	0.666	31	45	31	34	32	33	36	40	38	39	26	27	28	29	29	322	70	159	131	164	
	Piedras Negras	0.356	0.598	31	46	32	35	33	33	37	41	39	40	26	28	29	29	29	322	70	159	131	164	Si
	Saltillo	0.391	2.200	27	38	25	28	26	26	30	34	33	33	22	24	24	24	25	322	70	159	131	164	
	Torreón	0.360	0.792	30	43	30	33	31	31	35	39	37	38	25	27	28	28	28	322	70	159	131	164	
COLIMA	Colima	0.362	1.020	29	42	28	32	30	30	34	38	36	37	24	26	27	27	27	274	91	137	118	146	Si
	Manzanillo	0.358	0.691	31	44	31	34	32	32	36	40	38	39	26	27	28	28	29	274	91	137	118	146	Si
CHIAPAS	Arriaga	0.357	0.629	31	45	31	35	33	33	36	41	39	40	26	27	29	29	29	272	102	140	114	134	Si
	Comitán	0.391	2.200	24	35	22	24	23	23	28	31	30	30	20	22	22	22	23	272	102	140	114	134	
	San Cristóbal	0.391	2.200	22	31	19	20	20	20	25	27	27	26	18	20	20	20	20	172	102	140	114	134	
	Tapachula	0.361	0.867	30	43	29	33	31	31	35	38	37	38	25	26	27	27	28	272	102	14'	114	134	Si
	Tuxtla Gutiérrez	0.362	1.033	29	42	28	32	30	30	34	38	36	37	24	26	27	27	27	272	102	140	114	134	Si
CHIHUAHUA	N. Casas Grandes	0.391	1.724	28	40	27	30	28	28	32	36	34	35	23	25	25	26	26	322	70	159	131	164	
	Chihuahua	0.365	1.362	28	41	27	30	29	29	33	36	35	36	24	25	26	26	226	322	70	159	131	164	
	Cd. Juárez	0.363	1.153	29	41	28	31	29	29	33	37	35	36	24	25	26	27	27	322	70	159	131	164	
	Hidalgo del Parral	0.391	2.200	27	39	26	28	27	27	31	34	33	34	23	24	25	25	25	322	70	159	131	164	
D.F.	México (a)	0.391	2.200	23	32	20	22	21	21	26	28	28	27	19	20	21	21	21	272	102	140	114	134	
DURANGO	Durango	0.391	2.200	26	37	24	27	25	25	30	33	32	32	22	23	24	24	24	322	70	159	131	164	
	Lerdo	0.360	0.848	30	43	29	33	31	31	35	39	37	38	25	26	27	28	28	322	70	159	131	164	
GUANAJUATO	Guanajuato	0.391	2.200	25	35	23	25	24	24	28	31	30	30	21	22	23	23	23	274	91	137	118	146	
	León (b)	0.391	2.200	26	38	25	27	26	26	30	33	32	33	22	23	24	24	24	274	91	137	118	146	

ESTADO	CIUDAD	CONDUCCION																	RADIACION					Barrera para vapor
		OPACA								TRANSPARENTE									TRANSPARENTE					
		Coeficiente de transferencia de calor, K (W/m ² K)		Temperatura equivalente promedio te (°C)															Factor de ganancia solar promedio FG (W/m ²)					
				Superficie inferior	Techo	Muro masivo				Muro ligero				Tragaluz y domo	Ventanas				Tragaluz y domo	N	E	S	O	
		Techo	Muro			N	E	S	O	N	E	S	O		N	E	S	O						
GUERRERO	Acapulco	0.356	0.621	31	45	31	35	33	33	36	41	39	40	26	28	29	29	29	274	91	137	118	146	Si
	Chilpancingo	0.391	2.200	26	38	25	27	26	26	30	34	32	33	22	23	24	24	24	274	91	137	118	146	
	Zihuatanejo	0.362	0.944	29	42	29	32	30	30	34	38	36	37	25	26	27	27	27	274	91	137	118	146	
HIDALGO	Pachuca	0.391	2.200	22	30	18	20	20	19	24	26	26	26	18	19	19	19	20	272	102	140	114	134	
	Tulancingo	0.391	2.200	22	31	19	21	20	20	25	27	27	27	18	20	20	20	20	272	102	140	114	134	
JALISCO	Guadalajara ©	0.391	2.200	26	37	24	27	26	26	30	33	32	32	22	23	24	24	24	274	91	137	118	146	
	Huejucar	0.391	2.200	26	38	25	27	26	26	30	33	32	33	22	23	24	24	24	274	91	137	118	146	
	Lagos de Morelos	0.391	2.200	26	36	23	26	25	25	29	32	31	31	21	23	23	23	24	274	91	137	118	146	
	Ocotlán	0.391	2.200	26	38	25	27	26	26	30	34	33	33	22	23	24	24	25	274	91	137	118	146	
	Puerto Vallarta	0.391	0.639	31	45	31	35	32	33	36	40	38	40	26	27	29	29	29	274	91	137	118	146	
MEXICO	Chapingo	0.391	2.200	23	32	20	22	21	21	26	28	28	27	19	20	21	21	21	274	91	137	118	146	
	Toluca	0.391	2.200	21	28	17	18	18	17	23	25	25	24	17	18	18	19	19	274	91	137	118	146	
MICHOACAN	Morelia	0.391	2.200	25	35	22	25	24	23	28	31	30	30	20	22	22	22	23	274	91	137	118	146	
	Lázaro Cárdenas	0.358	0.700	30	44	30	34	32	32	36	40	38	39	26	27	28	28	28	274	91	137	118	146	
	Uruapan	0.391	2.200	25	35	22	25	24	24	28	31	30	30	21	22	22	23	23	274	91	137	118	146	
MORELOS	Cuernavaca	0.391	2.200	26	38	25	27	26	26	30	33	32	33	22	23	24	24	24	274	91	137	118	146	
	Cuautla	0.391	1.368	28	41	27	30	29	29	33	36	35	36	24	25	26	26	26	274	91	137	118	146	
NAYARIT	Tepic	0.391	2.200	27	39	26	29	27	27	31	35	33	34	23	24	25	25	25	274	91	137	118	146	
NUEVO LEON	Monterrey (d)	0.359	0.768	30	44	30	33	31	32	35	39	37	38	25	27	28	28	28	272	102	140	114	134	
OAXACA	Oaxaca	0.391	2.200	26	37	24	27	26	25	30	33	32	32	22	23	24	24	24	272	102	140	114	134	
	Salina Cruz	0.355	0.586	31	46	32	35	33	34	37	41	39	40	26	28	29	29	29	272	102	140	114	134	Si
PUEBLA	Puebla	0.391	2.200	24	33	21	23	22	22	27	29	29	28	20	21	21	21	22	272	102	140	114	134	
	Atlixco	0.391	2.200	25	35	22	25	24	24	28	31	30	30	21	22	22	23	23	272	102	140	114	134	
	Tehuacán	0.391	2.200	25	35	22	25	24	24	28	31	30	30	21	22	22	23	23	272	102	140	114	134	
QUERETARO	Querétaro	0.391	2.200	26	37	24	26	25	25	29	33	32	32	21	23	23	24	24	274	91	137	118	146	
	San Juan del Río	0.391	2.200	24	34	22	24	23	23	27	30	29	29	20	21	22	22	22	274	91	137	118	146	
QUINTANA ROO	Cozumel	0.359	0.763	30	44	30	33	31	32	35	39	37	38	25	27	28	28	28	284	95	152	119	133	Si
	Chetumal	0.358	0.679	31	45	31	34	32	32	36	40	38	39	26	27	28	29	29	284	95	152	119	133	Si
	Cancún	0.355	0.587	31	46	32	35	33	34	37	41	39	40	26	28	29	29	29	284	95	152	119	133	
	Playa del Carmen	0.356	0.623	31	45	31	35	33	33	36	41	39	40	26	28	29	29	29	284	95	152	119	133	
SAN LUIS POTOSI	Río Verde	0.391	1.503	28	40	27	20	28	29	32	36	35	35	23	25	26	26	25	274	91	137	118	146	
	San Luis Potosí	0.391	2.200	24	34	21	24	23	23	27	30	29	29	20	21	22	22	22	274	91	137	118	146	
	Cd. Valles	0.356	0.611	31	45	31	35	33	33	37	41	39	40	26	28	29	29	29	274	91	137	118	146	
	Matehuala	0.391	2.200	27	39	25	28	27	27	31	34	33	34	22	24	25	25	25	274	91	137	118	146	

ESTADO	CIUDAD	CONDUCCION														RADIACION					Barrera para vapor			
		OPACA							TRANSPARENTE							TRANSPARENTE								
		Coeficiente de transferencia de calor, K (W/m ² K)		Temperatura equivalente promedio te (°C)														Factor de ganancia solar promedio FG (W/m ²)						
		Techo	Muro	Superficie inferior	Techo	Muro masivo				Muro ligero				Tragaluz y domo	Ventanas				Tragaluz y domo	N		E	S	O
						N	E	S	O	N	E	S	O		N	E	S	O						
SINALOA	Culiacán	0.355	0.579	31	46	32	35	33	34	37	41	39	41	26	28	29	29	29	322	70	159	131	164	Si
	Mazatlán	0.358	0.720	30	44	30	34	32	32	36	40	38	39	26	27	28	28	28	322	70	159	131	164	Si
	Guasave	0.355	0.563	32	46	32	36	33	34	37	41	39	41	27	28	29	29	30	322	70	159	131	164	
	Los Mochis	0.357	0.651	31	45	31	34	32	33	36	40	38	40	26	27	28	29	29	322	70	159	131	164	
SONORA	Guaymas	0.354	0.521	32	47	33	36	34	35	38	42	40	41	27	28	30	30	30	322	70	159	131	164	Si
	Hermosillo	0.352	0.467	33	48	34	38	35	36	39	43	41	43	28	29	30	31	31	322	70	159	131	164	
	Cd. Obregón	0.357	0.634	31	45	31	35	33	33	36	40	38	40	26	27	29	29	29	322	70	159	131	164	Si
	Navojoa	0.348	0.392	34	50	35	40	37	38	40	45	43	45	29	30	32	32	32	322	70	159	131	164	
	Nogales	0.391	1.557	28	40	27	30	28	28	32	36	35	35	23	25	26	26	26	322	70	159	131	164	
TABASCO	Villahermosa	0.354	0.540	32	46	32	36	34	34	38	42	40	41	27	28	29	30	30	272	102	140	114	134	
	Comalcalco	0.356	0.617	31	45	31	35	33	33	37	41	39	40	26	28	29	29	29	272	102	140	114	134	
TAMAULIPAS	Cd. Victoria	0.357	0.631	31	45	31	35	33	33	36	40	38	40	26	27	29	29	29	272	102	140	114	134	
	Tampico	0.358	0.715	30	44	30	34	32	32	46	40	38	39	26	27	28	28	28	272	102	140	114	134	
	Matamoros	0.364	1.223	29	41	28	31	29	29	33	37	35	36	24	25	26	26	27	272	102	140	114	134	
	Reynosa	0.355	0.583	31	46	32	35	33	34	37	41	39	40	26	28	29	29	29	272	102	140	114	134	
	Nuevo Laredo	0.354	0.546	32	46	32	36	34	34	37	42	40	41	27	28	29	30	20	272	102	140	114	134	
TLAXCALA	Tlaxcala	0.391	2.200	23	33	20	23	22	21	26	29	28	28	19	21	21	21	21	272	102	140	114	134	
VERACRUZ	Coatzacoalcos	0.358	0.677	31	45	31	34	32	32	36	40	38	39	26	27	28	29	29	272	102	140	114	134	Si
	Córdoba	0.391	2.200	27	38	25	28	27	26	31	34	33	33	22	24	24	25	25	272	102	140	114	134	
	Jalapa	0.391	2.200	25	35	23	25	24	24	28	31	31	31	21	22	23	23	23	272	102	140	114	134	
	Orizaba	0.391	2.200	26	37	24	26	25	25	29	32	31	32	21	23	23	23	24	272	102	140	114	134	
	Tuxpan	0.360	0.792	30	43	30	33	31	31	35	39	37	38	25	27	28	28	28	272	102	140	114	134	Si
	Poza Rica	0.357	0.642	31	45	31	35	32	33	36	40	38	40	26	27	29	29	29	272	102	140	114	134	
	Veracruz	0.358	0.687	31	44	31	34	32	32	36	40	38	39	26	27	28	28	28	272	102	140	114	134	Si
YUCATAN	Mérida	0.358	0.704	30	44	30	34	32	32	36	40	38	39	26	27	28	28	28	284	95	152	119	133	Si
	Progreso	0.359	0.741	30	44	30	34	31	32	35	39	38	39	25	27	28	28	28	284	95	152	119	133	Si
	Valladolid	0.360	0.815	30	43	30	33	31	31	35	39	37	38	25	26	27	28	28	284	95	152	119	133	Si
ZACATECAS	Fresnillo	0.391	2.200	24	24	21	23	22	22	27	30	29	29	20	21	21	22	22	274	91	137	118	146	
	Zacatecas	0.391	2.200	22	31	18	20	20	19	24	27	27	26	18	19	20	20	20	274	91	137	118	146	

- (a) Utilizar los mismos valores para los municipios conurbados del Estado de México que forman la zona metropolitana.
- (b) Utilizar los mismos valores para las ciudades de Celaya, Irapuato, Salamanca y Silao.
- (c) Utilizar los mismos valores para los municipios de Tlaquepaque, Tonalá y Zapopan.
- (d) Utilizar los mismos valores para los municipios de Apodaca, Garza García, Guadalupe, San Nicolás de los Garza y Santa Catarina.

Tablas para determinar el Factor de Corrección de Sombreado Exterior (SE), por el uso de volados, ventanas remetidas y partesoles para diferentes orientaciones y latitudes.

Volado sobre la ventana, con extensión lateral más allá de los límites de ésta. Si se construye un volado sobre la ventana y se extiende lateralmente más allá de los límites de ésta (A), una distancia igual o mayor a la proyección del volado (L), se podrá afectar el valor del coeficiente de sombreado del vidrio, multiplicándolo por el factor de corrección establecido en la Tabla A.2.

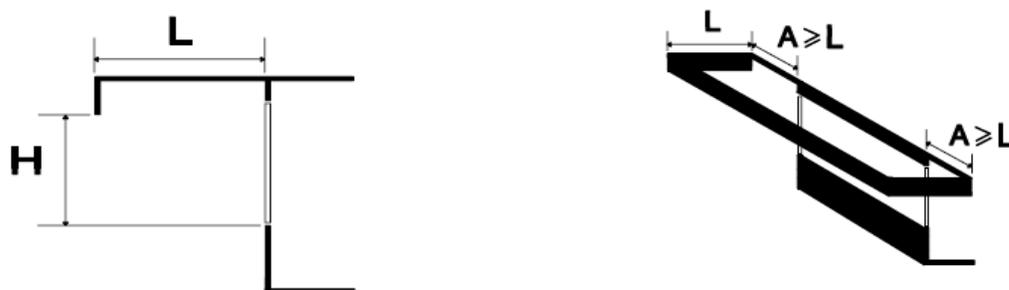


Tabla A.2 Factor de corrección de sombreado exterior (SE) por el uso de volados sobre la ventana, con extensión lateral más allá de los límites de ésta

L/H	Este y Oeste		Sur	
	I(*)	II(**)	I(*)	II(**)
0.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.10	0.95	0.98	0.92	0.96
0.20	0.90	0.96	0.85	0.93
0.30	0.85	0.93	0.79	0.90
0.40	0.80	0.92	0.73	0.87
0.50	0.77	0.90	0.68	0.84
0.60	0.73	0.89	0.63	0.82
0.70	0.70	0.87	0.59	0.79
0.80	0.67	0.86	0.55	0.78
1.00	0.63	0.84	0.49	0.75
1.20	0.60	0.83	0.45	0.74

(*) **ZONA I** (latitud desde 33° y hasta 28°)
 (**) **ZONA II** (latitud menor de 28° y hasta 14°)

Nota: El factor de corrección de sombreado exterior para ventanas orientadas al norte es 1.

Volado sobre la ventana, con extensión lateral hasta los límites de ésta.

Si se construye un volado sobre la ventana y se extiende lateralmente hasta los límites de ésta, o más allá de los límites de ésta, una distancia menor a la proyección del volado (L), se podrá afectar el valor del coeficiente de sombreado del vidrio, multiplicándolo por el factor de corrección por sombreado exterior de la Tabla A.3.

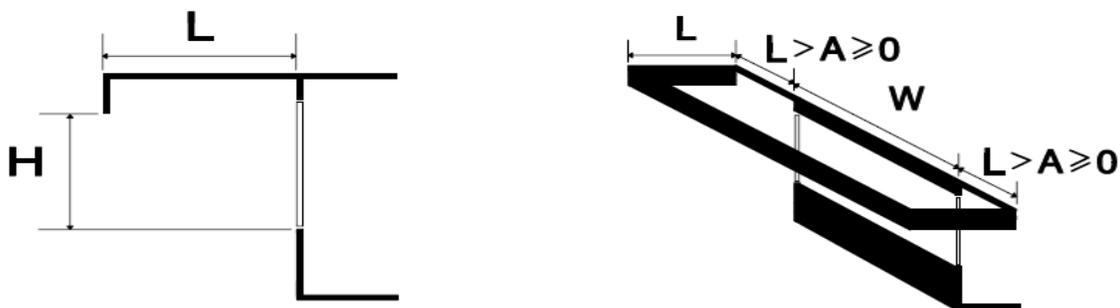


Tabla A.3 Factor de corrección de sombreado exterior (SE) por el uso de volados sobre la ventana, con extensión lateral hasta los límites de ésta.

Ventanas al Norte con latitud de 14° y hasta 19°						
W/H	0.5	1	2	4	6	8 y Mayor
L/H						
0.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.1	0.94	0.91	0.91	0.90	0.89	0.89
0.2	0.90	0.85	0.82	0.81	0.80	0.80
0.3	0.88	0.81	0.77	0.74	0.73	0.72
0.4	0.84	0.77	0.72	0.69	0.67	0.66
0.5	0.82	0.73	0.67	0.64	0.62	0.61
0.6	0.80	0.70	0.63	0.60	0.57	0.56
0.7	0.79	0.67	0.61	0.56	0.53	0.52
0.8	0.78	0.66	0.58	0.53	0.50	0.49
1.0	0.75	0.64	0.54	0.48	0.44	0.43
1.2	0.73	0.62	0.51	0.44	0.40	0.39

Ventanas al Norte con latitud de 19° y hasta 23°						
W/H	0.5	1	2	4	6	8 y Mayor
L/H						
0.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.1	0.94	0.93	0.92	0.91	0.91	0.91
0.2	0.90	0.89	0.87	0.84	0.84	0.84
0.3	0.87	0.85	0.83	0.78	0.78	0.79
0.4	0.85	0.83	0.79	0.74	0.74	0.74
0.5	0.83	0.80	0.80	0.74	0.74	0.70
0.6	0.82	0.78	0.77	0.74	0.74	0.72
0.7	0.81	0.76	0.76	0.74	0.72	0.70
0.8	0.84	0.75	0.75	0.74	0.69	0.68
1.0	0.79	0.73	0.72	0.70	0.66	0.64
1.2	0.78	0.72	0.70	0.68	0.63	0.61

Ventanas al Norte con latitud de 23° y hasta 28°						
W/H	0.5	1	2	4	6	8 y Mayor
L/H						
0.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.1	0.94	0.92	0.93	0.93	0.93	0.93
0.2	0.90	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87
0.3	0.86	0.83	0.83	0.82	0.82	0.82
0.4	0.84	0.79	0.79	0.78	0.77	0.77
0.5	0.82	0.77	0.76	0.75	0.74	0.74
0.6	0.80	0.75	0.73	0.71	0.70	0.70
0.7	0.79	0.73	0.71	0.68	0.67	0.67
0.8	0.78	0.71	0.69	0.66	0.65	0.64
1.0	0.76	0.69	0.66	0.62	0.61	0.60
1.2	0.74	0.67	0.63	0.59	0.57	0.56

Ventanas al Norte con latitud de 28° y hasta 32°						
W/H	0.5	1	2	4	6	8 y Mayor
L/H						
0.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.1	0.95	0.95	0.94	0.93	0.93	0.93
0.2	0.92	0.91	0.89	0.88	0.88	0.88
0.3	0.90	0.88	0.86	0.84	0.84	0.84
0.4	0.89	0.86	0.83	0.81	0.81	0.80
0.5	0.87	0.84	0.81	0.78	0.78	0.77
0.6	0.86	0.82	0.80	0.76	0.75	0.74
0.7	0.86	0.81	0.78	0.74	0.73	0.72
0.8	0.85	0.80	0.77	0.72	0.71	0.70
1.0	0.84	0.79	0.74	0.69	0.68	0.67
1.2	0.84	0.78	0.72	0.68	0.66	0.65

Ventanas al Este y Oeste con latitud de 14° y hasta 19°						
W/H	0.5	1	2	4	6	8 y Mayor
L/H						
0.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.1	0.94	0.92	0.91	0.90	0.89	0.89
0.2	0.89	0.84	0.83	0.81	0.80	0.79
0.3	0.86	0.78	0.76	0.73	0.71	0.71
0.4	0.83	0.73	0.70	0.65	0.64	0.63
0.5	0.79	0.69	0.65	0.59	0.58	0.57
0.6	0.77	0.65	0.61	0.54	0.52	0.51
0.7	0.76	0.63	0.58	0.50	0.48	0.47
0.8	0.74	0.61	0.54	0.46	0.44	0.43
1.0	0.72	0.57	0.48	0.40	0.37	0.36
1.2	0.71	0.54	0.44	0.36	0.32	0.30

Ventanas al Este y Oeste con latitud de 19° y hasta 23°						
W/H	0.5	1	2	4	6	8 y Mayor
L/H						
0.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.1	0.93	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
0.2	0.87	0.86	0.85	0.85	0.85	0.85
0.3	0.82	0.80	0.79	0.79	0.79	0.79
0.4	0.78	0.76	0.74	0.73	0.73	0.73
0.5	0.75	0.72	0.69	0.68	0.68	0.68
0.6	0.73	0.68	0.65	0.64	0.64	0.63
0.7	0.70	0.65	0.62	0.60	0.59	0.59
0.8	0.68	0.62	0.59	0.57	0.56	0.56
1.0	0.65	0.58	0.54	0.51	0.50	0.50
1.2	0.63	0.55	0.50	0.47	0.45	0.45

Ventanas al Este y Oeste con latitud de 23° y hasta 28°						
W/H	0.5	1	2	4	6	8 y Mayor
L/H						
0.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.1	0.92	0.92	0.92	0.91	0.91	0.91
0.2	0.86	0.85	0.84	0.83	0.83	0.83
0.3	0.82	0.79	0.77	0.76	0.76	0.76
0.4	0.78	0.74	0.72	0.70	0.70	0.70
0.5	0.74	0.70	0.67	0.65	0.64	0.64
0.6	0.71	0.66	0.62	0.60	0.59	0.59
0.7	0.69	0.63	0.59	0.56	0.55	0.55
0.8	0.67	0.60	0.55	0.52	0.51	0.51
1.0	0.64	0.56	0.50	0.46	0.45	0.45
1.2	0.61	0.53	0.46	0.42	0.40	0.40

Ventanas al Este y Oeste con latitud de 28° y hasta 32°						
W/H	0.5	1	2	4	6	8 y Mayor
L/H						
0.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.1	0.93	0.92	0.91	0.91	0.91	0.91
0.2	0.87	0.86	0.83	0.83	0.83	0.82
0.3	0.83	0.79	0.78	0.76	0.75	0.74
0.4	0.79	0.74	0.72	0.69	0.68	0.67
0.5	0.76	0.70	0.67	0.63	0.62	0.61
0.6	0.73	0.66	0.62	0.59	0.57	0.56
0.7	0.71	0.63	0.58	0.55	0.52	0.52
0.8	0.69	0.60	0.55	0.51	0.49	0.48
1.0	0.66	0.56	0.49	0.45	0.43	0.41
1.2	0.64	0.52	0.45	0.40	0.38	0.36

Ventanas al Sur con latitud de 14° y hasta 19°						
W/H	0.5	1	2	4	6	8 y Mayor
L/H						
0.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.1	0.94	0.91	0.90	0.87	0.86	0.86
0.2	0.90	0.84	0.81	0.76	0.75	0.74
0.3	0.87	0.78	0.74	0.68	0.65	0.64
0.4	0.84	0.74	0.68	0.61	0.57	0.55
0.5	0.81	0.71	0.63	0.55	0.51	0.49
0.6	0.79	0.69	0.60	0.50	0.46	0.43
0.7	0.78	0.67	0.56	0.46	0.42	0.39
0.8	0.77	0.66	0.54	0.43	0.39	0.36
1.0	0.76	0.64	0.50	0.39	0.34	0.31
1.2	0.76	0.62	0.47	0.36	0.30	0.28

Ventanas al Sur con latitud de 19° y hasta 23°						
W/H	0.5	1	2	4	6	8 y Mayor
L/H						
0.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.1	0.92	0.91	0.91	0.89	0.86	0.87
0.2	0.87	0.84	0.84	0.82	0.81	0.75
0.3	0.82	0.79	0.79	0.79	0.79	0.71
0.4	0.79	0.74	0.72	0.72	0.73	0.69
0.5	0.75	0.71	0.67	0.67	0.67	0.64
0.6	0.73	0.67	0.63	0.63	0.62	0.59
0.7	0.71	0.64	0.60	0.59	0.58	0.55
0.8	0.70	0.62	0.57	0.56	0.54	0.51
1.0	0.68	0.60	0.53	0.51	0.49	0.46
1.2	0.67	0.58	0.50	0.48	0.45	0.42

Ventanas al Sur con latitud de 23° y hasta 28°						
W/H	0.5	1	2	4	6	8 y Mayor
L/H						
0.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.1	0.91	0.89	0.89	0.89	0.88	0.88
0.2	0.86	0.82	0.80	0.79	0.79	0.79
0.3	0.82	0.77	0.73	0.72	0.71	0.71
0.4	0.80	0.72	0.68	0.65	0.65	0.64
0.5	0.76	0.69	0.63	0.60	0.59	0.58
0.6	0.74	0.65	0.59	0.55	0.53	0.53
0.7	0.73	0.63	0.55	0.51	0.49	0.48
0.8	0.71	0.61	0.52	0.47	0.45	0.44
1.0	0.69	0.58	0.48	0.42	0.40	0.38
1.2	0.68	0.56	0.46	0.39	0.36	0.35

Ventanas al Sur con latitud de 28° y hasta 32°						
W/H	0.5	1	2	4	6	8 y Mayor
L/H						
0.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.1	0.90	0.89	0.87	0.86	0.85	0.84
0.2	0.85	0.79	0.77	0.74	0.73	0.72
0.3	0.81	0.74	0.69	0.65	0.63	0.62
0.4	0.78	0.69	0.63	0.58	0.55	0.54
0.5	0.76	0.67	0.59	0.53	0.50	0.48
0.6	0.75	0.64	0.56	0.49	0.46	0.44
0.7	0.74	0.63	0.53	0.46	0.43	0.41
0.8	0.74	0.62	0.52	0.44	0.41	0.39
1.0	0.73	0.61	0.50	0.42	0.39	0.37
1.2	0.73	0.60	0.49	0.40	0.37	0.35

VENTANA REMETIDA

Si se construye una ventana remetida, se podrá afectar el valor del coeficiente de sombreado del vidrio, multiplicándolo por el factor de corrección por sombreado exterior de la Tabla A.4

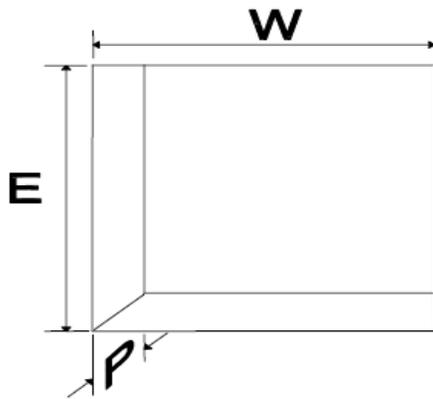


Tabla A.4 Factor de corrección de sombreado exterior (SE) por el uso de ventanas remetidas.

Ventanas al Norte con latitud de 14° y hasta 19°						
W/H	0.5	1	2	4	6	8 y Mayor
L/H						
0.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.1	0.71	0.82	0.87	0.88	0.88	0.89
0.2	0.57	0.64	0.74	0.75	0.79	0.80
0.3	0.45	0.54	0.62	0.68	0.68	0.72
0.4	0.38	0.48	0.53	0.62	0.63	0.65
0.5	0.28	0.42	0.47	0.57	0.57	0.57
0.6	0.27	0.33	0.42	0.50	0.52	0.52
0.7	0.22	0.29	0.37	0.46	0.49	0.49
0.8	0.21	0.25	0.35	0.40	0.45	0.45
1.0	0.17	0.17	0.29	0.34	0.38	0.40
1.2	0.13	0.15	0.23	0.30	0.32	0.36

Ventanas al Norte con latitud de 19° y hasta 23°						
W/H	0.5	1	2	4	6	8 y Mayor
L/H						
0.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.1	0.69	0.83	0.86	0.89	0.90	0.91
0.2	0.57	0.68	0.72	0.78	0.83	0.84
0.3	0.45	0.61	0.87	0.72	0.74	0.78
0.4	0.38	0.56	0.79	0.67	0.70	0.73
0.5	0.29	0.52	0.75	0.75	0.65	0.67
0.6	0.28	0.45	0.69	0.69	0.70	0.64
0.7	0.24	0.42	0.65	0.67	0.67	0.67
0.8	0.23	0.39	0.63	0.62	0.65	0.64
1.0	0.20	0.32	0.58	0.57	0.60	0.61
1.2	0.17	0.30	0.52	0.54	0.55	0.58

Ventanas al Norte con latitud de 23° y hasta 28°						
W/H	0.5	1	2	4	6	8 y Mayor
L/H						
0.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.1	0.70	0.83	0.90	0.92	0.92	0.93
0.2	0.54	0.66	0.80	0.83	0.87	0.87
0.3	0.40	0.57	0.71	0.77	0.78	0.81
0.4	0.32	0.51	0.63	0.73	0.74	0.77
0.5	0.22	0.46	0.60	0.69	0.69	0.70
0.6	0.20	0.39	0.54	0.63	0.66	0.67
0.7	0.16	0.35	0.50	0.60	0.63	0.64
0.8	0.14	0.32	0.48	0.55	0.60	0.61
1.0	0.10	0.24	0.43	0.49	0.55	0.57
1.2	0.06	0.23	0.37	0.46	0.49	0.53

Ventanas al Norte con latitud de 28° y hasta 32°						
W/H	0.5	1	2	4	6	8 y Mayor
L/H						
0.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.1	0.71	0.85	0.91	0.92	0.92	0.93
0.2	0.58	0.71	0.81	0.83	0.87	0.87
0.3	0.47	0.63	0.73	0.78	0.80	0.83
0.4	0.41	0.58	0.66	0.75	0.77	0.78
0.5	0.34	0.53	0.62	0.71	0.73	0.74
0.6	0.33	0.47	0.59	0.67	0.71	0.70
0.7	0.30	0.44	0.55	0.65	0.68	0.68
0.8	0.30	0.42	0.54	0.61	0.66	0.66
1.0	0.27	0.36	0.51	0.56	0.61	0.63
1.2	0.25	0.35	0.46	0.54	0.57	0.60

Ventanas al Este y Oeste con latitud de 14° y hasta 19°						
W/H	0.5	1	2	4	6	8 y Mayor
L/H						
0.0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0.1	0,80	0,85	0,89	0,89	0,88	0,89
0.2	0,68	0,68	0,77	0,76	0,79	0,79
0.3	0,57	0,60	0,67	0,68	0,68	0,70
0.4	0,49	0,53	0,58	0,60	0,61	0,63
0.5	0,41	0,47	0,51	0,54	0,55	0,54
0.6	0,39	0,39	0,44	0,48	0,49	0,49
0.7	0,35	0,35	0,39	0,43	0,45	0,44
0.8	0,33	0,32	0,36	0,38	0,40	0,40
1.0	0,29	0,23	0,30	0,31	0,33	0,34
1.2	0,25	0,21	0,24	0,27	0,27	0,29

Ventanas al Este y Oeste con latitud de 19° y hasta 23°						
W/H	0.5	1	2	4	6	8 y Mayor
L/H						
0.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.1	0.78	0.87	0.91	0.91	0.92	0.92
0.2	0.64	0.73	0.80	0.82	0.85	0.85
0.3	0.51	0.63	0.72	0.76	0.76	0.79
0.4	0.42	0.56	0.63	0.70	0.71	0.72
0.5	0.32	0.50	0.58	0.65	0.66	0.66
0.6	0.29	0.43	0.53	0.59	0.61	0.62
0.7	0.23	0.38	0.48	0.55	0.57	0.58
0.8	0.21	0.34	0.45	0.50	0.53	0.54
1.0	0.15	0.26	0.38	0.43	0.47	0.48
1.2	0.11	0.23	0.32	0.39	0.41	0.44

Ventanas al Este y Oeste con latitud de 23° y hasta 28°						
W/H	0.5	1	2	4	6	8 y Mayor
L/H						
0.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.1	0.77	0.86	0.90	0.91	0.91	0.92
0.2	0.62	0.71	0.79	0.80	0.83	0.83
0.3	0.49	0.62	0.69	0.73	0.73	0.76
0.4	0.39	0.54	0.60	0.66	0.67	0.69
0.5	0.30	0.48	0.55	0.61	0.62	0.62
0.6	0.27	0.40	0.49	0.54	0.56	0.57
0.7	0.21	0.35	0.44	0.50	0.52	0.53
0.8	0.19	0.31	0.40	0.45	0.49	0.49
1.0	0.14	0.23	0.35	0.38	0.42	0.43
1.2	0.10	0.19	0.28	0.34	0.35	0.38

Ventanas al Este y Oeste con latitud de 28° y hasta 32°						
W/H	0.5	1	2	4	6	8 y Mayor
L/H						
0.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.1	0.83	0.88	0.90	0.91	0.91	0.91
0.2	0.73	0.76	0.80	0.81	0.82	0.82
0.3	0.63	0.67	0.72	0.73	0.73	0.75
0.4	0.56	0.60	0.64	0.66	0.66	0.67
0.5	0.48	0.55	0.58	0.60	0.60	0.60
0.6	0.45	0.48	0.52	0.55	0.55	0.55
0.7	0.40	0.44	0.47	0.50	0.51	0.50
0.8	0.38	0.40	0.44	0.45	0.47	0.47
1.0	0.33	0.33	0.38	0.39	0.41	0.41
1.2	0.29	0.29	0.32	0.34	0.35	0.36

Ventanas al Sur con latitud de 14° y hasta 19°						
W/H	0.5	1	2	4	6	8 y Mayor
L/H						
0.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.1	0.77	0.83	0.87	0.85	0.85	0.87
0.2	0.66	0.67	0.74	0.71	0.74	0.73
0.3	0.57	0.59	0.62	0.62	0.61	0.63
0.4	0.52	0.53	0.52	0.55	0.53	0.54
0.5	0.46	0.47	0.47	0.49	0.47	0.46
0.6	0.44	0.40	0.41	0.42	0.42	0.41
0.7	0.41	0.37	0.37	0.39	0.38	0.37
0.8	0.41	0.35	0.35	0.34	0.35	0.34
1.0	0.38	0.28	0.31	0.29	0.30	0.29
1.2	0.36	0.27	0.26	0.26	0.25	0.26

Ventanas al Sur con latitud de 19° y hasta 23°						
W/H	0.5	1	2	4	6	8 y Mayor
L/H						
0.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.1	0.72	0.83	0.89	1.04	0.85	0.87
0.2	0.55	0.67	0.76	0.91	0.80	0.74
0.3	0.40	0.56	0.67	0.82	0.75	0.71
0.4	0.31	0.48	0.58	0.75	0.69	0.68
0.5	0.21	0.41	0.52	0.68	0.63	0.61
0.6	0.19	0.34	0.46	0.61	0.58	0.56
0.7	0.14	0.29	0.41	0.56	0.54	0.52
0.8	0.13	0.26	0.37	0.50	0.50	0.49
1.0	0.10	0.20	0.32	0.43	0.44	0.43
1.2	0.08	0.18	0.27	0.40	0.39	0.40

Ventanas al Sur con latitud de 23° y hasta 28°						
W/H	0.5	1	2	4	6	8 y Mayor
L/H						
0.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.1	0.74	0.81	0.86	0.88	0.87	0.88
0.2	0.56	0.66	0.74	0.75	0.78	0.79
0.3	0.43	0.55	0.63	0.67	0.68	0.71
0.4	0.36	0.49	0.54	0.61	0.62	0.63
0.5	0.28	0.42	0.49	0.55	0.55	0.56
0.6	0.26	0.34	0.43	0.48	0.50	0.50
0.7	0.22	0.31	0.38	0.44	0.46	0.46
0.8	0.21	0.27	0.35	0.38	0.42	0.42
1.0	0.19	0.21	0.30	0.33	0.35	0.37
1.2	0.17	0.19	0.25	0.29	0.31	0.33

Ventanas al Sur con latitud de 28° y hasta 32°						
W/H	0.5	1	2	4	6	8 y Mayor
L/H						
0.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.1	0.73	0.80	0.84	0.84	0.84	0.84
0.2	0.60	0.64	0.70	0.70	0.72	0.71
0.3	0.50	0.55	0.60	0.61	0.60	0.62
0.4	0.46	0.48	0.51	0.54	0.53	0.54
0.5	0.40	0.45	0.47	0.49	0.48	0.47
0.6	0.39	0.40	0.42	0.44	0.44	0.43
0.7	0.36	0.37	0.39	0.41	0.41	0.40
0.8	0.36	0.35	0.38	0.38	0.40	0.38
1.0	0.34	0.31	0.36	0.35	0.37	0.36
1.2	0.32	0.30	0.32	0.34	0.34	0.35

PARTESOLES

Si se construye una ventana con partesoles, se podrá afectar el valor del coeficiente de sombreado del vidrio, multiplicándolo por el factor de corrección por sombreado exterior de la Tabla A.5.

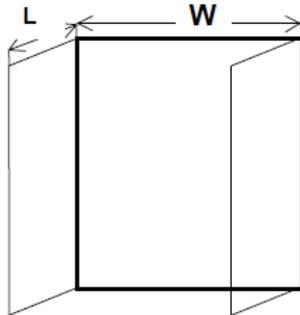


Tabla A.5 Factor de corrección de sombreado exterior (SE) por el uso de ventanas con partesoles.

Latitud 14° hasta 19°			
L/W	Norte	Este y Oeste	Sur
0	1.00	1.00	1.00
0.5	0.52	0.64	0.56
1	0.26	0.44	0.34
1.5	0.13	0.35	0.24
2	0.05	0.3	0.17
Latitud 19° hasta 23°			
L/W	Norte	Este y Oeste	Sur
0	1.00	1.00	1.00
0.5	0.54	0.67	0.56
1	0.28	0.45	0.32
1.5	0.16	0.32	0.2
2	0.09	0.24	0.14
Latitud 23° hasta 28°			
L/W	Norte	Este y Oeste	Sur
0	1.00	1.00	1.00
0.5	0.54	0.67	0.57
1	0.28	0.47	0.31
1.5	0.15	0.35	0.18
2	0.06	0.27	0.11
Latitud 28° hasta 32°			
L/W	Norte	Este y Oeste	Sur
0	1.00	1.00	1.00
0.5	0.53	0.77	0.62
1	0.28	0.62	0.4
1.5	0.16	0.53	0.29
2	0.1	0.47	0.23

Ejemplos de interpolación de datos en las Tablas anteriores.

Primer caso.

Supóngase la siguiente Tabla:

W/H→	X_n	X_{n+1}
L/H		
Y_n	a	b
y_{n+1}	c	d

Si el valor buscado corresponde a:

$$Y_n < Y < Y_{n+1} \text{ y } X_n < X < X_{n+1}$$

dónde:

$X_n, X_{n+1}, Y_n, Y_{n+1}$ son los índices de las tablas "X" y "Y" son los valores que correspondan al resultado buscado en la Tabla, se utilizan las siguientes fórmulas:

$$F_x = \frac{(X - X_n)}{(X_{n+1} - X_n)}$$

$$F_y = \frac{(Y - Y_n)}{(Y_{n+1} - Y_n)}$$

$$\text{Valor buscado} = F_x F_y (d - c - b + a) + F_x (b - a) + F_y (c - a) + a$$

Ejemplo 1. Supóngase una ventana orientada al oeste en un edificio con latitud de 19° 40'. La ventana tiene una altura de 80 cm (H), un ancho de 135 cm (W) y un volado de 135 cm de ancho (A= 0) y una proyección de 65 cm (L).

$$L/H = 65/80 = 0.8125 = Y$$

$$W/H = 135/80 = 1.6875 = X$$

Se utiliza la siguiente Tabla:

Ventanas al Este y Oeste con latitud de 28° y hasta 32°						
W/H	0.5	1	2	4	6	8 y Mayor
L/H						
0.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.1	0.93	0.92	0.91	0.91	0.91	0.91
0.2	0.87	0.86	0.83	0.83	0.83	0.82
0.3	0.83	0.79	0.78	0.76	0.75	0.74
0.4	0.79	0.74	0.72	0.69	0.68	0.67
0.5	0.76	0.70	0.67	0.63	0.62	0.61
0.6	0.73	0.66	0.62	0.59	0.57	0.56
0.7	0.71	0.63	0.58	0.55	0.52	0.52
0.8	0.69	0.60	0.55	0.51	0.49	0.48
1.0	0.66	0.56	0.49	0.45	0.43	0.41
1.2	0.64	0.52	0.45	0.40	0.38	0.36

$$F_x = \frac{(1.6875 - 1)}{(2 - 1)} = 0.6875$$

$$F_y = \frac{(0.8125 - 0.8)}{(1.0 - 0.8)} = 0.0625$$

Factor de corrección por sombreado exterior = $0.6875 \times 0.0625(0.49 - 0.56 + 0.60) + 0.6874(0.55 - 0.60) + 0.0625(0.56 - 0.6) + 0.60 = 0.5623$

Segundo caso.

Supóngase la siguiente Tabla:

L/H	Norte	Este y Oeste	Sur
Y_n	a		
Y_{n+1}	b		

Si el valor buscado corresponde a:

$$Y_n < Y < Y_{n+1}$$

dónde:

Y_n y Y_{n+1} son los índices de la Tabla, y a y b los valores anterior y posterior, que corresponden al valor buscado en la Tabla, se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Valor buscado} = \frac{b - a}{Y_{n+1} - Y_n} (Y - Y_n) + a$$

Ejemplo 2. Supóngase una ventana orientada al Norte, en un edificio con latitud 15° . La ventana tiene un ancho de 150 cm (W) y el partosol un ancho de 80 cm (L).

$$L/W = 0,80/1,50 = 0,5333 = Y$$

Se utiliza la siguiente Tabla:

Latitud 14° hasta 19°			
L/W	Norte	Este y Oeste	Sur
0	1.00	1.00	1.00
0.5	0.52	0.64	0.56
1	0.26	0.44	0.34
1.5	0.13	0.35	0.24
2	0.05	0.3	0.17

$$\text{Factor de correccion por sombreado exterior} = \frac{0.26 - 0.52}{1.0 - 0.5} (0.5333 - 0.5) + 0.52 = 0.537$$

APENDICE B

CALCULO DEL COEFICIENTE GLOBAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR (K)

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

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

dónde:

K : es el coeficiente global de transferencia de calor de una porción de la envolvente del edificio, de superficie a superficie, en $W/m^2 K$.

M : es el aislamiento térmico total de una porción de la envolvente del edificio, de superficie a superficie, en $m^2 K /W$.

$B.1$ Aislamiento térmico total de las porciones de la envolvente de un edificio formado por capas homogéneas.

El aislamiento térmico total de una porción de la envolvente del edificio formado con capas térmicamente homogéneas, y perpendiculares al flujo del calor, deben de calcularse con la siguiente ecuación:

$$M = \frac{1}{hi} + \frac{1}{he} + \frac{l_1}{\lambda_1} + \frac{l_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{l_n}{\lambda_n} \quad (B.2)$$

dónde:

M : es el aislamiento térmico total de una porción de la envolvente del edificio, de superficie a superficie, en $m^2 K/W$.

hi : es la conductancia superficial interior, en $W/m^2 K$. Su valor es 8.1 para superficies verticales, 9.4 para superficies horizontales con flujo de calor hacia arriba (del piso hacia el aire interior o del aire interior hacia el techo), y 6.6 para superficies horizontales con flujo de calor hacia abajo (del techo al aire interior o del aire interior al piso).

he : es la conductancia superficial exterior, y es igual a 13 W/m^2K .

n : es el número de capas que forman la porción de la envolvente del edificio.

l : es el espesor de cada uno de los materiales que componen la porción de la envolvente del edificio, en m.

λ : es el coeficiente de conductividad térmica de cada uno de los materiales que componen la porción de la envolvente del edificio, en W/m K.

B.2: Aislamiento térmico total de porciones formadas por capas homogéneas y capas no homogéneas.

El aislamiento térmico total de las porciones de las envolvente de un edificio, formado con capas térmicamente homogéneas y térmicamente no homogéneas paralelas a la superficie, como se muestra esquemáticamente en la Figura 1A, se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$M = \frac{1}{\frac{1}{M_{parcial}} + \frac{F_1}{g/\lambda_1} + \frac{F_2}{g/\lambda_2} + \frac{F_n}{g/\lambda_m}} \quad (B.3)$$

dónde:

$M_{parcial}$: es el aislamiento térmico parcial de una porción de la envolvente del edificio, de superficie a superficie (m^2K/W). Es la suma de todos los aislamientos térmicos de todas las capas y aislamientos superficiales que componen la parte de la envolvente del edificio, excepto lo de la capa no homogénea.

m : es el número de materiales que forman la capa no homogénea.

F : es la fracción del área total de la porción de la envolvente del edificio, ocupada por cada material en la capa no homogénea.

g : es el grueso de la capa no homogénea.

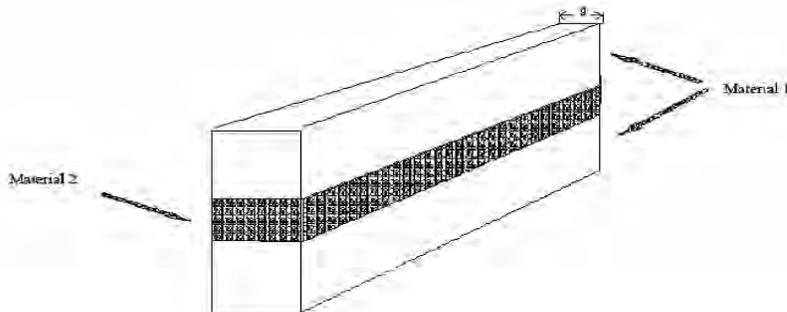


Figura: B.1

Ejemplo:

Supóngase un muro estructurado de la forma siguiente: madera con triplay y mortero en la superficie exterior, tablero de yeso en la superficie interior y entre ambos una estructura de madera con polines verticales y aislante térmico.

Entonces, la estructura de madera (polines), y el aislamiento térmico son lo que se llama capas no homogéneas. En este caso particular se asume que el aislante térmico es el material 1 y que los polines son el material 2 (véase la figura B.1). Para fines de cálculo se utilizarán las áreas totales.

Datos requeridos para el cálculo:

$$h_i = 8.1 \text{ W/m K}$$

$$h_e = 13 \text{ W/m K}$$

Mortero de cal al exterior de 5mm

$$\lambda = 0.872 \text{ W/m K}$$

$$l = 0.005\text{m}$$

Triplay de 9.6mm

$$\lambda = 0.116 \text{ W/m K}$$

$$l = 0.0096\text{m}$$

Aislante térmico

$$\lambda = 0.035 \text{ W/m K}$$

$$l = 0.1\text{m}$$

Polín de madera de 0.05 por 0.1m

$$\lambda = 0.130 \text{ W/m K}$$

$$l = 0.1\text{m}$$

Tablero de yeso de 9.6mm

$$\lambda = 0.168 \text{ W/m K}$$

$$l = 0.0096\text{m}$$

El muro es de 2.4 m de altura y de 10 m de ancho. Por lo tanto, incluyendo los polines de los extremos se cuenta con 17 polines (se supone que la distancia entre polines es de 60 cm).

$$\text{Área de muro} = 2.4 \times 10 = 24 \text{ m}^2$$

$$\text{Área de polines} = 17 \times 0.05 \times 2.4 = 2.04 \text{ m}^2$$

$$\text{Fracción del área total de polines} = 2.04/24 = 0.085$$

$$\text{Fracción del área total de aislante térmico} = (24-2.04)/24 = 0.915$$

$$M_{parcial} = \frac{1}{8.1} + \frac{1}{13} + \frac{0.005}{0.872} + \frac{0.0096}{0.116} + \frac{0.0096}{0.168} = 0.3460152 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$M = \frac{1}{\frac{1}{0.3460152} + \frac{0.085}{0.1/0.130} + \frac{0.915}{0.1/0.035}} = 0.03011326 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$K = \frac{1}{0.03011326} = 3.321 \text{ W/m}^2\text{K}$$

APENDICE C

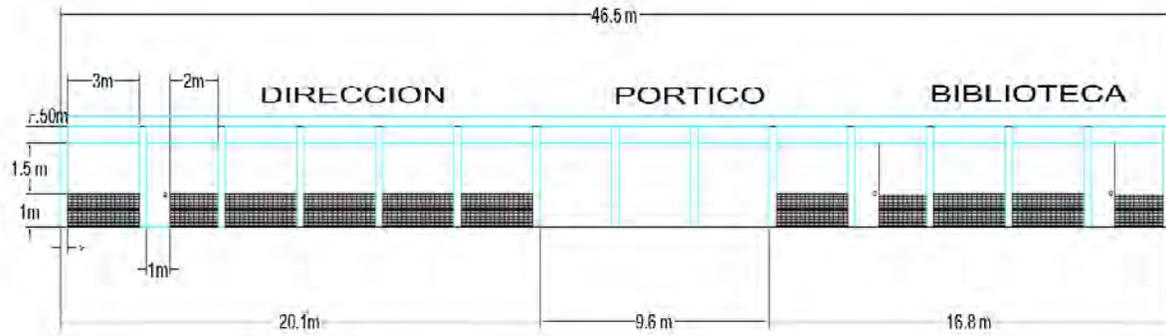
VALORES DE CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN.

MUROS			
Subíndice	Descripción	L Espesor (m)	λ Conductividad Térmica (w/m K)
1	Tabique d/Barra Extruido solido vitriado para acabado exterior	0.1	1,282.00
VENTANAS			
Subíndice	Descripción	L Espesor (m)	λ Conductividad Térmica (w/m K)
1	Vidrio ordinario	0.005	0.93
PUERTAS			
Subíndice	Descripción	L Espesor (m)	λ Conductividad Térmica (w/m K)
1	Vidrio ordinario	0.005	0.93
1	Madera de pino	0.04	0.93
TECHO			
Subíndice	Descripción	L Espesor (m)	λ Conductividad Térmica (w/m K)
1	Calcreto	0.025	0.78
2	Concreto armado	0.05	1.74
3	Vigueta y bovedilla	0.25	0.99
4	Aplanado de cal-arena-cemento (mortero)	0.015	0.63
AISLANTE TÉRMICO			
Subíndice	Descripción	L Espesor (m)	λ Conductividad Térmica (w/m K)
A1	Placa de poliestireno expandido	0.0127	0.037
A2	Placa de poliestireno extruido	0.025	0.02884

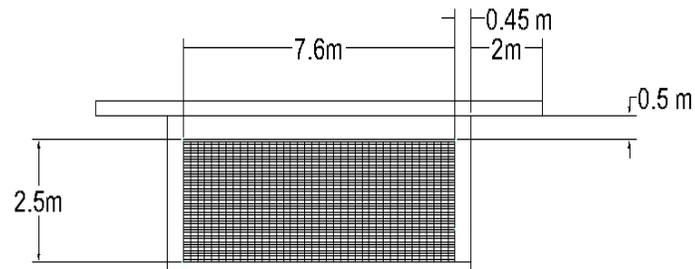
ANEXO 1

PLANTA ARQUITECTONICA DE LOS EDIFICIOS DEL CENTRO
DE ESTUDIOS TECNOLOGICOS DEL MAR No. 10.

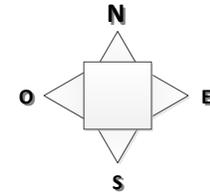
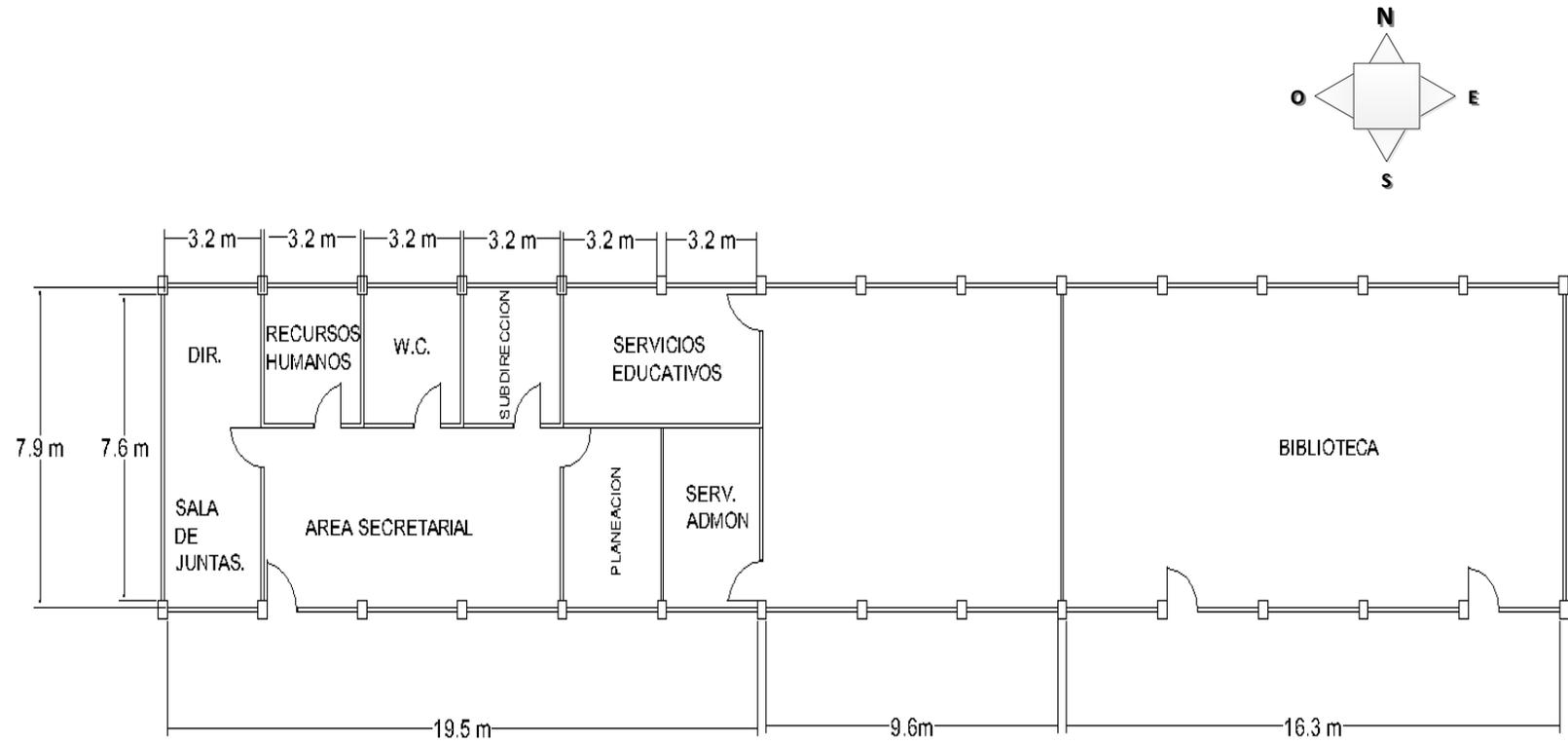
FACHADA FRONTAL DEL EDIFICIO A



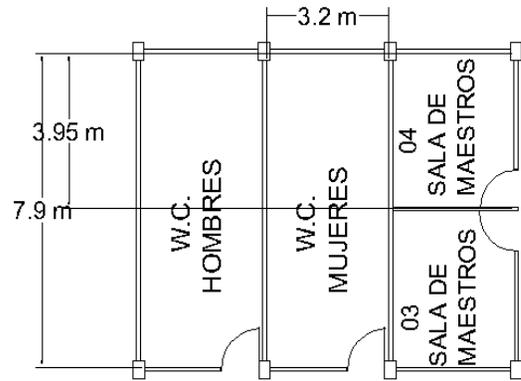
FACHADA LATERAL DE TODOS LOS EDIFICIOS



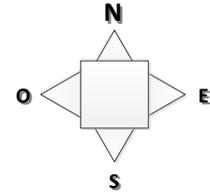
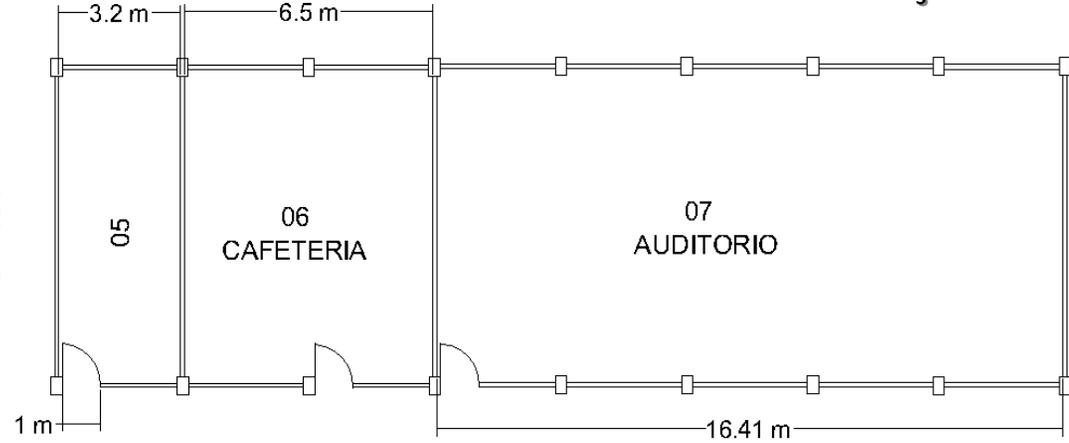
EDIFICIO A



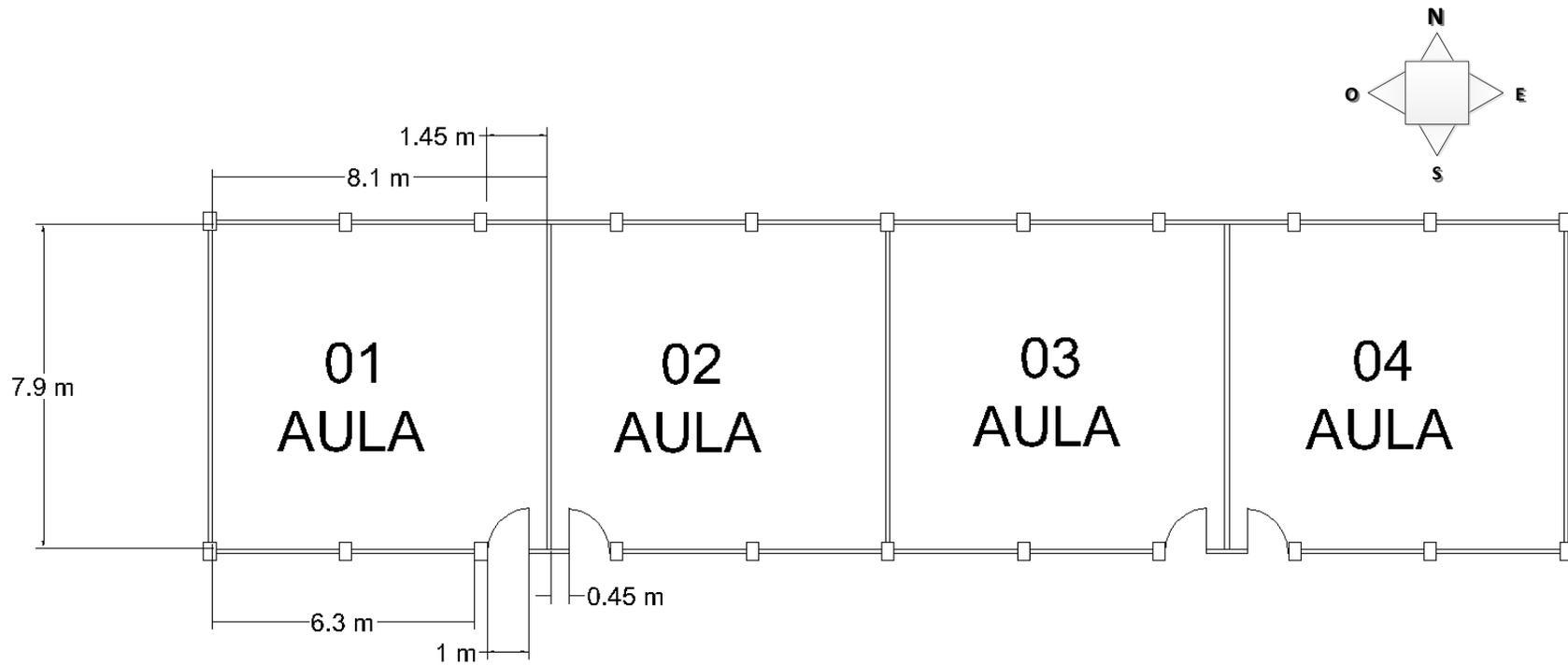
EDIFICIO B



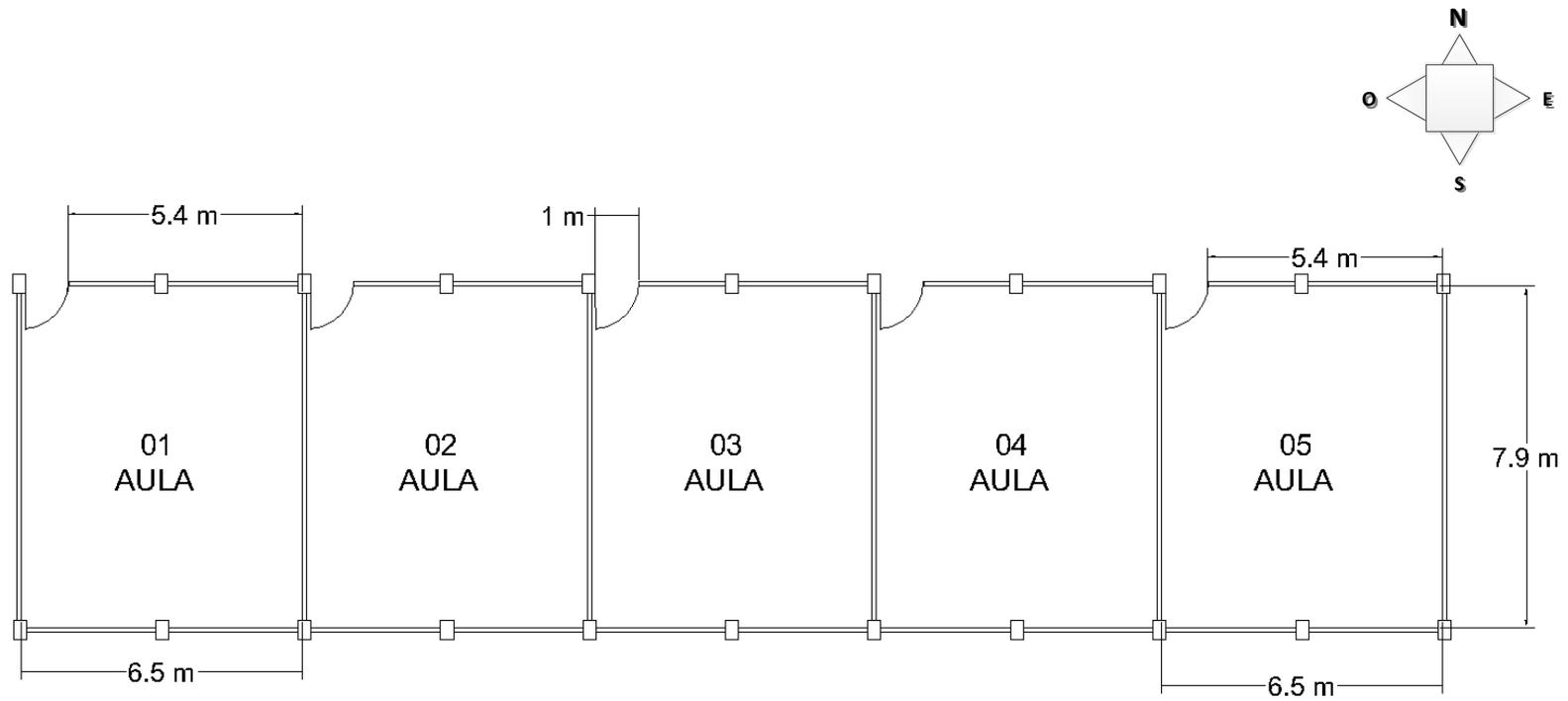
PORTICO



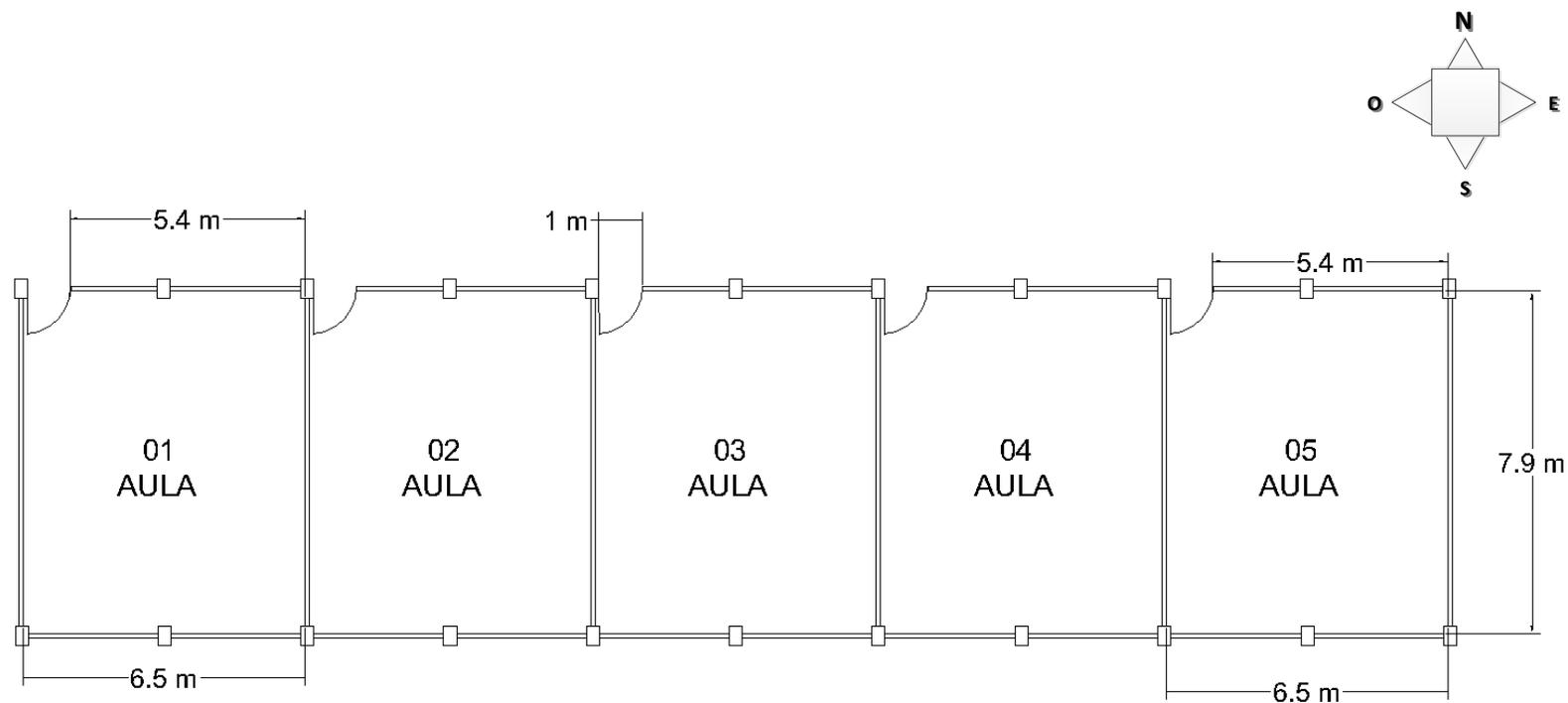
EDIFICIO D



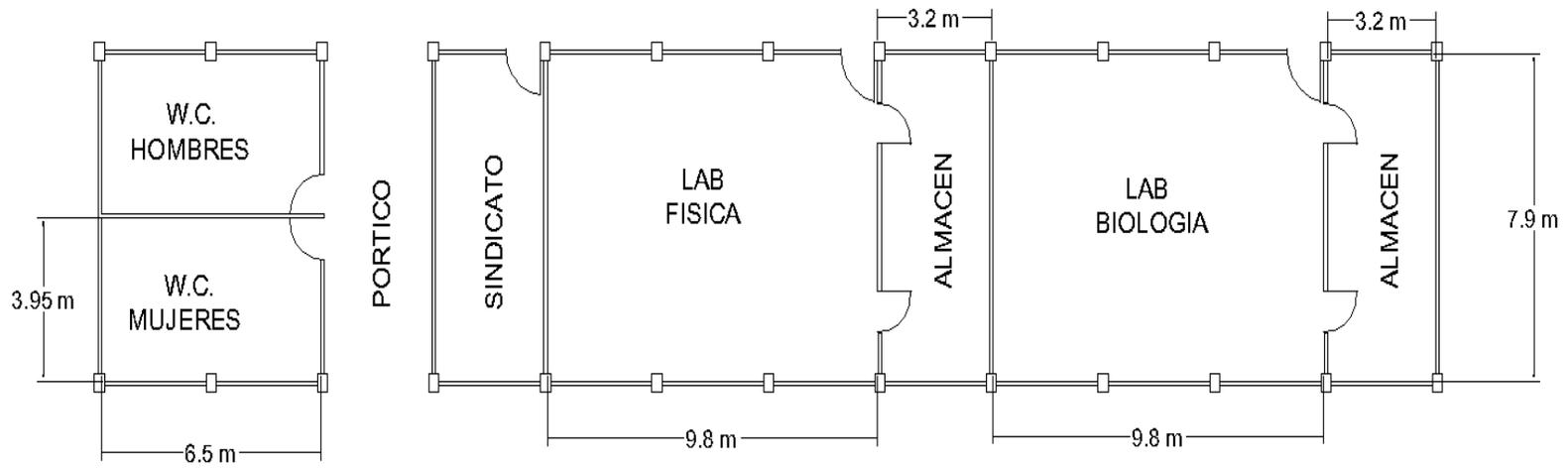
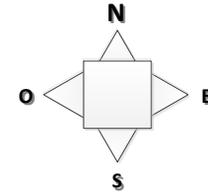
EDIFICIO D1



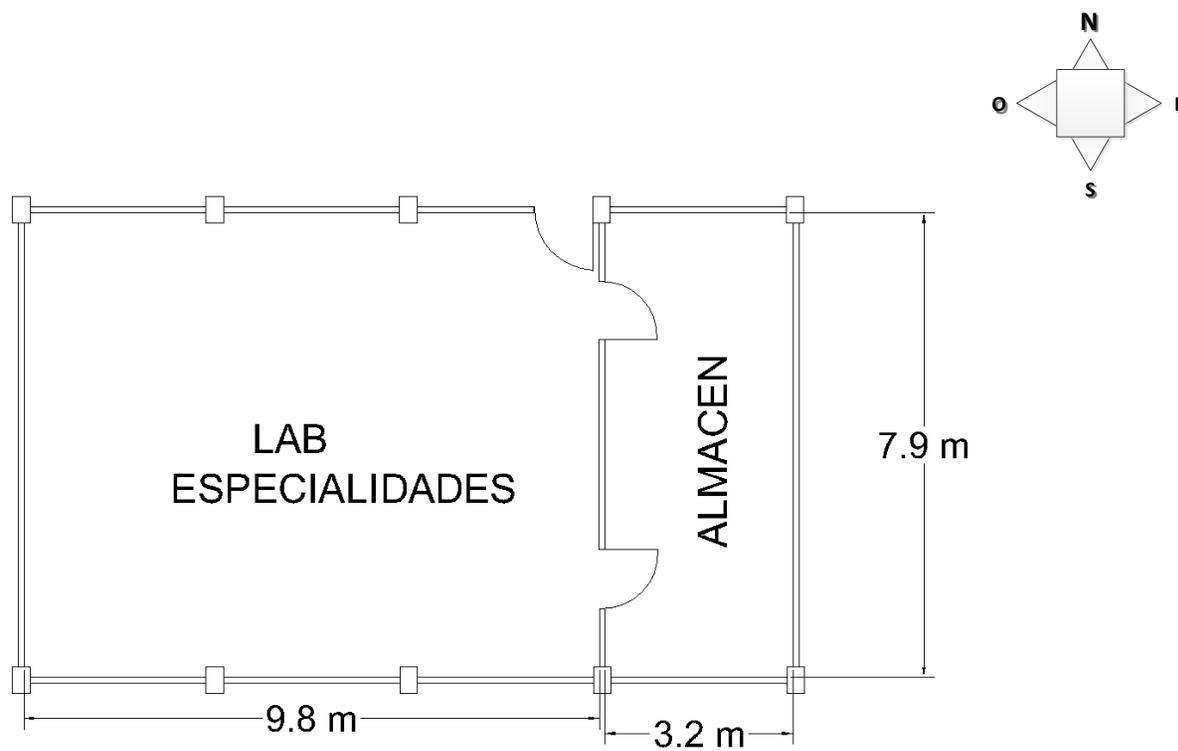
EDIFICIO E



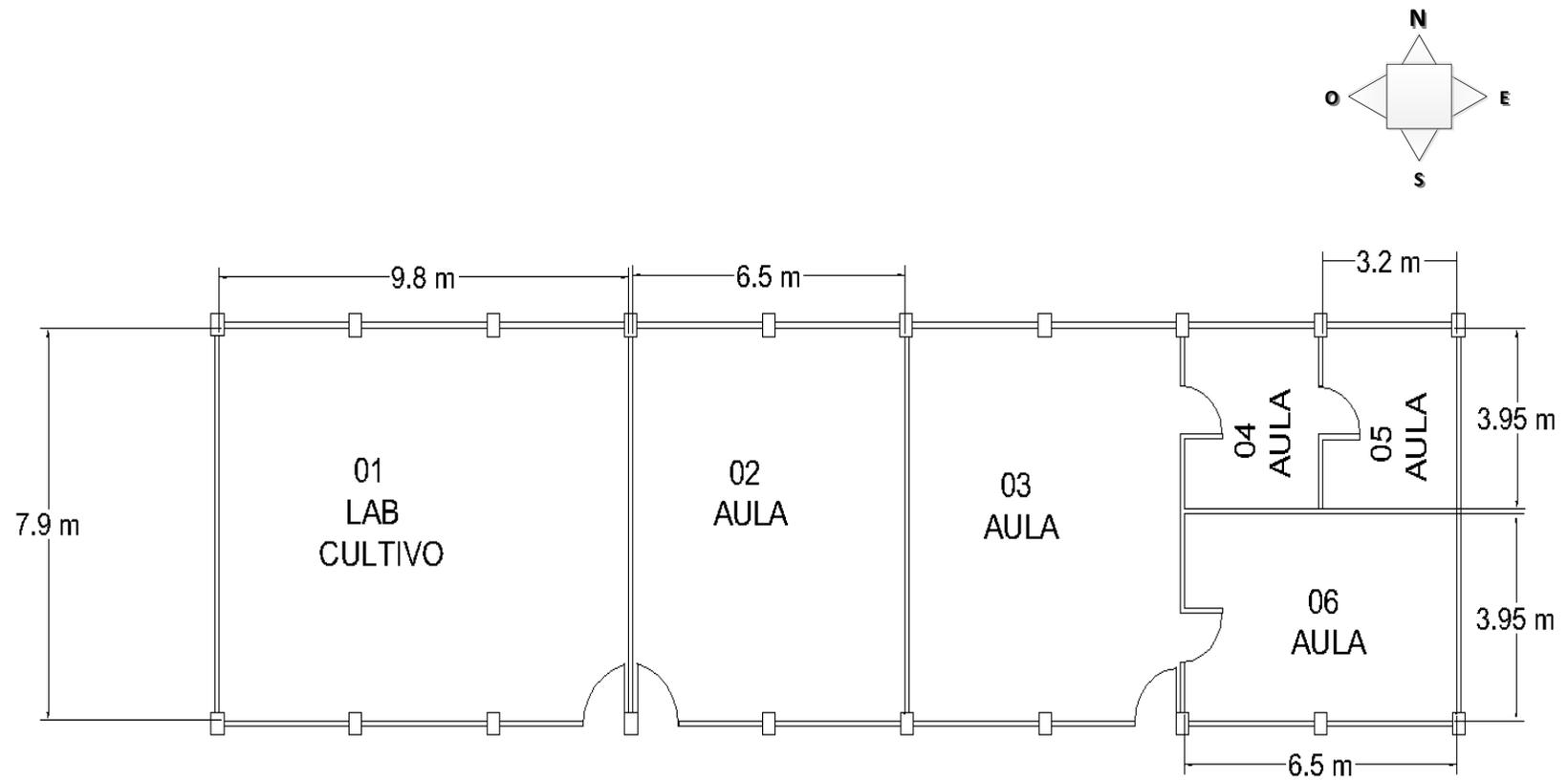
EDIFICIO F1



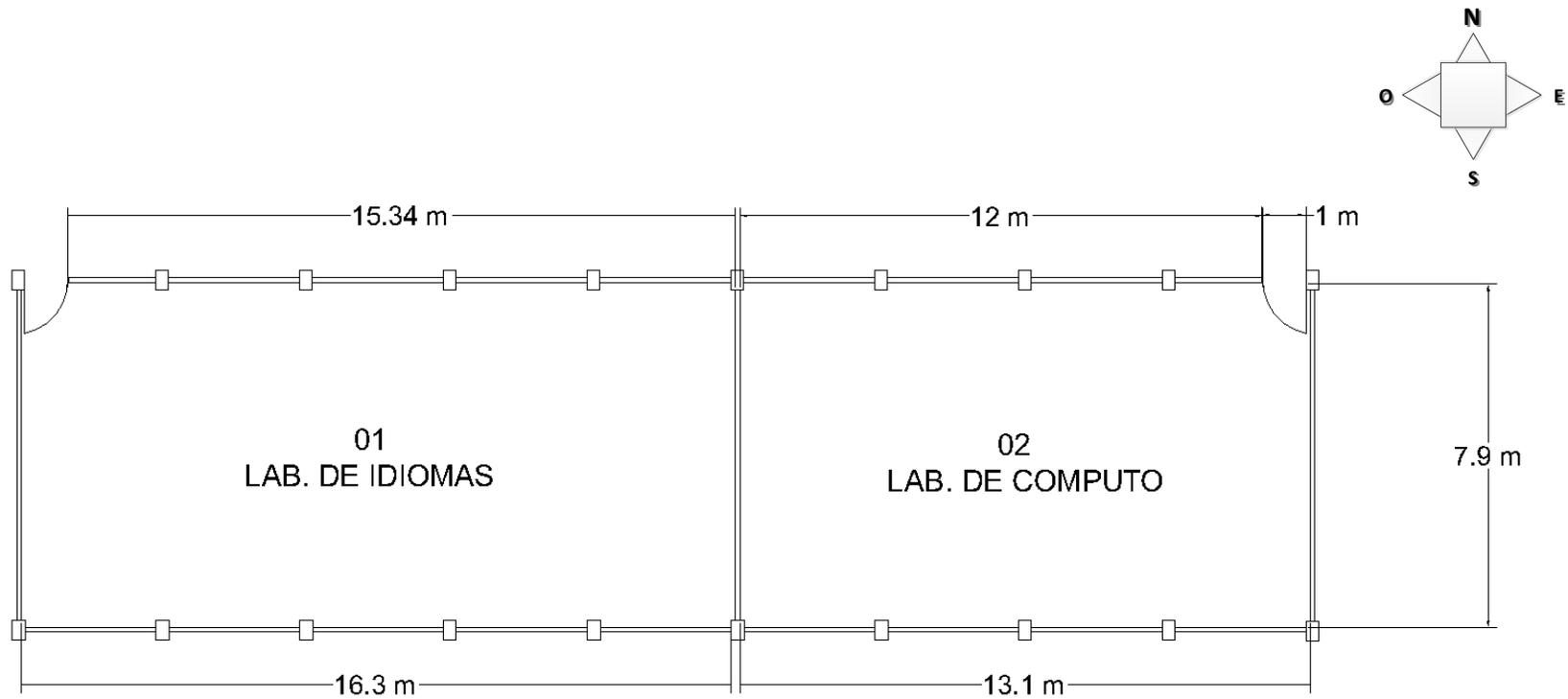
EDIFICIO L



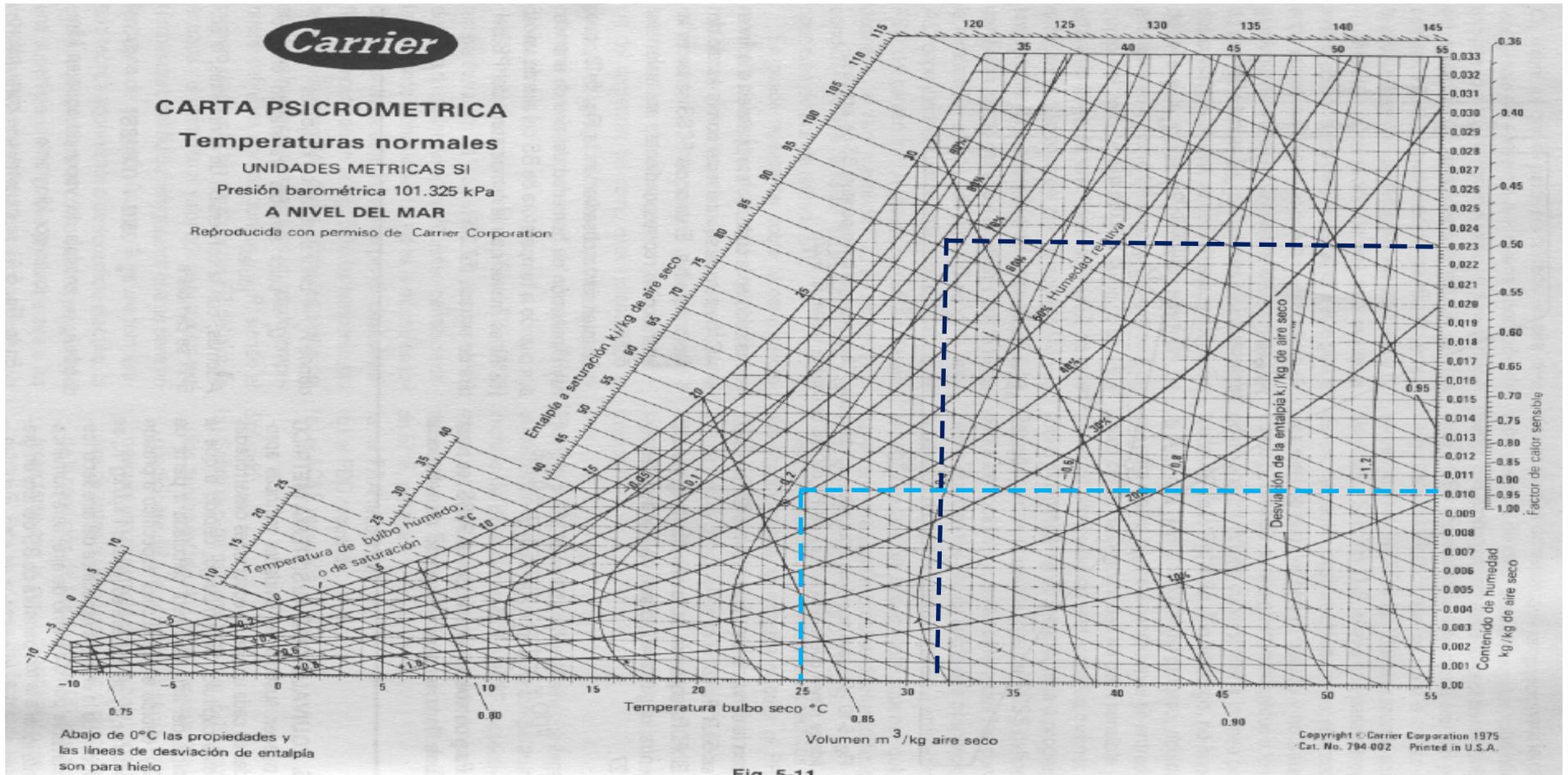
EDIFICIO M



EDIFICIO N



ANEXO 2



ANEXO 3



NORMALES CLIMATOLÓGICAS

CHETUMAL, Q. ROO.



LATITUD N 18° 29'
LONGITUD W 88° 18'
ALTITUD 9 msnm

PERIODO 1981-2000

OBSERVATORIO SINOPTICO
DEPENDENCIA: SMN-CNA

PARAMETROS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
TEMPERATURA													
MAXIMA EXTREMA	36.6	36.0	36.2	39.0	39.6	39.5	36.0	37.0	39.7	39.7	39.2	33.0	39.7
PROMEDIO DE MAXIMA	28.9	30.0	31.0	32.3	33.2	32.6	32.5	33.1	32.9	31.9	30.5	29.4	31.5
MEDIA	24.0	25.0	26.2	27.9	28.9	28.9	28.5	28.7	28.5	27.3	25.9	24.5	27.0
PROMEDIO DE MINIMA	19.0	20.0	21.4	23.5	24.6	25.1	24.4	24.3	24.1	22.6	21.2	19.7	22.5
MINIMA EXTREMA	8.8	9.7	7.3	12.0	14.9	17.7	20.4	19.5	21.0	16.0	12.5	8.5	7.3
OSCILACION	9.9	10.0	9.7	8.7	8.6	7.5	8.1	8.8	8.8	9.3	9.3	9.8	9.0
TOTAL HORAS INSOLACION	209	165	175	183	201	165	190	182	158	186	205	211	2228
HUMEDAD													
TEMPERATURA BULBO HUMEDO	21.6	21.9	22.5	24.0	25.0	25.7	25.4	25.6	25.4	24.3	23.2	22.1	23.9
HUMEDAD RELATIVA MEDIA	80	76	74	73	74	78	78	77	79	80	80	80	77
EVAPORACION	97	127	177	195	203	169	165	160	136	127	102	96	1755.5
PRECIPITACION													
TOTAL	81.3	27.8	26.3	48.2	67.4	175.3	139.7	125.7	172.1	146.6	109.7	59.6	1179.7
MAXIMA	221.9	111.4	85.2	229.5	194.8	332.2	317.9	205.0	392.7	304.7	195.4	163.0	392.7
MAXIMA EN 24 HRS.	59.3	73.5	62.2	101.9	50.3	162.9	102.2	120.4	164.3	140.3	98.4	44.6	164.3
MAXIMA EN 1 HORA	10.8	8.0	9.2	28.0	29.3	38.3	44.6	21.1	35.7	19.3	9.5	5.0	44.6
PRESION													
MEDIA EN LA ESTACION	1010.8	1009.8	1008.6	1007.2	1007.0	1006.9	1009.0	1008.2	1006.2	1007.1	1009.2	1010.3	1008.4
VIENTO MAXIMO DIARIO													
MAGNITUD MEDIA	7.9	9.2	10.5	10.5	10.0	9.4	9.0	8.7	8.0	7.2	7.3	7.3	8.7
FENOMENOS ESPECIALES													
LLUVIA APRECIABLE	9.5	5.0	3.8	4.6	7.2	14.2	13.6	12.9	14.8	14.2	12.5	9.1	121.4
DESPEJADOS	10.4	12.5	14.3	8.9	5.9	1.5	4.4	3.4	2.3	4.8	6.6	7.8	82.7
MEDIO NUBLADOS	13.1	11.3	13.0	17.5	16.4	14.5	16.6	16.8	15.3	16.1	15.1	16.9	182.7
NUBLADO/CERRADO	7.6	4.2	3.7	3.5	8.8	14.0	10.0	10.8	12.4	10.0	8.3	6.4	99.6
GRANIZO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
HELADA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
TORMENTA ELECTRICA	0.3	0.1	0.2	1.1	1.1	1.6	2.8	2.9	2.6	1.3	0.7	0.3	15.0
NIEBLA	2.7	1.3	0.4	0.3	0.5	0.1	0.6	1.5	1.8	2.2	3.0	2.1	16.5

UNIDADES: TEMPERATURA (°C), HUMEDAD RELATIVA (%), PRECIPITACION Y EVAPORACION (mm), PRESION (mb), VIENTO (m/s) Y FENOMENOS ESPECIALES (días).