



UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO
División de Ciencias e Ingeniería

NORMA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN
EDIFICACIONES, EVOLVENTE DE EDIFICIOS NO
RESIDENCIALES, NOM-ENER-008-2001: UN
EJEMPLO DE APLICACIÓN

TRABAJO MONOGRÁFICO
Para obtener el Grado de
Ingeniero en Sistemas de Energía

PRESENTA
Argelia Crisóstomo Zavala

SUPERVISORES
Dr. Inocente Bojórquez Báez
M.E.S. Roberto Acosta Olea
M.C. Jaime D. Cuevas Domínguez

Chetumal, Quintana Roo, Julio de 2007.



UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO
División de Ciencias e Ingeniería

Trabajo monográfico elaborado bajo la supervisión del Comité de Asesoría y aprobada como requisito parcial, para obtener el grado de:

INGENIERO EN SISTEMAS DE ENERGÍA

COMITÉ

Supervisor: Dr. Inocente Bojórquez Baéz _____

Supervisor: M.E.S. Roberto Acosta Olea _____

Supervisor: M.C. Jaime D. Cuevas Domínguez _____

Chetumal, Quintana Roo, Julio de 2007

ÍNDICE

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
OBJETIVOS	4
CAPITULO I. MARCO CONCEPTUAL	
1.1. UBICACIÓN Y CLIMA.....	5
1.2. MATERIALES.....	5
1.3. NORMA, LEYES Y REGLAMENTOS.....	7
1.4. EDIFICACIONES Y ENTORNO.....	9
CAPITULO 2. NOM-008-ENER-2001	
2.1. EDIFICIO DE REFERENCIA.....	12
2.2 EDIFICIO PROYECTADO.....	12
2.3. CÁLCULO GANANCIA DE CALOR.....	13
2.3.1. EN EL EDIFICIO PROYECTADO.....	13
2.3.1.1. CÁLCULO DE GANANCIA DE CALOR POR CONDUCCIÓN...13	
2.3.1.2. CÁLCULO DE GANANCIA DE CALOR POR RADIACIÓN.....14	
2.3.2. EN EL EDIFICIO DE REFERENCIA.....	15
2.3.2.1. CÁLCULO DE GANANCIA DE CALOR POR CONDUCCIÓN...16	
2.3.2.2. CÁLCULO DE GANANCIA DE CALOR POR RADIACIÓN.....16	
2.4. ORIENTACIONES.....	17
2.5. PROTECCIONES SOLARES.....	18
2.5.1. VOLADOS.....	18
2.5.2. VENTANA RAMETIDA.....	19
2.5.3. PARTESOL.....	20

CAPITULO 3. APLICACIÓN DE LA NORMA EN LA CIUDAD DE CHETUMAL

3.1. MATERIALES UTILIZADOS EN CHETUMAL.....	21
3.2. TEMPERATURA INTERIOR.....	22
3.3. TEMPERATURA EXTERIOR.....	23
3.4. PROTECCIONES SOLARES.....	24
3.5. CÁLCULO DE GANANCAS POR MEDIO DE LA NORMA.....	25
3.5.1. EDIFICIO ANTES DE LA REMODELACION.....	26
3.5.2. EDIFICIO REMODELADO.....	27
3.6. CÁLCULO DE LAS GANANCIAS TÉRMICAS SIN CONSIDERAR EL PROGRAMA DE CÁLCULO DE LA NORMA.	28

CONCLUSIONES

1. OBSERVACIONES.....	30
2. CONCLUSIONES.....	31

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	33
--	-----------

PÁGINAS ELECTRÓNICAS.....	34
----------------------------------	-----------

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. CLASIFICACIÓN DE LAS ORIENTACIONES.....	18
FIGURA 2. VOLADOS.....	19
FIGURA 3. VENTANA REMETIDA.....	19
FIGURA 4. PARTESOLES.....	20
FIGURA 5. DÍAS – GRADO PARA LA CIUDAD DE CHETUMAL.....	23
FIGURA 6. PLANTA ARQUITECTÓNICA ANTES DE LA REMODELACIÓN.....	26
FIGURA 7. PLANTA ARQUITECTÓNICA DESPUÉS DE LA REMODELACIÓN.....	27

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. VALORES DE TEMPERATURA EXTERNA EN CHETUMAL DE .ACUERDO A LA NOM-008-ENER-2001.....	24
TABLA 2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS REALIZADO A LA CLÍNICA DENTAL ANTES DE LA REMODELACIÓN.....	26
TABLA 3. RESULTADOS DEL ANÁLISIS REALIZADO A LA CLÍNICA DENTAL CON LAS REMODELACIONES.....	27
TABLA 4. RESULTADOS DEL PROGRAMA VIVE.....	29

ANEXOS

ANEXO A. NORMALES CLIMATOLÓGICAS CONAGUA.....	36
ANEXO B. DIAGRAMA ISOTERMAL.....	37
ANEXO C. PRESUPUESTO ENERGÉTICO CLÍNICA ANTES DE LA REMODELACIÓN.....	38
ANEXO D. PRESUPUESTO ENERGÉTICO CLÍNICA REMODELADA.....	47
ANEXO E. FOTOS DE LA CLÍNICA DENTAL.....	57

RESUMEN

El uso de normas y reglamentos que contribuyen al uso eficiente de la energía eléctrica, impacta de forma positiva a la economía familiar y a la actividad energética de un país. Se ha detectado que la aplicación de los distintos reglamentos y normas favorecen el costo de mantenimiento del edificio durante su vida útil; por lo que, el objetivo de este trabajo fue analizar la aplicación de la norma NOM-008-ENER-2001, en la ciudad de Chetumal, como parte de la reglamentación municipal para la edificación de edificios no residenciales en el Municipio de Othón P. Blanco y, con esto, contribuir al uso eficiente de la energía. Se empezó con la revisión de la literatura alrededor de trabajos realizados sobre el tema; de ahí se siguió con el análisis del microclima de la zona de estudio, para después revisar las propiedades físicas y ópticas de los materiales de construcción comúnmente utilizados en la edificación en Chetumal; con estos datos, se calculó la ganancia térmica de un edificio remodelado, convertido en clínica dental, utilizando el programa recomendado por la Norma, parte importante en este paso fue el análisis de los dispositivos de sombreado. Para validar la aplicación de este programa, se finalizó con el análisis comparativo de la ganancia de calor entre el edificio original, sin remodelar, y el edificio remodelado, empleando el programa VIVE 2000, aplicado y comprobado por el Dr. Inocente Bojórquez. Se concluyó que la norma es un documento importante pero, no se adecúa a las características climatológicas y de materiales de la ciudad de Chetumal.

INTRODUCCIÓN

La revisión de la Norma oficial mexicana NOM-008-ENER-2001, *de Eficiencia Energética en Edificaciones, envolvente de edificios no residenciales*, y su aplicación en la Cd. de Chetumal, capital del Estado de Quintana Roo, cuyo clima es cálido- húmedo, Af, de acuerdo a la clasificación de Köeppen, es un punto de partida para el ahorro de energía en este tipo de edificaciones.

Estas características climatológicas, definen que la tendencia de climatización en las edificaciones no residenciales en esta ciudad, sea a través de métodos mecánicos como son los aires acondicionados, debido a dos variables importantes: el diseño arquitectónico que en muchas ocasiones no está acorde al tipo de clima y/o la utilización de materiales de alta conductividad térmica en la envolvente; ambos factores favorecen la transferencia de calor hacia el interior, teniendo como resultado espacios poco confortables, cuya solución depende del uso de sistemas activos de enfriamiento con el consiguiente consumo de energía eléctrica.

Un ejemplo del beneficio que se puede obtener con la implementación del análisis de la envolvente térmica de los edificios es el proyecto piloto realizado por el Fideicomiso para el Ahorro de Energía en la ciudad de Mexicali, donde Zeller (2004), menciona que el FIDE ha demostrado un ahorro del 40% del consumo eléctrico en mas de 80,000 viviendas; agrega además, que la Asociación de Empresas para el Ahorro de Energía en la Edificación (AEAE) y de Energía, Tecnología y Educación (ENTE) SC, demuestran que con un diseño de envolventes térmicos adecuado, un edificio comercial de 10,000 metros cuadrados, en 30 años de vida útil puede ahorrarse al menos 15 millones de pesos respecto a un edificio con deficiencia energética en su envolvente térmico, esto nos indica que realizar el análisis de las envolventes no solo se contribuye el uso racional de la energía sino también beneficia al usuario económicamente.

Existen diferentes estudios sobre edificaciones realizados a nivel nacional e internacional, en diversos tipos de clima, todo enfocados hacia un mismo punto, el uso eficiente de la energía y el confort para los habitantes, logrado mediante el diseño adecuado de las edificaciones de acuerdo a las características propias del lugar donde se pretenda construir. En la región que

abarca este análisis, se han realizado algunos estudios sobre el diseño de las edificaciones; Pérez (2002), presenta las características climáticas de la ciudad de Mérida; con el fin de establecer estrategias de diseño bioclimático, propuso analizar y establecer con precisión el clima de la ciudad el cual es *cálido-subhúmedo* y considero necesario conocer perfectamente todas las características climática tales como humedad, precipitación pluvial, radiación solar, dirección del viento entre otras. Por otra parte se realizaron estudios para disminuir la ganancia de calor de las edificaciones como el de Crisóstomo, *et al* (2002), en el cual presentan recomendaciones de control solar mediante aleros en edificios en Chetumal, Quintana Roo, y Bojorquez I., (2005) que presenta un análisis sobre las diferentes orientaciones de un edificio no residencial , para obtener la menor ganancia de calor; también se realizaron estudios sobre materiales como fue el de, Bojorquez *et al*, (2002) que presenta un trabajo sobre fibras leñosas del sureste mexicano y las propone como una opción para ahorro de energía en la vivienda mexicana.

Es importante mencionar el beneficio que representa el uso de reglamentos que vayan enfocados a la construcción de las edificaciones y más aún, enfocadas al uso racional de la energía; en Europa existe la norma básica de la edificación NBE-CT-79, enfocada al ahorro energético a través de la adecuada construcción de los edificios, estableciendo condiciones térmicas y es así como empiezan a solucionar sus problemas energéticos. En el municipio de Othón P. Blanco, donde se asienta la ciudad de Chetumal, se cuenta con el Reglamento de Desarrollo Urbano y Seguridad Estructural, en el que se detallan los datos que condicionan la forma de la construcción en este municipio, desde los permisos hasta los lineamientos a seguir para el diseño y la construcción de edificaciones en general; en el Estado de Quintana Roo, se cuenta también, con los reglamentos de construcción que se mencionan en el apartado 1.3, los cuales se analizarán en el desarrollo de este trabajo. Sin embargo en estos dos últimos casos, no se encontraron datos sobre tipo de materiales utilizados en construcción en esta ciudad, ni reglamentación enfocada al estudio específico de la envolvente de las edificaciones.

Debido a lo anterior, para la realización de este análisis se plantean los siguientes objetivos:

OBJETIVOS

General

- Aplicar la NOM-008-ENER-2001, al tipo de clima y a los materiales de construcción utilizados Chetumal.

Objetivos particulares

- Otorgar recomendaciones para el uso de esta norma de eficiencia energética.
- Sentar las bases para que se considere como una normatividad energética que reglamente la calidad térmica de las viviendas en la Cd. de Chetumal.
- Generar un documento que sirva como base para el estudio de casos en la Carrera de Ingeniería en Sistemas de Energía.

CAPITULO 1. MARCO CONCEPTUAL

Para realizar un estudio de ganancias de calor a través de la envolvente de un edificio no residencial ubicado en cualquier ciudad, es necesario conocer las características climáticas, su ubicación geográfica y los materiales comúnmente utilizados en la edificación; es conveniente también adentrarse en la bibliografía sobre desarrollos e investigaciones realizadas sobre el tema, todos estos elementos brindan las bases para hacer las recomendaciones adecuadas.

1.1. UBICACIÓN Y CLIMA

La Ciudad de Chetumal se encuentra ubicada en el estado de Quintana Roo, dentro de la Península de Yucatán, al Sureste de la República Mexicana; colinda al norte con Yucatán y el Golfo de México; al Este con el Mar Caribe y al sur con la Bahía de Chetumal, Belice y Guatemala y al Oeste con Campeche y Yucatán.

De acuerdo a la Comisión Nacional del Agua, (1981-2000), cuya tabla informativa se encuentra en el Anexo A, su ubicación geográfica es: latitud de 18.30° y una longitud de $88^\circ 18'$; cuenta con un clima calido – húmedo, con calor en la mayor parte del año, presentando temperaturas promedio máxima de 31.5° y mínima de 22.5° y humedades relativas que oscilan entre de 74 a 78 %, siendo los meses de Mayo a Julio los que presentan las temperaturas más altas como se muestra en el diagrama isotermal, del Anexo B.

1.2. MATERIALES

La NOM-008-ENER-2001, proporciona en su apéndice D una lista de materiales resistentes utilizados en la construcción, estableciendo las características de los mismos mediante sus valores de densidad, conductividad térmica y aislamiento térmico, sin embargo durante estos últimos años han surgido nuevas propuestas de materiales con el fin de disminuir las ganancias de calor en las edificaciones, como la que presentó Cook (2001), donde analizó los pros y contras de lograr un futuro sustentable, tomando en cuenta

materiales de construcción propios de las regiones, como el agua, los desechos, el aire; de la misma forma, Bojórquez, I. *et al* (2002) presenta la propuesta para el uso de nuevos materiales en la vivienda en el Sureste Mexicano; menciona que la necesidad de búsqueda de nuevos materiales surge por las características climáticas particulares de esta región. La propuesta es el uso de fibras orgánicas como nueva posibilidad de material de construcción que por su bajo coeficiente térmico ($0.25 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$), ayuda a disminuir la ganancias de calor y por consiguiente al ahorro de la energía; siguiendo con este análisis Bojorquez, G. *et al* (2002) presenta la evaluación del comportamiento térmico de estas fibras leñosas como nuevo material de construcción, y confirma que su uso es benéfico ya que los resultados obtenidos presentan ventajas favorables en su comportamiento; al comparar la carga térmica de las fibras leñosas con la del bloque de concreto el resultado fue del 66.92% menor que la carga térmica de estas fibras, 62.92% con el ladrillo y de 45.22% menor en comparación con el adobe; otro de los trabajos presentados como nueva propuesta de construcción es el de Trujeque, (2006), donde propuso al bambú como material de diseño arquitectónico de una vivienda rural en el Estado de Tabasco. Lo define como un material fresco que favorece el confort térmico en regiones con clima calido –húmedo y como un material con buenas propiedades térmicas; en ese mismo año, Chávez (2006), presentó resultados de la estimaciones de conductividad térmica para: ladrillo rojo, tepetate y adobe y reporta datos experimentales de coeficiente de transferencia de calor para muros de: ladrillo rojo, tepetate, concreto y adobe. Chávez confirmó que los resultados obtenidos por él en conductividad térmica varían hasta en 38% en su valor máximo con los establecidos en la NOM-008-ENER-2001, y los valores de coeficiente de transferencia de igual forma contrastan con los de la misma norma; Borbón (2006) presentó un estudio teórico de la transferencia de calor en muros verticales contruidos de bloque hueco; este estudio se hizo en un clima calido extremo, por medio de la conducción, convección y radiación, dando como resultado una resistencia térmica de $0.158 \text{ }^{\circ}\text{C/wm}^2$ que es menor comparado con el ladrillo y el adobe.

Lo anterior refleja que el uso de materiales adecuados a las características climáticas de una ciudad es hoy en día, uno de los puntos importantes para

contribuir al ahorro energético de la misma, es por eso la necesidad de conocer las características térmicas de los materiales utilizados en construcción en la ciudad de Chetumal.

1.3 NORMAS, LEYES Y REGLAMENTOS

A nivel internacional existen reglamentaciones para la construcción de edificios eficientes como es el caso de Europa que cuenta con la norma básica de la edificación NBE-CT-79 sobre condiciones térmicas de los edificios, esta norma está encaminada al ahorro energético a través de la adecuada construcción y establece las condiciones térmicas exigibles en los edificios.

A pesar de las investigaciones y del conocimiento de los problemas ambientales presentes, no se ha adquirido conciencia del costo en la producción de energía eléctrica y no solo el económico sino del costo ambiental (reflejados en los problemas climáticos que produce el uso de combustibles fósiles para su producción), por eso es importante el uso de sistemas pasivos por una parte y el uso de técnicas que ayuden a la disminución del consumo energético, por lo anterior se debe tener en cuenta el uso de normas como la de *Eficiencia Energética en Edificios no Residenciales*; lograr que esta norma sea contemplada como un reglamento de construcción contribuye al ahorro de energía nacional como lo demuestra un análisis realizado por la Comisión Nacional de Energía (2006), donde señala que desde la implementación de la norma de eficiencia energética se ha tenido un ahorro en energía de 254 GWh y en potencia de 62 MW desde el año 2002 al 2006, también Gómez (2002), hace un análisis de la NOM-008-ENER-2001, de su contenido técnico y de su implementación administrativa y, menciona que es un acierto la existencia de la norma ya que es el primer instrumento de carácter obligatorio para determinar el comportamiento térmico de la envolvente de los edificios en nuestro país, también propone la regionalización de la consideración de la temperatura interna ya que la norma establece el uso de 25 °C y las ciudades que conforman a la república mexicana oscilan entre los 26 °C a los 22 °C; Rodríguez (2002), aborda el tema de la Normatividad Energética en México, por la necesidad de hacer un uso racional que vaya de la mano con el uso de

energías renovables. Menciona que para México es importante generar el uso de la energía renovable como es el caso de la energía solar ya que por su situación geográfica y los tipos de clima en sus distintas regiones presenta condiciones muy apropiadas para la implementación. También surgieron opiniones en contra de esta Norma de Eficiencia Energética, como la de G.A. Ingenieros, S.A. de C.V, que al momento de su publicación en El Diario Oficial de la Federación en el año de 1999, afirmaron que se oponen a la publicación de esta norma ya que, se basa en datos y factores teóricos y empíricos, sin tener claro apoyo sólido y técnicamente sustentable y que su margen de error es muy extenso.

A nivel estatal rigen las siguientes leyes: *Ley de Fraccionamientos del Estado de Quintana Roo*, establece y reglamenta las disposiciones conforme a las cuales la administración pública intervendrá para el mejor ordenamiento, desarrollo y aprovechamiento de la división de terrenos en predios o lotes, correspondiendo su aplicación al Gobernador del Estado a través de la Secretaría Estatal de Obras Públicas y Desarrollo Urbano; y por ultimo, la *Ley de Asentamientos Humanos del Estado de Quintana Roo*, establece las base para el ordenamiento y regulación de los asentamientos humanos mediante un desarrollo sustentable y apoyar a que las familias tengan una vivienda digna y decorosa (sic).

Específicamente en el municipio de Othón P. Blanco existe el Reglamento de Desarrollo Urbano y Seguridad Estructural, el cual regula las obras de construcción, instalación, modificación, ampliación reparaciones o demoliciones, así también el uso de los inmuebles y los usos distintos y reservas de los predios en este municipio. En cuanto a ahorro de energía este reglamento menciona en su Sección II Acondicionamiento y Control Ambiental, Artículo 35, los mínimos de iluminación natural y soleamiento permitidos en las diferentes edificaciones, menciona que por medio de vanos, ventanas y/o puertas transparentes o translucidas es necesario permitir el paso del 85% del espectro solar. También aporta porcentajes de aberturas en ventanas para las diferentes orientaciones para tener ventilación natural en los edificios.

De acuerdo a la investigación de las leyes y reglamentos del Estado, no se encontraron datos de materiales, ni cálculos que ayuden a analizar la ganancia de calor en las edificaciones, por lo que se concluye, que en ninguno de ellos se aborda el tema de la eficiencia energética.

1.4 EDIFICACIONES Y ENTORNO

La Norma de Eficiencia energética en edificaciones, envolventes de edificios no residenciales, otorga herramientas para diseñar y analizar el comportamiento térmico de la envolvente, en este tipo de edificios, pero también se han realizado diferentes investigaciones dentro y fuera del país, enfocadas a la búsqueda de nuevas técnicas, formas y materiales de construcción que se relacionen directamente con el entorno en el cual se construyan las edificaciones, las cuales dan muestra de la preocupación que existe por los problemas ambientales y energéticos y la constante búsqueda del equilibrio entre los aspectos económicos, ambientales y de salud.

Durante el desarrollo de este trabajo, se encontraron algunos estudios en diferentes ciudades enfocados al análisis específico de las regiones y sus características climáticas como es el caso de Biasatti y Cavagnero (2001), quienes propusieron un acercamiento al urbanismo sustentable en Rosario Argentina, por medio de la implementación de viviendas que hagan uso racional de la energía, con estrategias de diseño y materiales adecuados al clima templado- húmedo; un año después Marincic et al, (2002), se enfocó en el análisis de edificios no residenciales en la ciudad de Hermosillo, Sonora que cuenta con un clima cálido- seco con el fin de reducir el consumo de energía, ya que fueron construidos con un prototipo federal y no son adecuados al clima de la ciudad. En ese mismo contexto Pérez (2002), realizó unos análisis de las características climáticas de la ciudad de Mérida Yucatán para establecer estrategias de diseño, adecuados al clima calido-subhúmedo, ya que asegura que los materiales y diseños usados actualmente no son adecuados al tipo de clima de la región. Pilatowsky (2006), efectuó un estudio en la región Noroeste con clima calido -seco con el fin de lograr ahorros en la climatización de las viviendas de interés social; Rosas (2006), también se abocó a un estudio en la

región noroeste donde presentó las características de la demanda energética residencial; afirma que la vivienda en el noroeste influye directamente en el consumo de energía a nivel nacional principalmente en el uso de aires acondicionados y que con la utilización de sistemas de control solar y aislamiento térmico en las viviendas se presenta un ahorro del 35% en el consumo eléctrico; Morillón (2006), presentó una propuesta conceptual del desarrollo de metodologías para determinar los impactos “edificación – entorno” en climas templado-seco, su objetivo principal fue desarrollar una normatividad bioclimática de estas regiones; García (2006), presentó un análisis de estrategias de diseño bioclimáticas para edificio comerciales en la Zona Metropolitana del Valle de México, porque la mayoría de las edificaciones contemporáneas consumen grandes cantidades de combustibles fósiles debido al uso de equipo de climatización artificial, lo que lleva a problemas de tipo ambiental, económicos y de salud.

Otro estudio fue el realizado por Crisóstomo *et al*, (2002) en la ciudad de Chetumal Quintana Roo con clima calido-húmedo, donde proporciona los ángulos óptimos de los aleros como dispositivos de control solar para distintas orientaciones, con el fin de disminuir las ganancias de calor en los edificios; en esta misma Cd., Bojórquez, I. (2005), efectuó el estudio de la ganancia térmica de la Biblioteca de ECOSUR, basado en la NOM-008-ENER-2001; el trabajo se concentró en análisis de la orientación apropiada para disminuir la ganancia de calor a través de la envolvente.

El uso de la norma de eficiencia energética no se encuentra reglamentado en el Municipio; sin embargo, la realización de estudios como los anteriores, contribuyen al uso eficiente de la energía en Chetumal.

CAPITULO 2. NOM-008-ENER-2001

La NOM-008-ENER-2001, de eficiencia energética, es una herramienta para analizar la envolvente de edificios no residenciales con el fin de disminuir las ganancias de calor dentro de los edificios y reducir el consumo de energía eléctrica, ya sea mediante modificaciones o adecuaciones a edificios ya existentes o por medio de estudios previos al diseño de nuevos edificios, la norma presenta una metodología para obtener la ganancia de calor de la envolvente de un edificio y aporta datos de temperaturas, materiales y orientaciones, está enfocada a la racionalización del uso de sistemas de enfriamiento, esto lo logra mediante un estudio de las envolventes de las edificaciones no residenciales. Esto es reducir la ganancia de calor mediante, el uso de materiales y dispositivos de sombreado, logrando así que dentro de las edificaciones no sean necesarios sistemas mecánicos que mantengan una temperatura de confort.

2.1. EDIFICIO DE REFERENCIA

Para saber si un edificio cumple con la norma de eficiencia energética, se establece como punto de comparación al denominado edificio de referencia, que la norma define en su punto 4.6 como:

Edificio de referencia es el edificio que conservando la misma orientación, las mismas características condiciones de colindancia y las mismas dimensiones en planta y elevación del **edificio proyectado**, es utilizado para determinar un presupuesto energético máximo.

2.2. EDIFICIO PROYECTADO

También define al **edificio proyectado** como aquel que se pretende construir.

Por lo tanto la ganancia de calor del edificio proyectado debe ser menor o igual a la ganancia de calor del edificio de referencia.

$$\phi p \leq \phi r \quad (1)$$

Donde:

ϕp = es el edificio proyectado

ϕr = es el edificio de referencia

En el punto 7 de la norma, se encuentra el **Método de Prueba. (Cálculo de Presupuesto Energético)**. En este se describen los métodos de cálculos de la ganancia de calor tanto para el edificio de referencia como para el edificio proyectado.

2.3. CALCULO DE GANANCIA DE CALOR

2.3.1.- En el edificio proyectado

La norma establece que la ganancia de calor del edificio proyectado, es igual a la suma de la ganancia de calor por conducción, más la ganancia de calor por radiación solar.

$$\phi p = \phi pc + \phi ps \quad (2)$$

2.3.1.1. Cálculo de la ganancia de calor por conducción

Define que ganancia de calor por conducción, es la suma de cada una de sus componentes, de acuerdo con su orientación y utiliza para ello la ecuación (3).

$$\phi pc = \sum_{i=1}^n \phi pci \quad (3)$$

Donde la i son las diferentes orientaciones: 1 techo, 2 es norte, 3 es este, 4 es sur, 5 es oeste y 6 es superficie inferior.

Y la ganancia de calor por conducción a través de cada componente se calcula con la ecuación (4):

$$\phi_{pci} = \sum_{j=1}^n [K_j \times A_{ij} \times (t_{ei} - t)] \quad (4)$$

Donde:

ϕ_{pci} = Ganancia de calor por conducción a través de la componente con orientación i , en W;

j = son las diferentes porciones que forman la parte de la componente 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/m² K;

A_{ij} = es el área de la porción j con orientación i , en m²;

t_{ei} = es el valor de la temperatura equivalente promedio, para la orientación i , determinada según la Tabla 1 del Apéndice A, en °C;

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

2.3.1.2. Cálculo de la ganancia de calor por radiación

De acuerdo a la norma, es la suma de la ganancia por radiación solar a través de cada una de las partes transparentes para calcularla se utiliza la ecuación (5)

$$\phi_{ps} = \sum_{i=1}^5 \phi_{psi} \quad (5)$$

Donde i son las diferentes orientaciones: 1 es techo, 2 es norte, 3 es este, 4 es sur, 5 es oeste;

La ganancia de calor por radiación solar a través de la componente con orientación i , se calcula utilizando la ecuación (6):

$$\phi_{psi} = \sum_{j=1}^m [A_{ij} \times CS_j \times FG_i \times SE_{ij}] \quad (6)$$

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. Una porción típica de una parte transparente es una pared de vidrio, o con bloques de vidrio;

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 1 del Apéndice A, en W/m^2 ;

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

La norma de eficiencia energética compara al *edificio proyectado* con el *edificio de referencia*, este edificio debe tener las características que se mencionan a continuación, esto para poder evaluar si la envolvente del edificio proyectado cumple con la ganancia mínimas de calor que la norma establece, para su aprobación.

2.3.2. En el edificio de referencia

Para que el edificio de referencia corresponda al edificio proyectado, el área total de cada una de las componentes para cada orientación debe ser igual para ambos. Las paredes del edificio de referencia se consideran con 60% de

parte opaca (muro) y 40% de parte no opaca (transparente) y el techo con 95% de parte opaca y 5% de parte no opaca.

La ganancia de calor a través de la envolvente del edificio de referencia, es la suma de la ganancia de calor por conducción, más la ganancia de calor por radiación solar, es decir:

$$\phi_r = \phi_{rc} + \phi_{rs} \quad (7)$$

En donde:

ϕ_r = es la ganancia de calor a través de la envolvente del edificio de referencia, en W;

ϕ_{rc} = es la ganancia de calor a través de la envolvente del edificio de referencia por conducción, en W;

ϕ_{rs} = es la ganancia de calor a través de la envolvente del edificio de referencia por radiación solar, en W.

2.3.2.1 Cálculo de la ganancia de calor por conducción

Para el cálculo de la ganancia de calor por conducción del edificio de referencia se utiliza la ecuación (4) misma que se utilizó para el cálculo de ganancia por conducción del edificio proyectado.

2.3.2.2. 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:

$$\phi_{rs} = \sum_{i=1}^5 \phi_{rsi} \quad (8)$$

En donde i son las diferentes orientaciones: 1 es techo, 2 es norte, 3 es este, 4 es sur y 5 es oeste.

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

$$\phi_{psi} = \sum_{j=1}^m [A_{ri} \times C_{Sri} \times F_{Gi}] \quad (9)$$

En donde:

ϕ_{rsi} = es la ganancia de calor por radiación solar a través de la parte transparente de la envolvente del edificio de referencia, con orientación i , en W;
 A_{ri} = es el área de la parte transparente de la envolvente del edificio de referencia, con orientación i , en m^2 ;

CS_{ri} = es el coeficiente de sombreado del vidrio empleado en el edificio de referencia, con orientación i , con valor adimensional de 0,85 para el techo y 1,0 para las paredes.

Para las partes opacas de las paredes del edificio de referencia se deben utilizar las temperaturas correspondientes a muro masivo, según se determina en la Tabla 1 del Apéndice A de la norma.

2.4. ORIENTACIONES

Otra de las especificaciones que establece la norma para el desarrollo del cálculo de ganancia da calor de las envolventes y que es importante mencionar ya que esta ganancia de calor varía de acuerdo a la posición del edificio, es la clasificación de las diferentes orientaciones como se especifican en la figura 1, y en la cual establece:

Orientación 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° al norte del oeste verdadero.

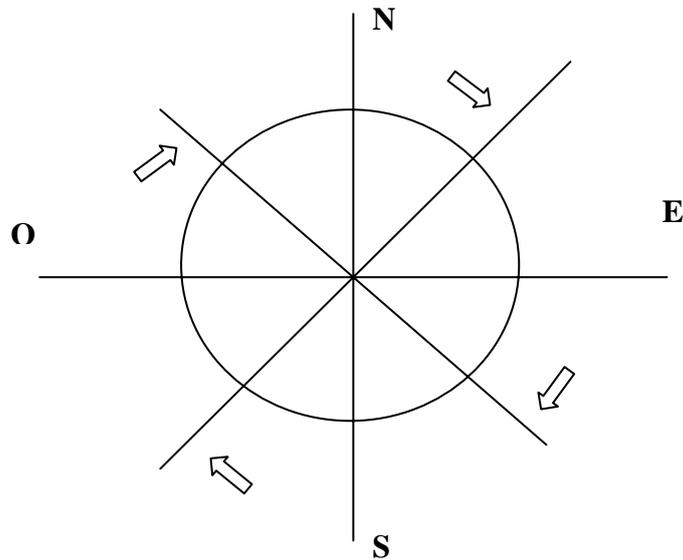


Figura 1. Clasificación de las orientaciones

2.5. PROTECCIONES SOLARES

La norma otorga tablas que determinan el factor de corrección de sombreado exterior, para volados, partesoles y arremetidas.

2.5.1. Volados

Clasificándolos en volados sobre la ventana con extensión lateral más allá de los límites de ésta y volados sobre la ventana hasta los límites de la misma, como se aprecian en la figura 2.

Los factores de corrección están clasificados en tablas por orientaciones y latitudes y de acuerdo a la relación entre L (ancho del volado)/ H (altura de la ventana), para el caso de estudio Chetumal se utilizó la tabla que se encuentra en el rango de 14° a 19° grados de latitud.

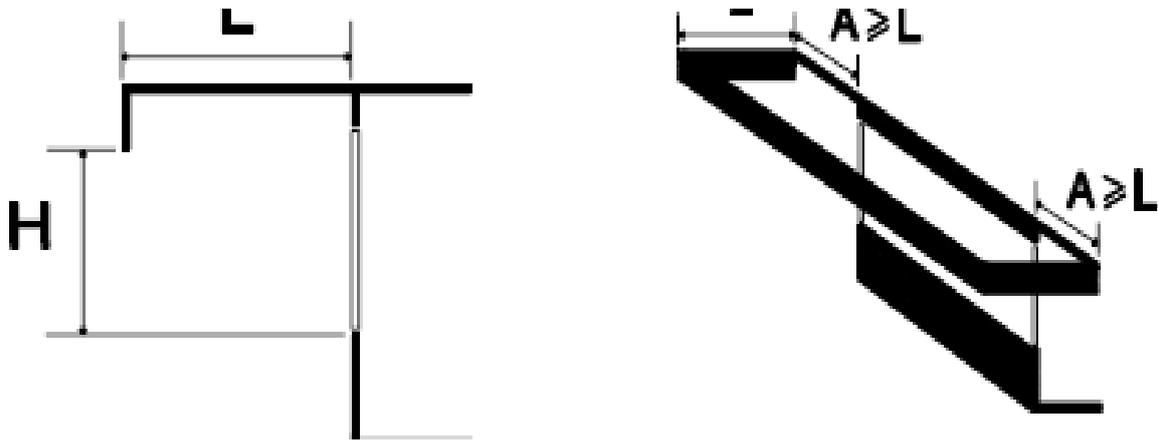


Figura 2. Volados

2.5.2. Ventana remetida

Para la ventana remetida se afecta el valor del coeficiente de sombreado del vidrio, multiplicándolo por el factor de corrección por sombreado exterior, los clasifica de la misma forma por orientaciones y latitud, donde W es el ancho de la ventana, E es la altura y P la profundidad. La figura 3 muestra las nomenclaturas.

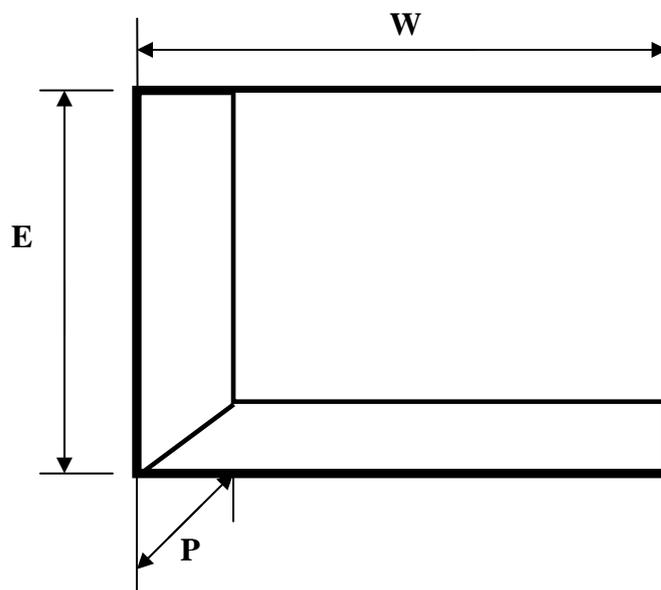


Figura 3. Ventana remetida

2.5.3. Partesoles

En el caso de los partesoles, como se muestra en la figura 4, se afecta el factor del coeficiente de sombreado del vidrio, multiplicándolo por el factor de corrección por sombreado exterior. Donde W es el ancho de la ventana y L es el ancho del partesol.

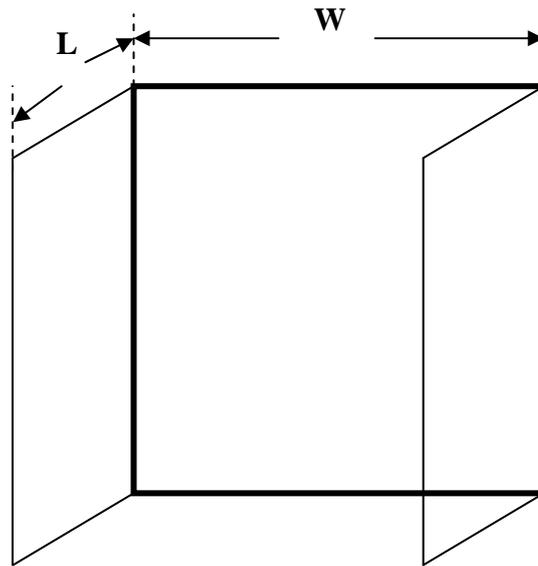


Figura 4. Partesol

CAPITULO 3. ANALISIS DE LA NORMA PARA LA CIUDAD DE CHETUMAL

Debido a la importancia de la implementación de la norma surge la inquietud de realizar una revisión y comparación de los datos proporcionados por la misma y de los que actualmente se utilizan en la ciudad de Chetumal.

De acuerdo a lo que la norma de eficiencia energética establece se analizarán los materiales, las temperaturas y las orientaciones.

3.1. MATERIALES UTILIZADOS EN CHETUMAL

La norma establece en su apéndice D propiedades de diferentes tipos de materiales de construcción clasificándolos en: materiales resistentes, materiales de recubrimiento, materiales de aislamiento térmico y membranas impermeabilizantes. En la ciudad de Chetumal se utilizan los siguientes materiales: para muros son los bloques de concreto de 10 y 15 cm de espesor, 20 cm. de alto y 40 cm. de largo; para recubrimiento se maneja mortero cemento-polvo (piedra caliza) en proporción 1:3; en techumbre existen dos sistemas: vigueta y bovedilla, y concreto armado. Como estos materiales no están contemplados dentro de la norma, provocó las siguientes interrogantes: ¿qué tipo de valores de conductividad se deben utilizar para la aplicación de la NOM-008-ENER-2001? y ¿el uso de valores que no estén establecidas en dicha norma afectara el cumplimiento de la misma? Sin embargo, el software para el calculo de las ganancias de calor ofrecido por la NOM-008-ENER-2001, da la alternativa del uso de materiales que no están establecidos, teniendo la opción de colocarlo como otro tipo de material proporcionando los datos de conductividad térmica, pero provoca dos interrogantes adicionales: ¿de dónde se obtienen los datos de estos materiales si tomamos en cuenta que el uso de la norma, como ella misma lo establece, son de especificaciones accesibles a todo publico y que en su mayoría no están dedicados a la investigación?, ¿cómo se puede dar cumplimiento sin contar con todos los datos necesarios?

3.2. TEMPERATURA INTERIOR

En este caso la norma se establece 25 °C como valor de la temperatura interior para todas las ciudades de la republica mexicana; sin embargo, en la ciudad de Chetumal se tiene una temperatura de confort de 25.7 ° C, quedando el rango de confort entre 23.2 hasta 28.2 ° C; para el calculo de la temperatura de confort se utilizó el criterio de Szokolay, como se indica en la ecuación (10)

$$T_n = 17.3 + 0.31 (t_{ma}) \quad (10)$$

Donde:

T_n = Temperatura Neutra (°C)

t_{ma} = temperatura media anual (°C)

De acuerdo a los resultados obtenidos al aplicar la ecuación (7), existen 0.7°C de diferencia con la temperatura interna establecida por la norma. Para corroborar esta información, se tomaron datos de las normales climatológicas obtenidas de la Comisión Nacional de Agua (CONGUA), para la ciudad de Chetumal, que sirvieron para el calculo de los días-grado, de acuerdo a la ecuación (8), siendo este el criterio con el que se definió el mes más caluroso, como se aprecia en la figura (5), recayendo en el mes de mayo, dato que no es mencionado en la versión actualizada de la norma. Esta información también se puede corroborar en diagrama isotermal (Anexo B), ya mencionado.

$$DG = M (T_M - (T_N \pm 2.5)) \quad (11)$$

Donde:

DG = días - grado

M = Días del mes

T_M = Temperatura media anual (°C)

T_N = Temperatura neutra (°C)

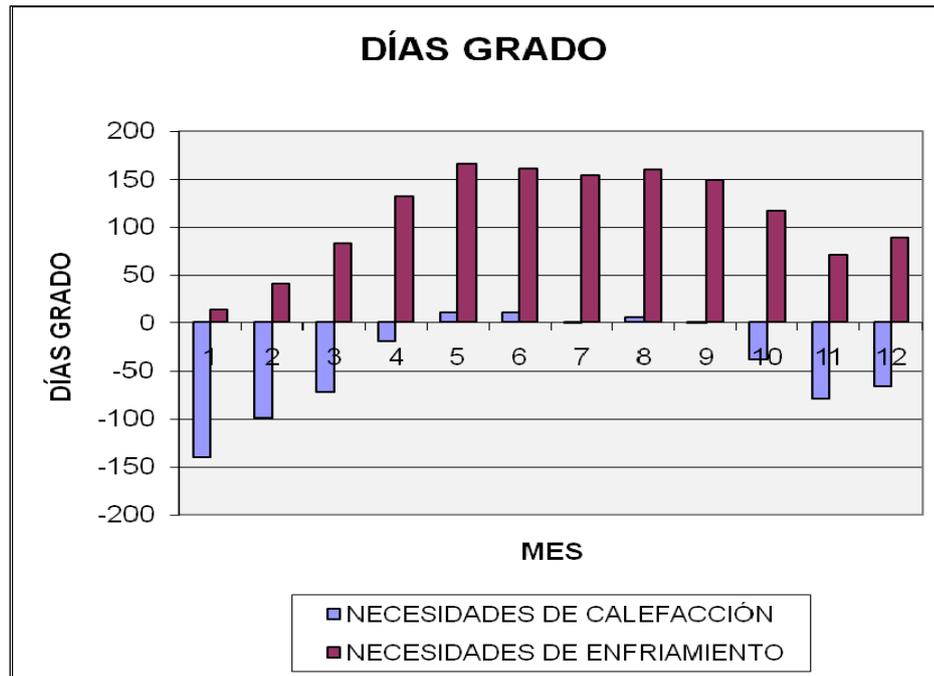


Figura 5. Días-Grado para la ciudad de Chetumal

En cuanto a la temperatura interior que la norma establece como 25 °C se especifica que solamente es para uso de la misma y como referencia en el cálculo energético.

3.3. TEMPERATURA EXTERIOR

La norma la describe como la temperatura equivalente promedio (tei), para la orientación i , durante el periodo de uso de sistemas de enfriamiento; en la tabla 1, se dan los valores para cada orientación, en °C, para la ciudad de Chetumal, en las diferentes partes de la envolvente como son, superficie inferior, techos, muro masivo, muro ligero, tragaluz, domo, y ventanas. La tabla 1 es un fragmento del apéndice A la NOM-008-ENER-2001, donde se muestran solamente las temperaturas para la ciudad de Chetumal.

TABLA 1. Valores de temperatura externa en Chetumal de acuerdo a la NOM-008-2001

Temperatura equivalente promedio te(°C) Chetumal														
Superficie inferior	Techo	Muro masivo				Muro ligero				Tragaluz y domo	ventanas			
		N	E	S	O	N	E	S	O		N	E	S	O
31	45	31	34	32	32	36	40	38	39	26	27	28	29	29

Queda en duda el criterio utilizado para el cálculo de las temperaturas equivalentes para las orientaciones y al considerar muro masivo y muro ligero, que tipo de materiales se utilizaron.

3.4. PROTECCIONES SOLARES PARA LAS DIFERENTES ORIENTACIONES

Dentro del estudio de las orientación de las componentes de un edificio se ha observado que con rotar el edificio 10 °C de su posición original en muchos casos se pueden obtener ahorros considerables en la ganancia de calor, es por eso que la aplicación de la norma podría estar enfocada de manera muy general sobre estas consideraciones ya que toma un rango de 60° grados y considera que se presentan las mismas características de soleamiento.

3.5. CÁLCULO DE GANANCIAS POR MEDIO DE LA NORMA

Para realizar el análisis de la norma se utilizó el software¹ de cálculo de la Norma de Eficiencia Energética 008, en el cual se analizó el diseño de la remodelación de una clínica ubicada en la calle Independencia de esta ciudad (figura 6) se efectuaron dos análisis, en el primero se utilizaron los datos del edificio antes de la remodelación y en el segundo se hizo lo mismo pero con el edificio ya remodelado para hacer una comparativa de la disminución en ganancia de calor, el material utilizado para la pared es el bloque de concreto medio con una conductividad de 0.51 W/mK, ya que actualmente no se cuentan con los datos de conductividad para el bloque utilizado en la ciudad de Chetumal que es de 15 y 10 cm. de espesor, este dato fue obtenido de la memorias del curso “Arquitectura Bioclimática” impartido por el M.D. Víctor Fuentes Freixanet y la Dra. Gabriela Álvarez García.

Otro de los materiales utilizados para la pared es el aplanado mortero cemento-polvo, como tampoco se cuentan con datos de conductividad se utilizó el establecido por la norma, como material de recubrimiento, mortero aplanado de cal al exterior y al interior.

Para el Techo se utilizaron dos materiales; el material resistente concreto armado y la membrana impermeabilizante como membrana asfáltica y el recubrimiento de mortero cemento-polvo.

En cuanto a la parte acristalada se utilizó el vidrio sencillo (2200) de 0.930 W/mK de conductividad obtenido del apéndice D la norma de eficiencia energética. Para el cálculo se utilizó muro masivo y pared homogénea.

¹ Programa disponible en www.conae.com.mx

3.5.1. Edificio antes de la remodelación

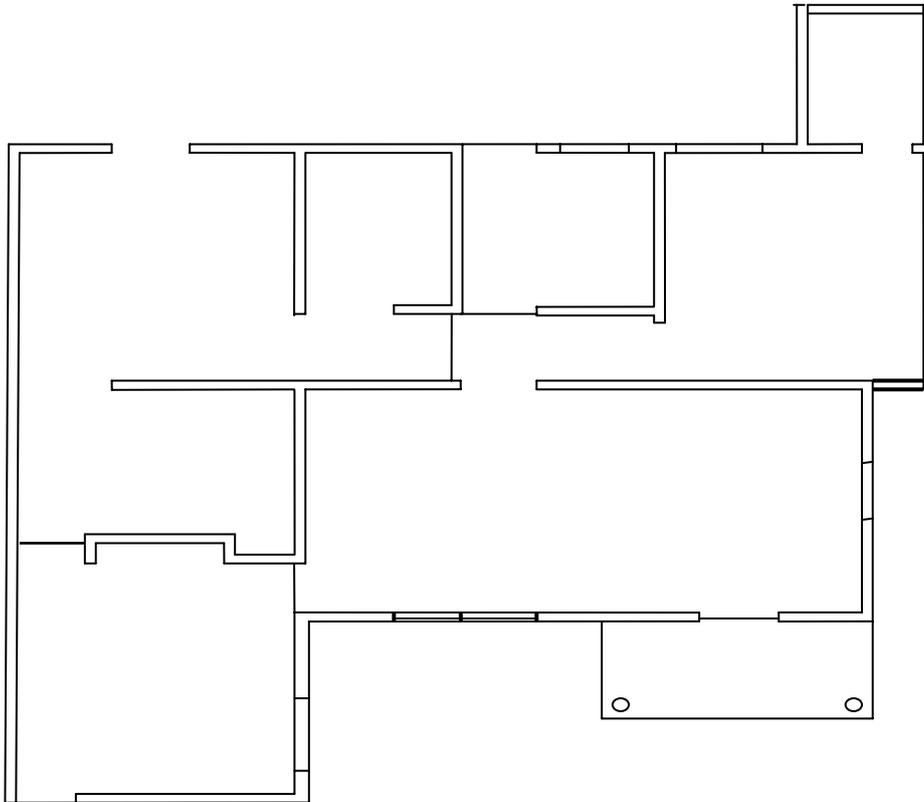


Figura 6. Planta arquitectónica antes de la remodelación.

Los resultados obtenidos a través de este software, se muestran en la tabla 2 donde se definen las ganancias de calor del edificio original.

TABLA 2. Resultados del análisis realizado a la Clínica Dental antes de la remodelación

EDIFICIOS	GANANCIA POR CONDUCCION (W)	GANANCIA POR RADIACION (W)	GANANCIA TOTAL (W)
REFERENCIA	1599	4949	6548
PROYECTADO	4663	1041	5704

3.5.2. Edificio remodelado

Para lograr que en el edificio se disminuyera la ganancia de calor, el objetivo de la remodelación fue abrir el espacio de ventanas para tener más ventilación e iluminación, y en otros casos cerrarlo por completo por cuestiones de necesidades propias, además de colocar protecciones solares mediante aleros y partesoles, como se aprecia en la figura 7. Los resultados se muestran en la tabla 3.

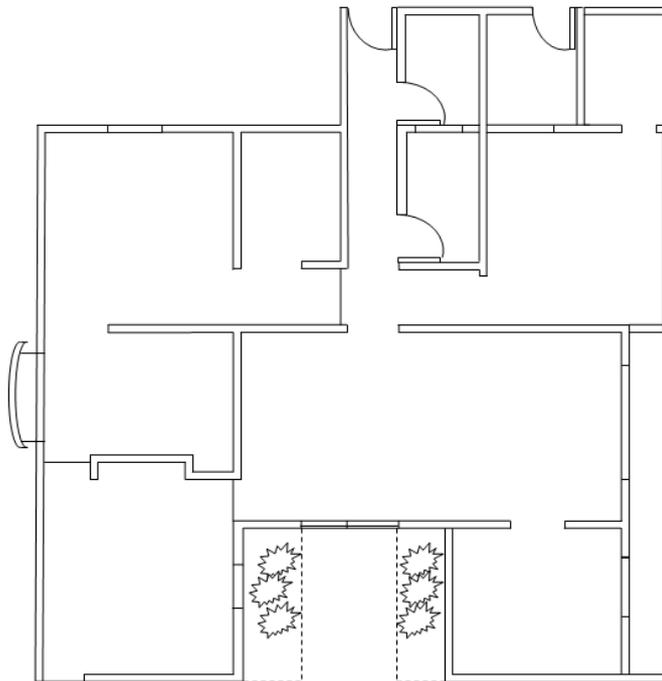


Figura 7. Panta arquitectónica después de la remodelación.

TABLA 3. Resultados del análisis realizado a la Clínica Dental con las remodelaciones

EDIFICIOS	GANANCIA POR CONDUCCIÓN (W)	GANANCIA POR RADIACIÓN (W)	GANANCIA TOTAL (W)
REFERENCIA	1599	4949	6548
PROYECTADO	4678	1114	5792

Se observa que ambos análisis cumplen con la norma; en el primer caso, siendo este antes de la modificación, el edificio tiene menos ganancia de calor, esto porque el tamaño de sus ventanas es menor, sin embargo el edificio no tienen buena iluminación, ni ventilación por lo que el consumo de luz eléctrica lo hace poco favorable; sin embargo, en el segundo análisis y con las recomendaciones de remodelación ya implementadas, se puede notar dentro del edificio una mayor entrada de luz sin que esto incremente la ganancia de calor en un porcentaje considerable y con la ventaja de que se está cumpliendo con la norma y, además se esta logrando la disminución del consumo eléctrico.

3.6.- CALCULO DE LAS GANANCIAS TÉRMICAS SIN CONSIDERAR EL PRGRAMA DE CÁLCULO DE LA NORMA

Para este ejercicio se consideró que el mes más crítico para el cual se necesita enfriamiento, es el mes de Mayo, obtenido del cálculo de los días – grado; de acuerdo al diagrama isotermal mostrado en la anexo B, se observa que el periodo donde la temperatura alcanza valores más elevados, quedando fuera del área de confort, analizada en el apartado 3.2. es a partir de las 10:00 hrs y hasta las 17:00 hrs, del día 21 de este mes.

De acuerdo a la ecuación de Cooper se calculó la declinación solar

- Declinación solar

$$D=23.45 \text{ sen } (360((284+n)/365)) \quad (12)$$

Donde:

D: declinación solar

n: número del día del año

El cálculo de la altura solar y el acimut se realizan por medio de las siguientes formulas:

- Altura solar

$$\text{Sen } h = [(\cos L \cos D \cos (T))] + [\text{sen } L \text{ sen } D] \quad (13)$$

Donde:

L: Latitud del lugar

D: Declinación solar
T: Angulo horario

- Acimut

$$\text{Cos } Z = [\text{sen } h \text{ sen } L \text{ sen } (T)] / (\text{cos } D \text{ cos } L) \quad (14)$$

Donde:

Z: Acimut

h: Altura solar

L: Altitud

T: Angulo horario

D: Declinación solar

Siguiendo con este estudio se procedió a realizar un análisis comparativo de las ganancias de calor del edificio, pero por medio de un programa diseñado en la Universidad de Quintana Roo: VIVE 2000 “Programa para el cálculo de ganancia de calor en muros y techumbres” (este programa se comprobó por

medio de cálculos manuales), mismo que aportó los resultados que se muestran en la tabla 4.

TABLA 4. Resultados del Programa VIVE

CLINICA	CONDUCCION (W)	RADIACION (W)	TOTAL (W)
ANTES DE REMODELACION	4180	817	4997
REMODELADA	4191	311	4502

La ganancia de calor del edificio remodelado, como se especifica en esta última tabla, disminuye casi en un 24 % con respecto a los resultados obtenidos con la NOM-008-ENER-2001. Cabe hacer mención que para el análisis del edificio con el programa VIVE 2000 se consideraron el día, mes y horas más críticos de calor para la ciudad de Chetumal, se tomo en cuenta también, la trayectoria solar y la incidencia sobre los muros y ventanas para esta fecha.

CONCLUSIONES

OBSERVACIONES

Por lo anterior se pueden hacer las siguientes observaciones.

1. la NOM-008-ENER-2001, solamente considera tres tipos de dispositivos de control solar alero, partesol y volado, sabiendo de antemano que existen otros dispositivos que nos ayudan a disminuir la ganancia con mayor o igual efectividad, como árboles y pasillos.
2. Dentro de los parámetros del programa de la norma de eficiencia energética, considera en la ganancia por conducción a todas las partes de la envolvente de un edificio; sin embargo, cuando se coloca protección solar a una ventana, la ganancia por radiación disminuye pero sigue considerando la misma ganancia por conducción.
3. En la página 6 y 7 del Anexo C, se da el desglose de la ganancia de calor por conducción del techo del edificio de referencia y del edificio proyectado respectivamente. Se aprecia la diferencia de esta ganancia en el techo del edificio siendo esta:
 - **Edificio de referencia:** 844.9445 W ganancia de calor por conducción.
 - **Edificio proyectado:** 3812.3118 W ganancia de calor por conducción.

Sin embargo, no menciona el material que el edificio de referencia esta considerando en el cálculo, ni el criterio utilizado y no otorga recomendaciones.
4. En cuanto a los materiales no se encontraron datos de los utilizados en la Ciudad de Chetumal, por lo que se tuvieron que considerar los que la norma establece. Dejando esta observación como punto de partida para el estudio de los materiales de construcción en esta ciudad.
5. El uso de la temperatura interna de 25 °C, establecida por la norma para todas las ciudades, influye en la ganancia de calor real en el edificio.
6. Si bien la Norma aquí analizada no menciona, cuales son sus bases para la realización de su análisis o si toma una fecha critica para sus cálculos o si ese es el caso, seria útil dar a conocer el dato.

7. El rango establecido de 60° de amplitud para las orientaciones de los muros, considerados como una misma orientación puede afectar en el estudio de la ganancia de calor del edificio.
8. No indica los datos para el cálculo de las temperaturas exteriores, ni sus consideraciones.
9. La norma no especifica que mes y día crítico utilizo para establecer sus temperatura.

CONCLUSIONES

Realizada la aplicación, se concluye que el uso de la norma no es adecuado al 100% a las características climáticas de la ciudad de Chetumal, y se encuentra limitada en cuanto a datos de materiales, ángulos de protecciones solares, temperaturas internas, externas y orientaciones, sin embargo se reconoce su importancia y su valiosa aplicación para crear conciencia que el uso de herramientas y métodos que estén enfocados al análisis de las envolventes y su entorno siempre tendrán un beneficio favorable para el uso racional de la energía, para el cuidado del medio ambiente, el crecimiento familiar y por consiguiente la calidad de vida. Con esto no se afirma que la norma esté mal elaborada, pero sí se considera un logro que en el país se estén implementando este tipo de análisis; que la preocupación por el cuidado del medio ambiente y el bienestar humano estén dando resultados, la aportación ahora consiste en complementar hasta lograr satisfacer las necesidades de nuestro entorno. Por eso se considera una herramienta importante, dentro de la reglamentación de construcción, ya que es conveniente la implementación de una norma que supervise energéticamente las construcciones en la ciudad de Chetumal. Igualmente importante es comprobar que con su aplicación en el Estado se pueden lograr los resultados adecuados en cuanto a ganancia de calor con el objetivo de racionalizar el uso de sistemas de enfriamiento producto de las características climáticas de la ciudad. Así también, una de las necesidades más urgentes es el estudio de los materiales utilizados en esta ciudad, ya que conociendo el comportamiento térmico de los mismos se podría realizar análisis reales de las envolventes para construcciones futuras y remodelaciones en las ya existentes.

Uno de los objetivos de este trabajo es que sirva como impulso para gestionar el uso de normas de eficiencia energética en Chetumal, sin bien la norma no se encuentra completamente adecuada a la región en la que nos encontramos, si ayudara a crear conciencia del uso de sistemas que contribuyan el cuidado del medio ambiente además de demostrar que un estudio de las envolventes no necesariamente tienen que tener costos altos, ya que el costo mas elevado de un edificio no es el de construcción si no el de mantenimiento a lo largo de su vida útil. Con esto se puede empezaran a construir edificios energéticamente sustentables, contribuyendo con esto a una mejor calidad de vida con disminuciones en el gasto económico.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍA

Bojórquez G., Bojórquez I., Luna A., Gallegos R., *Simulación del comportamiento térmico de materiales constructivos a base de fibras leñosas*. En 26 Semana Nacional de Energía Solar. México, 2002. Memorias.

Bojórquez I., Flores F., Llovera A., *Fibras orgánicas del sureste mexicano como opción para el ahorro de energía en la vivienda*. En 26 Semana Nacional de Energía Solar. México, 2002. Memorias.

Bojórquez I., Crisóstomo A., Rivero M. *Análisis de la Biblioteca ECOSUR, Chetumal*. En IV Congreso Latinoamericano COTEDI. UAM. 23 – 27 de Mayo. México, 2005. Memorias.

Borbón A., *Estudio de resistencia térmica en bloque de concreto usado para la construcción de vivienda*. En 26 Semana Nacional de Energía Solar. México, 2002. Memorias.

Crisóstomo A., Morillón D., *Recomendaciones para el diseño del control solar de edificios de la ciudad de Chetumal Quintana Roo*. En 26 Semana Nacional de Energía Solar. México, 2002. Memorias.

Fuentes V., Álvarez G. Notas del curso, *Arquitectura Bioclimática*. En 26 Semana Nacional de Energía Solar. México, 2002.

García J, *Potencial de ahorro de energía en edificios comerciales a partir de aplicación de medidas innovadoras de diseño bioclimático*. En 30 Semana Nacional de Energía Solar. México, 2006. Memorias.

Leyes y Reglamentos del Estado de Quintana Roo.

Merincic I., Blanco L., Ochoa J., *Propuesta de mejoras bioclimáticas para edificios tipo C.A.P.F.C.E. en clima cálido seco*. En 26 Semana Nacional de Energía Solar. México, 2002. Memorias.

Pérez M., Pacheco L., *Análisis climático enfocado hacia el diseño arquitectónico de la ciudad de Mérida, Yucatán*. En 26 Semana Nacional de Energía Solar. México, 2002. Memorias.

Pilatowsky I., Oskam A., Morillón D., Ramos G., *Desarrollo de un modelo habitacional de interés social en regiones cálidas – secas, con diseño bioclimático y con la integración de equipamiento eficiente y un sistema centralizado de climatización operado con energía solar*. En 30 Semana Nacional de Energía Solar. México, 2006. Memorias.

Rodríguez V., Figueroa C., Fuentes F., Castorena E., Huerta V., García C., Rodríguez M., Guerrero B., *Introducción a la arquitectura Bioclimática*. Editorial Limusa, S. A. de CV. 2002.

Rosas J., Morillón D. *Consumo y potencial de ahorro de energía eléctrica de los sistemas de climatización (aire acondicionado y cooler), en el sector residencial: Región Noroeste de México.* En 30 Semana Nacional de Energía Solar. México, 2006. Memorias.

Secretaría de Energía. *Norma mexicana de eficiencia energética NOM-008.2001.*

Szokolay, S.V. (1980). *Environmental science handbook for architects and builders.* Constructions press.

Software de la NOM-008-2001.

Trujeque, J. *Carácter constructivo y estructural del bambú.* En 26 Semana Nacional de Energía Solar. México, 2002. Memorias.

Verduzco J. Villanueva E. *VIVE 2000 Programa para el cálculo de ganancia de calor en muros y techumbres*". Universidad de Quintana Roo. 2000

PAGINAS ELECTRÓNICAS

www.fide.org.mx

www.funtener.org

www.aeee.com.mx

www.energiaadebate.com.mx

www.conae.gob.mx

ANEXO A



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	38.5	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

**ANEXO B
DIAGRAMA ISOTERMAL**

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEPT	OCT	NOV	DIC
00:00	21.6	22.5	23.7	25.5	26.5	26.7	26.1	26.2	26.2	24.9	23.6	22.3
01:00	21.1	22.0	23.3	25.1	26.1	26.4	25.8	25.9	25.8	24.5	23.2	21.8
02:00	20.7	21.6	22.9	24.8	25.8	26.1	25.5	25.6	25.4	24.1	22.8	21.4
03:00	20.4	21.3	22.6	24.5	25.6	25.9	25.3	25.3	25.2	23.8	22.5	21.1
04:00	20.1	21.1	22.4	24.3	25.4	25.8	25.1	25.1	25.0	23.6	22.2	20.8
05:00	19.9	20.8	22.2	24.2	25.2	25.6	25.0	24.9	24.8	23.4	22.0	20.6
06:00	19.7	20.7	22.0	23.5	24.7	25.2	24.5	24.3	24.1	23.2	21.8	20.4
07:00	19.2	20.3	22.0	24.4	25.8	26.3	25.6	25.3	24.8	23.0	21.4	19.8
08:00	20.5	22.0	23.8	26.2	27.7	28.0	27.5	27.2	26.5	24.6	22.7	21.1
09:00	22.8	24.3	26.0	28.3	29.7	29.7	29.3	29.3	28.6	26.8	24.9	23.3
10:00	25.0	26.5	28.1	30.1	31.4	31.1	30.9	31.0	30.4	28.8	27.0	25.5
11:00	26.9	28.3	29.7	31.4	32.5	32.1	31.9	32.3	31.8	30.4	28.7	27.4
12:00	28.2	29.4	30.6	32.1	33.1	32.5	32.4	32.9	32.6	31.4	29.8	28.6
13:00	28.8	29.9	31.0	32.3	33.2	32.6	32.5	33.1	32.9	31.8	30.4	29.3
14:00	28.8	29.9	30.8	32.1	32.9	32.3	32.2	32.8	32.7	31.8	30.4	29.4
15:00	28.5	29.5	30.4	31.6	32.3	31.8	31.6	32.3	32.3	31.4	30.1	29.0
16:00	27.9	28.8	29.7	30.9	31.6	31.2	31.0	31.6	31.6	30.7	29.5	28.4
17:00	27.0	27.9	28.8	30.1	30.9	30.5	30.2	30.8	30.8	29.9	28.7	27.6
18:00	26.1	27.0	27.9	29.3	30.1	29.8	29.5	30.0	30.0	29.1	27.9	26.7
19:00	25.2	26.1	27.1	28.5	29.3	29.1	28.8	29.2	29.2	28.2	27.0	25.8
20:00	24.3	25.2	26.2	27.7	28.6	28.5	28.1	28.5	28.4	27.4	26.2	25.0
21:00	23.5	24.4	25.5	27.1	27.9	27.9	27.5	27.8	27.8	26.6	25.4	24.2
22:00	22.8	23.7	24.8	26.5	27.4	27.5	27.0	27.2	27.1	26.0	24.7	23.4
23:00	22.1	23.1	24.2	25.9	26.9	27.0	26.5	26.7	26.6	25.4	24.1	22.8

 CALOR

 CONFORT

 FRESCO

ANEXO C

FORMATO PARA INFORMAR DEL CÁLCULO DEL PRESUPUESTO ENERGÉTICO

1.- Datos Generales

1.1.- Propietario

Nombre	JUAN PERAZA
Dirección	INDEPENDENCIA No. 351
Colonia	CENTRO
Ciudad	CHETUMAL
Estado	QUINTANA ROO
Municipio	OTHON P. BLANCO
Código Postal	77000
Teléfono	S/N

1.2.- Ubicación de la Obra

Nombre	CLINICA DENTAL
Dirección	INDEPENDENCIA No 351
Colonia	CENTRO
Ciudad	CHETUMAL
Estado	QUINTANA ROO
Municipio	OTHON P. BLANCO
Código Postal	77000
Teléfono	S/N

ANEXO C

FORMATO PARA INFORMAR DEL CÁLCULO DEL PRESUPUESTO ENERGÉTICO

2.- Valores para el Cálculo de la Ganancia de Calor a través de la Envolvente (*)

2.1.- Ciudad Chetumal

Latitud 18 ° 30 '

2.2.- Temperatura equivalente promedio "te" (°C)

a).- Techo	45	b).- Superficie inferior	31	
c).- Muros		d).- Partes transparentes		
	Masivo	Ligero	Tragaluz y domo	26
Norte	31	36	Norte	27
Este	34	40	Este	28
Sur	32	38	Sur	29
Sur	32	39	Oeste	29

2.3.- Coeficiente de transferencia de calor "K" del edificio de referencia (W/m²K)

Techo	0.358	Muro	0.679
Tragaluz y domo	5.952	Ventana	5.319

2.4.- Factor de ganancia de calor solar "FG" (W/m²)

Tragaluz y domo	284
Norte	95
Este	152
Sur	119
Oeste	133

2.4.- Barrera para vapor

Si X No

ANEXO C

FORMATO PARA INFORMAR DEL CÁLCULO DEL PRESUPUESTO ENERGÉTICO

3.- Cálculo del Coeficiente Global de Transferencia de Calor de las Porciones de la Envolvente (Háganse tantas hojas como porciones diferentes de la envolvente se tengan)

3.1.- Descripción de la porción TECHO

Número(**) 1

Componente de la envolvente Techo X Pared Superficie inferior

Material (***)	Espesor (m) s	Conductividad Térmica (W/mK) h o λ. (****)	M aislamiento térmico (m²K/W) [1/(h o λ.)]
Convección exterior (*****)	1	13	0.07692
Concreto * armado	0.1	1.74	0.05747
Membranas asfálticas Membranas asfálticas Aplanados	0.05	0.17	0.29412
* Mortero de cal al interior	0.05	0.698	0.07163
Convección interior	1	6.6	0.15152
Para obtener el aislamiento térmico total, sumar la M de todos los materiales más la convección exterior e interior [Fórmula M = Σ M]		M	0.65166 m²K/W
Coefficiente global de transferencia de calor de la porción (k) [Fórmula K = 1 / M]		K	1.5345 W/m² K

* Estos valores se obtienen del Apéndice D

** Dar un número consecutivo (1,2...N) el cual será indicado en el inciso 4.3

*** Anotar los materiales que forman la porción. Por ejemplo, si se desea calcular un muro de tabique con repellado en la superficie exterior y yeso en la superficie interior, se deben anotar los tres materiales

ANEXO C

FORMATO PARA INFORMAR DEL CÁLCULO DEL PRESUPUESTO ENERGÉTICO

3.- Cálculo del Coeficiente Global de Transferencia de Calor de las Porciones de la Envolvente (Háganse tantas hojas como porciones diferentes de la envolvente se tengan)

3.1.- Descripción de la porción PARED				Número(**) 2
Componente de la envolvente	Techo	Pared X	Superficie inferior	
Material (***)		Espesor (m) δ	Conductividad Térmica (W/mK) h o λ (****)	M aislamiento térmico (m ² K/W) [1/(h o λ .)]
Convección exterior (*****)		1	13	0.07692
Aplanados				
* Mortero de cal al exterior		0.05	0.872	0.05734
Aplanados				
* Mortero de cal al interior		0.05	0.698	0.07163
Otro				
BLOCK 15		0.15	0.51	0.29412
Convección interior		1	8.1	0.12346
Para obtener el aislamiento térmico total, sumar la M de todos los materiales más la convección exterior e interior [Fórmula $M = \Sigma M$]			M	0.62347 m ² K/W
Coeficiente global de transferencia de calor de la porción (K) [Fórmula $K = 1 / M$]			K	1.6039 W/m ² K

* Estos valores se obtienen del Apéndice D

** Dar un número consecutivo (1,2...N) el cual será indicado en el inciso 4.3

*** Anotar los materiales que forman la porción. Por ejemplo, si se desea calcular un muro de tabique con repellado en la superficie exterior y yeso en la superficie interior, se deben anotar los tres materiales

ANEXO C

FORMATO PARA INFORMAR DEL CÁLCULO DEL PRESUPUESTO ENERGÉTICO

3.- Cálculo del Coeficiente Global de Transferencia de Calor de las Porciones de la Envolvente (Háganse tantas hojas como porciones diferentes de la envolvente se tengan)

3.1.- Descripción de la porción VENTANA Número(**) 3

Componente de la envolvente	Techo	Pared X	Superficie inferior	
Material (***)		Espesor (m) ϵ	Conductividad Térmica (W/mK) h o λ (****)	M aislamiento térmico (m ² K/W) [1/(h o λ)]
Convección exterior (*****)		1	13	0.07692
Vidrio * sencillo (2200)		0.006	0.93	0.00645
Convección interior		1	8.1	0.12346
Para obtener el aislamiento térmico total, sumar la M de todos los materiales más la convección exterior e interior [Fórmula $M = \Sigma M$]			M	0.20683 m ² K/W
Coeficiente global de transferencia de calor de la porción (k) [Fórmula $K = 1 / M$]			K	4.8349 W/m ² K

* Estos valores se obtienen del Apéndice D

** Dar un número consecutivo (1,2...N) el cual será indicado en el inciso 4.3.

*** Anotar los materiales que forman la porción. Por ejemplo, si se desea calcular un muro de tabique con repellado en la superficie exterior y yeso en la superficie interior, se deben anotar los tres materiales.

**** Para los materiales se utilizan los valores λ , del apéndice "D", o los proporcionados por los fabricantes

***** Para la convección exterior e interior se utilizan los valores de λ , calculados de acuerdo al apéndice "B"

ANEXO C

FORMATO PARA INFORMAR DEL CÁLCULO DEL PRESUPUESTO ENERGÉTICO

4.- Cálculo comparativo de la Ganancia de Calor

4.1.- Datos Generales

Temperatura interior (t) 25 °C

4.2.- Edificio de referencia

4.2.1.- Ganancia por conducción (partes opacas y transparentes)

Tipo y orientación de la porción de la envolvente	Coefficiente Transferecia de Calor (W/m ² K) [K]	Área del edificio proyectado (m ²) [A]	Fracción de la componente [F]	Temperatura equivalente (K) [te]	Ganancia por Conducción ϕ_{rci} (°) [KxAx(te-t)]
Techo	0.358	124.22	0.95	45	844.9445
Tragaluz y domo	5.952		0.05	26	36.96787
Muro Norte	0.679	27.67	0.6	31	67.63655
Ventana norte	5.319		0.4	27	117.7414
Muro este	0.679	0	0.6	34	0
Ventana este	5.319		0.4	28	0
Muro sur	0.679	16.33	0.6	32	46.5699
Ventana sur	5.319		0.4	29	138.9748
Muro oeste	0.679	30.48	0.6	32	86.92287
Ventana oeste	5.319		0.4	29	259.397
				SUBTOTAL	1599.155

* Nota: Si los valores son negativos significa una bonificación, por lo que deben sumarse algebraicamente

4.2.2.- Ganancia por radiación (partes transparentes)

Tipo y orientación de la porción de la envolvente	Coefficiente de Sombreado (CS)	Área del edificio proyectado (m ²)	Fracción de la componente [F]	Ganancia de calor (W/m ²) [FG]	Ganancia por Radiación ϕ_{rs} (°) [CS x A x F x FG]
Tragaluz y domo	0.85	124.22	0.05	284	1499.335
Ventana norte	1	27.67	0.4	95	1051.46
Ventana este	1	0	0.4	152	0
Ventana sur	1	16.33	0.4	119	777.308
Ventana oeste	1	30.48	0.4	133	1621.536
				SUBTOTAL	4949.64

ANEXO C

FORMATO PARA INFORMAR DEL CÁLCULO DEL PRESUPUESTO ENERGÉTICO

4.- Cálculo comparativo de la Ganancia de Calor (continuación)

4.3.- Edificio Proyectado

4.3.1.- Ganancia por conducción (partes opacas y transparentes)

Tipo y orientación de la porción de la envolvente (*)	Coeficiente Global de Transferencia de Calor (k)		Área (m ²) [A]	Temperatura (°C) [te]	Ganancia por Conducción ϕ_{pc} (****) [KxAx(te-t)]
	Número de la porción (**)	Valor calculado (W/m ² K) (***)			
1.1 Techo	1	1.5345	124.22	45	3812.31184
4.2 Muro Norte	2	1.6039	26.59	31	255.88621
4.4 Muro Sur	2	1.6039	9.73	32	109.24162
4.4 Muro Sur	2	1.6039	4.72	32	52.99285
4.5 Muro Oeste	2	1.6039	15.8	32	177.39134
4.5 Muro Oeste	2	1.6039	9.31	32	104.52617
5.2 Ventana Norte	3	4.8349	1.08	27	10.44338
5.4 Ventana Sur	3	4.8349	0.8	29	15.47168
5.4 Ventana Sur	3	4.8349	1.08	29	20.88677
5.5 Ventana Oeste	3	4.8349	2.4	29	46.41504
5.5 Ventana Oeste	3	4.8349	1.89	29	36.55184
5.5 Ventana Oeste	3	4.8349	1.08	29	20.88677
Subtotal (*****) []					4663.005
Total (Sumar todas las ϕ_{pc})					4663.005

* Abreviar considerando tipo: 1 techo, 2 tragaluz, 3 domo, 4 muro y 5 ventana; y como orientación: 1 techo, 2 norte, 3 este, 4 sur, 5 este y 6 superficie inferior. Por ejemplo "4.2" corresponde a un muro en la orientación norte.

** Número consecutivo asignado en el inciso 3.1

*** Valor obtenido en el inciso 3.1

**** Si los valores son negativos significan una bonificación, por lo que deben sumar algebraicamente

***** Cuando el número de porciones de la envolvente sea mayor a las permitidas en una hoja, utilice el subtotal 1 para la primera hoja, y así sucesivamente

ANEXO C

FORMATO PARA INFORMAR DEL CALCULO DEL PRESUPUESTO ENERGÉTICO

4.- Cálculo comparativo de la Ganancia de Calor (continuación)

4.3.2.- Ganancia por radiación (partes transparentes)

Tipo y orientación de la porción envolvente (*)	Material (**)	Coeficiente de Sombreado (CS) (***)	Área (m ²) [A]	Ganancia de Calor (W/m ²) [FG]	Factor de Sombreado Exterior [SE] (****)		Ganancia por Radiación φ ps [CSAxFGxSE]
					Número	Valor	
3.2 (3) VENTANA		1	1.08	95	0	1	102.60001
3.4 (3) VENTANA		1	0.8	119	0	1	95.2
3.4 (3) VENTANA		1	1.08	119	0	1	128.52
3.5 (3) VENTANA		1	2.4	133	0	1	319.20001
3.5 (3) VENTANA		1	1.89	133	0	1	251.37
3.5 (3) VENTANA		1	1.08	133	0	1	143.64
Total (Sumar todas las φ pc)							1040.53

* Abreviar considerando tipo: 1 tragaluz, 2 domo, 3 ventana y como orientación: 1 techo, 2 norte, 3 este, 4 sur y 5 oeste.

** Especifique la característica del material, por ejemplo claro, entintado, etc.

*** Dato proporcionado por el fabricante

**** Si la ventana tiene sombreado el número y el "SE" se obtienen del inciso 2.6, y si la ventana no tiene sombreado se deja en blanco el espacio para el número

ANEXO C

FORMATO PARA INFORMAR DEL CÁLCULO DEL PRESUPUESTO ENERGÉTICO

5.- Resumen de Cálculo

5.1.- Presupuesto Energético

		Ganancia por Conducción (W)		Ganancia por Radiación (W)	
Referencia	(ϕ_{rc})	1599.1548	(ϕ_{rs})	4949.64	(ϕ_r) 6548.7948
Proyectado	(ϕ_{pc})	4663.005	(ϕ_{ps})	1040.53	(ϕ_p) 5703.535

5.2.- Cumplimiento

Si ($\phi_r > \phi_p$) X

No ($\phi_r > \phi_p$)

El Edificio Proyectado tiene un ahorro de energía de 12.91 % por arriba de la norma

ANEXO D

FORMATO PARA INFORMAR DEL CÁLCULO DEL PRESUPUESTO ENERGÉTICO

1.- Datos Generales

1.1.- Propietario

Nombre	JUAN PERAZA
Dirección	INDEPENDENCIA No. 351
Colonia	CENTRO
Ciudad	CHETUMAL
Estado	QUINTANA ROO
Municipio	OTHON P. BLANCO
Código Postal	77000
Teléfono	S/N

1.2.- Ubicación de la Obra

Nombre	CLINICA REMODELACION
Dirección	INDEPENDENCIA No 351
Colonia	CENTRO
Ciudad	CHETUMAL
Estado	QUINTANA ROO
Municipio	OTHON P. BLANCO
Código Postal	77000
Teléfono	S/N

ANEXO D

FORMATO PARA INFORMAR DEL CÁLCULO DEL PRESUPUESTO ENERGÉTICO

2.- Valores para el Cálculo de la Ganancia de Calor a través de la Envolvente (*)

2.1.- Ciudad Chetumal

Latitud 18 ° 30 '

2.2.- Temperatura equivalente promedio "te" (°C)

a).- Techo	45	b).- Superficie inferior	31
c).- Muros		d).- Partes transparentes	
	Masivo	Ligero	Tragaluz y domo
Norte	31	36	Norte
Este	34	40	Este
Sur	32	38	Sur
Sur	32	39	Oeste

2.3.- Coeficiente de transferencia de calor "K" del edificio de referencia (W/m²K)

Techo	0.358	Muro	0.679
Tragaluz y domo	5.952	Ventana	5.319

2.4.- Factor de ganancia de calor solar "FG" (W/m²)

Tragaluz y domo	284
Norte	95

2.4.- Barrera para vapor

Si X No

2.6.- Factor de corrección de sombreado exterior (SE)

Número (**)	Tipo de Sombreado (***)	L/W, L/H o P/E (***)	W/H o W/E (***)	Orientación	SE
1	2	0.33333	1.16667	Norte	0.8349
2	2	0.55556	1.16667	Sur	0.7457
3	4	0.5	0	Sur	0.56
4	2	0.45	1.05	Este/Oeste	0.7281

* Los valores se obtienen de las Tablas del Apéndice A; Tabla 1 para los incisos 2.2, a 2.5, y de las Tablas 2.3, 4 y 5 según corresponda para el inciso 2.6

** Si las ventanas tienen algún tipo de sombreado se deberá usar una columna para cada tipo

*** Indicar el tipo de sombreado: 1 volado simple, 2 volado extendido, 3 ventana remetida y 4 partesol

ANEXO D

FORMATO PARA INFORMAR DEL CÁLCULO DEL PRESUPUESTO ENERGÉTICO

3.- Cálculo del Coeficiente Global de Transferencia de Calor de las Porciones de la Envolvente (Háganse tantas hojas como porciones diferentes de la envolvente se tengan)

3.1.- Descripción de la porción TECHO

Número(**) 1

Componente de la envolvente Techo X Pared Superficie inferior

Material (***)	Esesor (m) t	Conductividad Térmica (W/mK) h o λ (****)	M aislamiento térmico (m ² K/W) [$l/(h$ o $\lambda)$]
Convección exterior (*****)	1	13	0.07692
Concreto * armado	0.1	1.74	0.05747
Aplanados * Mortero de cal al interior	0.05	0.698	0.07163
Membranas asfálticas	0.05	0.17	0.29412
Convección interior	1	6.6	0.15152
Para obtener el aislamiento térmico total, sumar la M de todos los materiales más la convección exterior e interior [Fórmula $M = \Sigma M$]		M	0.65166 m ² K/W
Coeficiente global de transferencia de calor de la porción (k) [Fórmula $K = 1 / M$]		K	1.5345 W/m ² K

* Estos valores se obtienen del Apéndice D

** Dar un número consecutivo (1,2...N) el cual será indicado en el inciso 4.3

*** Anotar los materiales que forman la porción. Por ejemplo, si se desea calcular un muro de tabique con repellado en la superficie exterior y yeso en la superficie interior, se deben anotar los tres materiales

**** Para los materiales se utilizan los valores λ del apéndice "D", o los proporcionados por los fabricantes

***** Para la convección exterior e interior se utilizan los valores de λ , calculados de acuerdo al apéndice "B"

ANEXO D

FORMATO PARA INFORMAR DEL CÁLCULO DEL PRESUPUESTO ENERGÉTICO

3.- Cálculo del Coeficiente Global de Transferencia de Calor de las Porciones de la Envolvente (Háganse tantas hojas como porciones diferentes de la envolvente se tengan)

3.1.- Descripción de la porción PARED

Número(**) 2

Componente de la envolvente	Techo	Pared X	Superficie inferior	
Material (***)		Espesor (m) t	Conductividad Térmica (W/mK) h o λ (****)	M aislamiento térmico (m ² K/W) [1/(h o λ)]
Convección exterior (*****)		1	13	0.07692
Otro				
BLOCK 15 Aplanados		0.15	0.51	0.29412
* Mortero de cal al interior Aplanados		0.05	0.698	0.07163
* Mortero de cal al exterior Aplanados		0.05	0.872	0.05734
Convección interior		1	8.1	0.12346
Para obtener el aislamiento térmico total, sumar la M de todos los materiales más la convección exterior e interior [Fórmula $M = \sum M$]				M 0.62347 m ² K/W
Coeficiente global de transferencia de calor de la porción (k)				K 1.6039 W/m ² K

* Estos valores se obtienen del Apéndice D

** Dar un número consecutivo (1,2...N) el cual será indicado en el inciso 4.3

*** Anotar los materiales que forman la porción. Por ejemplo, si se desea calcular un muro de tabique con repellado en la superficie exterior y yeso en la superficie interior, se deben anotar los tres materiales

**** Para los materiales se utilizan los valores λ del apéndice "D", o los proporcionados por los fabricantes

***** Para la convección exterior e interior se utilizan los valores de λ , calculados de acuerdo al apéndice "B"

ANEXO D

FORMATO PARA INFORMAR DEL CÁLCULO DEL PRESUPUESTO ENERGÉTICO

3.- Cálculo del Coeficiente Global de Transferencia de Calor de las Porciones de la Envolvente

(Háganse tantas hojas como porciones diferentes de la envolvente se tengan)

3.1.- Descripción de la porción VENTANA

Número(**) 3

Componente de la envolvente Techo Pared X Superficie inferior

Material (***)	Espesor (m) ϵ	Conductividad Térmica (W/mK) h o λ (****)	M aislamiento térmico (m ² K/W) [1/(h o λ)]
Convección exterior (*****)	1	13	0.07692
Vidrio * sencillo (2200)	0.006	0.93	0.00645
Convección interior	1	8.1	0.12346
Para obtener el aislamiento térmico total, sumar la M de todos los materiales más la convección exterior e interior [Fórmula $M = \Sigma M$]		M	0.20683 m ² K/W
Coefficiente global de transferencia de calor de la porción (k) [Fórmula $K = 1 / M$]		K	4.8349 W/m ² K

* Estos valores se obtienen del Apéndice D

** Dar un número consecutivo (1,2...N) el cual será indicado en el inciso 4.3

*** Anotar los materiales que forman la porción. Por ejemplo, si se desea calcular un muro de tabique con repellado en la superficie exterior y yeso en la superficie interior, se deben anotar los tres materiales

**** Para los materiales se utilizan los valores λ del apéndice "D", o los proporcionados por los fabricantes

***** Para la convección exterior e interior se utilizan los valores de λ , calculados de acuerdo al apéndice "B"

ANEXO D

FORMATO PARA INFORMAR DEL CÁLCULO DEL PRESUPUESTO ENERGÉTICO

4.- Cálculo comparativo de la Ganancia de Calor

4.1.- Datos Generales

Temperatura interior (t) 25 °C

4.2.- Edificio de referencia

4.2.1.- Ganancia por conducción (partes opacas y transparentes)

Tipo y orientación de la porción de la envolvente	Coefficiente Transferencia de Calor (W/m ² K) [K]	Área del edificio proyectado (m ²) [A]	Fracción de la componente [F]	Temperatura equivalente (K) [te]	Ganancia por Conducción ϕ_{rci} (*) [KxAx(te-t)]
Techo	0.358	124.22	0.95	45	844.9445
Tragaluz y domo	5.952		0.05	26	36.96787
Muro Norte	0.679	27.67	0.6	31	67.63655
Ventana norte	5.319		0.4	27	117.7414
Muro este	0.679	0	0.6	34	0
Ventana este	5.319		0.4	28	0
Muro sur	0.679	16.33	0.6	32	46.5699
Ventana sur	5.319		0.4	29	138.9748
Muro oeste	0.679	30.48	0.6	32	86.92287
Ventana oeste	5.319		0.4	29	259.397
				SUBTOTAL	1599.155

ANEXO D

* Nota: Si los valores son negativos significa una bonificación, por lo que deben sumarse algebraicamente

4.2.2.- Ganancia por radiación (partes transparentes)

Tipo y orientación de la porción de la envolvente	Coefficiente de Sombreado (CS)	Área del edificio proyectado (m ²)	Fracción de la componente [F]	Ganancia de calor (W/m ²) [FG]	Ganancia por Radiación ϕ_{rs} (*) [CS x A x F x FG]
Tragaluz y domo	0.85	124.22	0.05	284	1499.335
Ventana norte	1	27.67	0.4	95	1051.46
Ventana este	1	0	0.4	152	0
Ventana sur	1	16.33	0.4	119	777.308
Ventana oeste	1	30.48	0.4	133	1621.536
				SUBTOTAL	4949.64

ANEXO D

FORMATO PARA INFORMAR DEL CÁLCULO DEL PRESUPUESTO ENERGÉTICO

4.- Cálculo comparativo de la Ganancia de Calor (continuación)

4.3.- Edificio Proyectado

4.3.1.- Ganancia por conducción (partes opacas y transparentes)

Tipo y orientación de la porción de la envolvente (*)	Número de la porción (**)	Coficiente Global de Transferencia de Calor (k) Valor calculado (W/m²K) (***)	Área (m²) [A]	Temperatura (°C) [te]	Ganancia por Conducción ϕ_{pc} (****) [KxAx(te-t)]
1.1 Techo	1	1.5345	124.22	45	3812.31184
4.2 Muro Norte	2	1.6039	23.89	31	229.90302
4.4 Muro Sur	2	1.6039	6.75	32	75.78427
4.4 Muro Sur	2	1.6039	4.72	32	52.99285
4.5 Muro Oeste	2	1.6039	15.89	32	178.4018
4.5 Muro Oeste	2	1.6039	10.39	32	116.65165
5.2 Ventana Norte	3	4.8349	3.78	27	36.55184
5.4 Ventana Sur	3	4.8349	3.78	29	73.10369
5.4 Ventana Sur	3	4.8349	1.08	29	20.88677
5.5 Ventana Oeste	3	4.8349	4.2	29	81.22632
Subtotal (*****) []					4677.813
Total (Sumar todas las partes)					4677.813

* Abreviar considerando tipo: 1 techo, 2 tragaluz, 3 domo, 4 muro y 5 ventana; y como orientación: 1 techo, 2 norte, 3 este, 4 sur, 5 este y 6 superficie inferior. Por ejemplo "4.2" corresponde a un muro en la orientación norte.

** Número consecutivo asignado en el inciso 3.1

*** Valor obtenido en el inciso 3.1

**** Si los valores son negativos significan una bonificación, por lo que deben sumar algebraicamente

***** Cuando el número de porciones de la envolvente sea mayor a las permitidas en una hoja, utilice el subtotal 1 para la primera hoja, y así sucesivamente

ANEXO D

FORMATO PARA INFORMAR DEL CÁLCULO DEL PRESUPUESTO ENERGÉTICO

4.- Cálculo comparativo de la Ganancia de Calor (continuación)

4.3.2.- Ganancia por radiación (partes transparentes)

Tipo y orientación de la porción envolvente (*)	Material (**)	Coeficiente de Sombreado (CS) (***)	Área (m ²) [A]	Ganancia de Calor (W/m ²) [FG]	Factor de Sombreado Exterior [SE] (****)		Ganancia por Radiación ϕ ps [CSAxFGxSE]
					Número	Valor	
3.2 (3) VENTANA		1	3.78	95	0	0.8349	299.81259
3.4 (3) VENTANA		1	3.78	119	0	0.7457	335.43079
3.4 (3) VENTANA		1	1.08	119	0	0.56	71.9712
3.5 (3) VENTANA		1	4.2	133	0	0.7281	406.71664
Total (Sumar todas las ϕ pc)							1113.931

* Abreviar considerando tipo: 1 tragaluz, 2 domo, 3 ventana y como orientación: 1 techo, 2 norte, 3 este, 4 sur y 5 oeste.

** Especifique la característica del material, por ejemplo claro, entintado, etc.

*** Dato proporcionado por el fabricante

**** Si la ventana tiene sombreado el número y el "SE" se obtienen del inciso 2.6, y si la ventana no tiene sombreado se deja en blanco el espacio para el número

ANEXO D

FORMATO PARA INFORMAR DEL CÁLCULO DEL PRESUPUESTO ENERGÉTICO

5.- Resumen de Cálculo

5.1.- Presupuesto Energético

	Ganancia por Conducción (W)	Ganancia por Radiación (W)	
Referencia	(ϕ_{rc}) 1599.1548	(ϕ_{rs}) 4949.64	(ϕ_r) 6548.7948
Proyectado	(ϕ_{pc}) 4677.814	(ϕ_{ps}) 1113.931	(ϕ_p) 5791.745

5.2.- Cumplimiento

Si ($\phi_r > \phi_p$) X

No ($\phi_r > \phi_p$)

El Edificio Proyectado tiene un ahorro de energía de 11.56 % por arriba de la norma

ANEXO E



FACHADA

INTERIORES



VENTANA SUR ANTES DE LA REMODELACIÓN



VENTANA SUR DESPUES DE LA
REMODELACIÓN

ANEXO E



FACHADA OESTE ANTES DE LA
REMODELACIÓN



FACHADA OESTE DESPUES DE LA
REMODELACIÓN