Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Arquitectura

Análisis del Ahorro de Energía Convencional con respecto a la Norma Oficial Mexicana para Edificios No Residenciales en la Ciudad de México

Dr. José Diego Morales Ramírez

“Informe de Investigación que para obtener el titulo de Arquitecto presenta:”

Raúl Mexicano Melgar

Sinodales

Dr. José Diego Morales Ramirez
Arq. Angel Rojas Hoyo
Arq. Olivia Huber Rosas

Mayo 2008

Universidad Nacional Autónoma de México
UNAM
Biblioteca Central
Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo recibido para la realización del presente documento a los Académicos del Instituto de Geofísica:

Dr. Agustín Muhlia Velázquez por su apoyo en el procesamiento de la información de radiación solar de la estación Meteorológica Tacubaya.

DEDICATORIAS

Este trabajo esta dedicado a mis padres Raúl y Carolina por su amor, comprensión y apoyo durante mi desarrollo escolar y profesional.

A mis hermanos Cristina y Armando, por su apoyo incondicional al día de hoy, y también por ser un ejemplo para mi.

A mi sobrina Andrea, por ser la luz que me ayudo a terminar este proyecto que tenia inconcluso.

A mi cuñada Clara y a todas aquellas personas que confían en mi, muchas gracias por su apoyo y cariño.

INDICE

		Página
1.	Introducción	1
2.	Resumen Analítico	3
	2.1 Análisis del Clima del Sitio	
3.	Planteamiento Investigativo	23
	3.1 Edificios Prototipo	
	3.2 Análisis del Edificio propuesto con programa TRNSYS	32
	3.3 Análisis del Edificio Propuesto de acuerdo a la Norma NOM-008 ENER 2001	41
	3.4 Evaluación Térmica del Edificio Seleccionado	50
4.	Conclusiones	56
5.	Bibliografía	59

1. INTRODUCCIÓN

La Secretaría de Energía a través de la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE) tiene, entre otras funciones, la de emitir Normas encaminadas a propiciar un consumo racional de energía en: sistemas de alumbrado, equipos electromecánicos, electrodomésticos y en edificios. En el caso de las Normas para edificios está en vigor actualmente la Norma Oficial Mexicana NOM008ENER2001, para envolventes de edificios no residenciales en la República Mexicana; esta Norma como se indica fue publicada en el Diario Oficial de la Federación en el año 2001, a partir de entonces su aplicación debería ser de carácter obligatorio, sin embargo hasta estas fechas (2008), esto no ha sido así debido principalmente a que no se ha logrado incorporar la Norma, como un anexo, en los Reglamentos de Construcción vigentes en las diferentes entidades de la República Mexicana.

La NOM008 está enfocada a comparar el posible consumo de energía en los edificios, por el uso de aire acondicionado durante la época más cálida del año, en función del tipo de envolvente que presente su diseño. Para estimar el posible consumo de energía, se compara la envolvente del edificio que se va a evaluar, con otra envolvente igual en dimensiones en planta y alzados, con la misma orientación pero con una proporción de 40 % de vanos y 60 % de macizos en las fachadas y un 5 % de elementos translucidos en la azotea; si el consumo de energía del edificio a evaluar es igual o menor al del edificio de la Norma, se aprueba su construcción, pero si el consumo es mayor entonces deberá modificar alguna característica de su diseño para que apruebe las condiciones de la Norma. En el caso de edificios con fachadas totalmente de cristal, y para el caso de la Ciudad de México, el colocar alguna película sombreadora en los cristales de las fachadas, llega a ser suficiente para que el edificio pase la Norma.

Una característica importante en todas las Normas que emite la CONAE, es la posibilidad de evaluar cada determinado tiempo su efectividad, e ir perfeccionando sus términos con el fin de que cumplan cabalmente su cometido. Tal es el caso de la Norma para refrigeradores, que

inicialmente fue emitida de manera limitada, debido principalmente a la presión de los fabricantes de refrigeradores, que la veían como un estorbo en sus procesos de producción y comercialización, sin embargo estos mismos fabricantes se fueron dando cuenta que los consumidores se inclinaban cada vez con mayor frecuencia por comprar refrigeradores que ostentaran el registro oficial de un menor consumo de energía. A partir de entonces dicha Norma se fue perfeccionando, hasta estar en la actualidad al mismo nivel de las Normas Oficiales Internacionales en esta materia.

Por lo tanto los objetivos de esta publicación son: proporcionar una contribución a la evaluación de la NOM008 por medio de la comparación de ésta con una evaluación térmica que considere una mayor cantidad de variables, y por otra parte dar a conocer las características climáticas de una de tres zonas específicas de la Ciudad de México, una zona será la del Centro Histórico, con la evaluación térmica de dos edificios de diferentes épocas dentro de esta zona: La torre Latinoamericana y un edificio del siglo XVI, correspondiente a las oficinas de ….., otra zona está ubicada en el sur, en la parte de la Ciudad Universitaria siendo el edificio a estudiar …… y la tercera zona está al poniente de la Ciudad, siendo el Edificio de Hacienda el objetivo de nuestro análisis.

Este edificio se encuentra ubicado en la zona poniente de la ciudad, es un edificio actual construido en concreto, con vidrios filtrasol en su fachada principal, algunos macizos de concreto en las diferentes fachadas que componen esta edificación.
Dentro de los datos a considerar para este estudio, se tomaron en cuenta principalmente los que se obtuvieron por parte del Servicio Meteorológico Nacional como son la temperatura, la humedad relativa, así como los datos de radiación solar.

2. RESUMEN ANALITICO
2.1 ANÁLISIS DEL CLIMA DEL SITIO

El clima que le corresponde a la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM), por su situación geográfica a los 19° 25´ en promedio de la latitud norte (intertropical), se ve modificado básicamente por la latitud de ésta (2240 msnm) y su condición de cuenca cerrada, con altitudes mayores a 1000 m sobre el nivel de base local, en las sierras que limitan al este, sur y oeste.

En la figura 3.1.1 podemos observar que en la ZMCM, existen básicamente dos tipos de clima de acuerdo a la clasificación climática de köppen, modificado para la República Mexicana por E. García (1964) [4]: a) Templado Subhúmedo, con verano fresco largo y con lluvias en verano (Cw); b) El segundo es un clima semiseco templado, con verano cálido, con lluvias en verano (Bs). Estos tipos de climas encontrados en la ZMCM, sufren de acuerdo a E. García, modificaciones ligeras por su régimen pluviométrico:

W0 El más seco de los subhúmedos
W1 El intermedio de los subhúmedos
W2 El más húmedo de los subhúmedos

Y térmico:

Cb Templado con verano fresco y largo
Cb Semifrío con verano fresco y largo

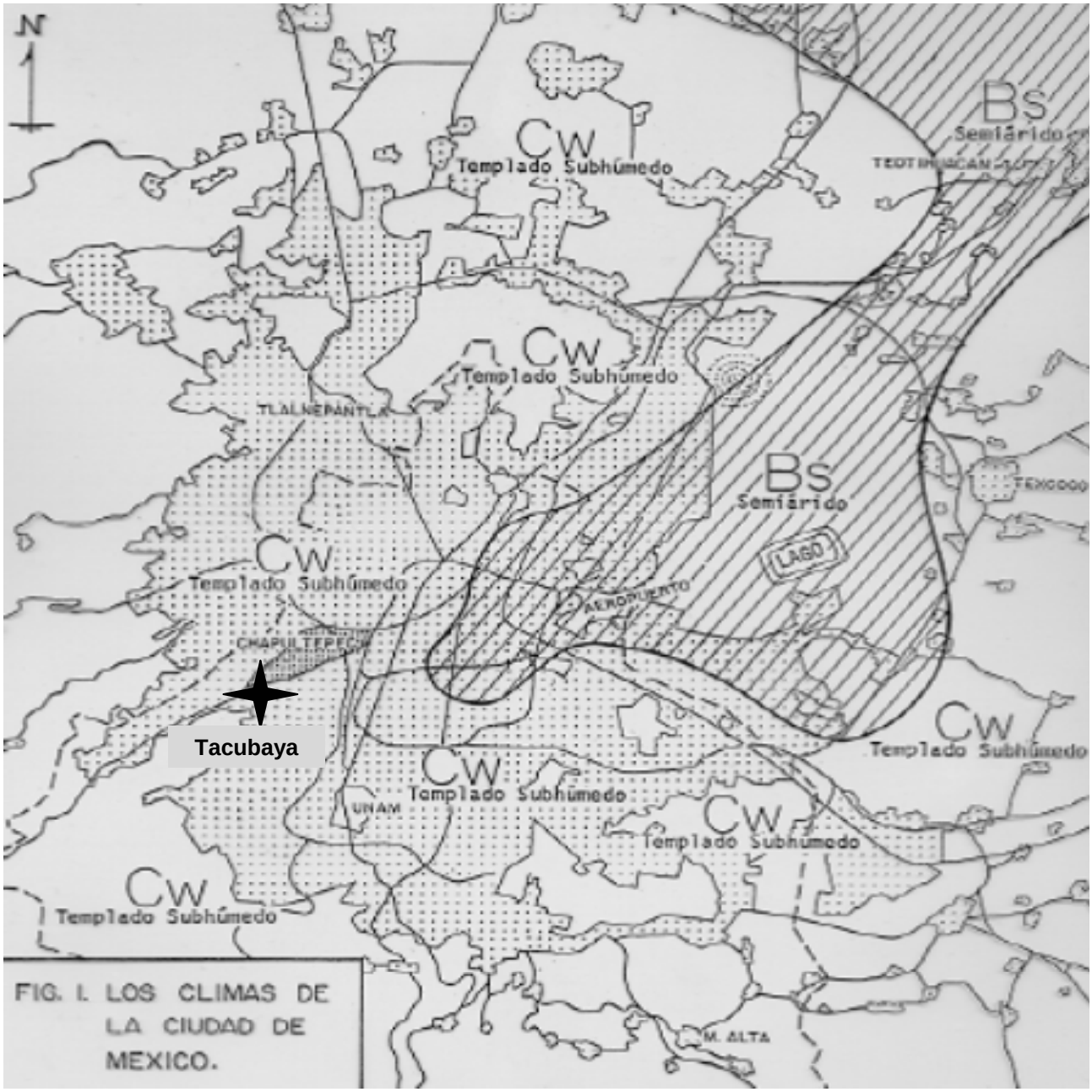


Fig. 3.1.1 Clasificación climática en la Ciudad de México

Las variaciones mencionadas, están determinadas en su mayoría por la circulación general de la atmósfera y por fenómenos meteorológicos regionales:

1). “..durante la mitad caliente y húmeda del año (mayo a octubre), la zona subtropical de alta presión se desplaza hacia el norte, dejando con ello que la ciudad quede bajo la influencia de los vientos alisios húmedos, que soplan de noroeste a suroeste en superficie, y de este a oeste en las alturas, recogiendo humedad del Golfo de México.”(Ruíz 1994) [5], por la misma razón, el cinturón o Zona intertropical de Convergencia (ZIC), también sufre un desplazamiento hacia el norte, (en muchas ocasiones la ZIC alcanza latitudes del centro y norte del estado de Chiapas).Para finales de julio y principios de agosto la ZIC inicia su desplazamiento hacia el sur (en donde es menor que en el hemisferio norte), por lo que durante este último mes, se presenta una disminución de la precipitación, para alcanzar un nuevo máximo durante el mes de septiembre. Dicha disminución de precipitación se conoce como canícula o mejor definida por Mosiño y E. García –citado por Ruíz 1994-como sequía intraestival. Es importante tomar en cuenta que durante esta temporada, los ciclones tropicales, ondas tropicales, zonas de convergencia y la presencia o ausencia del fenómeno climático “El Niño”, modifican año con año el comportamiento de la temperatura y precipitación en la ZMCM.

2). “..los meses de noviembre a abril, tanto la faja subtropical de alta presión como la zona de los vientos alisios se desplazan hacia el sur, por lo que los vientos del oeste, característicos de la troposfera alta son interceptados en su base por la ciudad de México, debido a su gran altitud. Estos vientos son menos húmedos que los alisios..”(Ruíz1994) [ibid]. Por esta razón, la humedad de la atmósfera sobre la ZMCM es más escasa y presenta una época seca y fría. También la predominancia de los vientos del oeste, provocan la presencia de perturbaciones atmosféricas como masas polares que descienden den latitudes mayores, así como frentes fríos, que a su vez provocan variaciones de temperatura y presión, que además de dejar sentir su presencia en una forma directa, también son los generadores de fenómenos como las tolvaneras en la Cuenca de México.

Definir simplemente las condiciones meteorológicas más comunes de la ZMCM, como de un clima templado subhúmedo, con verano fresco largo y con lluvias en verano, o semiseco, templado con verano cálido y con lluvias en verano, no sería erróneo, pero sí estaríamos alejados de la realidad, pues resulta necesario recordar que la ZMCM es la zona más poblada del mundo y una de las más grandes en extensión, lo que aunado a las características físicas

anteriores, convertirán a la climatología de la zona en algo mucho más complicado que un simple clima CW o BS.

En el año de 1967 Lowry [6] en su artículo “El clima de las Ciudades”, menciona la existencia de influencias que ejercen las ciudades sobre el clima, las cuales resumió en cinco puntos básicos: a) En las ciudades existe una gran diversidad de materiales de construcción, los cuales son mejores conductores y almacenadores de energía, que los existentes en la naturaleza (zonas rurales); b) la topografía urbana es en general más accidentada que en la rural, por lo que la turbulencia en la ciudad aumenta considerablemente;

c) Otro punto importante es la existencia en las ciudades de un número casi infinito de fuentes de calor (automóviles, personas, animales, estufas, hornos, calderas, aire acondicionado, calentadores, televisores, refrigeradores y en general cualquier aparato eléctrico con motor que genere algún tipo de calor); d) La cuarta influencia que ejerce la Ciudad en la modificación del clima, se presenta en lo que refiere a la disposición de la precipitación, ya que mientras en las zonas rurales la precipitación se mantiene durante mayor tiempo en la superficie, para su incorporación en la atmósfera en forma de humedad, en las ciudades solamente se mantiene por un breve lapso en lo que es drenada por cauces subterráneos; e) Finalmente la última influencia es la referente a la presencia de gases y partículas contaminantes en las atmósferas urbanas (contaminantes), los cuales actúan de diferentes maneras no solamente sobre el clima directamente, sino también sobre la población.

La intensidad con la que actúan cada uno de estos fenómenos, varía prácticamente de acuerdo al tamaño de la ciudad y del número de habitantes. Ahora bien, la interacción de condiciones meteorológicas descritas en primer lugar, combinadas con la influencia que ejercen las ciudades sobre el clima, mencionadas anteriormente, regulan la intensidad de la presencia de los diferentes elementos climáticos.

En el caso específico de la ZMCM, se cuenta con una amplia literatura, que aborda el comportamiento de cada uno de los elementos del clima por separado, así como de su conjunto.

La densidad de estructuras, así como la diversidad de materias de construcción y la escasez de zonas verdes, son los principales precursores de lo que se conoce como “Isla de Calor”, fenómeno que consiste en encontrar temperaturas superiores en el centro de las grandes ciudades con respecto a las zonas circundantes; en el año de 1893, el investigador mexicano Mariano Bárcena [Citado por Espinoza 1994], ya reportaba diferencias entre las temperaturas existentes en el centro de la Ciudad de México y la periferia. En el año de 1971, Jáuregui (1971) [7], valoró en 1.2 °C la diferencia de temperatura o la intensidad de la isla de calor, en la actualidad la intensidad de la isla de calor se calcula en 3.0 °C (Ruíz, 1994), como se puede observar en la figura 3.1.2.

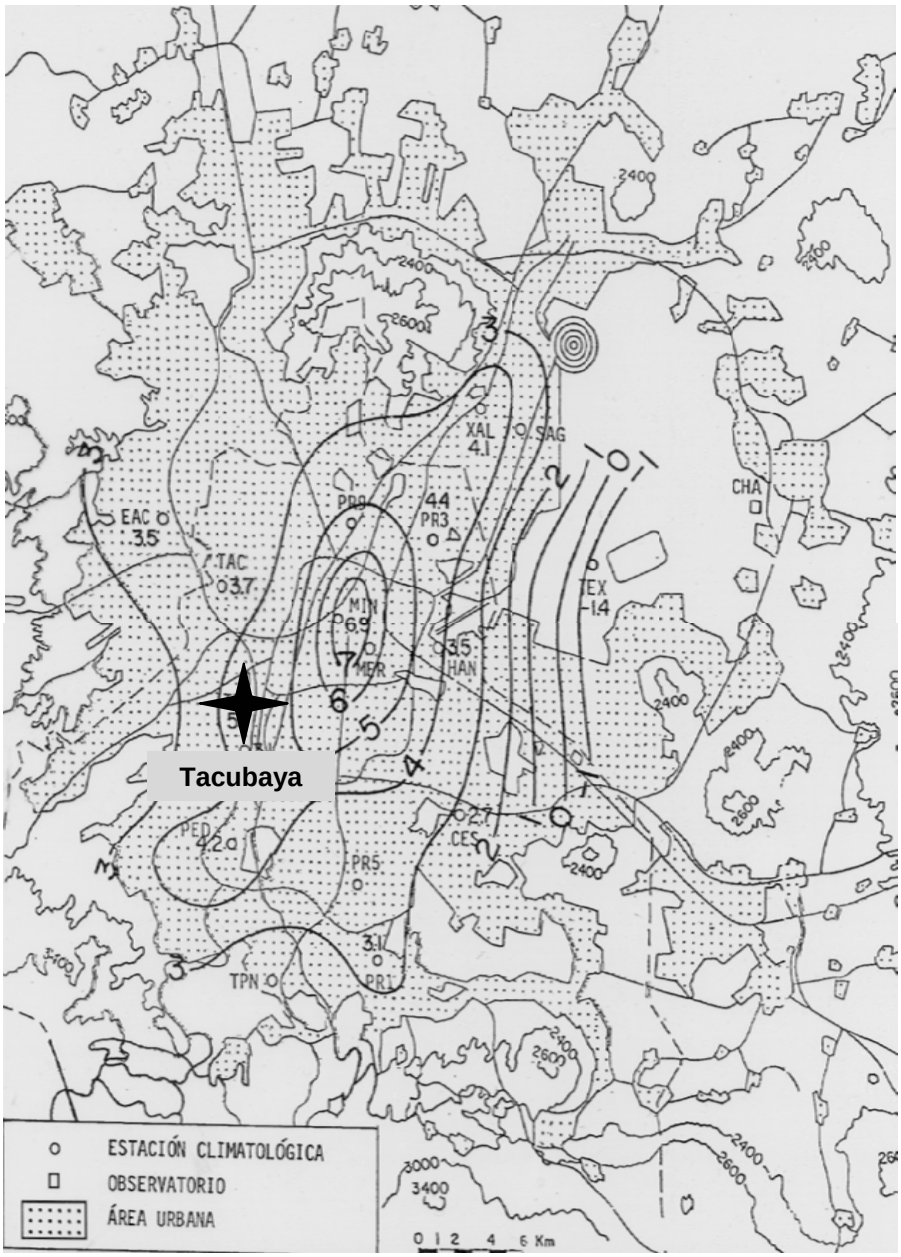


Fig. 3.1.2 Fenómeno “Isla de Calor” en la Ciudad de México

La presencia e intensidad de las islas de calor en las ciudades, es debido a que la gran densidad de estructuras, la diversidad de materiales de construcción, así como los colores y texturas de éstas, absorben gran cantidad de radiación solar (energía de onda corta), que se transforma en energía de onda larga y es irradiada posteriormente al medio. Junto a esta energía almacenada e irradiada por las estructuras urbanas, se debe sumar el calor producido

por el mismo fenómeno en el pavimento de las calles, el calor producido por la población, el parque vehicular y la infinidad de motores eléctricos existentes así como de otras fuentes eléctricas (planchas, lavadoras, refrigeradores, clima artificial, televisores, focos, estufas, secadoras, etc.).

Por otra parte debido a la misma densidad de estructuras de las ciudades, el viento que corre en superficie, en el caso específico de la ZMCM, por su situación en una cuenca cerrada, los vientos durante el día son del valle a la montaña y de manera inversa durante la noche, dichos vientos se ven obstaculizados para su libre circulación, generando fuertes turbulencias en donde se pierde gran cantidad de energía ocasionando que se vuelvan débiles o desaparezcan sobre las ciudades (Luyando, 1992) [8].

Debido a que en la cuenca donde se ubica la ZMCM existe una gran cantidad de industrias y un gran parque vehicular en mal estado, diariamente se inyecta una amplia gama de contaminantes en cantidades importantes a la atmósfera citadina. La combinación de estos factores altera considerablemente el comportamiento de los elementos climáticos, es muchos de los casos drásticamente:

La radiación solar (onda corta), cuando calienta la superficie de las diferentes estructuras al igual que las calles, éstas se convierten en almacenadores de calor que poco a poco irradian hacia todos los lados (onda larga), este calor lo mismo es irradiado hacia el espacio que hacia otras estructuras cercanas, las cuales vuelven a absorber energía y la vuelven a irradiar (figura 3.1.1), lo que provoca que la energía almacenada por todas las estructuras que componen la ciudad (edificios, casas, calles y banquetas), retarden el enfriamiento de la misma, provocando una mayor temperatura dentro de la ciudad que fuera de ella.

Debido a que en la ZMCM, las zonas de oficinas y negocios están en el centro de la ciudad, la mayor parte de los vehículos automotores, circulan gran parte del tiempo en esta área, generando calor (onda larga) y contaminantes de diversos tipos, a los que se les debe sumar,

los provocados en general por la combustión de energéticos fósiles. Muchos de estos contaminantes que permanecen en la atmósfera de la Ciudad, además de provocar malestares a la población en general, son capaces de menoscabar la salud de la misma, ya que absorben energía calorífica y la vuelven a emitir, por lo que la velocidad de enfriamiento (el tiempo en el que la ciudad tarda en perder energía calorífica), es menor que en las zonas rurales.

Por otra parte el viento que debería dispersar la energía calorífica acumulada en el centro de las ciudades y dispersar los contaminantes acumulados, al toparse con la topografía tan abrupta creada por las estructuras urbanas, provoca grandes turbulencias en donde se pierde esta energía y los vientos decrecen considerablemente en intensidad; aunado a esto, es necesario recordar que la ZMCM se localiza dentro de una cuenca cerrada y que los vientos dominantes acarrean la mayor parte del año esta contaminación hacia el SW de la Ciudad, en donde las altas montañas que delimitan la cuenca (Sierra del Ajusco y sierra de las Cruces), no permiten su desalojo durante el día; durante la noche, los vientos dominantes debido a la diferencia de temperaturas y por ende de presiones, corren de las montañas al valle (Luyando, 1992) [ibid], concentrando nuevamente los contaminantes sobre la ZMCM.

La presencia de altas concentraciones de contaminantes provoca también la existencia de núcleos higroscópicos, los cuales combinados con la alta humedad en el ambiente, en épocas de lluvias y zonas en donde el viento provoca una fuerte actividad convectiva, ocasiona la presencia de fuertes aguaceros en pequeñas áreas.

De todo lo anterior se puede concluir que aunque existen mapas climáticos de la ZMCM (Jáuregui 1971, Ruíz 1994, Espinoza 1994 [9], Cruz 1976, etc.), no es posible utilizarlos como única fuente para regionalizar la ZMCM de acuerdo a su disponibilidad de energía. Es necesario contar con mediciones del régimen radiacional tanto de onda larga como de onda corta, pues si bien es cierto que la clasificación climática ofrece la información del rango de temperaturas predominantes o más comunes en la zona y la cantidad de precipitación no basta, pues dependiendo de la zona, de la cantidad de contaminantes, la cercanía y el tipo de estructuras

(cristales, parques, fábricas, etc.), determinarán el régimen radiacional, la humedad, la variación de temperatura diaria y en general el nivel de confort.

CONDICIONES DE COMODIDAD PARA EL HUMANO EN LA CIUDAD DE MÉXICO.

El humano, al ser un animal de sangre caliente, está produciendo calor continuamente como reacción secundaria de sus procesos metabólicos, y necesita desprender dicho calor al medio que le rodea a una determinada rapidez que fija el metabolismo de la persona, para mantener una temperatura interior constante entre 36.5 y 37.5 °C, sin que tenga que desarrollar un esfuerzo importante, para que pueda efectuar un trabajo fisiológico en óptimas condiciones [10]. Con base en lo anterior, en el diseño de cualquier espacio arquitectónico, se deben generar condiciones interiores que mantengan, durante el horario de uso del edificio, ambientes que permitan al usuario estar disipando el calor que genere en función de la actividad que esté desarrollando.

Por otra parte, las condiciones de clima en el interior de un espacio arquitectónico en las que los usuarios se sientan cómodos, pueden variar dependiendo de una serie de factores como son: la edad de los usuarios, su estado de salud, su sexo, su aclimatación, su estado nervioso, su actividad física, etc., sin embargo, de acuerdo a la Asociación Americana de Ingenieros en Aire acondicionado y Calefacción (American Society of Heating Refrigerating and Air-conditioning Engineers) ASHRAE, el rango de temperaturas y humedad relativa en los que la mayoría de las personas que viven en la zona intertropical, y que están en condiciones de comodidad es de entre 22 y 28°C y 30 a 70% de humedad relativa. Este rango puede variar tomando en cuenta las características climáticas de la Ciudad de México, descritas anteriormente, ya que aunque está en una zona intertropical, debido a la altitud en la que está ubicada, la variación de la temperatura y humedad es muy diferente a la de la costa.

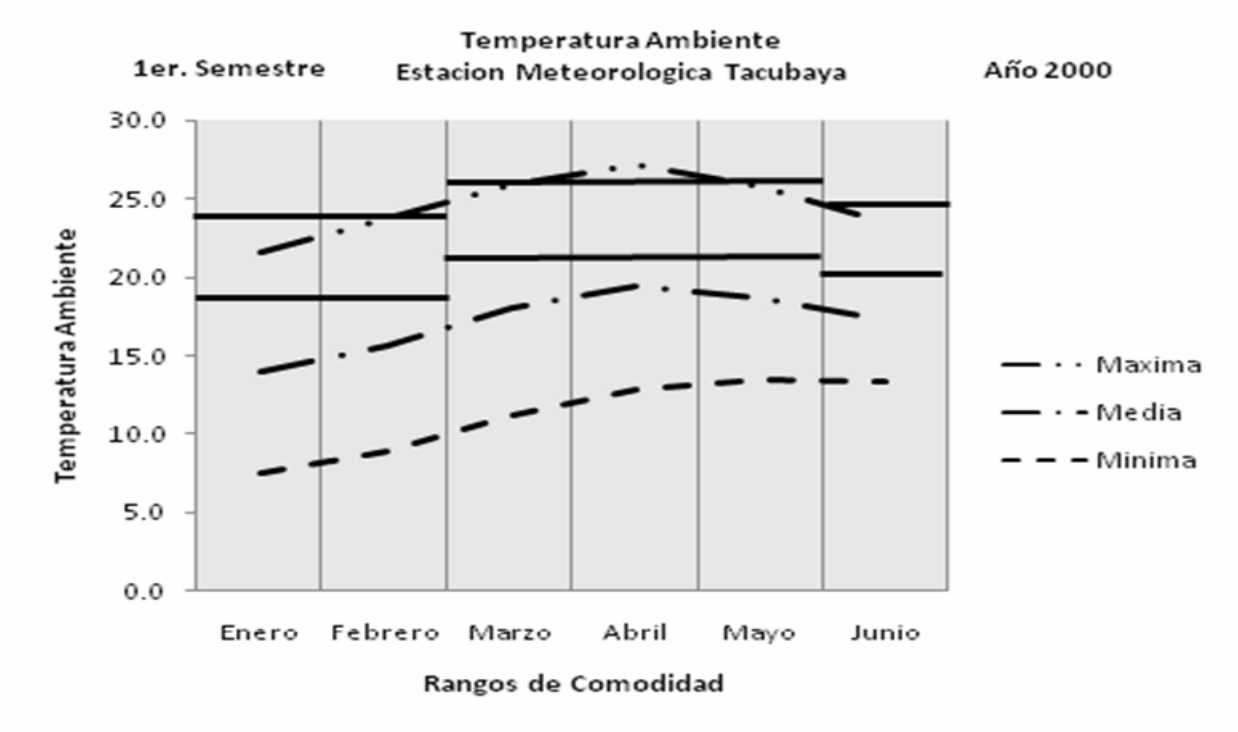
Con base en estas variaciones, el arquitecto Steve Szokolay [11], planteó una ecuación en la que a partir de la temperatura media del clima específico, establece el rango en el que la mayor parte de los habitantes de una determinada región, por la aclimatación a su ambiente de comodidad, dicha ecuación es la siguiente:

Tn = [17.6 + 0.31 Te] ± 2.5 °C

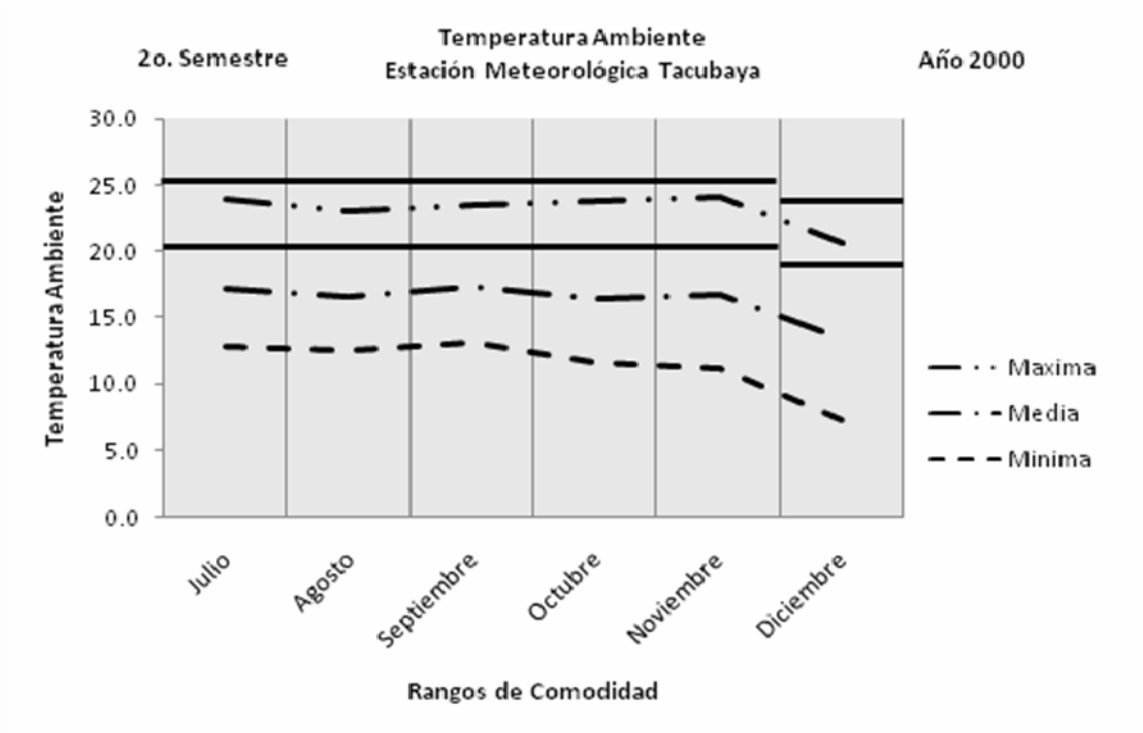
Donde: Tn es la temperatura de comodidad humana.

y Te es la temperatura promedio mensual.

Aplicando estas ecuaciones a las condiciones del clima de la Ciudad de México, el rango de temperaturas que resulta es de entre 19°C a 24°C de diciembre a febrero, de 20°C a 26°C de marzo a mayo, de 20°C a 25°C de junio a agosto y de 20°C a 25°C de septiembre a noviembre; estos rangos se indican en las gráficas 3.2.1 y 3.2.2 en las que se muestra la variación de las temperaturas máximas, medias y mínimas a lo largo del año, de tal manera que se pueden observar las épocas del año en las que se tienen temperaturas por arriba o debajo de la zona de seguridad. En esta gráfica se puede observar que la mayor parte del año se tienen temperaturas dentro del rango de comodidad, y solamente en un pequeño periodo, de fines del invierno a principios de primavera, se tienen pocos días en los que las temperaturas están por fuera de la comodidad en el rango superior, y durante todo el año en la noche y la madrugada se tienen temperaturas por debajo de la comodidad.

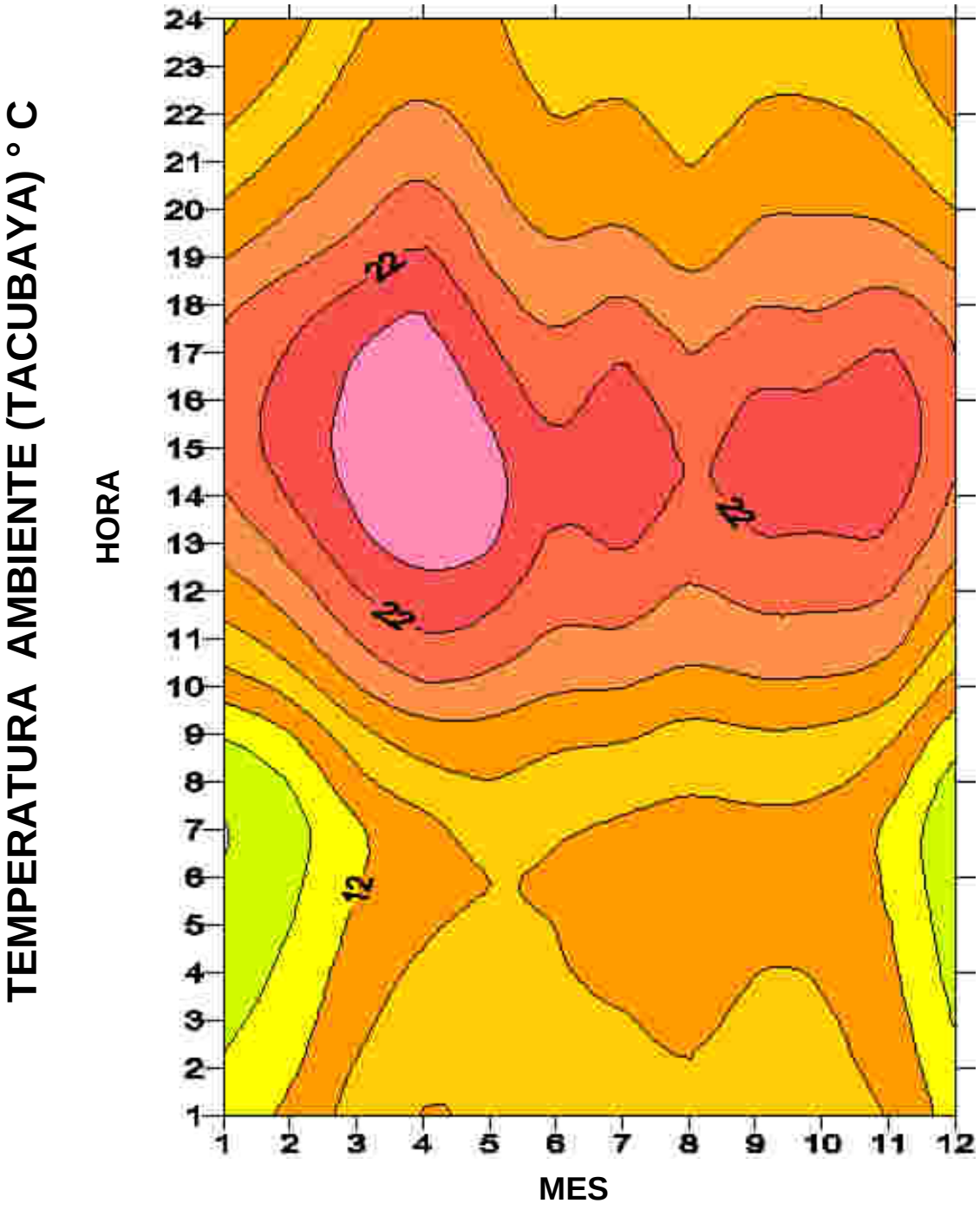


Gráfica. 3.2.1

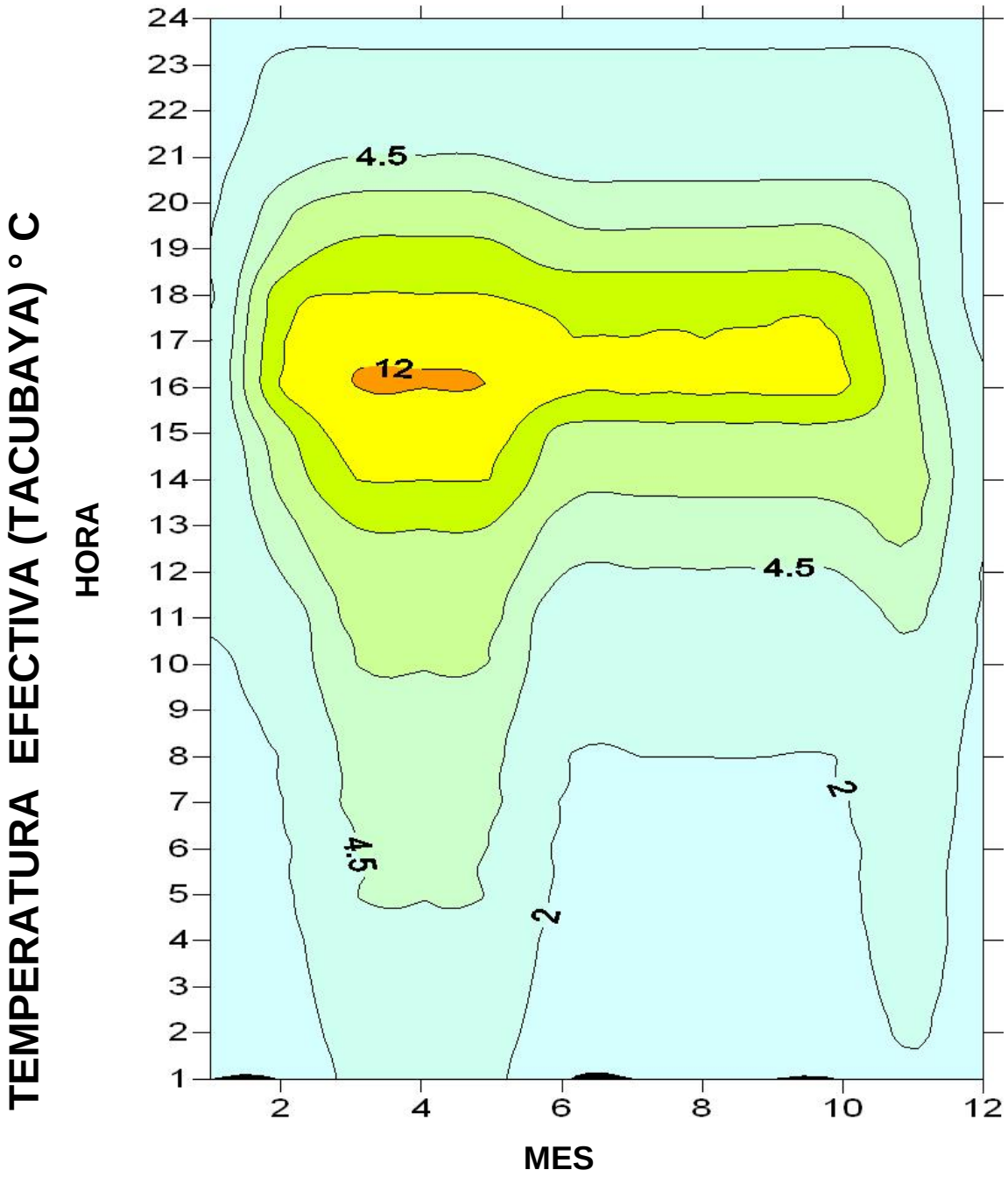


Gráfica. 3.2.2

Las horas en las que se presentan estas condiciones fuera de comodidad se observan en la gráfica 3.2.3 con esta gráfica se puede observar de manera horaria la situación de una de las variables climáticas y se puede empezar a establecer a partir de esto la estrategia de diseño térmico adecuada, de acuerdo a las actividades de los usuarios y a los requerimientos y condiciones específicas de la edificación. Una de las estrategias de diseño térmico que se puede establecer en la época cálida, es la de ventilación natural cuando la temperatura exterior sea menor que la interior, con lo cual se puede disminuir la temperatura interior, la sensación provocada se le denomina temperatura efectiva cuyos valores se observan en la gráfica 3.2.4.


TEMPERATURA AMBIENTE (TACUBAYA) ° C
HORA
MES
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
22
22
22
12

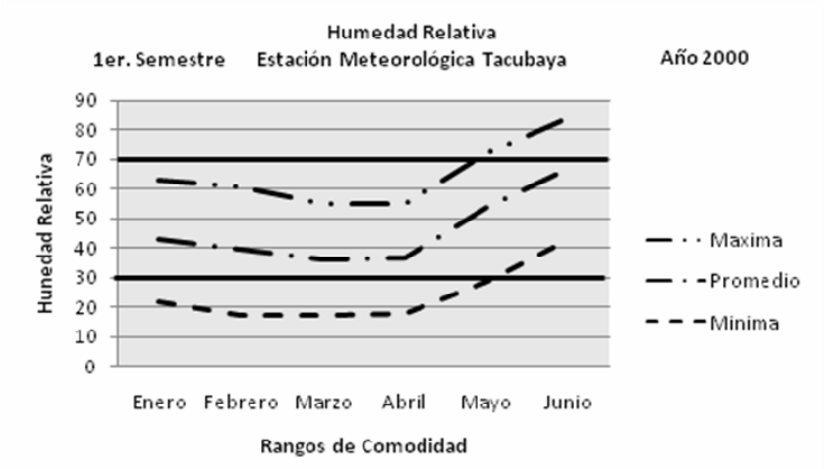
GRAFICA. 3.2.3



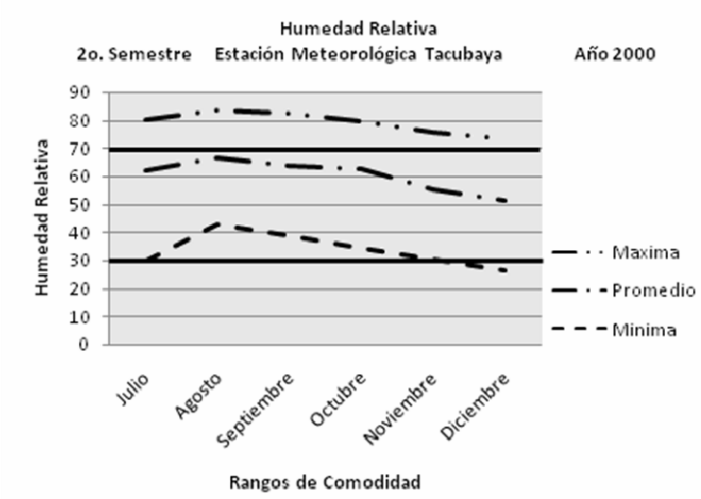
GRAFICA. 3.2.4

Por otra parte se observan las gráficas 3.2.5 y 3.2.6 la variación de la humedad relativa (HR), a lo largo del año en la Ciudad de México, donde se ha delimitado la zona de comodidad entre 30 y 70% de HR, para este caso también se presentan datos horarios en la gráfica 3.2.7. En la

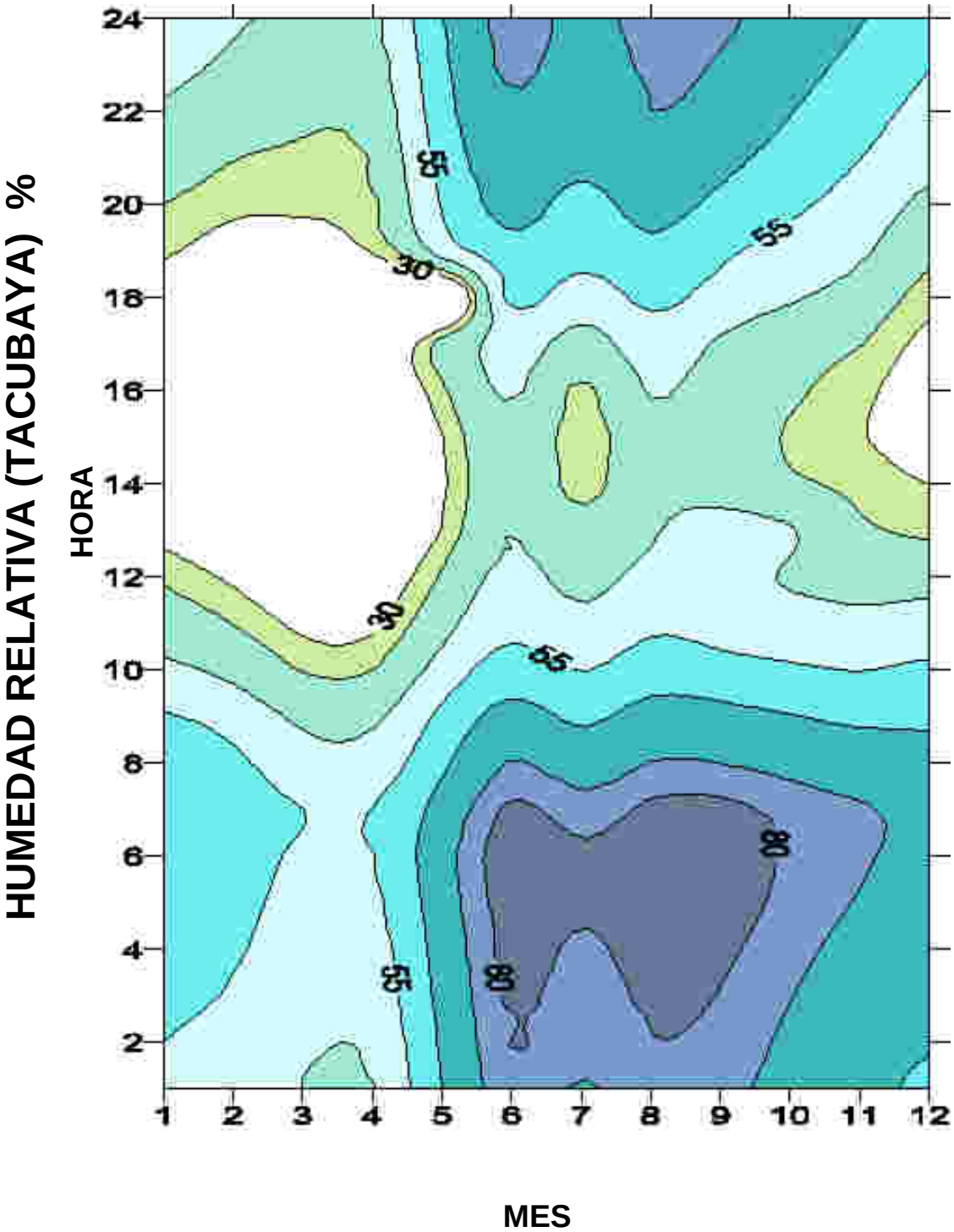
gráfica 3.2.8 se presenta la variación de la radiación solar global horaria, y en la gráfica 3.2.9 se observan los vientos dominantes para días tipo para cada mes del año, todos estos son datos del observatorio de radiación del Instituto de Geofísica de la UNAM, los cuales nos proporcionan las características del ambiente exterior de manera detallada.



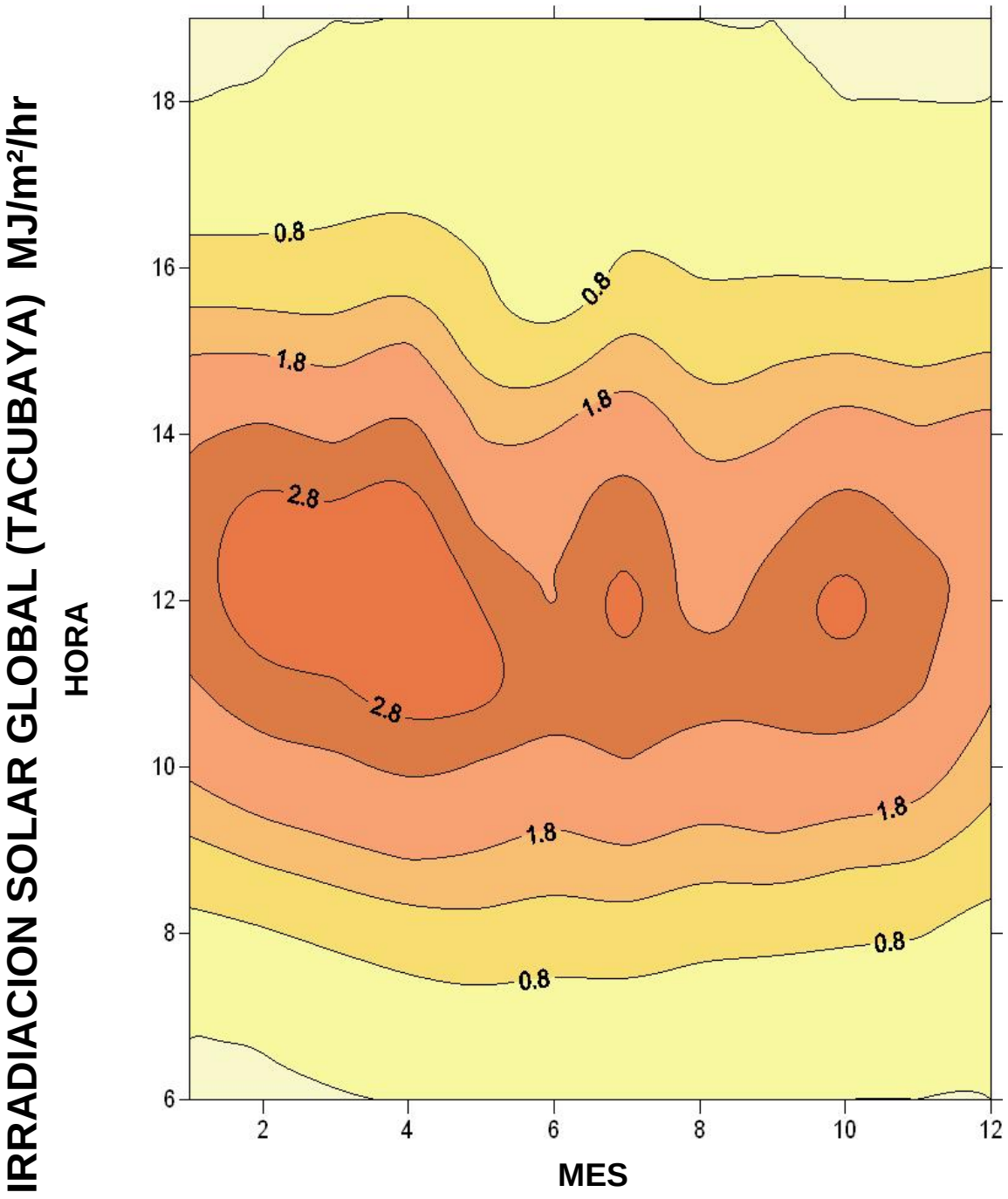
Gráfica. 3.2.5



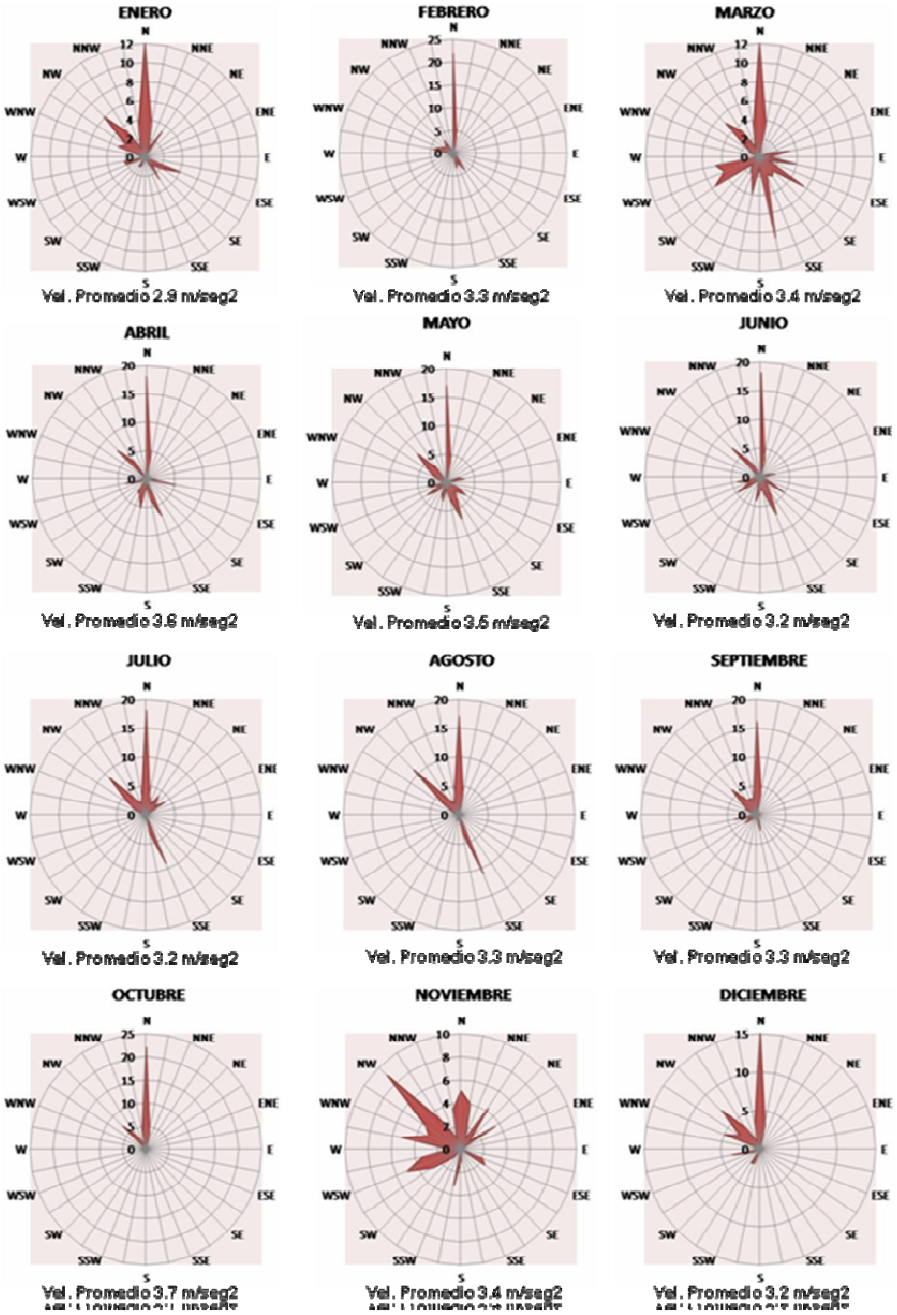
Gráfica. 3.2.6


HUMEDAD RELATIVA (TACUBAYA) %
HORA
MES
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
30
55
80

GRAFICA. 3.2.7


IRRADIACION SOLAR GLOBAL (TACUBAYA) MJ/m²/hr
HORA
MES
18
16
14
12
10
8
6
2
4
6
8
10
12
0.8
1.8
2.8

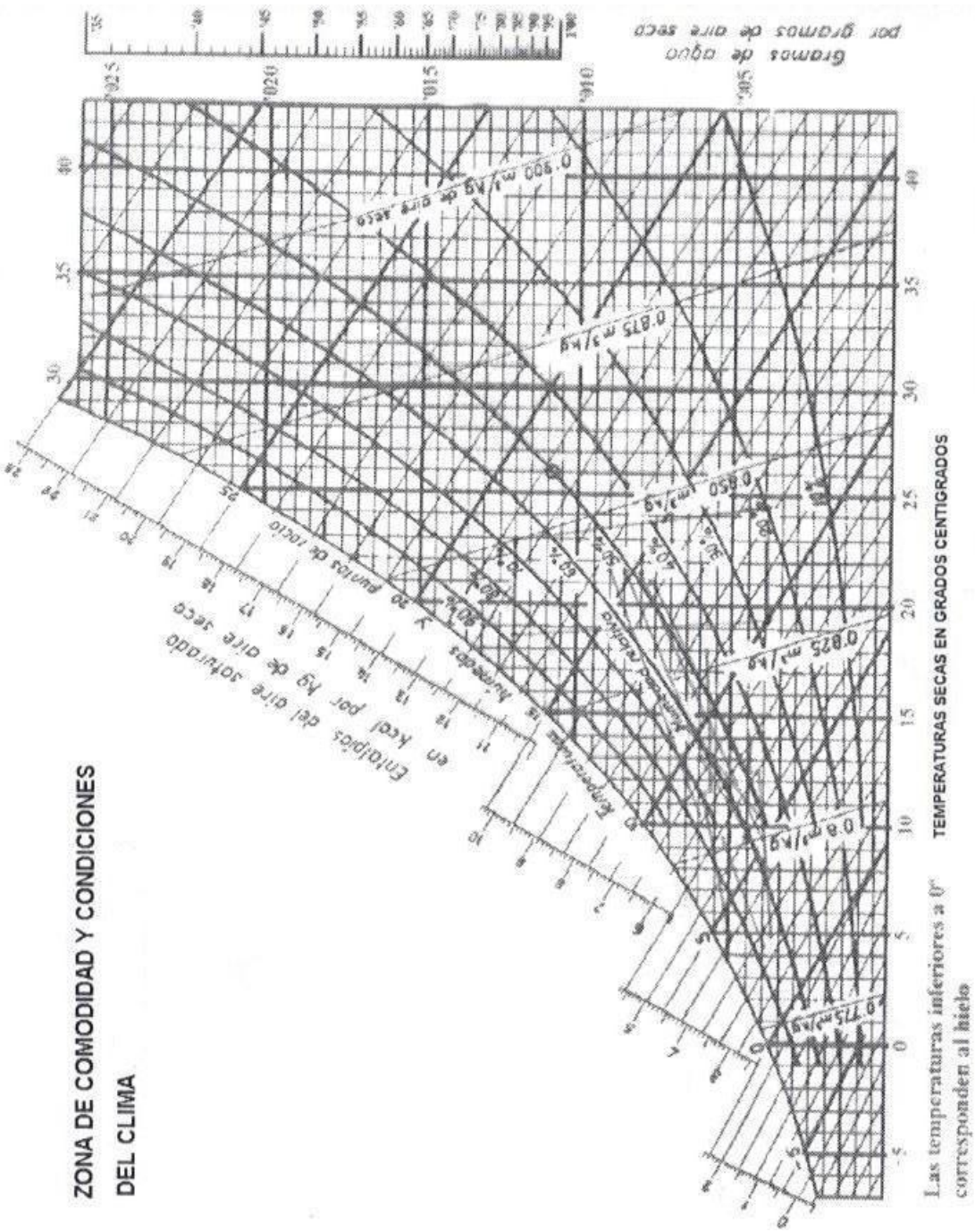
GRAFICA. 3.2.8



Vientos dominantes en la zona de Tacubaya

GRAFICA 3.2.9

Con esta información y utilizando el diagrama psicométrico para la Ciudad de México, (gráfica 3.2.10), se tienen definidos por una parte, los parámetros climáticos dentro de los cuales se tienen condiciones de comodidad en la Ciudad de México, y por otra parte se tienen ubicadas las condiciones del clima en cuanto a temperatura y humedad a lo largo del año, con lo cual se planteará la estrategia de diseño térmico adecuada para el edificio que se escogió como prototipo.



Gráfica. 3.2.10

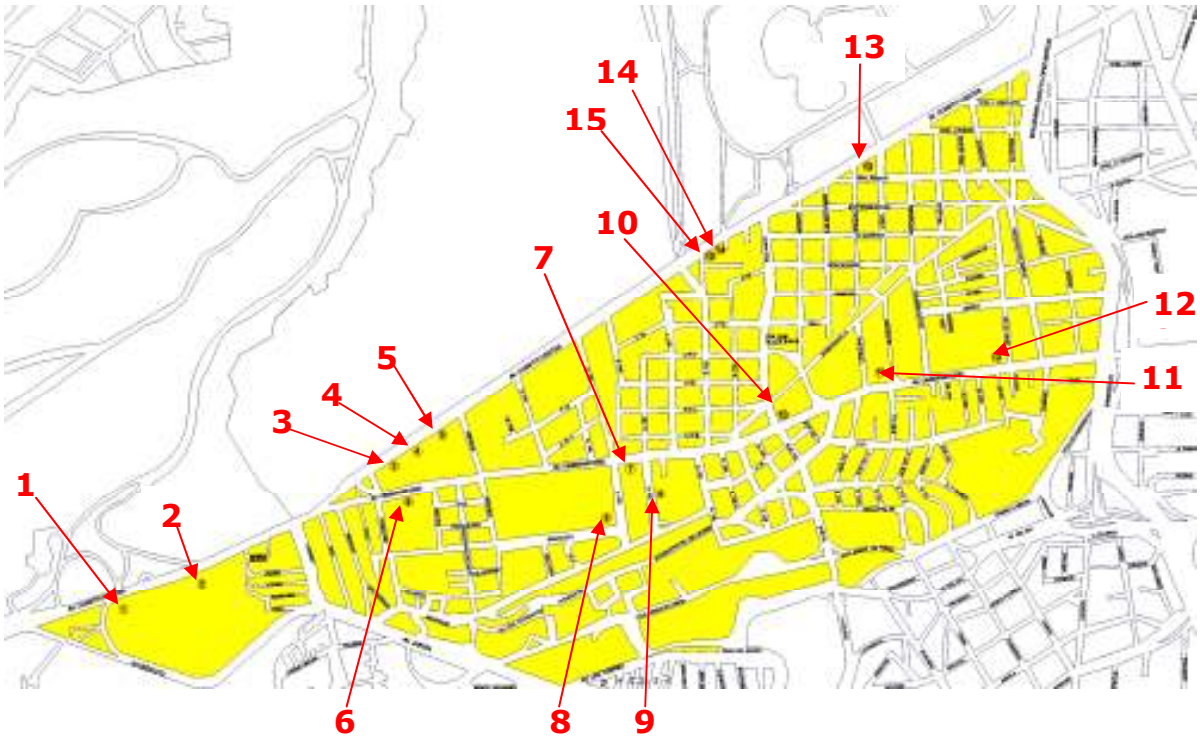
OBTENCIÓN DE DATOS CLIMÁTICOS, Y ESTACIONES METEOROLÓGICAS.

Como se mencionó con anterioridad, la necesidad de conocer las condiciones climáticas de la zona de estudio es fundamental, así que se relacionaron las Estaciones Meteorológicas y observatorios de la ZMCM, que toman registros de los parámetros climáticos, tales como: (temperatura, humedad relativa, dirección y velocidad del viento, radiación solar, insolación, precipitación pluvial y contaminantes), obteniendo la información de diferentes organismos o dependencias gubernamentales como son: el Departamento de Distrito Federal, Comisión Nacional del Agua, Secretaría de la Defensa Nacional, el Servicio Meteorológico Nacional y de educación tal es el caso de la Universidad Nacional Autónoma de México. El polígono dentro del cual quedaron inscritas dichas estaciones y observatorios está entre las coordenadas 19° 06´ 30´´ y 19° 46´ 45´´ de latitud norte y 98° 49´ 30´´ y 99° 22´ 30´´ de longitud oeste.

Dentro de ese polígono se registran 163 estaciones, donde del número total de estaciones instaladas, 21 de estas tienen suspendidos los registros por diferentes motivos y solamente el Observatorio del Instituto de Geofísica de la UNAM, toma datos completos de manera ininterrumpida desde 1959, en los casos del Aeropuerto Internacional y del Servicio Meteorológico Nacional, el único parámetro no medido son los contaminantes, teniendo un registro continuo desde 1967, las estaciones del Palacio de Minería y la de Texcoco, controladas por el Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM, están instaladas a partir de 1994 y registran únicamente las variables básicas, comentadas en este documento, necesarias para el cálculo de los sistemas de aprovechamiento de la energía solar en edificios.

3. PLANTEAMIENTO INVESTIGATIVO

3.1 EDIFICIOS PROPUESTOS



PLANO ZONA TACUBAYA

EDIFICIOS NO RESIDENCIALES CON ALTO CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA

1.- S.H.C.F.
2.- CECYT #4
3.- AV. CONSTITUYENTES # 653
4.- AV. CONSTITUYENTES # 647
5.- AV. CONSTITUYENTES # 643
6.- PLAZA OBSERVATORIO
7.- HOSPITAL ABC
8.- COLEGIO AMERICANO
9.- TORRE MEDICA
10.- EL SURTIDOR
11.- ISSSTE
12.- PREPARATORIA # 4
13.- AV. CONSTITUYENTES # 345
14.- AV. CONSTITUYENTES # 567
15.- AV. CONSTITUYENTES # 391

Edificios Propuestos	Ubicación
Cecyt No. 4	Av. Constituyentes No. 813
Edificio de Oficinas	Av. Constituyentes No. 653
Edificio de Oficinas	Av. Constituyentes No. 647
Edificio de Oficinas	Av. Constituyentes No. 643
Plaza Comercial Observatorio	Av. Observatorio No. 457
Hospital ABC	Calle Sur 136 No. 116
Colegio Americano	Calle Sur 136 No. 135
Torre Medica	Calle Sur 132 No. 108
Ferretera El Surtidor	Av. Observatorio No. 260
Clínica ISSSTE	Av. Observatorio No. 222
Escuela Nacional Preparatoria No. 4	Av. Observatorio No. 170
Edificio de Oficinas	Av. Constituyentes No. 345
Edificio de Oficinas	Av. Constituyentes No. 567
Edificio de Oficinas	Av. Constituyentes No. 391
Edificio de la S.H.C.P	**Av. Constituyentes 1001**

CECYT No. 4

AV. CONSTITUYENTES No. 653

AV. CONSTITUYENTES No. 647

AV. CONSTITUYENTES No. 643

PLAZA OBSERVATORIO

HOSPITAL ABC

COLEGIO AMERICANO

TORRE MÉDICA

EDIFICIO EL SURTIDOR

EDIFICIO ISSSTE

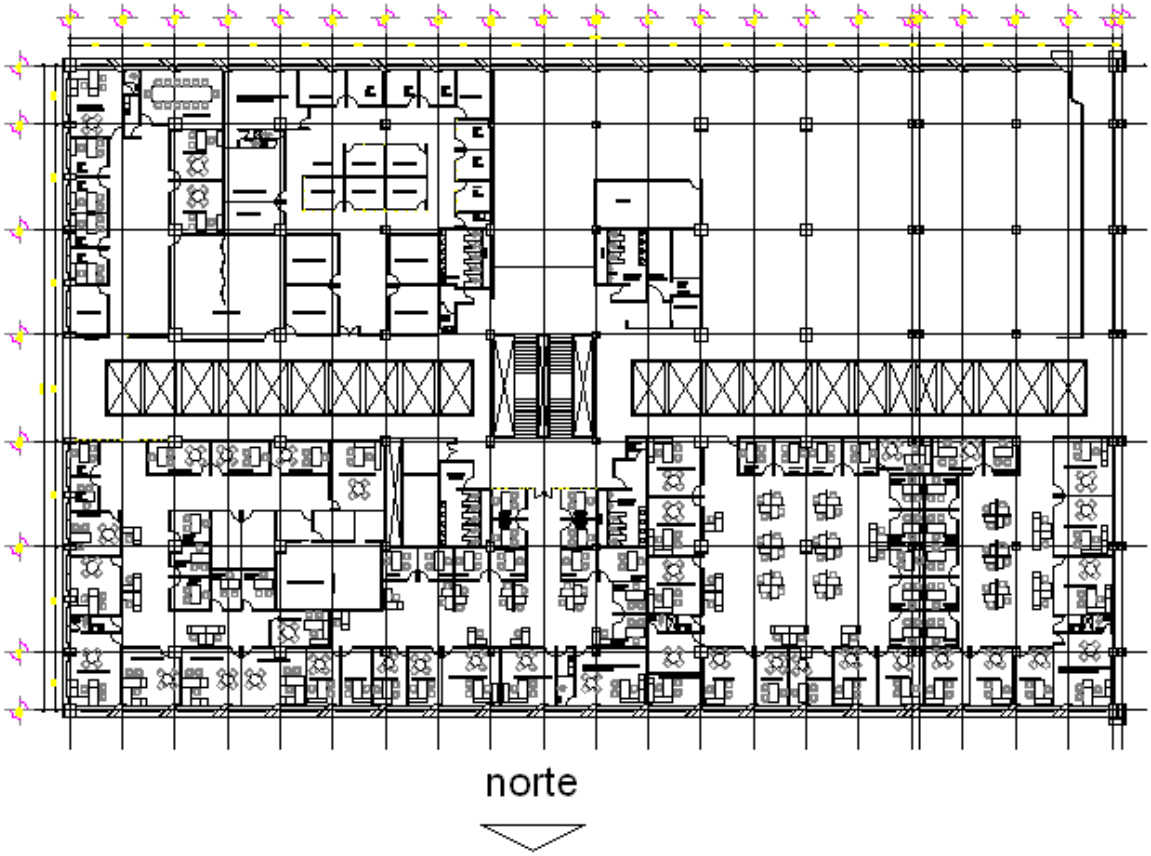
PREPARATORIA No. 4

AV. CONSTITUYENTES No. 345

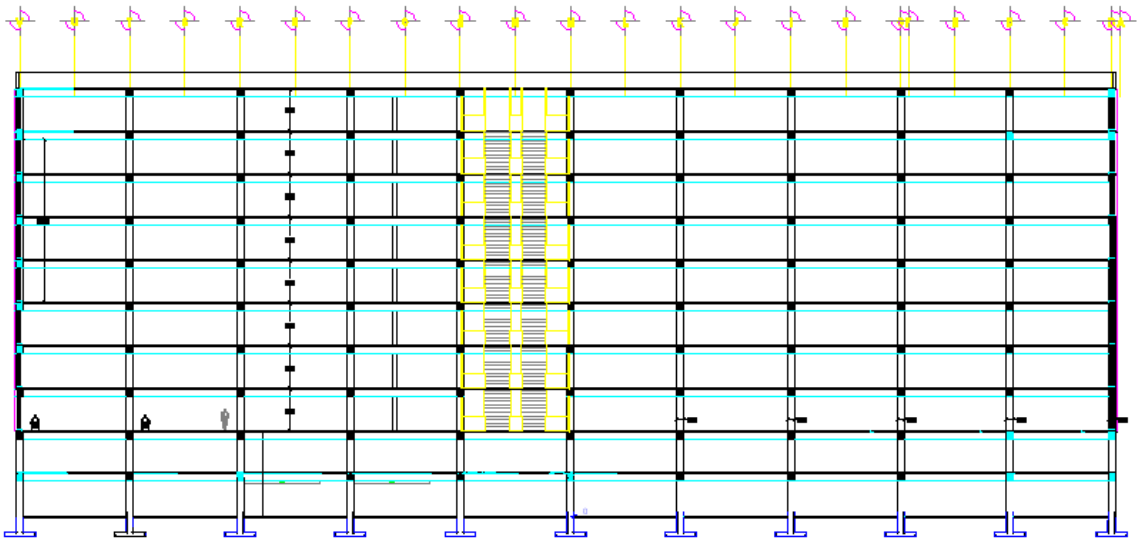
AV. CONSTITUYENTES No. 561

AV. CONSTITUYENTES No. 391

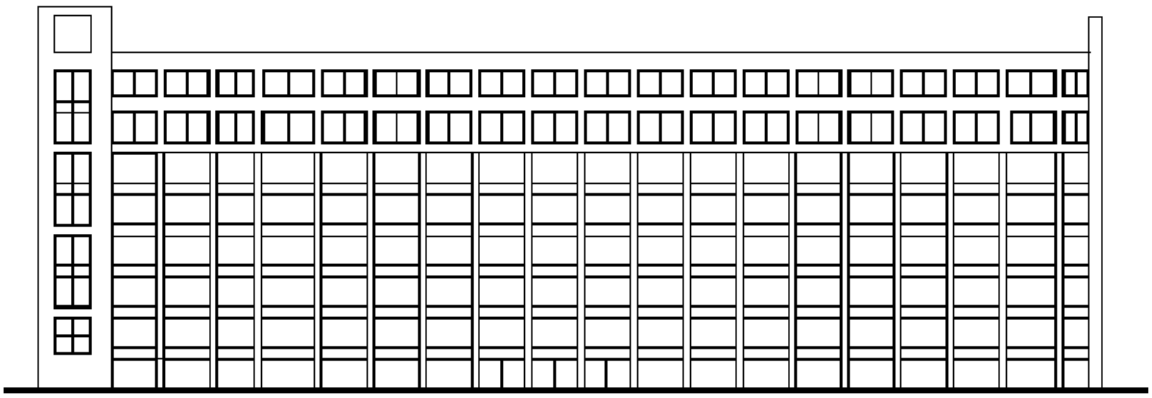
EDIFICIO S.H.C.P. SELECCIONADO



Planta Arquitectónica Tipo

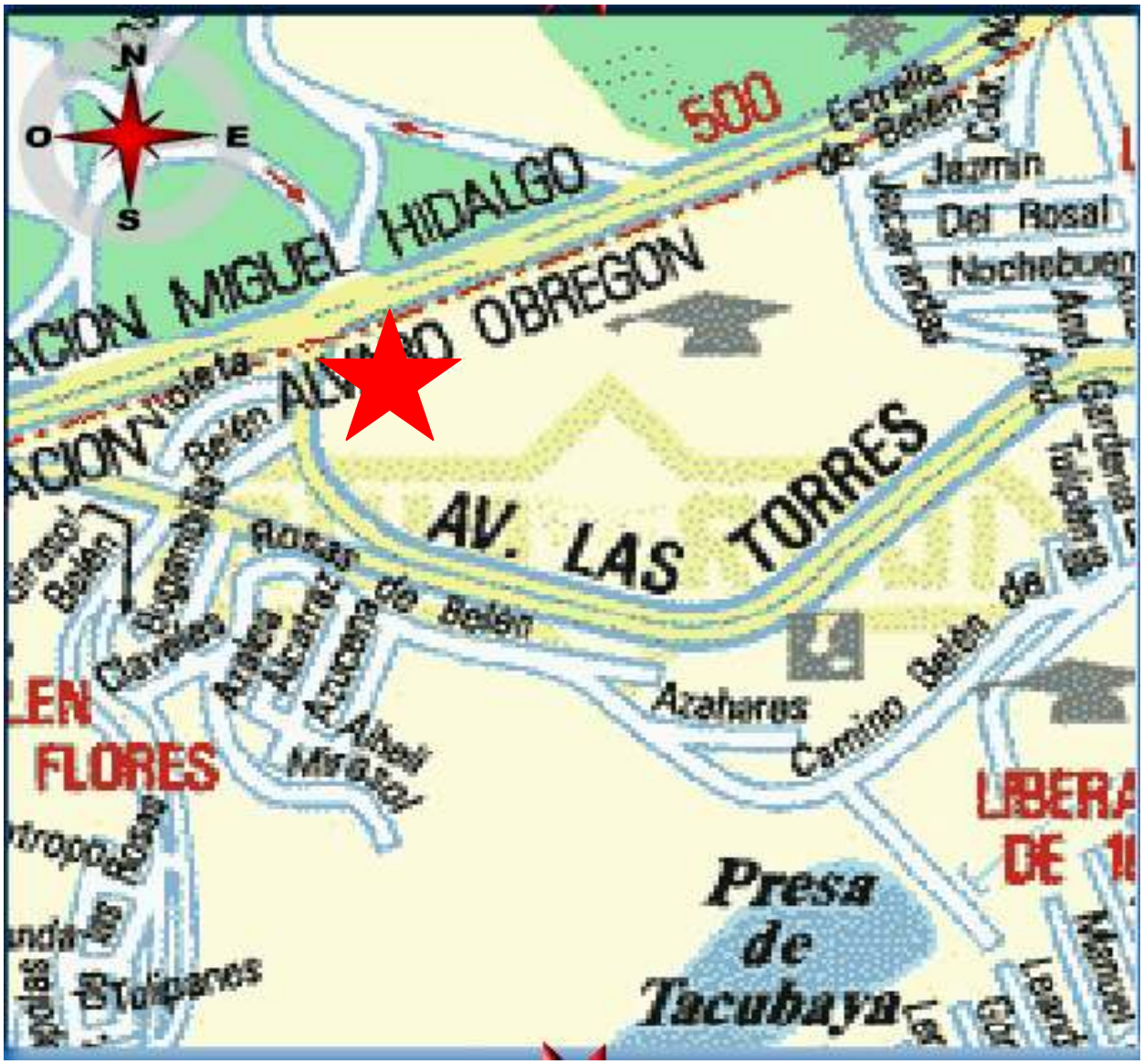


Corte Esquemático Edificio Seleccionado



Fachada Edificio Seleccionado

UBICACIÓN DE EDIFICIO SELECCIONADO



Croquis de Localizacion del Inmueble a analizar

3.2 Análisis del Edificio propuesto con programa TRNSYS

EDIFICIO HACIENDA CONSTITUYENTES 1001
MEXICO DF

DATOS GENERALES		hora puesta sol		COORDENADAS DEL SOL	
LATITUD:	19º 36' LN	12:00		X=	-0,013
LONGITUD:	98º 57' LO	85º 22'	altura	Y=	0,079
ALTITUD:	2240 m.s.n.n	80º 38'	azimut	Z=	0,997
DIA DE DISEÑO:	21 DE MAYO DE 2000				
HORA:	12:00 hrs				
TEMPERATURA AMBIENTE:	21,9 ºC			295,05 ºK	
TEMPERATURA INTERIOR:	21,18 ºC			294,33 ºK	
RADIACION SOLAR	757 W/m2			ANG. DE RAD=	
HUMEDAD RELATIVA:	44 %				
VELOCIDAD DEL VIENTO:	2,5 m/s				km/hr
DIRECCION DEL VIENTO:	NW				

DATOS DE MATERIALES DEL EDIFICIO

MATERIAL	ESPESOR	CONDUCTI\ TERMICA W	CALOR ESPE KJ/KGºC	DENSIDAD Kg/m2	VOLUMEN m3
MURO					
Columna de concreto	0,6	0,54	0,84		
Muro de tablaroca	0,1	0,24			
Concreto	0,12	0,54	0,84		
Columna de concreto	0,5	0,54	0,84		
Recubrimiento exterior	0,02	0,01			
TECHO					
Losa de concreto	0,15	0,54	0,84		
Mortero exterior cemento-arena	0,025	1,4	0,89	2100	
Enladrillado	0,02	0,581			
Impermeabilizante Fester	0,001	0,6			
VENTANA					
Vidrio claro 6mm	0,006	0,72	0,9	2500	

AREAS DE MATERIALES		
AREA DE MURO NORTE	430	m2
AREA DE MURO PONIENTE	54	m2
AREA DE MURO ORIENTE	54	m2
AREA DE MURO SUR	430	m2
AREA DE MUROS	**968**	**m2**
AREA DE VENTANA NORTE	654	m2
AREA DE VENTANA PONIENTE	754,5	m2
AREA DE VENTANA ORIENTE	754,5	m2
AREA DE VENTANA SUR	654	m2
AREA DE VENTANAS	**2817**	**m2**
AREA LIBRE DE ABERTURA		
A=	88,2	m2

AREA DE TECHO: 4958,24 m2

VOLUMEN DEL CUARTO=	74373,7 m3		W=0.622*e/p-0.378*e*1000	
HUMEDAD ESPECIFICA DEL AMBIENTE=				
we=	0,008		we=	9,4
HUMEDAD ESPECIFICA DEL INTERIOR=			e=	11,6
wi=	0,008		p=	775,78
ABSORTANCIA œ MUROS Y TE	0,65 %			
EMITANCIA DE MURO Y TECH(	0,85 %			
ABSORTANCIA œ VIDRIO =	0,25 %			
EMITANCIA DE VIDRIO=	0,9 %			
TRASMITANCIA VIDRIO=	0,8 %			
CONSTANTE DE STEFAN-BOLT	5,669E-08			
COEFICIENTE DE CONVECCION DEL AIRE EXTERIOR				
he=	34,06 W/m2ºC	ELEMENTOS VERTICALES		
COEFICIENTE DE CONVECCION DEL AIRE EXTERIOR				
he=	17,03 W/m2ºC	ELEMENTOS HORIZONTALES		
COEFICIENTE DE CONVECCION DEL AIRE INTERIOR				
hi=	9,36 W/m2ºC			
COEFICIENTE PARA VIDRIO				
hi+A277=	9,08 W/m2ºC			
		sistema escuc		0 W/m2ºC

Coeficiente global de transmision de calor (U)

MURO

Coeficiente de conveccion del vie	34,06
espesor del material (e1)	0,6
Coeficiente de capacidad termica	0,54
espesor del material (e2)	0,1
Coeficiente de capacidad termica	0,24
espesor del material (e3)	0,12
Coeficiente de capacidad termica	0,54
espesor del material (e4)	0,02
Coeficiente de capacidad termica	0,01

Coeficiente de conveccion del aire interior en el espesor del muro ASRHAE

Aire interior (h1) 5 conseguir dato

U muro= 0,25

VENTANA

Coeficiente de conveccion del vie 34,06

espesor del material (e)	0,006	
Coeficiente de capacidad termica	0,72	

Coeficiente de conveccion aire interior en el espesor del muro ASRHAE

Aire interior (h1)	5	conseguir dato

U Ventana=	**4,21**

TECHO 0º

Coeficiente de conveccion del vie	17,03
espesor del material (e1)	0,15
Coeficiente de capacidad termica	0,54
espesor del material (e2)	0,025
Coeficiente de capacidad termica	1,4
espesor del material (e3)	0,02
Coeficiente de capacidad termica	0,581
espesor del material (e4)	0,001
Coeficiente de capacidad termica	0,6

coeficiente de conveccion aire interior en el espesor del muro ASRHAE

Aire interior (h1)	5	conseguir dato

U Techo 0º=	**1,69**

Hw=(32.7+13.7*w)/3.6

Hw=	**18,60**	
w=	2,5	m/s

Coeficiente de radiacion

hir= 4*œ*ET³

hir TECHO 0º=	**0**	
CONSTANTE DE STEFAN-BOLT	5,669E-08	
E=	0,00	
T 0º=	316,23	**316,23**
hir VENTANA=	**6,45383952**	
CONSTANTE DE STEFAN-BOLT	5,669E-08	
E=	0,9	
T VENTANA=	316,23	
hir MURO=	**6,09529288**	
CONSTANTE DE STEFAN-BOLT	5,669E-08	
E=	0,85	
T MURO=	316,23	

Ho=Hw+Hir		
Ho TECHO 0º=	18,60	
Hw=	18,60	
Hir=	0	
Ho VENTANA=	25,05	
Hw=	18,60	
Hir=	6,45383952	
Ho MURO=	24,69	
Hw=	18,60	
Hir=	6,09529288	
temperatura ambiente		
tamb	295,05	ºK
tsky= tamb*1.5*.0552		
tsky	5068,08	
tsky	279,76	ºK
temperatura interior		
temp(int)=	294,33	ºK

DR=œ{((1+COS(SLP))/2)*(Tsy4-Tamb4)

Calculo para sacar Coeficiente Dr		
Constante de Stefan-Boltzman		
œ	5,669E-08	
cos0º=	1	
Tsky1=	6125337526	
Tamb4=	7578486406	
Dr=	**-82,38**	W/hr.m2

CALCULO DE TEMPERATURA SOL / AIRE
Ts/a= Tamb+((œ*Ht)/ho)+((E*Dr)/ho)

TECHO 0º		
Temperatura ambiente		
Tamb	295,05	ºK
Radiacion solar que incide sobre la envolvente		
Ht	757	w/m2
Absortancia		
œ	0,65	
Coeficiente combinado de conveccion		
ho	18,60	
Emitancia		
E	0,85	
Factor fr R es = 0 en elementos verticales		
DR	-82,38	

ts/a Techo 0º= 325,27 ºK

Ventana Oriente

Radiacion solar que incide sobre la envolvente		
T amb	295,05	ºK
Radiacion solar que incide sobre la envolvente		
Ht	0	w/m2
Coeficiente combinado de conveccion		
ho	18,60	
Factor fr R es = 0 en elemento verticales		
DR	0	
Absortancia	0,25	%
ts/a ventana=	295,05	ºK

Ventana Norte

Radiacion solar que incide sobre la envolvente		
T amb	295,05	ºK
Radiacion solar que incide sobre la envolvente		
Ht	0	w/m2
Coeficiente combinado de conveccion		
ho	18,60	
Factor fr R es = 0 en elemento verticales		
DR	0	
Absortancia	0,25	%
ts/a ventana=	295,05	ºK

Muro Oriente

Radiacion solar que incide sobre la envolvente		
T amb	295,05	ºK
Radiacion solar que incide sobre la envolvente		
Ht	0	w/m2
Absortancia		
œ	0,65	checar dato
Coeficiente combinado de conveccion		
ho	24,69	
Emitancia		
E	0,85	
Factor fr R es = 0 en elemento verticales		
DR	0	
ts/a muro=	295,05	

Muro Norte

Radiacion solar que incide sobre la envolvente		
T amb	295,05	ºK
Radiacion solar que incide sobre la envolvente		
Ht	0	w/m2
Absortancia		
œ	0,65	checar dato
Coeficiente combinado de conveccion		
ho	24,69	
Emitancia		
E	0,85	
Factor fr R es = 0 en elemento verticales		
DR	0	
ts/a muro=	295,05	

GANANCIA DE CALOR A TRAVES DE PAREDES, TECHOS Y VENTANAS POR CONDUCCION

QCOND=U*A(TS/A-T INT)

MURO NORTE

U=	0,25	w/m2ºK
A=	430	m2

MURO ORIENTE

U=	0,25	w/m2ºK
A=	54	m2

TS/A=		295,05	TS/A=	295,05
T (INT)=		294,33	T (INT)=	294,33
	QCOND=	**77,80**	**QCOND=**	**9,77**

MURO SUR			**MURO PONIENTE**	
U=		0,25 w/m2ºK	U=	0,25 w/m2ºK
A=		430 m2	A=	54 m2
TS/A=		295,05	TS/A=	295,05
T (INT)=		294,33	T (INT)=	294,33
	QCOND=	**77,80**	**QCOND=**	**9,77**

VENTANA NORTE			**VENTANA PONIENTE**	
U=		4,21 w/m2ºK	U=	4,21 w/m2ºK
A=		654 m2	A=	754,5 m2
TS/A=		295,05	TS/A=	295,05
T (INT)=		294,33	T (INT)=	294,33
	QCOND=	**1981,04**	**QCOND=**	**2285,47**

VENTANA SUR			**VENTANA ORIENTE**	
U=		4,21 w/m2ºK	U=	4,21 w/m2ºK
A=		654 m2	A=	754,5 m2
TS/A=		295,05	TS/A=	295,05
T (INT)=		294,33	T (INT)=	294,33
	QCOND=	**1981,04**	**QCOND=**	**2285,47**

TECHO 0º		
U 0=		1,69
A=		4958,24
TS/A=		325,27
T (INT)=		294,33
	QCOND 0º=	**259846,49**

CALCULO DEL FLUJO DE CALOR POR RADIACION SOLAR DIRECTA

QSHG=Av*Fc*Ht

Area de ventana	NORTE	SUR	ORIENTE	PONIENTE
Av=	654	654	754,5	754,5
TRASMITANCIA se obtiene de tablas de ASHRAE				
Fc=	0,8	0,8	0,8	0,8

Ganancia solar en watts por m2 (se obtiene por el programa RADIAC)

Ht= 0 w/m2

QSHG=	0	0	0	0

CALCULO DE FLUJO CALOR POR INFILTRACION

INFILTRACION SENSIBLE

QINFs= 0.278*CAMB*VOL*þ*Cpa.*(tamb-tint)

Constante=	0,278	
Cambio de aire=	1	
VOL=	74373,7	m3
þ=	1,18	Kg/m3
Cpa=	1,0065	KJ/kg
tamb=	295,05	ºK
tint=	294,33	ºK
QINFS=	**17680,4155**	**w**

INFILTRACION LATENTE

QINFL=0.278*CAMB*VOL*þ*HWP*(WE-WI)

Constante=	0,278	
Cambio de aire=	1	
VOL=	74373,7	m3
þ=	1,18	Kg/m3
Hwp=	2465	KJ/kgºC
we=	0,008	
wi=	0,008	
QINFL=	**0**	**w**

CALCULO DE FLUJO DE CALOR POR VENTILACION

VENTILACION SENSIBLE

QVENTS=0.278*þ*CPA*G*(TAMB-TINT)

Constante=	0,278	
þ=	1,18	Kg/m3
Cpa=	1,0065	KJ/kg
Hwp=	2465	KJ/kgºC
tamb=	295,05	ºK
tint=	294,33	ºK
G=Cv*A*V		
EFECTIVIDAD DE LA ABERTUR	0,55	
AREA LIBRE DE ABERTURA	88,2	m2
VELOCIDAD DEL VIENTO (V)	2,5	m/seg
G=	436590	
QVENTS=	**103787,933**	**w**

VENTILACION SENSIBLE

QVENTL=0.278*ρ*HWP*G*(we-wi)

Constante=	0.278
ρ=	1.18
Hwp=	2465
we=	0.008
wi=	0.008
G=	436590
QVENTL=	**0 w**

CALCULO DE GANANCIA DE CALOR POR OCUPANTES

GANANCIA DE CALOR SENSIBLE

QMETS=	**116025 w**
CARGA	55 w
OCUPANTES	1785 PERSONAS

GANANCIA DE CALOR LATENTE

QMETL=	**98175 w**
CARGA	55 w
OCUPANTES	1785 PERSONAS

CALCULO DE GANANCIA DE CALOR POR EQUIPO ELECTRICO

7810 LAMPARAS FLUORESCEN	32 w	249920	Impresoras	40
502 LAMPARAS FLUORESCENT	13 w	6526	PC's	1100
445 LAMPARAS FLUORESCENT	59 w	26255	Horno de Micr	1500
223 LAMPARAS FLUORESCENT	39 w	8697	Fax	15
289 VARIOS	0.03 w	9,03129	Frigobar	
QELECTRICO	**291407,03 w**	291407,031		

QCOND MURO SUR	77.80 w
QCOND MURO ORIENTE	9.77 w
QCOND MURO PONIENTE	9.77 w
QCOND MURO NORTE	77.80 w

QCOND VENTANA SUR	1981.04 w
QCOND VENTANA ORIENTE	2285.47 w
QCOND VENTANA PONIENTE	2285.47 w
QCOND VENTANA NORTE	1981.04 w
QCOND TECHO 0°	259846.49 w
QSHG	0.00 w
QINFs	17580.42 w
QINFL	0.00 w
QVENTs	103787.93 w
QVENTL	0.00 w
QMETS	116025.00 w
QMETL	98175.00 w
QELECTRICO	291407.03 w

QLOAD 895630,03 w

DATOS DE MATERIALES DEL EDIFICIO

MATERIAL	VOLUMEN	PESO VOLUMETRICO	MASA	CP	CAP
MURO					
Columna de concreto	5,4	2400	12960	0,84	10886,4
Muro de Tablaroca	80,64	850	68544	1,083	74233,152
Muro de concreto	125,37	2400	300888	0,84	252745,92
Columna de concreto	3,75	2400	9000	0,84	7560
Recubrimiento exterior	19,36	3200	61952		0
TECHO					
Losa de Concreto	743,73	2400	1784952	0,84	1499359,68
Mortero exterior cemento-arena	123,95	2100	260295	0,89	231662,55
Enladrillado	99,16	1500	148740	0,67	99655,8
Impermeabilizante Fester	49,58	0	0	0	0
VENTANA					
VIDRIO CLARO 6 mm	16,902	2500	42255	0,9	38029,5

2214133,002 KJ/ºC

SUMA 615036,95 W/ºC

$$T\ cuarto = tcuarto + \frac{Qload}{capac}$$

T cuarto	12:00 hrs	21,18 ºC
Qload		895630,03
CAPACITANCIA		615036,95

T CUARTO 22,64 ºC

3.3 Análisis del Edificio Propuesto de acuerdo a la Norma NOM-008 ENER 2001

FORMATO PARA INFORMAR DEL CÁLCULO DEL PRESUPUESTO ENERGÉTICO

1.- Datos Generales

1.1.- Propietario

Nombre	Edificio Hacienda
Dirección	Av. Constituyentes No. 1001
Colonia	Liberales de 1857
Ciudad	Mexico
Estado	DISTRITO FEDERAL
Municipio	CUAJIMALPA DE MORELOS
Código Postal	01110
Teléfono	33004800

1.2.- Ubicación de la Obra

Nombre	Edificio Hacienda
Dirección	Av. Constituyentes No 1001
Colonia	Liberales de 1857
Ciudad	Mexico
Estado	DISTRITO FEDERAL
Municipio	CUAJIMALPA DE MORELOS
Código Postal	01110
Teléfono	33004800

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 México (a)

Latitud 19 " 20 '

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

a).- Techo 32 b).- Superficie inferior 23

c).- Muros

	Masivo	Ligero
Norte	20	26
Este	22	28
Sur	21	28
Sur	21	27

d).- Partes transparentes

Tragaluz y domo	19
Norte	20
Este	21
Sur	21
Oeste	21

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

Techo 0.391 Muro 2.2

Tragaluz y domo 5.952 Ventana 5.319

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

Tragaluz y domo	272
Norte	102
Este	140
Sur	114
Oeste	134

2.4.- Barrera para vapor

Si No X

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 Azotea Número(**) 1

Componente de la envolvente Techo Pared X Superficie inferior

Material (***)	Espesor (m) ℓ	Conductividad Térmica (W/mK) h o λ (****)	M aislamiento térmico (m^2K/W) [l/(h o λ)]
Convección exterior (*****)	1	13	0.07692
Concreto			
* armado	0.15	0.54	0.27778
Tabique rojo recocido común			
* con recubrimiento impermeable por fuera	0.02	0.581	0.03442
Aplanados			
* Mortero de cal al exterior	0.025	1.4	0.01786
Membranas asfálticas			
Membranas asfálticas	0.01	0.6	0.01667
Convección interior	1	8.1	0.12346

Para obtener el aislamiento térmico total, sumar la M de todos materiales más la convección exterior e interior
[Fórmula M = Σ M] M 0.54711 m^2K/W

Coeficiente global de transferencia de calor de la porción (k)
[Fórmula K = 1 / M] K 1.2998 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"

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 Muros Número(**) 2

Componente de la envolvente	Techo	Pared	Superficie inferior	X

Material (***)	Espesor (m) ι	Conductividad Térmica (W/mK) h o λ (****)	M aislamiento térmico (m²K/W) [l/(h o λ)]
Convección exterior (*****)	1	13	0.07692
Concreto			
* armado	0.12	0.54	0.22222
Tablero de yeso			
* Espesor 0,96 cm	0.1	0.24	0.41667
Placas			
Azulejos y mosaicos	0.02	0.01	2
Concreto			
* armado	0.6	0.54	1.11111
Convección interior	1	9.4	0.10638

Para obtener el aislamiento térmico total, sumar la M de todos materiales más la convección exterior e interior [Fórmula M = Σ M]	M	3.9333	m²K/W
Coeficiente global de transferencia de calor de la porción (k) [Fórmula K = 1 / M]	K	0.2531	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

**** 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"

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 Ventanas Número(**) 3

Componente de la envolvente Techo Pared X Superficie inferior

Material (***)	Espesor (m) t	Conductividad Térmica (W/mK) h o λ (****)	M aislamiento térmico (m^2K/W) [l/(h o λ)]
Convección exterior (*****)	1	13	0.07692
Vidrio			
* sencillo (2200)	0.006	0.72	0.00833
Convección interior	1	8.1	0.12346

Para obtener el aislamiento térmico total, sumar la M de todos materiales más la convección exterior e interior
[Fórmula M = Σ M] M 0.20871 m^2K/W

Coeficiente global de transferencia de calor de la porción (k)
[Fórmula K = 1 / M] K 4.7913 $W/m^2 K$

* 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"

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	Coeficiente Transferencia de Calor (W/m²K) [K]	Área del edificio proyectado (m²) [A]	Fracción de la componente [F]	Temperatura equivalente (K) [te]	Ganancia por Conducción ϕ rci (*) [KxAx(te-t)]
Techo	0.391	4958.2	0.95	32	12892.06
Tragaluz y domo	5.952		0.05	19	-8853.362
Muro Norte	2.2	1084	0.6	20	-7154.4
Ventana norte	5.319		0.4	20	-11531.59
Muro este	2.2	808.5	0.6	22	-3201.66
Ventana este	5.319		0.4	21	-6880.658
Muro sur	2.2	1084	0.6	21	-5723.521
Ventana sur	5.319		0.4	21	-9225.273
Muro oeste	2.2	808.5	0.6	21	-4268.88
Ventana oeste	5.319		0.4	21	-6880.658
				SUBTOTAL	-50827.94

* 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	Coeficiente de Sombreado (CS)	Área del edificio proyectado (m²)	Fracción de la componente [F]	Ganancia de calor (W/m²) [FG]	Ganancia por Radiación ϕ rs (*) [CS x A x F x FG]
Tragaluz y domo	0.85	4958.2	0.05	272	57316.8
Ventana norte	1	1084	0.4	102	44227.2
Ventana este	1	808.5	0.4	140	45276
Ventana sur	1	1084	0.4	114	49430.4
Ventana oeste	1	808.5	0.4	134	43335.6
				SUBTOTAL	239586

FORMATO PARA INFORMAR DEL CÁLCULO DEL PRESUPUESTO ENERGÊTICO

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) Número de la porción (**)	Valor calculado (W/m²K) (***)	Área (m²) [A]	Temperatura (°C) [te]	Ganancia por Conducción ϕ pc (****) [KxAx(te-t)]
1.1 Techo	1	1.2998	4958.2	32	45112.6803
4.2 Muro Norte	2	0.2531	430	20	-544.165
4.3 Muro Este	2	0.2531	54	22	-41.0022
4.4 Muro Sur	2	0.2531	430	21	-435.332
4.5 Muro Oeste	2	0.2531	54	21	-54.6696
5.2 Ventana Norte	3	4.7913	654	20	-15667.551
5.3 Ventana Este	3	4.7913	754.5	21	-14460.1434
5.4 Ventana Sur	3	4.7913	654	21	-12534.0408
5.5 Ventana Oeste	3	4.7913	754.5	21	-14460.1434
				Subtotal (*****) [ ]	-13084.37
				Total (Sumar todas las ϕ pc)	-13084.37

* 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

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 (m²) [A]	Ganancia de Calor (W/m²) [FG]	Factor de Sombreado Exterior [SE] (****)		Ganancia por Radiación ϕ ps [CSAxFGxSE]
					Número	Valor	
3.2	(3) Ventanas	0	654	102	0	1	0
3.3	(3) Ventanas	0	754.5	140	0	1	0
3.4	(3) Ventanas	0	654	114	0	1	0
3.5	(3) Ventanas	0	754.5	134	0	1	0
				Total (Sumar todas las ϕ pc)			0

* 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

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) -50827.9412	(ϕ rs)	239586	(ϕ r)	188758.0588
Proyectado	(ϕ pc) -13084.36	(ϕ ps)	0	(ϕ p)	-13084.36

5.2.- Cumplimiento

Si (ϕ r > ϕ p) X No (ϕ r > ϕ p)

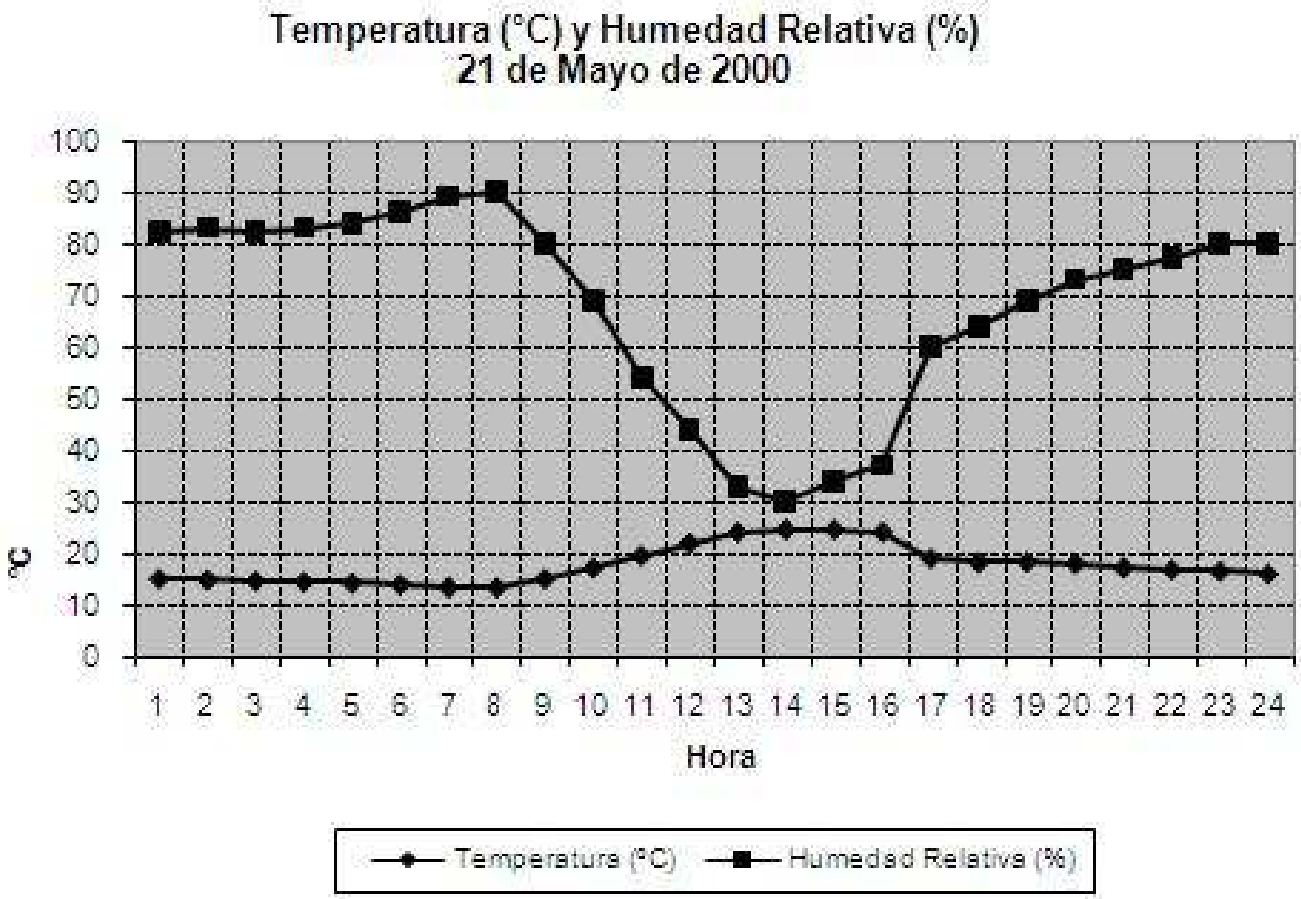
El Edificio Proyectado tiene un ahorro de energía de 106.93 % por arriba de la norma

3.4 EVALUACIÓN TÉRMICA EDIFICIO ANALIZADO

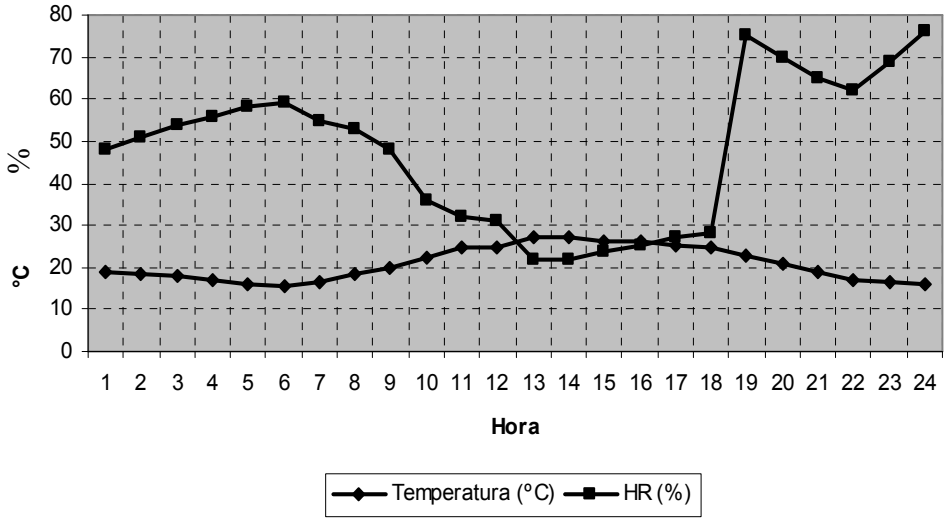
EDIFICIO HACIENDA

	18-05-00 EXTERIOR		19-05-00 EXTERIOR		20-05-00 EXTERIOR		21-05-00 INTERIOR		22-05-00 EXTERIOR		23-05-00 EXTERIOR		24-05-00 EXTERIOR		25-05-00 EXTERIOR	
HORA	T (ºC)	HR (%)	T (ºC)	HR (%)	T (ºC)	HR (%)	T (ºC)	HR (%)	T (ºC)	HR (%)	T (ºC)	HR (%)	T (ºC)	HR (%)	T (ºC)	HR (%)
1	19	48	15.7	76	18	63	15.1	82	15.9	82	15.3	83	16.8	77	18.2	73
2	18.2	51	15.4	76	17.8	65	14.9	83	15.5	85	15.4	84	16.3	79	17.6	75
3	17.9	54	15	76	17.2	67	14.7	82	15	83	15.3	84	16	83	16.9	77
4	16.8	56	14.7	75	16.3	68	14.5	83	14.3	87	15.3	82	15.2	86	16.3	79
5	16.1	58	14.3	75	15.7	70	14.3	84	14	88	15.3	82	15	88	15.6	81
6	15.6	59	14.1	76	15.4	72	14.0	86	13.5	90	15.2	87	14.8	89	15.2	84
7	16.4	55	15.5	68	15.9	72	13.5	89	13.1	93	15	87	15.9	82	16.1	75
8	18.3	53	17.2	63	17.7	62	13.4	90	14	80	15.3	86	17.7	72	18	70
9	19.8	48	18.6	58	18.8	57	15.1	80	15	70	15.8	82	19.1	67	19.8	60
10	22.5	36	20.8	48	21.5	47	17.2	69	16	64	17.8	72	21.2	52	21.7	50
11	24.6	32	21.9	42	23.6	40	19.5	54	18	52	20.9	57	23.5	44	23.6	43
12	24.7	31	24	32	24.6	32	21.9	44	21.2	40	21.1	55	24	40	24.1	36
13	27	22	26.2	21	26.5	31	24.0	33	23.7	32	23.8	42	25.6	36	25.6	31
14	27	22	27	19	26.7	30	24.5	30	24.4	27	23	45	26	34	26.5	27
15	26.4	24	27.7	15	26.8	27	24.5	34	24	30	21.3	50	26.5	31	27	24
16	26	25	26.9	17	27	25	24.0	37	23.4	33	20	54	26.2	32	25.9	26
17	25.2	27	25.5	21	27	25	19.0	60	20	43	18.5	59	26.2	32	24.2	29
18	24.5	28	24.2	23	23.5	50	18.2	64	18.2	50	17	63	24.5	37	23.7	32
19	22.6	75	22.9	26	15	85	18.3	69	17.3	60	17	65	22.9	42	23.1	37
20	20.7	70	21	50	14	80	18.0	73	16.4	71	17.1	67	21.8	50	22	41
21	18.9	65	20.1	56	15	77	17.2	75	15.5	81	17.4	70	20.7	58	21.2	48
22	17	62	19.6	54	16.2	77	16.8	77	14.6	91	17.4	72	19.6	66	20.8	50
23	16.6	69	18.9	56	15.8	78	16.5	80	15	86	17.3	73	19.3	68	19.9	55
24	16.1	76	18	59	15.3	81	16.0	80	15.4	83	17.2	75	18.9	71	19	59

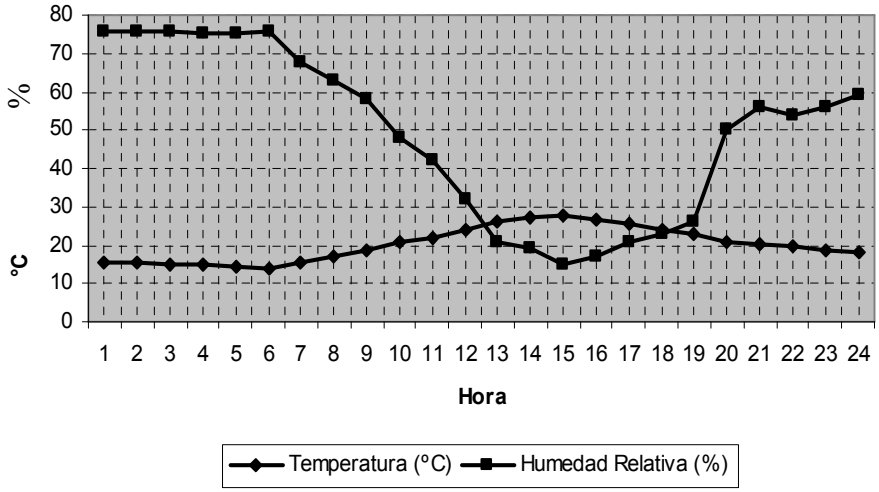
Los datos de temperatura y humedad relativa del día 21 de mayo (exterior) fueron registrados por el Servicio Meteorológico Nacional

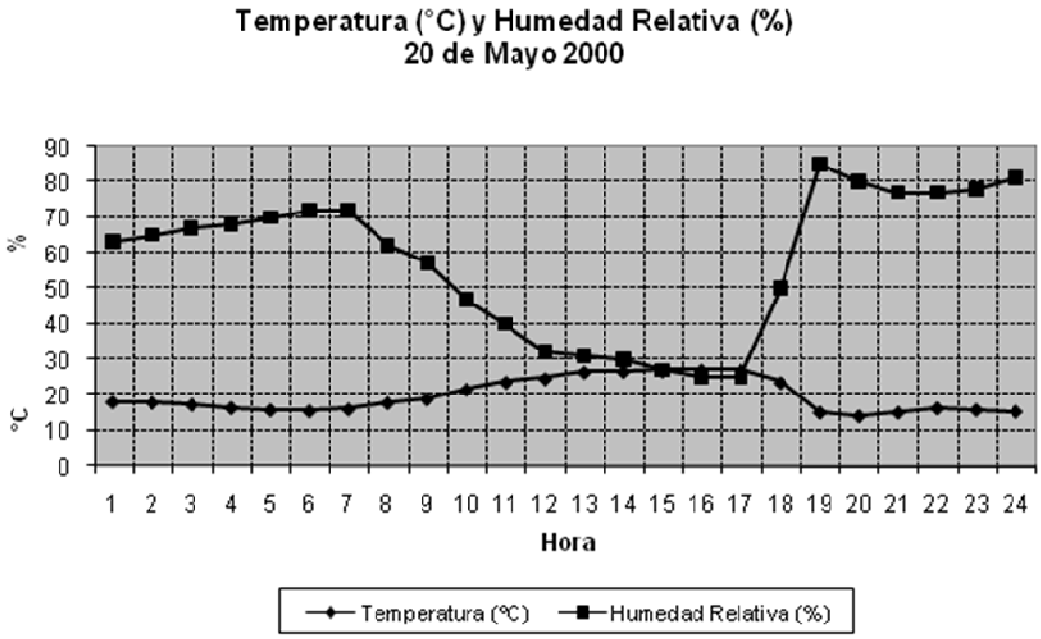

Temperatura (°C) y Humedad Relativa (%)
21 de Mayo de 2000
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
°C
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
Hora
Temperatura (°C)
Humedad Relativa (%)

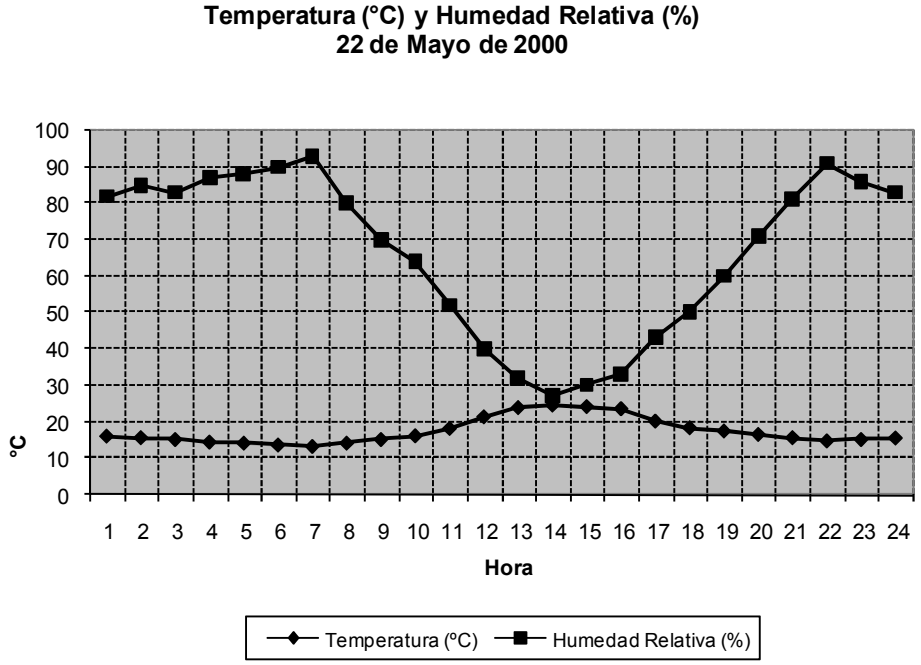
Temperatura (°C) y Humedad Relativa (%)
18 de Mayo 2000

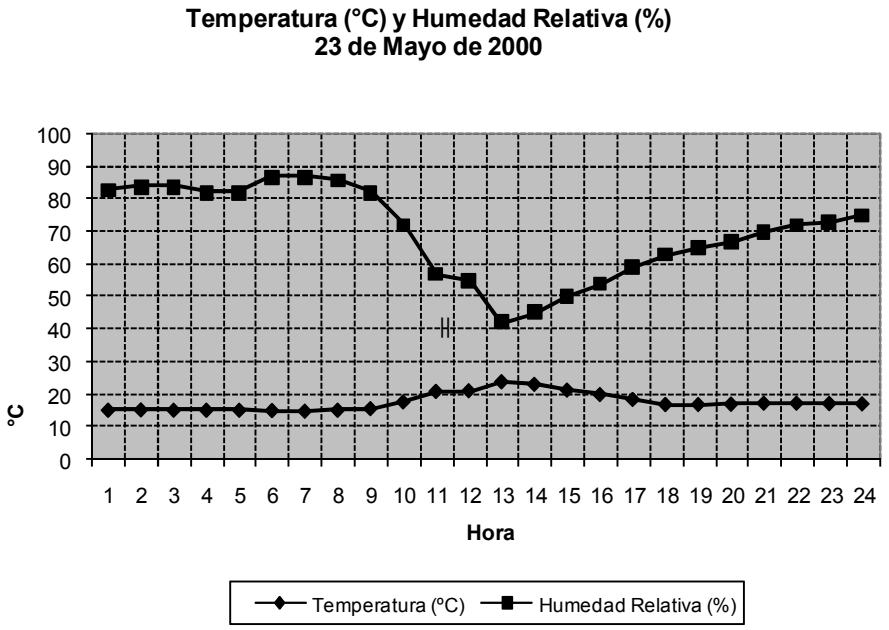


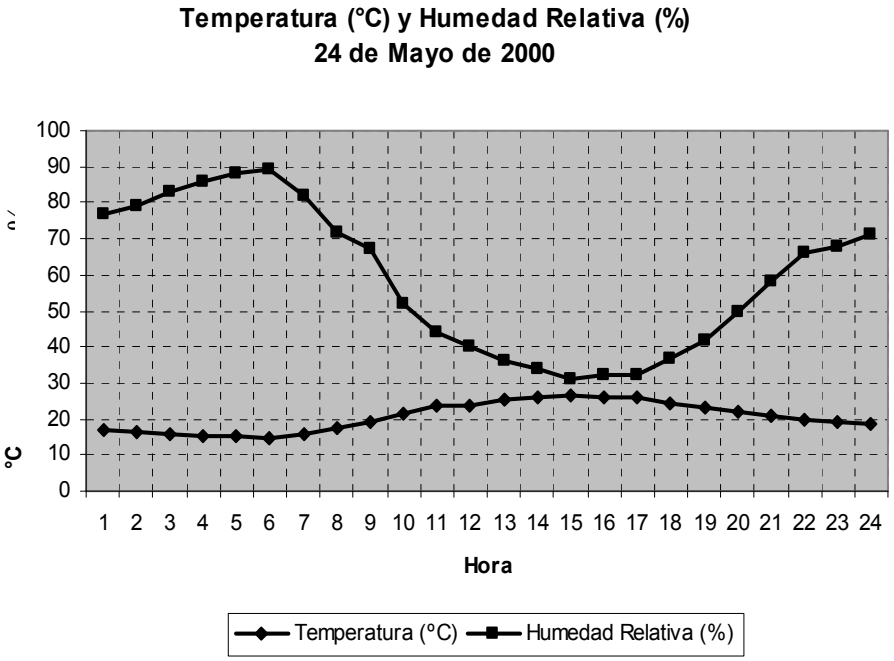
Temperatura (°C) y Humedad Relativa (%)
19 de Mayo 2000

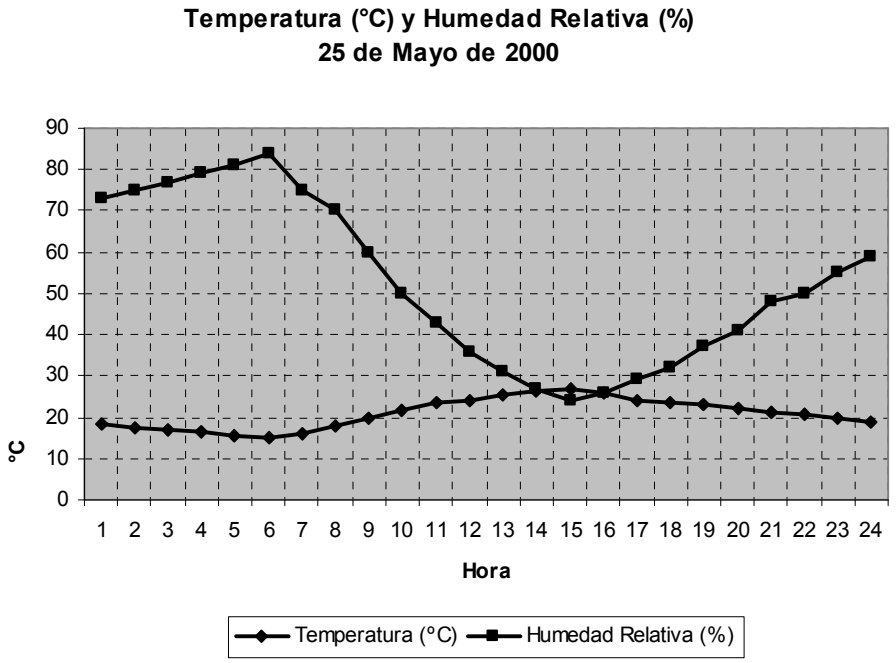



Temperatura (°C) y Humedad Relativa (%)
20 de Mayo 2000
%
°C
Hora
Temperatura (°C)
Humedad Relativa (%)


Temperatura (°C) y Humedad Relativa (%)
22 de Mayo de 2000
°C
Hora
Temperatura (°C)
Humedad Relativa (%)


Temperatura (°C) y Humedad Relativa (%)
23 de Mayo de 2000
°C
Hora
Temperatura (°C)
Humedad Relativa (%)


Temperatura (°C) y Humedad Relativa (%)
24 de Mayo de 2000
°C
Hora
Temperatura (°C)
Humedad Relativa (%)


Temperatura (°C) y Humedad Relativa (%)
25 de Mayo de 2000
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
°C
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
Hora
Temperatura (°C)
Humedad Relativa (%)

4. CONCLUSIONES

Haciendo un poco de historia el inicio de este proyecto de Norma se dio con la publicación en Diario Oficial de la Federación, el 22 de septiembre de 2000, bajo el nombre de PROY NOM 008 ENER 1999, y durante 60 días naturales contados a partir de la publicación de dicho proyecto de norma oficial mexicana, la Manifestación de Impacto Regulatorio contenido en el artículo 45 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización , lo puso a disposición del público en general para su consulta, y fue analizado por el Comité Consultivo para realizar las modificaciones que procedieran por lo que para el 29 de marzo de 2001, se publico en el Diario Oficial las respuestas a los comentarios recibidos para el Proyecto de Norma Proy Nom 008 ENER 1999, siendo el 25 de abril de 2001, la publicación ahora ya como NORMA 008 ENER 2001 que es el documento del que se está realizando un análisis de estudio.

Para poder llevar a cabo esta investigación se delimitaron 3 zonas de la Ciudad de México las cuales cuentan con todos los datos climatológicos para llevar a cabo un trabajo de este tipo. Las zonas de estudio son Centro, Ciudad Universitaria y Tacubaya; de las dos primeras no se darán datos o información al respecto ya que dicha información está procesada por otros estudiantes, para formar parte de una publicación en donde se incluirá este trabajo como parte de la tercera zona de análisis que es Tacubaya.

Desafortunadamente por diversas causas ajenas a la investigación realizada, la mayor parte de esos edificios no se pudo evaluar ya que no se consiguieron los datos necesarios como pueden ser los planos arquitectónicos, que incluyen las plantas arquitectónicas, cortes, fachadas, así como los datos de cantidad de ocupantes y gastos eléctricos que ayudarían a complementar dicha evaluación.

Cabe destacar que la normalización para la eficiencia energética en edificios representa un esfuerzo encaminado a mejorar el diseño térmico de edificios, y lograr la comodidad de sus ocupantes con el mínimo consumo de energía. En México, el mayor consumo de energía en las edificaciones es por concepto de acondicionamiento de aire, durante las épocas de mayor calor.

La ganancia por radiación solar es la fuente más importante a controlar, lo cual se logra con un diseño adecuado de la envolvente. En este sentido, la Norma 008 Ener 2001, optimiza el diseño desde el punto de vista del comportamiento térmico de la envolvente, obteniendo como beneficios entre otros, el ahorro de energía por la disminución de la capacidad de los equipos de enfriamiento y un mejor confort de los ocupantes.

La finalidad de participar con el Dr. José Diego Morales en el proyecto de investigación acerca de los beneficios que puede otorgar el incluir dentro de los Reglamentos de Construcción de la República Mexicana a la Norma 008 ENER 2001, es de que se lleve a cabo una preservación y uso racional de los recursos energéticos.

Dentro de los alcances de este trabajo, se identifico que el edificio analizado bajo los parámetros de la Norma 008, cumplió los mismos, al encontrarse un equilibrio arquitectónico entre lo que son los vanos y macizos de la edificación, este resultado es alto favorable ya que los demás edificios de la zona cuentan con fachadas integrales donde predomina el cristal.

Cabe mencionar que este equilibrio de vano-macizo ayuda a que el edificio mencionado obtenga un resultado favorable a las condiciones de confort que necesita el ser humano, dato que ya se menciono en parte de este documento. En el caso de que el estudio o análisis del cálculo térmico resultase negativo a las condiciones de confort que se mencionan con anterioridad, se tendría que realizar una modificación a la envolvente del edificio, este cambio, haría que las fachadas sufrieran algún ajuste en relación al proyecto original, pero que ayudaría a obtener mejores resultados en cuanto al fin que busca la Arquitectura dentro de su ámbito de servir al hombre: el confort del ser humano.

Estos cambios que pudieran darse a la envolvente, como parte del resultado negativo, ha sido tomado por algunos Arquitectos como no favorable a sus intereses ya que la aplicación de esta norma dentro del Reglamento de Construcción afectaría la idea conceptual del proyecto original, es por esa razón que el presente documento pretende demostrar que, al aplicar las bases de cálculo térmico a su proyecto, ayude a mejorar la idea conceptual del mismo.

Tomando como base el comparativo entre el programa TRNSYS y la Norma 008 del edificio seleccionado se encontró que las variables climatológicas: temperatura, humedad relativa, vientos y radiación solar para un día determinado de la zona de estudio que es Tacubaya, se demuestra que en el caso del edificio estudiado, algunas de las diferencias que encontradas con respecto a la norma son:

- Cálculo de ganancia de calor por ocupantes
- Cálculo de ganancia de calor por equipo eléctrico

Es importante tomar en cuenta estas variables dentro de dicha norma, ya que estos datos forman parte de un cálculo térmico completo, basado en las ecuaciones del programa TRNSYS, porque dependiendo de la cantidad estimada de personas que laboran en edificio es la cantidad de calor que se puede generar en un espacio cerrado, sin tomar en cuenta también el calor que genera una lámpara, la luz de un monitor de computadora, una impresora y demás equipo de oficina ya sea eléctrico o electrónico. Ya que si se considera, por ejemplo una ganancia estimada de calor latente de 55 watts por persona, en un edificio donde laboran 200 personas este dato arrojaría un valor de 11,000 watts por persona, en comparación a un espacio donde pueden laborar 1500 o más personas como son las torres de oficinas que se construyen actualmente.

El tomar en cuenta estos datos o variables dentro de la norma, haría más completo el cálculo térmico que la compone, y sería un dato más a tomar en cuenta al desarrollar un proyecto arquitectónico de tipo no residencial para el cual está destinada.

En resumen, se puede decir que la Norma cumple su función para la cual fue creada, que es la de preservar y hacer un uso racional de los recursos energéticos.

Finalmente, este trabajo cumplió en la parte correspondiente a la zona de Tacubaya, con el objetivo de mostrar que la Norma cubre los parámetros para la cual fue elaborada pero que puede ser objeto de mejora al incluir dentro de su cálculo las variantes de ganancia de calor por ocupantes y ganancia de calor por equipo eléctrico.

5. BIBLIOGRAFIA

1.) García-Colín, L., Bauer. M., (coordinadores), Alonso, Ángel M., *Energía ambiente* y *desarrollo sustentable* (El caso de México), El Colegio Nacional (CN) -Programa Universitario de Energía (PUE), México, 1996.

2.) Diccionario Enciclopédico Larousse, México, 1995.

3.) Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE), México, 2001.

4). García, E. “Apuntes de Climatología”, México, 1986, 1ª. Edición 1967.

5). Ruiz, H.J. Cambios Climáticos en la Ciudad de México, Tesis de Licenciatura, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, México, 1994.

6). Lowry W., “The Climates of Cities”, Scientific American, Vol. 217, No. 2 pp 15-23, agosto 1967.

7). Jáuregui O. E., “Mesomicroclima de la Ciudad de México”, Instituto de Geografía, UNAM, p.87, México, 1971.

8). Luyando E., “Patrones de flujo del aire superficial y su relación con el transporte de contaminantes en la Ciudad de México”, Investigaciones Geográficas, Instituto de Geografía, UNAM, No. 24 México, 1992.

9). Espinoza, C. M., Bioclimatología urbana de la ciudad de México, Tesis de Licenciatura, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, México, 1994.

10). Sámano, D. A., Morales J. D., "Aspectos bioclimáticos en el diseño de edificios confortables de máxima eficiencia energética" Notas del curso de actualización en energía solar, CI,E-UACPyP-CCH Temixco, Mor. México. 1997.

11). Szokolay, S. V. Solar Energy and Building, Architectural Press, 2ª. Edición, London, 1977.