



**Universidad de Quintana Roo**

**División de Ciencias e Ingenierías**

**ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO SOBRE ESTUDIOS DE  
SISTEMAS PASIVOS COMO ALTERNATIVA PARA EL  
AHORRO DE ENERGÍA**

**TRABAJO MONOGRÁFICO**  
Para Obtener el grado de  
*INGENIERO EN SISTEMAS DE ENERGÍA*

**PRESENTA**  
José Manuel Rodríguez Casanova

**SUPERVISORES**  
ING. INOCENTE BÓRQUEZ BAEZ  
ING. LUIS FELIPE MEDINA LEYVA  
ING. MARIO RIVERO LEAL

Chetumal, Quintana Roo 2004

Ø93882



# Universidad de Quintana Roo

Trabajo monográfico elaborado bajo la supervisión del comité de asesoría y aprobado como requisito parcial, para obtener el grado de :

*INGENIERO EN SISTEMAS DE ENERGIA*

## COMITÉ:

SUPERVISOR: \_\_\_\_\_

SUPERVISOR: \_\_\_\_\_

SUPERVISOR: \_\_\_\_\_

# INDICE

	<b>Paginas</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	4
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	5
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	6
<b>OBJETIVOS</b> .....	8
<b>JUSTIFICACIÓN</b> .....	8
<b>METODOLOGÍA</b> .....	9
<b>CAPITULO 1.-CONDICIONES CLIMATOLOGICAS</b> .....	10
1. VARIABLES CLIMÁTICAS.....	10
2. EL CLIMA COMO CONTEXTO.....	12
3. COMENTARIOS.....	13
<b>CAPITULO 2.-CONDICIONES DE CONFORT</b> .....	14
1. CONFORT TERMICO.....	14
2. CONFORT LUMÍNICO.....	17
3. COMENTARIOS.....	24
<b>CAPITULO 3.- VENTILACION NATURAL</b> .....	26
1. DESCRIPCIÓN DE LA VENTILACIÓN.....	26
2. VENTILACIÓN NATURAL Y SU APROVECHAMIENTO EN ARQUITECTURA.....	26
3. CALIDAD Y CANTIDAD DE AIRE.....	28
4. METODOLOGÍA PARA EL CALCULO DE VENTILACIÓN.....	29
5. PERDIDAS DE CALOR POR VENTILACIÓN.....	31
6. CANTIDAD DE AIRE QUE PASA A TRAVES DE UNA VENTANA.....	33
7. COMENTARIOS.....	33

<b>CAPITULO 4 .- GEOMETRÍA SOLAR.....</b>	<b>34</b>
1. DESCRIPCIÓN GENERAL	
2. METODOS PARA DETERMINAR LA POSICIÓN DEL SOL EN LAS EDIFICACIONES.....	35
3. DEFINICION Y RELACION GEOMÉTRICA DE LOS ANGULOS SOLARES.....	36
4. CALCULO MATEMÁTICO DE LOS ANGULOS SOLARES DE ALTITUD Y ACIMUT.....	38
5. COMENTARIOS.....	40
<b>CAPITULO 5-ANÁLISIS TÉRMICO DE LA ENVOLVENTE.....</b>	<b>42</b>
1. PRINCIPIOS GENERALES.....	42
2. NOCIONES BÁSICAS DE TRANSMISIÓN DE CALOR.....	43
▪ CONDUCCION, CONVECCION, RADIACIÓN Y COEFICIENTE GLOBAL DE TRANSMISIÓN DE CALOR.....	43
▪ TRANSMISIÓN AIRE-AIRE.....	44
▪ CONTROL TÉRMICO.....	45
3. BALANCE TÉRMICO.....	45
▪ GANANCIA SOLAR ( $Q_s$ ) .....	46
▪ GANANCIAS INTERNAS ( $Q_i$ ) .....	48
▪ GANANCIAS O PERDIDAS POR CONDUCCION ( $Q_c$ ) .....	48
▪ GANANCIAS O PERDIDAS POR VENTILACION ( $Q_v$ ) .....	49
▪ GANANCIAS O PERDIDAS POR SISTEMAS MECANICOS ( $Q_m$ ).....	50
4. COMENTARIOS.....	51
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>52</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>54</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>58</b>
<b>LISTA DE TABLAS Y ECUACIONES.....</b>	<b>65</b>
<b>BIBLIOGRAFÍAS.....</b>	<b>68</b>

***QUIERO DEDICAR LOS RESULTADOS DE MI ESFUERZO A.....***

**A MI FAMILIA.**

Quiero dedicar este trabajo monográfico, a mi esposa **Nefri Yoselin** y a mis dos hijos **José Manuel y Anddie Giovanna** por darme cariño y ser el motivo por el cual luchar y prepararme cada día.

**A MIS PADRES.**

***ELSA CASANOVA Y ROMÁN RODRIGUEZ***

Por alentarme y darme consejos para vivir cada día mejor les dedico los resultados de mi esfuerzo.

**A MIS HERMANOS.**

Por creer en mí y apoyarme en los momentos mas difíciles durante muchos años de mi formación profesional.

**AL INGENIERO INOCENTE BOJÓRQUEZ**

Por proporcionarme sus consejos e ideas que siempre necesité y que me sustentó en la búsqueda de los elementos para realizar este trabajo monográfico.

## **AGRADECIMIENTOS**

Quien con mucho esfuerzo y dedicación ha logrado terminar este trabajo monográfico, hace publico el agradecimiento a: los profesores de la de División de Ciencias e Ingenierías, ya que a través de los años de mi formación profesional demostraron su entusiasmo e interés en entregar sus conocimientos. A la Universidad de Quintana Roo, por haberme brindado el apoyo durante los siete años de formación profesional, al Arq. Armando Róbelo Por haberme apoyado en la búsqueda de mis espacios para el desarrollo de mis actividades laborales y en especial a los profesores: Inocente Bojórquez Báez, Mario Rivero Leal, y al Ing. Felipe Medina Leyva, por haberme dirigido y asesorado durante la elaboración del presente documento, que me permite culminar una etapa más de mi vida....a mis compañeros gracias por sus valiosos apoyos.

***José Manuel Rodríguez Casanova.***

## INTRODUCCIÓN.

Desde los albores de la humanidad el hombre ha sabido aprovechar el clima para su beneficio y las muestras a lo largo del mundo son innumerables; pero durante el último siglo los avances tecnológicos hicieron olvidar los fundamentos de este aprovechamiento que sin embargo y de una manera intuitiva están presentes en cada uno de nosotros. En el diseño actual de algunos edificios se observa una preocupación por la influencia del sol sobre éstos; pero en algunos otros esta toma de conciencia desaparece y se permite el ingreso "salvaje" (clima tropical húmedo) del sol dentro del edificio provocando interiores poco agradables y confortables. La arquitectura bioclimática propone por lo tanto, la elaboración de pautas de diseño que permitan la optimización de las condiciones interiores y exteriores a partir de la interrelación de tres sistemas: el clima, el hombre y el hábitat. Este proceso de optimización, que abarca desde el aprovechamiento o protección solar o de viento hasta el dimensionamiento de aberturas, o la elección de los distintos materiales, sólo es válido si se incorpora al diseño desde sus primeras instancias. <sup>1</sup>La forma, la orientación, los materiales, los colores y las proporciones de los espacios exteriores e interiores, son fundamentales para un buen acondicionamiento natural. En este sentido, las condiciones de confort dentro de un recinto o envolvente se consideran de gran importancia ya que en él se han de realizar toda una serie de actividades y permitirán al individuo sentirse a gusto. El término confort es de hecho un galicismo, que puede ser sustituido por el de bienestar, aunque este parece ser más amplio y relacionado directamente con la salud. En el presente trabajo solamente nos ocuparemos de algunos de los externos, que es lo que nos interesa como objetivo principal como son: factores ambientales como la temperatura del aire, temperatura radiante, humedad del aire, radiación, velocidad del viento, niveles lumínicos, niveles acústicos, calidad del aire, y elementos visuales entre otros.

A partir del análisis de las características climáticas locales en función de la interpretación de estadísticas meteorológicas, se establecen pautas que guían el proceso creativo permitiendo el diseño tanto sea de espacios interiores como exteriores. En este sentido y como objetivo del presente trabajo, cabe señalar que en la actualidad hay tantos ejemplos de

---

<sup>1</sup> **García Chávez J. R.** *Desarrollo Sustentable en el Hábitat Construido.* Edit. UAM. Azcapotzalco., 1998.



envolventes que presentan deficiencias en sus sistemas constructivos, por lo que tienen serios problemas en lo que se refiere a condiciones de confort, aspecto que conlleva a obtener enormes desperdicios de energía eléctrica. Actualmente no se echan de menos los requerimientos y exigencias de las condiciones en se deben encontrar los edificios no residenciales. Para ello, es importante analizar los beneficios que se han de alcanzar en condiciones que permitan sustancialmente obtener considerables ahorros de energía en todas las instalaciones, sin descuidar las condiciones de confort que se requiere en el recinto. Para ser específico, las áreas donde se contempla los enormes desperdicios de energía, por tratar de llevar a condiciones de confort los espacios, son especialmente en el sistema de iluminación y en el acondicionador de aire. La iluminación a simple vista se puede ver con un exceso en sus niveles luminosos, aspecto que podría ser reducido evaluando este parámetro con minucioso cuidado. Por otro lado, en la mayoría de los casos, a simple vista se puede ver que los sistemas de aires acondicionados, no operan en condiciones óptimas de funcionamiento, ya que la temperatura en los recintos alcanzan valores que están fuera de los rangos que determinan el confort térmico en el individuo.



## **OBJETIVO**

- Análisis bibliográfico sobre los parámetros utilizados para brindar condiciones de confort y ahorro de energía dentro de los espacios interiores en edificios no residenciales.

## **OBJETIVO ESPECIFICO**

- Reconocer y establecer pautas y criterios de diseño mediante el análisis bibliográfico.

## **ALCANCES O METAS**

- Que el presente trabajo monográfico sirva como una guía de implementación para lograr condiciones de confort en edificios no residenciales, así como el ahorro de energía.
- Que sirva a los alumnos de Ingeniería como material de consulta al cursar materias afines a el tema.

## **JUSTIFICACIÓN**

El actual paradigma en que se desenvuelve el desarrollo de la industria de la construcción conlleva a la necesidad de entrar en un proceso de eficiencia ( análisis de diseño en edificios no residenciales ) ya que las condiciones de confort que presentan la mayoría de algunos edificios de diversos sectores de la sociedad aquí en Quintana Roo, específicamente en Chetumal y que tiene un clima tropical humedo, no es la adecuada por lo que el consumo de energía eléctrica que se obtienen por tratar de llevar sus espacios a condiciones de confort deseadas, conllevan hacer un uso desmedido de la energía. En este aspecto, se analiza la necesidad de realizar un análisis bibliográfico, que permita obtener las herramientas necesarias para implementar técnicas que sean útiles durante el proceso de diseño, construcción y remodelación de edificios; aspecto que conllevará a la disminución en el consumo de energía eléctrica y alcanzar los escenarios de confort deseables. Ya que si bien se han realizado diversos proyectos sobre este tema, pareciera que es necesario abundar aun mas al respecto y aprovechar los trabajos de tesis que algunos compañeros de ingenierías han realizado al respecto en algunos edificios de la Universidad de Quintana Roo.

## **METODOLOGÍA**

Se reviso material bibliográfico de algunos autores mas destacados en el tema que hay en México; ejecutándose a la vez la búsqueda de los temas de interés a través de Internet. Al final de cada uno de los temas se efectuó un análisis que permitió determinar los criterios para el ahorro y uso eficiente de la energía en el interior de los espacios de edificaciones no residenciales. Cabe destacar que en el presente trabajo, se analizó solamente el confort térmico y el lumínico, por ser los aspectos de mayor trascendencia en la localidad, ya que en esta zona Sur de Quintana Roo, la humedad relativa es demasiado alta ( 80% ) al igual que la temperatura ( 36 ° C ) durante la mayoría de los meses del año.

## 1.-CONDICIONES CLIMATOLOGICA

### 1.- VARIABLES CLIMATICAS

Para dar solución a toda una serie de problemas que tienen que ver directamente con las condiciones de confort (**térmico y lumínico**) en un recinto, es necesario realizar un análisis desde el punto de vista microclimático del entorno. Es decir, se requiere hacer un estudio en particular de las variables climatológicas para posteriormente manipularla hasta llevarlas a las condiciones deseadas. Lógicamente para realizar tal manipulación, es necesario conocer los valores actuales en los que se encuentren. En la actualidad en Quintana Roo, hay compañías diseñadoras que no consideran muchos aspectos que están ligados con el buen dimensionamiento y diseño que deben tener los recintos, es por ello que los edificios presentan deficiencia en sus sistemas de iluminación y ventilación. Para conocer las condiciones climáticas en las que se encuentra los espacios, es necesario monitorear el lugar y tomar mediciones de los principales parámetros; como temperatura, humedad relativa, velocidades de viento, dirección del viento, nubosidad y radiación entre otras. En muchas ocasiones los valores pueden ser tomadas de tablas (información estadística histórica),. Estas variables permitirán ligar condiciones a las que el edificio o envolvente debe estar, ya que el objetivo es hacer que el lugar alcance el confort adecuado. Para tener una idea conceptual de lo que son estas variables, es necesario describir cada una de ellas, por ejemplo; La temperatura del aire es uno de los factores más importante a considerar ya que entre mayor sea la diferencia entre la temperatura del aire y la del cuerpo, mayor será el flujo de calor. La temperatura optima (denominada como la temperatura neutra) representa un punto en la escala térmica, es por ello que es conveniente hablar de un rango de temperatura en el cual el individuo expresa satisfacción térmica con el ambiente y en muchos edificios ya construidos no se toman en cuenta estos parámetros. Por ejemplo, en Quintana Roo, los valores de temperatura que se presentan a lo largo de todo los meses del año se pueden ver en el anexo A1

Por otro lado, la temperatura radiante a veces conocida como radiación, afecta enormemente la sensación térmica del organismo, aspecto que muchos estudios recientes sugieren que la temperatura radiante es mas significativa que la temperatura del aire. Para Quintana Roo, las horas de sol mensuales se registran en los meses del año y se aprecian en el anexo A2.

La otra variable, es la humedad del aire, aunque se considera que tiene pocos efectos en sensación del confort térmico; el anexo A3 del, muestra los valores de esta variable para el estado de Quintana Roo.

Siguiendo al respecto, la precipitación pluvial en la actualidad es de gran importancia, ya que analizando este fenómeno desde el punto de vista de diseño de un edificio o envolvente, es necesario conocer la intensidad pluvial que se tiene en la zona o lugar donde se proyecte. Esto es debido a que si no se considera este factor, el edificio que se construya puede tener como consecuencia condiciones de humedad en su interior , ver anexos A4 y A5.

Para el diseño de muchos sistemas la nubosidad es otra variable a considerar. Pero analizándola desde el punto de vista de diseño, el principal interés consiste en ver en que beneficia la intensidad de nubosidad en el lugar donde se ha de construir, ya que al ver mucha nubosidad se tendrá poca incidencia de la radiación solar en las techumbres y paredes por lo que se estará obteniendo enormes cantidades de ganancias térmicas por este concepto, ver anexo A6 en el de registros de nubosidad para Quintana Roo

El viento es un importante recurso en la generación de energía eléctrica y otras aplicaciones, sin embargo, se le ha dado la poca importancia en la construcción de grandes edificios y zonas urbanas, esto es tal vez por el enorme sentido económico o de lucro que tienen las grandes compañías diseñadoras que no se fijan en lo indispensable que es este recurso para el bienestar y la salud del individuo; en el anexo A7 se muestran los valores de velocidad y dirección del viento en el transcurso del año para el estado de Quintana Roo.

## 2.- EL CLIMA COMO CONTEXTO

<sup>2</sup>Las condiciones climatológicas son el aspecto fundamental que permiten al diseñador utilizar toda una serie de técnicas de análisis para adentrarse dentro de un contexto analítico para que pueda orientar, comprender y que nos permita determinar cuanta energía usan los edificios y como la utilizan para calentar, enfriar e iluminar naturalmente. El clima en un contexto general, se divide en cinco elementos fundamentales: **el sol, viento, sol y viento juntos, luz y confort**. Para el análisis de estos elementos, se realizan toda una serie de técnicas que nos ayudaran a utilizar la información registrada a través de diversos medios. Para ser más específicos respecto a estas técnicas, el autor **G. Z. BROWN** las describe de la siguiente forma: del Sol, lo que se evalúa es su disponibilidad. <sup>3</sup>Las técnicas de viento están encaminadas a traducir los datos registrados de una estación meteorológica en un formato gráfico, de modo que la dirección, velocidad y frecuencia del viento pueden ser fácilmente visualizados por el proyectista. Una de las técnicas más utilizadas es la rosa de los vientos que proporciona información detallada acerca de la dirección y frecuencia del viento en un año. Esta se puede elaborar con datos de los registros climatológicos de una estación meteorológica oficial que garantice credibilidad de la información para su posterior uso en el proceso de cálculo durante el diseño. Con lo que respecta al Sol y Viento juntos, se debe analizar los efectos combinados de estos elementos en un sitio en específico, ya que nos permitirá evaluar las alternativas de ubicación de los edificios y espacios exteriores. En lo que se refiere a la Iluminación, se analizan dos técnicas, en una se analizan los datos climatológicos para determinar si el cielo es despejado, medio nublado o nublado, mientras que en la otra, se analizan los cambios a través del año y las condiciones predominantes, de modo que se puedan establecer las condiciones mínimas del diseño. Con respecto al Confort Térmico, se evalúa la interacción de la temperatura, humedad relativa, radiación solar, velocidad del viento en términos de bienestar humano usando la carta bioclimática para determinar como pueden ser utilizados los recursos solares, de viento y luz.

---

<sup>2</sup> **G. Z. BROWN**. considera al clima como el aspecto fundamental en el diseño y menciona a cinco elementos que conforman las condiciones climatológicas de un lugar.

<sup>3</sup> **BROWN G.Z., So l, Luz Y Viento, Edit. trillas, México 1994**

### **3.- COMENTARIOS**

Conocer y analizar las condiciones climáticas de un lugar, preferentemente a nivel microclimático es punto de partida para el desarrollo de un proyecto bioclimático. Esta es una información de lo que existe en un sitio en específico, es decir los factores del entorno con los cuales el edificio deberá interactuar, de manera armónica para que a partir de dicha interacción y con la aplicación del diseño bioclimático, se puedan lograr condiciones confortables y saludables para los ocupantes.

Sin lugar a duda, quienes se dediquen al diseño y dimensionar edificios no residenciales, deberán de considerar aspectos tan importante como las variables climáticas, ya que ellas determinan las condiciones del ambiente que están ligados con el buen comportamiento térmico de los elementos que conforman la envolvente. Cabe recalcar que para conocer las condiciones climáticas, será necesario monitorear el lugar y tomar mediciones de los principales parámetros, ya solamente mediante esta forma se podrá dimensionar y diseñar espacios que nos garanticen sensaciones de confort, para desenvolvernos en nuestra vida cotidiana.



## 2.-CONDICIONES DE CONFORT

### 1.- CONFORT TÉRMICO

Como objeto fundamental del presente trabajo y como se menciono anteriormente, es necesario describir algunas de las características que determinan el estado higrotermico del individuo. El confort térmico se refiere a la percepción del individuo del medio ambiente circundante que se da principalmente a través de la piel aunque en el intercambio térmico entre el cuerpo y el ambiente los pulmones intervienen de manera importante. Para comprender el comportamiento térmico del cuerpo humano ante los factores ambientales es necesario conocer algunos aspectos fisiológicos. <sup>4</sup>El cuerpo humano es un organismo sumamente complejo que tiene que desarrollar múltiples funciones para manejar su equilibrio e interactuar adecuadamente con su entorno. El hombre debe mantener constante su temperatura corporal ( entre 36.5° y 37.5°) bajo cualquier condición climática. La energía necesaria para lograr esta autorregulación se obtiene a través de la oxidación de los alimentos. La mayoría de los procesos químicos implicados en la formación de tejidos, en la conversión de energía y trabajo muscular ( proceso metabólico) son exotérmicos, es decir, producen calor.

Por otro lado, la producción total de calor metabólico puede dividirse en: Metabolismo basal, es decir, la energía calorífica producida por todas las transformaciones implícitas en los procesos automáticos y vegetativos; y el metabolismo muscular que es la energía calorífica producido por los músculos al llevar a cabo un trabajo contraído de manera consciente. La cantidad de energía calorífica producida por metabolismo basal varia muy poco sea cual sea la actividad que desarrolle el individuo, sin embargo la energía producida por metabolismo muscular depende directamente del grado de actividad que se tenga; la tabla 2.1 muestra estos valores de producción de calor dependiendo de la actividad que se realice.

---

<sup>4</sup> **G. Z. BROWN.** considera al clima como el aspecto fundamental en el diseño y menciona a cinco elementos que conforman las condiciones climatologicas de un lugar.



**Tabla 2.1** Tasas promedio de metabolismo para hombres adultos.(Watts)

<b>Actividad</b>	<b>Basal</b>	<b>Muscular</b>	<b>Total</b>
Sueño profundo	70 <sup>5</sup>		70
Acostado	88 <sup>5</sup>		88
Sentado en descanso	92	23	115
Actividad ligera	92	58	150
Caminar lento	92	68	160
Trabajo de escritorio	93	142	235
Trabajo medio	93	172	265
Trabajo pesado ( 8 hrs)	94	346	440
Trabajo pesado ( max. 0.5 hrs)	94	1404	1498

**Fuente:** Ruth Lacomba. *Manual de Arquitectura solar*. Edit. Trillas, Mexico 1991.

De este modo, del total de energía producida solamente se utiliza alrededor del 20% para las necesidades internas del cuerpo, mientras que el 80% restante debe disiparse al medio ambiente, de hecho para que exista balance térmico, es necesario que la totalidad de este calor restante sea disipada. <sup>5</sup>Esta disipación sea lleva acabo a través de la piel y los pulmones.

<sup>6</sup> Los aspectos que se deben considerar para llevar a condiciones de confort térmico los espacios interiores de edificios no residenciales, son :

- La orientación solar de cada una de las fachadas de la envolvente,
- La regulación de temperatura
- Establecer especificaciones en cada uno de los espacios de servicios
- Crear flujos de aire calentados por el Sol hacia el interior de la vivienda en épocas frías, y propiciando flujos de aire fresco desde las partes frías de la vivienda en épocas cálidas.

<sup>5</sup> Szokolay,1981

<sup>6</sup> **Bueno. M.,** *El Gran Libro de la Casa Sana*, Edit. Nueva Era, España, 1998

En el presente análisis bibliográfico se pretende proporcionar técnicas con las que se pueda evaluar y analizar la posible implementación de sistemas pasivos a una problemática existente; para ello, algunos autores recomiendan utilizar como herramienta de análisis bioclimático la Carta Bioclimática que se muestra en la figura 1.

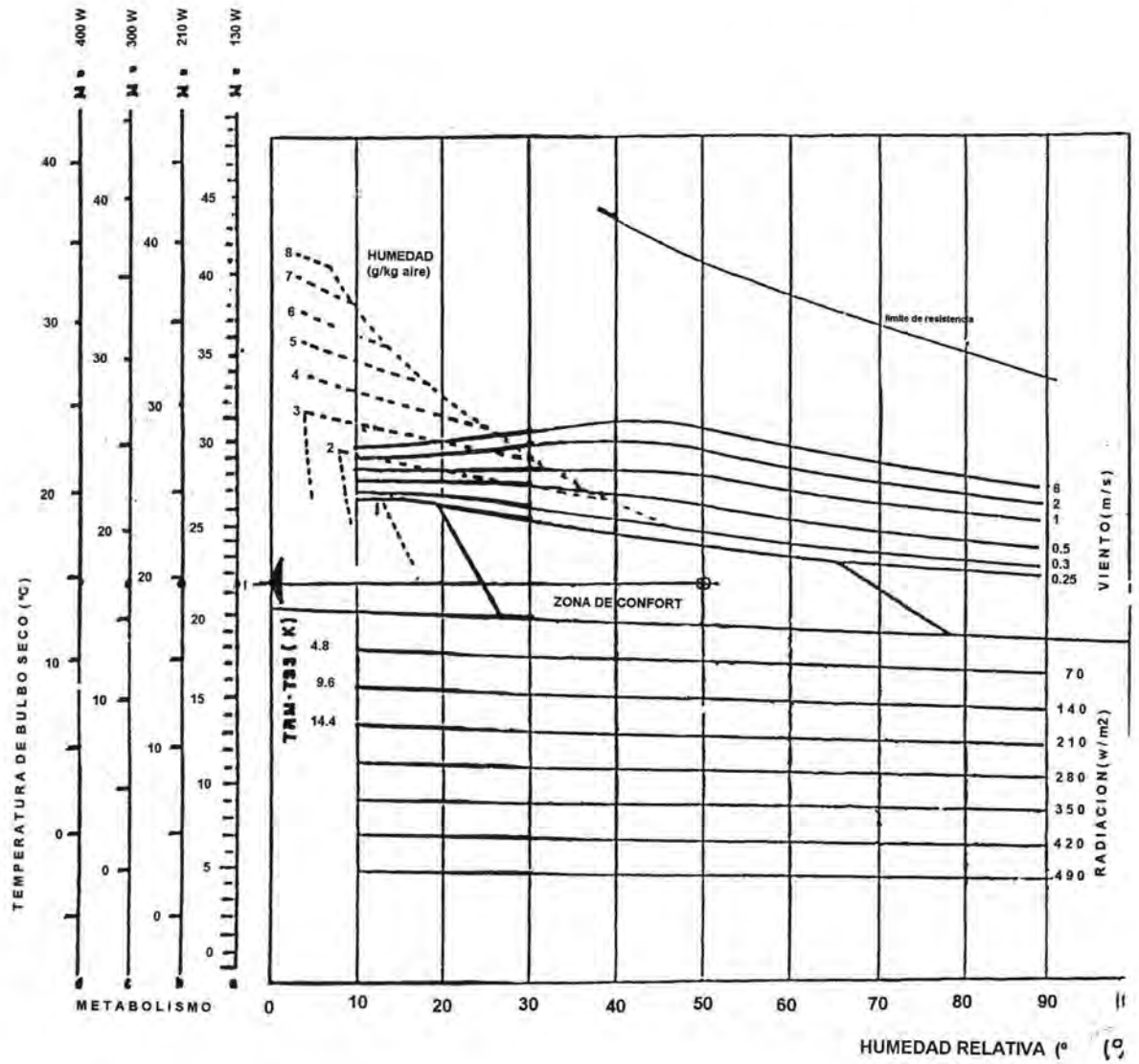


FIGURA 1. Diagrama Bioclimático. (Según Olgyay, adaptado por Szokolay)

Para llevar a condiciones de confort térmico espacios no residenciales mediante el uso de esta técnica ( Carta bioclimática ) los puntos a seguir son los siguientes:

- Se debe disponer de información del valor de las variables climatológicas que inciden en el lugar que está en cuestión de estudio, como temperatura, humedad relativa, velocidad del viento-dirección-frecuencia, radiación solar, para conocer las condiciones reales de la envolvente.
- Si no se dispone de esta información, habrá que tomar mediciones mediante el uso de herramientas como un luxómetro, piranómetro, anemómetro, solarímetro, termohigrómetro, etc. Además que es necesario investigar información histórica para analizar el comportamiento actual de las variables climáticas.
- Se debe conocer bien la disposición de cada uno de los espacios interiores
- Tener bien establecido las condiciones de confort ( condiciones internas ) a la que se pretende llevar el sitio en particular. ( nivel de iluminación y temperatura de confort )
- Una vez establecida las condiciones a la que se quiere llegar, se traza en la carta bioclimática la zona de confort, es decir se determina la temperatura de confort conociendo sus límites máximos e inferior, posteriormente se procede a la correlación de temperaturas y humedades relativas para determinar los requerimientos mínimos de velocidades de viento, radiación etc., es decir se determinará los días grados de enfriamiento y días grados de calefacción. De tal forma que la carta bioclimática indicará cuáles son los valores mínimos de las variables implicadas que determinan el confort térmico en el interior del recinto con el objeto de crear diversos efectos., Por último, una vez tenida esta información de velocidades de viento mínima, se puede diseñar las áreas mínimas de ventanas, así como su orientación para aprovechar la mayor cantidad de viento durante el mes más crítico del año.

## **2.- CONFORT LUMÍNICO.**

El confort lumínico, se refiere a la percepción del individuo a través del sentido de la vista; este tipo de confort juega un papel importantísimo en el desarrollo de la sociedad, ya que depende de la actividad que el individuo realice en su medio natural. El confort lumínico está siendo en la actualidad un aspecto fundamental que se considera de gran importancia en los diseños de las grandes envolventes e incluso está siendo tomado en

consideración en los programas de ahorro de energía en el sector energético a nivel nacional, esto es debido a que en muchos estudios realizados, cuando se evalúan los niveles de iluminación de oficinas, centros comerciales, se detectan enormes pérdidas. En este sentido, los documentos técnicos,<sup>7</sup> emitidos por la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, al igual que el manual de la Westhinhouse, muestran los *niveles de iluminación* (tabla 2.2) y *reflectancias* (tabla 2.3) que se recomienda para algunas áreas de trabajo, ya que estos indicadores son los que hay que tomar en consideración cuando se realizan diagnósticos energéticos..

**TABLA 2.2** NIVELES DE ILUMINACION

TAREA VISUAL DEL PUESTO DE TRABAJO/ ÁREA DE TRABAJO	NIVEL. ILUM. ( luxes )
En exteriores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos. Áreas generales exteriores: patios y estacionamientos.	20
En interiores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos. Áreas generales interiores: almacenes de poco movimiento, pasillos, escaleras, estacionamientos cubiertos, labores en minas subterráneas, iluminación de emergencia.	50
Requerimiento visual simple: inspección visual, recuento de piezas, trabajo en banco y máquina. Áreas de servicios al personal: almacenaje rudo, recepción y despacho, casetas de vigilancia, cuartos de compresores y pailería	200
Distinción moderada de detalles: ensamble simple, trabajo medio en banco y máquina, inspección simple, empaque y trabajos de oficina. Talleres: áreas de empaque y ensamble, aulas y oficinas.	300
Distinción clara de detalles: maquinado y acabados delicados, ensamble e inspección moderadamente difícil, captura y procesamiento de información, manejo de instrumentos y equipo de laboratorio.	500
Distinción fina de detalles: maquinado de precisión, ensamble e inspección de trabajos delicados, manejo de instrumentos y equipo de precisión, manejo de piezas pequeñas. Talleres de alta precisión: de pintura y acabado de superficies, y laboratorios de control de calidad.	750
Alta exactitud en la distinción de detalles: ensamble, proceso e inspección de piezas pequeñas y complejas y acabado con pulidos finos. Áreas de proceso: ensamble e inspección de piezas complejas y acabados con pulido fino.	1000

**Fuente:** Norma Oficial Mexicana. NOM- 025-STPS-1999. Condiciones de iluminación en los centros de trabajo.

<sup>7</sup> Norma Oficial Mexicana. NOM-025-Secretaría del trabajo y previsión Social .STPS- 1999. y Manual de la Westhinhouse, Cáp. 5.

**TABLA 2.3.** NIVELES MÁXIMOS PERMISIBLES DEL FACTOR DE REFLEXIÓN

CONCEPTO	NIVELES MÁXIMOS PERMISIBLES DE REFLEXIÓN Kf
TECHOS	90 %
PAREDES	60 %
PLANO DE TRABAJO	50 %
SUELOS	50 %

Fuente: Norma Oficial Mexicana. NOM-025-STPS-1999. Condiciones de iluminación en los centros de trabajo.

Siguiendo al respecto,<sup>8</sup>El autor propone toda una serie de herramientas que permitirán obtener espacios interiores en condiciones de confort lumínico que realmente se requiere en un recinto.

Los principales parámetros cuantificables que tienen que ver con el confort lumínico son:

- 1.- iluminancia.
- 2.- luminancia.
- 3.- Relaciones de uniformidad.
- 4.- Uso del color ( temperatura de color e índice de rendimiento de color ).
- 5.- Modeling y Flicker.

- **La iluminancia** representa la cantidad de luz que tenemos en un espacio dado. Su unidad en el sistema internacional es el Lux (  $1 \text{ lx} = \text{Lm/m}^2$  ). Como se puede ver de la definición de lux, la iluminancia es una densidad de flujo luminoso, luz que incide en un área, aspecto que técnicamente en muchos edificios estos niveles no está considerado.

---

<sup>8</sup> Op. Cit pág 4



- En lo que respecta a la **luminancia**, esta variable se refiere a la magnitud física que percibe el ojo humano, y se conoce coloquialmente como brillantes. Se define como la intensidad luminosa de la fuente o superficie dividida entre su área aparente; en el sistema internacional, su unidad es el nit ( $1 \text{ nit} = 1 \text{ candela/m}^2$ ). Cuando la luz incide en un cuerpo, este solo puede afectarla de tres formas: reflejarla, absorberla o transmitirla.

Es de estos conceptos donde nace la importancia de manejar correctamente las luminancias en los espacios iluminados. Ya que aunque el nivel de iluminancia en un espacio sea correcto, la distribución de luminancia puede no ser adecuada, la distribución debe hacerse considerando tres aspectos principales:

- 1.- *Luminancias en el área o plano de trabajo*
- 2.- *rangos de luminancias a lo largo de la superficie del cuarto y*
- 3.- *el evitar el deslumbramiento por luminarias y ventanas.*

Respecto a la distribución de luminancias en el área de trabajo, podemos decir que la preferencia general es que la luminancia del fondo (superficie de un escritorio) sea menor que la de la tarea en sí. Es importante que también exista una adecuada selección de colores para ambas superficies y que el contraste entre ellos sea el apropiado.

- **Las relaciones de uniformidad** nos indican que tanta variación de iluminancia tenemos a lo largo de nuestro espacio. Generalmente se utilizan las relaciones de mínima o promedio para el plano horizontal y de promedio horizontal a promedio vertical.

Al igual que para los otros parámetros, existen recomendaciones de uniformidad para diferentes tareas o áreas a iluminar

- **El color** de las superficies interiores, ha mostrado ser un factor altamente influenciado en las personas ya que los niveles de reflectancias varían y en muchas ocasiones no es apropiado para lograr condiciones de confort lumínico la tabla 2.4 muestra los valores de reflectancia *según los colores*.

**Tabla 2.4** Reflectancia de los colores

Color	Porcentaje( % )
Blanco	80% a 90 %
Amarillo, rosa pastel	80%
Beige, lila pastel	70%
Azul, Verde pastel	70 % a 75 %
Amarillo mostaza	35%
Café mediano	25%
Azul mediano, verde	20% a 30 %
Negro	10%

**Fuente:** Ruth Lacomba. *Manual de Arquitectura solar*. Edit. Trillas, México 1991.

Los diferentes aspectos desde los cuales se ha estudiado, ofrecen teorías de cómo lo percibimos y del efecto de cada uno de ellos en el estado de ánimo de las personas. Cuando se trata de iluminación, además de la adecuada selección de los colores de las superficies ( bajo criterios estéticos, arquitectónicos y psicológicos ), se debe considerar dos aspectos mas; la temperatura de color y el índice de rendimiento de color. El índice de rendimiento de color ( CRI, por sus siglas en ingles: color rendering index ) es un parámetro de calidad de la iluminación sumamente importante. Básicamente nos indica que tan naturales aparecen los colores bajo la luz que los vemos. Es importante tener en cuenta que las personas esperan ver a los objetos de forma natural, tal y como aparecen bajo la luz del sol y que cualquier variación provocada por la iluminación artificial será interpretada inconscientemente por el cerebro como una situación anormal y que a la larga, producirá una sensación de disgusto e incomodidad.

- **El modeling**, es la habilidad del sistema de iluminación para revelar la textura y la tridimensionalidad de los objetos por medio de la creación de juego de luces y sombras. La apariencia general de un espacio se ve mejorada cuando los objetos que ahí se encuentran pueden ser vistos claramente. Una iluminación predominantemente direccional puede crear sombras severas , tanto en el plano vertical como en el



horizontal. Por otro lado, la iluminación de tipo indirecto o completamente difusa, causa la impresión de objetos planos. Se recomienda que no se utilice ninguno de estos extremos; ya que una combinación equilibrada puede crear un ambiente satisfactorio.

- La salida de luz de cualquier lámpara eléctrica es función de la corriente alterna a la que opera y para fines prácticos, se dice que sigue su forma de onda. Como resultado de lo anterior, la salida de luz varía en magnitud alternadamente desde un valor mínimo hasta un máximo. A este fenómeno se le denomina **flicker**, puede ser apreciado en sistemas fluorescentes o de alta densidad de descarga (principalmente mercurio y sodio en alta presión) con la parte exterior del ojo. Aun cuando el flicker no se percibe directamente, los cambios constantes en la salida de luz, provocan enrojecimiento de los ojos, irritabilidad y dolores de cabeza.

La salida de luz que emite el equipo de alumbrado es sensible al voltaje de entrada aplicado, y la gente es sensible a los cambios bruscos de iluminación. Un cambio de voltaje de 0.25 a 0.5 % causará una reducción notable en la salida de una lámpara incandescente y una reducción menos notable en lámparas de gas; la operación intermitente de equipo tal como soldadoras, arranque de motores y hornos de arco, pueden afectar el voltaje suministrado al equipo eléctrico y en consecuencia pueden afectar a las personas que contemplan luces parpadeantes.

Cuando las cargas son encendidas y apagadas rápidamente como en el caso de soldadoras de resistencia, o cargas que fluctúan rápidamente como los hornos de arco, producen rápidas fluctuaciones en la salida de luz de lámparas incandescentes y en menor grado en lámparas de descarga de gas que son llamadas parpadeo.

La susceptibilidad al parpadeo de luz varía ampliamente entre individuos; pruebas indican que algunos individuos son irritados por un parpadeo que es apenas notable para otros; estudios muestran que la sensibilidad depende en cuanto cambia la iluminación (magnitud), con qué frecuencia ocurre y el tipo de actividad que se esté realizando. El problema es más complicado por el hecho de que los sistemas de iluminación fluorescentes y otros, tienen diferentes características de respuesta a cambios de voltaje. Por ejemplo, la

iluminación incandescente cambia más en magnitud que la fluorescente, pero la segunda cambia más rápido que la incandescente. Los cambios bruscos de voltaje de un ciclo al siguiente son más notables que los cambios graduales sobre varios ciclos, el parpadeo de iluminación puede ser especialmente molesto si éste ocurre frecuentemente y es cíclico.

Cuando existe un parpadeo objetable y se tiene identificada la carga que lo produce, ésta puede ser reducida o eliminada; o por el contrario incrementar la capacidad del sistema de suministro para disminuir la caída del voltaje causada por la fluctuación de la carga.

El fenómeno de parpadeo puede ser dividido en dos categorías generales, parpadeo cíclico y parpadeo no cíclico. El parpadeo cíclico es el resultado de fluctuaciones periódicas de voltaje las cuales pueden ser causadas por la operación de un compresor de dos tiempos ó algún horno de arco eléctrico. El parpadeo no cíclico es el correspondiente a las fluctuaciones ocasionales de voltaje las cuales pueden ser originadas por el arranque de grandes motores.

El parpadeo de voltaje es la fluctuación de la amplitud del mismo normalmente a una frecuencia mucho menor que la frecuencia de suministro, la frecuencia puede ser una simple o una banda de frecuencias; el parpadeo de voltaje es normalmente expresado como el valor RMS de la modulación de la forma de onda dividido entre el valor RMS del voltaje fundamental; en otras palabras es el cambio de voltaje entre el voltaje fundamental.

Se dice que el parpadeo es normalmente un proceso estocástico dado que es el resultado del comportamiento de cargas variantes en el tiempo como los hornos de arco eléctrico.

### 3.- COMENTARIOS

- El confort térmico sin lugar a duda ha sido siempre un aspecto fundamental para el desarrollo de la sociedad, ya sin esa sensación agradable, el desarrollo de cada una de las actividades que realizamos estarían siempre mermados por la deficiencia e improductividad. Como se puede ver, mediante las técnicas de evaluación del confort térmico mediante el uso de la carta bioclimática, se pueden llevar a condiciones agradable los espacios de edificios no residenciales, ya que se puede evaluar todos los parámetros que están involucrados y que permiten de forma directa el bienestar de los individuos. En este mismo sentido, al hacer uso de esta técnica se estará implementando la ventilación natural que permitiría sustituir el uso de equipos mecánicos de ventilación, e incluso equipos de acondicionamiento de aire. Es en este aspecto donde los sistemas pasivos de ventilación natural nos conllevan al ahorro de energía eléctrica mediante el aprovechamiento de los recursos naturales disponibles.
- En cuanto al confort lumínico, para dar inicio al proceso de evaluación lo primero que se debe hacer es determinar si los niveles de iluminación en las distintas áreas de sus espacios interiores es la adecuada, según como lo indica la normatividad.<sup>9</sup> Posteriormente de conocer los valores requeridos de iluminación, se debe proceder en el redimensionamiento de los sistemas de iluminación, esto es mediante el uso de la luz natural incidente en el lugar, según sea su disponibilidad (se recomienda evaluar este parámetro, investigando la intensidad de nubosidad que se tiene en el transcurso del año según la región, o lugar en estudio). Cabe señalar que en muchas ocasiones cuando se desea implementar esta medida, a veces es necesario modificar el área acristalada de las ventanas a tal grado de aprovechar lo más que se pueda la luz solar con el objeto de brindar la iluminación necesaria; en este sentido se sugiere que se evalúe el tipo de cristal a utilizar en las áreas acristaladas en ventanas, ya que la cantidad de luz que penetre en el interior del edificio estará en función de la

---

<sup>9</sup>Op. Cit Pág. 14

- reflectancia de la pared, el techo, de la localización de la ventana y puertas, sus dimensiones y de la transmitancias del los cristales, al igual que obstrucciones externas. La cantidad promedio de luz en el espacio es directamente proporcional al área de ventanal, por lo que los sitios dentro del espacio variaran de niveles de iluminación considerablemente en función de la proximidad de las ventanas, pero es una medida que se tiene que realizar en el rediseño del las condiciones del edificio.
- Por otro lado, el color de las paredes es otro aspecto que es necesario considerar; ya que las propiedades de reflectancia según el color de las paredes , juega un papel importante en los interiores de las oficinas, aspecto que conlleva a tener una mayor claridad en el área de trabajo y como consecuencia se obtendrá el confort lumínico deseado. En muchas ocasiones, y a manera de respaldo, se puede combinar la luz natural y artificial al mismo tiempo; esto se hace cuando se consideran los espacios interiores que están lejos de la disponibilidad de la luz natural. Es este aspecto el que ha permitido reducir el consumo de energía eléctrica por concepto de iluminación en las grandes industrias, ya que es mínima la cantidad de luz artificial que se utiliza, por lo cual se refleja el enorme beneficio que conlleva a las industrias la combinación de la luz natural y artificial durante el día.

### 3.-VENTILACIÓN NATURAL

#### 1.- DESCRIPCIÓN TEORICA DE LA VENTILACION

La utilización del viento puede ser por diversos motivos, pero desde el punto de vista de diseño, la buena ventilación que se tenga en un espacio dentro de una envolvente permitirá a los individuos desarrollar sus funciones de mejor manera. Existe una serie de recomendaciones por diversos autores, entre ellos esta *José Roberto García Chávez* que indican cuales deben ser los factores de relación que hay que considerar para determinar las tasas de ventilación ; esto es con el objeto de alcanzar la ventilación que permita obtener el adecuado confort térmico dentro de un recinto .

<sup>10</sup>Por otro lado el movimiento continuo del aire es una necesidad para la sobre vivencia del hombre; puesto que la dispersión del aire contaminado y el confort humano dependen enormemente de su manejo adecuado. Se puede resumir la acción de la ventilación en distintas funciones : la primera , es de carácter prioritario , es la de mantener la calidad del aire sobre niveles aceptables , reemplazando el aire interior , viciado por las distintas actividades de los usuarios, por aire exterior fresco. La salud de los usuarios debe asegurarse de dar cumplimiento en el diseño con la satisfacción de esta vital función. La segunda es de proporcionar confort natural biotermico, al incrementar las perdidas de calor del cuerpo y prevenir la falta de confort por la acumulación de humedad en la piel. Una tercera función de la ventilación es la de enfriar la envolvente o piel constructiva del edificio cuando las temperaturas interiores sean mas altas que las del exterior , lo cual permite la disipación del calor por radiación del cuerpo de los usuarios hacia las superficiales enfriadas por el viento. al mismo tiempo es una necesidad primaria para el bienestar térmico o confort ambiental de los usuario de un espacio.

#### 2.- VENTILACIÓN NATURAL Y SU APROVECHAMIENTO EN ARQUITECTURA

En el diseño de un sistema de ventilación natural son muchas las variables que intervienen en el patrón del flujo de aire dentro de una habitación y en los efectos que este movimiento

---

10 .-García Chávez , J R y Fuentes V *Viento y A arquitectura Solar*. Edit. Trillas México, 1995.



de aire causa sobre los ocupantes en términos de confort. Las principales variables que se deben considerar son aquellas inherentes al viento, es decir: la velocidad, dirección, frecuencia y turbulencia. Estas deben analizarse sobre el sitio preciso de diseño, tomando en cuenta sus cambios diarios ( horarios ) y estacionales ( mensuales ), ya que como se explico anteriormente , los vientos predominantes, generales y regionales, comúnmente se alteran a causa de la características locales de topografía, vegetación y construcciones cercanas al terreno, Además, los vientos convectivos ocasionan variaciones diarias y estacionales en todas las variables del viento.

En segundo lugar, se deben considerar todas las variables arquitectónicas y constructivas; como la :

- Forma y dimensión del edificio
- Orientación con respecto al viento
- Localización y tamaño de las aberturas de entrada y salida del aire
- Tipo de ventana y sus accesorios
- Elementos arquitectónicos exteriores e interiores, etc.

Para lograr obtener una ventilación natural dentro de un recinto, es necesarios considerar diversos factores, ya que es necesario recordar que<sup>11</sup>La ventilación natural es la que emplea la fuerza del viento y la diferencias de temperatura para lograr el movimiento del aire que da origen a la ventilación de los locales, pudiéndose establecer como principios básicos de la ventilación natural los siguientes: la diferencia de altura, la diferencia de temperatura exterior e interior, diferencia de presión, acción del viento y la carga térmica. El comportamiento de cada uno de estos factores considerados produce diversos efectos. Así la acción del viento sobre un edificio origina unas zonas de sobrepresión que son variables con la dirección del mismo, creando, en el lado opuesto y laterales , unas zonas de depresión. Las diferencias térmicas entre el interior y el exterior del local entrando viento por la parte superior o

---

<sup>11</sup> **Carnicer Royo E.**, *ventilación industrial calculo y aplicaciones* Edit. Paraninfo, España, 1991.

inferior, es causa de zonas de sobrepresión y depresión. Cabe recalcar que para la ventilación de grandes naves de tipo industrial, suelen utilizarse varios sistemas de ventilación natural, desde el simple hueco en la cubierta pasando por los lucernario, las ventanas altas ubicadas en los laterales, la ventilación forzada ya sea lateral o e cubierta, por sombreretes, chimeneas de ventilación., etc. <sup>12</sup>Pero para el presente trabajo y a manera de referencia como se ha mencionado en los anteriores apartados, lo que nos interese es ver de que manera se se puede aprovechar la ventilación natural mediante la fuerza del viento, según los estudios realizados por diversos autores entre ello *José Roberto García Chávez* ya que lo que se pretende es que esta, sea introducida a través de la ventanas, esto es conociendo su intensidad y dirección a través de las diferentes meses, días y horas; Pero para tener mayor exactitud con el comportamiento del viento, tanto del piso inferior como el superior, es necesario saber que parte del edificio en los ventanales se tiene la mayor cantidad de captación de aire (m<sup>3</sup>/sg), para lograr el mecanismo de ventilación cruzada y como consecuencias se lograra remover y expulsar el aire viciado en el interior de las oficinas del edificio.

### 3.- CALIDAD Y CANTIDAD DE AIRE

El movimiento del aire, también tiene efectos térmicos en los individuos, ya que sin cambiar la temperatura se puede incrementar la disipación de calor del organismo. Cabe señalar que los movimientos del aire también tiene efectos no térmicos ( mecanismos) en la sensación de confort. Ya que algunas veces provocan malestar en los individuos. <sup>13</sup>Algunas relaciones subjetivas propuestas por **Szokolay,1981**. permitieron ver cual era la sensación que provocaba dependiendo de la velocidad del aire .

En el diseño de la ventilación es necesario considerar dos parámetros fundamentales: la calidad del aire y la cantidad requerida. Para evaluar la calidad del aire se debe estudiar la pureza del aire exterior que se va introducir para ventilar y las fuentes contaminantes interiores. Los principales gases contaminantes son el monóxido de carbono ( CO ), el

---

<sup>12</sup> Conocer la intensidad y dirección de los vientos dominantes con mayor exactitud, nos permitirá realizar un buen proyecto de diseño o remodelación de edificios, aspecto que nos garantizara obtener la ventilación necesaria en el momento mas critico del año

<sup>13</sup> **Szokolay,1981**. *Realizo estudios sobre distintas sensaciones que provoca el aire a los individuos dependiendo de la velocidad.*



dióxido de azufre (  $SO_2$  ), el dióxido de nitrógeno (  $NO_2$  ) y ozono<sup>14</sup> (  $O_3$ ), los cuales son totalmente inadecuados para la ventilación. Una habitación puede producir una sensación desagradable de incomodidad, si se alteran las propiedades físicas, químicas y biológicas del aire, benignas y necesarias, así mismo, se pueden producir cambios higrotermicos y deterioro progresivo de aire debido principalmente al aumento de la concentración de dióxido de carbono (  $CO_2$  ) que resulta tanto de los procesos normales de oxidación celular como de las combustiones corporales<sup>15</sup>; con todos estos factores, determinar la pureza del aire es algo complicado, pues intervienen muchas variables específicas para cada caso en particular.

#### 4.- METODOLOGÍA PARA EL CALULO DE LA VENTILACIÓN NATURAL

Se puede determina el requerimiento de renovación de aire con base en el contenido de dióxido de carbono, ya que este es, en general, la principal fuente contaminante. El aire puro contiene aproximadamente una proporción de 0.3% de  $CO_2$ ; en zonas urbanas, esta proporción se eleva frecuentemente de 0.07 a 0.1%. tal que los efectos nocivos se presentan cuando se rebasa la ultima cifra.

En una situación de régimen estacionario de producción de un gas contaminante y con una tasa fija de ventilación, se puede usar la siguiente ecuación para calcular en forma bastante aproximada la intensidad de ventilación que se requiere;<sup>16</sup>

$$V = G / (C_i - C_e) \quad \text{Ec. (3.1)}$$

Donde :  $V$  = tasa de ventilación (  $m^3 / \text{hra}$  )

$G$  = tasa de emisión de contaminantes

$C_i$  e  $C_e$  = concentración del gas en (%) en la mezcla interior que se introduce para ventilar.

---

<sup>14</sup> Lourdes Escobedo. (El medio) revista de Geografía Universal, año 10, Vol.19, num.5.

<sup>15</sup> Tudela F, *Ecodiseño*, U.A.M. Xochimilco, México, 1982.

<sup>16</sup> Op. Cit

Para efectos de calculo , puede adoptarse para cada adulto en reposo :  $g= 0.015 \text{ m}^3/\text{hra}$  si se desea que la concentración de  $\text{CO}_2$  no sobrepase el umbral de 0.1%; y la ventilación se realiza introduciendo aire bastante puro con un  $C_e= 0.03\%$ ; la tasa de ventilación seria :

$$V= 0.015 / ( 0.001 - 0.0003 ) = 21.4 \text{ m}^3/\text{hra-persona}$$

Para los cálculos de renovación de aire es necesario considerar que las rendijas que se forman alrededor de las puertas y ventanas pueden garantizar los niveles adecuados de ventilación , ya que se estima que un metro lineal de rendija proporciona, en general, una tasa mínima de ventilación de  $1.7 \text{ m}^3/\text{hra}$ , aun en ausencia del viento<sup>17</sup>.

Como ya se vio, la cantidad de aire que se requiere para respirar esta en función de la pureza o calidad del aire; pero en términos generales, se puede decir que este se garantiza con pequeñas aberturas e incluso con las rendijas naturales que tiene el edificio. Esto quiere decir que el diseño de la ventilación debe enfocarse principalmente hacia el logro del confort higrotermico de los usuarios y operantes dentro del edificio; la cantidad de aire vital queda inherente .

En estos términos, la ventilación puede considerarse separadamente de dos formas:

- El reemplazo o renovación del aire interno.
- El movimiento del aire que sienten los ocupantes.

En este sentido, se establecen respectivamente dos funciones higrotermicas:

- Crear perdidas de calor en el interior del espacio, al reemplazar el aire caliente y viciado con aire fresco y puro del exterior.
- Reducir la temperatura efectiva sobre el cuerpo, al incrementar el enfriamiento convectivo y evaporativo.

---

<sup>17</sup> Op.cit Pág.23

Algunos autores definen a la primera función como ventilación y a la segunda como aire en movimiento o aireación.<sup>18</sup>

## 5.- PERDIDAS DE CALOR POR VENTILACIÓN

<sup>19</sup>La temperatura interior de una habitación puede elevarse debido a :

- Ganancias causadas por el metabolismo basal y muscular de las personas.
- Radiación de sistemas de iluminación y equipos electromecánicos
- Ganancias caloríficas que originan equipos de combustión ( estufas, calentadores de gas, hornos, etc ).
- Ganancias solares que se dan a través de aberturas y estructuras.

La capacidad calorífica del aire varia ligeramente con la humedad, pero puede expresarse con razonable precisión por medio de la siguiente ecuación.<sup>20</sup>

$$W_v = 0.33 * N * V_o ( T_i - T_e ) \quad \text{Ec. (3.2)}$$

Donde :  $W_v$  = Capacidad calorífica del aire ( watts ) perdidas de calor.

$N$  = numero de cambios de aire / hora.

$V_o$  = volumen del local (m<sup>3</sup>).

$T_i$  = temperatura interior ( de salida en °c ).

$T_e$  = temperatura exterior ( de entrada en °c )

Por lo tanto, el numero de cambios de aire / hora necesarios para disipar una cierta cantidad de calor excesivo, es :

$$N = W_v / 0.33 * V_o ( T_i - T_e ) \quad \text{Ec. (3.3)}$$

---

<sup>18</sup> Op.cit.pag.10

<sup>19</sup> Op.cit. Pág. 23

Y la cantidad de aire que debe pasar cada segundo para garantizar este número de cambios es igual a:

$$Q = (V_o * N) / 3600 \text{ en m}^3/\text{sg.} \quad \text{Ec.(3.4)}$$

De tal forma, las pérdidas o ganancias de calor por ventilación también pueden expresarse por:

$$W_v = 1200 Q (T_i - T_e) \quad \text{Ec.(3.5)}$$

Donde :

Q = cantidad de ventilación ( m<sup>3</sup>/sg )

T<sub>i</sub> - T<sub>e</sub> = diferencia de temperatura.

## 6.- CANTIDAD DE AIRE QUE PASA A TRAVÉS DE UNA VENTANA

Una vez que se conoce la cantidad de aire que se requiere para la disipación de calor, se procede al dimensionamiento de las aberturas. En una habitación con ventilación cruzada, la cantidad de aire que pasa por una abertura depende directamente de:

- El área de la abertura.
- La velocidad del viento.
- La dirección del viento con respecto al plano de la ventana.
- La relación que existe entre el área de la abertura de la entrada y el área de la abertura de la salida. De tal forma :

$$Q = r * V * A ( \text{Sen } \theta ), \quad \text{Ec.(3.6)}$$

Donde : Q = cantidad de aire ( m<sup>3</sup>/sg).

V = velocidad del viento ( m/s )

A = Área de la abertura de entrada ( m<sup>2</sup> ).

θ = ángulo que forman la dirección del viento y el plano de la ventana.

( r ) = relación entre la abertura de entrada y salida.

( r ) = 0.5971108 \* fr. ( factor de relación )

Las relaciones y factores de relacionen para las distintas áreas de abertura de salida , a si como de entrada; se pueden ver en la tabla 3.1.

**Tabla 3.1** Relaciones y factores de relación

Area de salida / Area de entrada		Factores de relacion ( Fr )	
05:01	5	1.38	
04:01	4	1.37	
03:01	3	1.33	
02:01	2	1.26	
01:01	1	1	
03:04	0.75	0.84	
01:02	0.5	0.63	
01:04	0.25	0.34	

**Fuente:** Ruth Lacomba. *Manual de Arquitectura solar*. Edit. Trillas, Mexico 1991.

## 7.- COMENTARIOS

La utilización del viento, como se menciona en un principio, puede ser por diversos motivos pero desde el punto de vista de diseño o bioclimático, la buena ventilación que se tenga en un espacio dentro de una envolvente, debe permitir a los individuos desarrollar sus funciones de mejor manera; y esto solo se puede lograr mediante el buen análisis del diseñador o ingeniero en bioclimatismo. Hay una serie de recomendaciones por los autores, a quienes en cuestión se les analizan sus puntos de vista y consideraciones que se deben tomar para llevar a los espacios de edificios no residenciales a condiciones de confort térmico mediante el uso de la ventilación natural.

La ventilación interna apropiada juega un papel importante en el logro del confort del servicio, por esto, las ventanas y otros elementos de ventilación natural deben estudiarse de manera de poder controlar la circulación del aire. Además de evitar la posible entrada de agua, polvo, insectos y alimañas, Las aberturas o ventanas deben ubicarse de tal forma que se establezca la ventilación cruzada y a si lograr la circulación del aire en cada uno de los ambientes.

## 4.- ANÁLISIS DE LA GEOMETRÍA SOLAR

### 1.- DESCRIPCIÓN GENERAL

Como se había mencionado anteriormente, el recurso solar en nuestros días, a pasado a formar parte de los recurso que utilizamos en nuestra vida cotidiana para nuestra propia supervivencia. Es en este sentido, hemos aprendido a darle el gran significado que tiene en cualquiera de las grande aplicaciones que se requiera. Por lo que al respecto; de toda la gama de factores naturales y condicionantes ambientales que interactúan en un proyecto, ya sea arquitectónico o urbano, el *sol*, es sin lugar a dudas, el que influye de manera mas importante en el proceso arquitectónico. El control de la acción del Sol en la arquitectura y urbanismo tienen un carácter prioritario. La climatización natural de las edificaciones se logra en gran medida al controlar la acción de Sol en ellas y su entorno, y esto es, a través de diversas técnicas que permiten determinar las coordenadas solares en un momento dado, a si como su aplicación en el diseño y evaluación de dispositivos de sombreados y control solar en la arquitectura y el urbanismo.

### 2.- METODOS PARA DETERMINAR LA POSICIÓN DEL SOL EN LA EDIFICACIONES

<sup>21</sup>Existen diversos métodos para conocer y analizar el comportamiento solar en las edificaciones y espacios abiertos, con fines de diseño y evaluación. Estos métodos son: modelos matemáticos, algoritmos, nomogramas, diagramas gráficos, modelos físicos tridimensionales, programas computacionales y medios fotográficos en combinación con métodos gráficos. Pero en el presente trabajo se analizara el método matemático , ya que estos presentan información precisa y se recomiendan cuando se requieren de un alto grado de exactitud.

Para el presente trabajo, interesa analizar las metodologías que han emitido diversos autores ya que a través de ella podremos visualizar la forma como incide la radiación solar sobre cada uno de los elementos de una envolvente. En este sentido, se analiza la metodología

---

<sup>21</sup>Lacomba R. *et al*, *Manual de Arquitectura Solar.*, Edit.Trillas, México, 1991.



proporcionada por Ruth Lacomba y José Roberto García Chávez; la figura 2 muestra la relación geométrica que tienen estos ángulos.

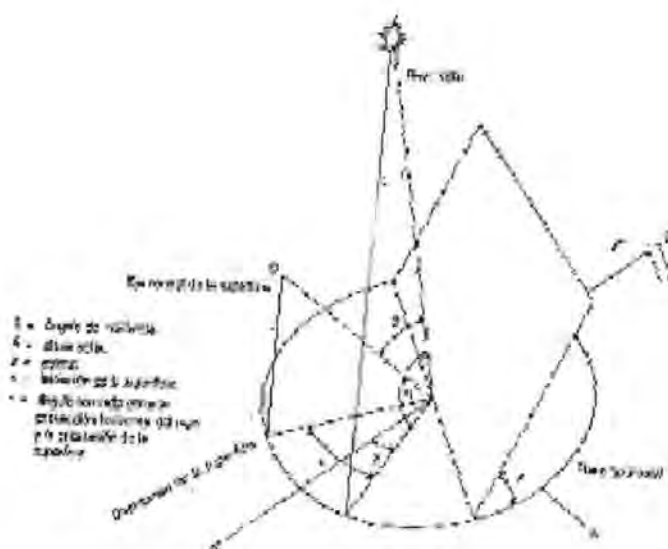


FIGURA 2. Ángulos solares

Cabe señalar que es necesario saber interpretar los ángulos Solares para comparar los puntos de vista de diversos autores, ya que a través de estos éstos ángulos se podrá



determinar y evaluar las ganancias térmicas que se tengan en el edificio por diversos conceptos.

### .3.- DEFINICIÓN Y RELACION GEOMÉTRICA DE LOS ANGULOS SOLARES.

A continuación se presenta la otra metodología para el calculo de los ángulos solares, ver Figura 3. que proporciona la Asociación Nacional de Energía Solar en su XX semana Nacional en Septiembre de 1996, ya que las diversas formas en que el Sol incide sobre la geometría de los edificios no residenciales es analizada en esta Obra, de tal manera que en ella se refleja con claridad los ángulos solares, y la forma para determinar cada uno de los componentes esenciales en la geometría solar,

- Angulo solar de altitud (a partir de la horizontal)  $\theta$
- Angulo solar de acimut (a partir de norte)  $\alpha$
- Angulo de pared acimutal (orientación, a partir del N)  $\alpha_0$

- Angulo de sombra horizontal (diferencia acimutal)  $\beta$
- Angulo de sombra vertical (en el plano perpend.)  $\gamma$
- Angulo de incidencia  $\beta_i$

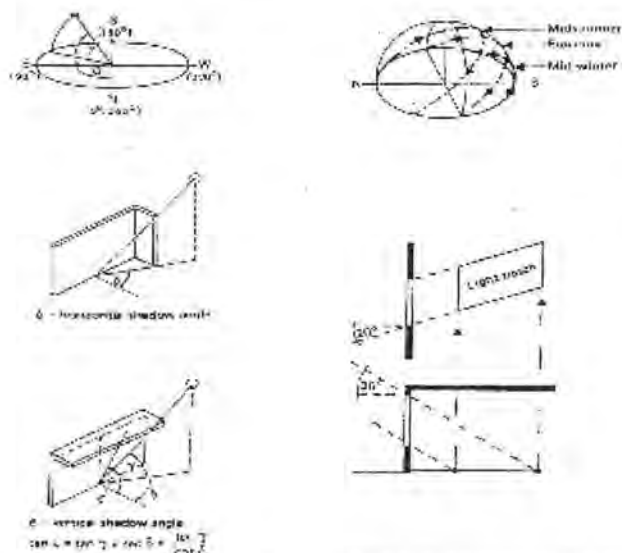


Figura 3.  
Metodología para el  
calculo de la  
geometria Solar

La posición del Sol en el hemisferio celeste ( bóveda celeste ) en cualquier lugar , hora y día, puede determinarse en función de dos ángulos: acimut ( $\alpha$ ) y altitud ( $\theta$ ). Estos dos ángulos indican la posición del Sol en relación a las coordenadas geográficas. Si la posición del Sol

se requiere especificar en relación a la fachada de un edificio, ello puede hacerse a traves de otros dos ángulos: ángulo de sombra horizontal ( $\delta$ ) y ángulo de sombra vertical ( $E$ ). Estos ángulos se miden a partir de una perpendicular a la superficie analizada ( pared o ventana ), localizada en el plano horizontal y vertical ( $\delta$  y  $E$ ).<sup>22</sup>

Para efectos de diseño y determinación de la forma y orientación optima de un edificio, el uso de los ángulos de acimut y altitud no es conveniente. Es de mayor validez para el diseño y evaluación de dispositivos de control solar, el uso de los ángulos de sombra horizontal y vertical.

El ángulo de sombra horizontal ( $\delta$ ), es el ángulo que se forma a partir de una perpendicular a la superficie o fachada en estudio y la línea que intercepta la proyección del Sol en el plano horizontal. Se define también como la diferencia acimutal, es decir,  $\delta = (\alpha - \chi)$ , el ángulo acimut menos el ángulo de la orientación de la fachada, analizada desde el norte de referencia. Donde  $\chi$ , es la orientación de la fachada analizada, medida, al igual que el acimut, a partir del norte, a  $\chi$  también se le conoce como acimut de pared. Por otro lado, el ángulo de sombra vertical ( $E$ ), es la proyección del ángulo solar de altitud en un plano perpendicular a la fachada del edificio. Cuando los rayos solares caen perpendicularmente a la fachada, el ángulo solar de altitud y el ángulo de sombra vertical son idénticos. En todos los demás casos, cuando el Sol esta hacia un lado u otro de la orientación normal del edificio, el ángulo de sombra vertical es mayor que el ángulo de altitud.

El ángulo de sombra vertical se calcula con la siguiente ecuación:

$$\text{Tan } E = \tan \theta / \text{Cos} \delta \quad \text{Ec.(4.1)}$$

El ángulo solar de incidencia ( $\beta$ ) en cualquier superficie se calcula con la siguiente expresión:

$$\text{Cos } \beta = (\text{Sen } \theta * \text{Cos } \psi) + (\text{Cos } \delta * \text{Cos} \theta * \text{Sen } \psi) \quad \text{Ec.(4.2)}$$

Donde  $\psi$  es la inclinación del plano analizado a partir de la horizontal.

<sup>22</sup> Asociación Nacional de Energía Solar, *Diseño Bioclimatico de Edificios.*, 1996

#### 4.- SECUENCIA PARA EL CALCULO MATEMÁTICO DE LOS ANGULOS SOLARES DE ALTITUD Y ACIMUT

La secuencia consiste en determinar lo siguiente :

A ) El día del año: n            B ) El día angular: A;

$$A = (360 * n) / 365.35 \quad \text{Ec.(4.3)}$$

C ) La declinación solar: D.

$$D = \text{arc Sen. } [ 0.3978 * \text{Sen. } A - 80.2 + 1.92 * \text{Sen. } ( A - 2.8 ) ] \quad \text{Ec.(4.4)}$$

D ) El ángulo solar horario : H

$$H = 15 ( \text{hora} - 12 ) \quad \text{Ec.( 4.5)}$$

E ) El ángulo de altura solar, altitud: Y

$$Y = \text{arc Sen } [ ( \text{Sen } L * \text{Sen } D ) + ( \text{Cos } H * \text{Cos } L * \text{Cos } D ) ] \quad \text{Ec.(4.6)}$$

F ) El ángulo solar horizontal; acimut: X

$$X = \text{arc Sen } [ ( \text{Cos } D * \text{Sen } H ) / ( \text{Cos } Y ) ] \quad \text{Ec.(4.7)}$$

Para determinar estos ángulos, los criterios que se deben de tomar, son los siguientes:

- a) Que ( n ) y el día angular ( A ) del año, sea analizado con minucioso cuidado. ya que este al realizar los cálculos; debe corresponder según los datos climatologicos disponibles y analizados al día donde se considera que las temperaturas son las mas criticas del según el mes de dicho año.
- b) En lo que respecta a la declinación solar ( D ), esta nos permitirá ver la posición del Sol según su inclinación y la incidencia sobre las partes del edificio en estudio, ya que como se sabe, esta cambia en el transcurso del año, y como consecuencia, es necesario conocer las paredes e la envolvente y sobre la cual incide la radiación solar que es lo que interesa en el estudio.

- c) El ángulo solar horario, debe ser considera en los horarios ( rango de tiempo ), donde empieza a tener con mayor incidencia la radiación Solar, ya que a partir de estos, es donde se empieza a dar el flujo térmico hacia el interior de la envolvente.
- d) Por ultimo, es necesario determinar con gran precisión los ángulos solares de altitud y acimut; esto es debido a que nos permitirán calcular las ganancias térmicas que se tiene como efecto de la radiación Solar incidente en la techumbre y paredes del edificio.

De acuerdo a la metodología presentada por la compilación de Ruth Lacomba y Roberto García Chávez; el procedimiento a seguir para el Calculo Matemático de los ángulos solares, es el siguiente.

A fin de determinar la posición solar , primero se debe establecer la declinación para el día específico de análisis. Esto de puede hacer mediante la ecuación de cooper:

$$D = 23.45 \text{ Sen } 360 ( 284 + N ) / 365 \quad \text{Ec.(4.8)}$$

Donde :

D : declinación del sol y,

N : numero del día del año.

La altura solar y el azimut se pueden obtener si se aplican las ecuaciones siguientes:

$$\text{Sen } h = \text{Cos } L * \text{Cos } D * \text{Cos } T + \text{Sen } L * \text{Sen } D \quad \text{Ec.(4.9)}$$

$$\text{Sen } Z = (\text{Cos } D * \text{Sen } T ) / \text{Cos } h \quad \text{Ec.(4.10)}$$

Donde :

H ( h ) : altura solar

L : latitud del lugar

D : declinación solar

T : ángulo horario

Z: acimut

El ángulo de incidencia formado por el rayo solar y la normal de una superficie cualquiera , que no sea horizontal, se puede obtener mediante:

$$\text{Cos } \theta = (\text{Cos } h * \text{Cos } C * \text{Sen } S) + (\text{Sen } h * \text{Cos } S) \quad \text{Ec.(4.11)}$$

Donde:

$\theta$  : ángulo de incidencia

h : altura solar

C : ángulo formado entre el acimut del rayo solar y la proyección horizontal de la normal de la superficie ( orientación de la fachada ).

S : inclinación de la superficie con respecto al plano horizontal.

Nota: Si la superficie es vertical, entonces:

$$\text{Cos } \theta = \text{Cos } h * \text{Cos } C \quad \text{Ec.(4.12)}$$

## 5.- COMENTARIOS

Estamos concientes de la importancia que es el recurso Solar en nuestros días, es por ello que diversos autores han realizado valiosos estudios acerca de su intensidad y la forma de cómo incide sobre la Tierra en diferentes meses del año. En este sentido, los autores han considerado a la geometría solar como la parte fundamental que determina la posición del sol y su incidencia para cada instante del día y sobre cualquier superficie. De tal forma, que en los procesos de diseño y dimensionamiento de edificios no residenciales, hay elementos tan importantes que es necesario considerar, como los efectos de sombra, las techumbres de la envolvente, la superficies verticales expuestas al Sol, en fin todos ellos están ligados con los ángulos solares que rigen el comportamiento de la radiación Solar para cada instante en el transcurso del día. El conocer con precisión la magnitud de cada uno de los ángulos solares,

permitirá a los diseñadores y a quienes se dedican a la ejecución de un proyecto de esta índole, que las ganancias térmicas que se obtengan en cada uno de los elementos de la envolvente sean mínimas. Mediante este análisis, se podrá orientar el edificio a las condiciones favorables con el consiguiente objetivo de aprovechar la ventilación natural, mediante la ventilación cruzada para contrarrestar las ganancias térmicas por radiación solar y de esta forma llevar a condiciones de confort térmico, sus espacios interiores.

Por otro lado, cabe señalar que en climas calurosos, secos y húmedos, los periodos de sobrecalentamiento son prácticamente todo el año. Es decir, siempre que la temperatura exterior sea igual o mayor al límite inferior del rango de confort, se deben sombrear totalmente todas las aberturas zonas vulnerables al impacto de la radiación solar, ya que potencialmente causan un efecto térmico desfavorable a los usuarios.



## 5-ANALISIS TERMICO DE LA ENVOLVENTE

### 1.-Principios generales

Uno de los puntos importantes en el diseño bioclimático es el manejo adecuado de la energía Solar y de los materiales y sistemas constructivos como elementos básicos de climatización natural. La experiencia en este campo señala que desde hace muchos años, las grandes civilizaciones consideraron a la geometría solar y las propiedades termofísicas de los materiales constructivos, a fin de lograr condiciones ambientales adecuadas en sus habitaciones. Por lo contrario, la arquitectura contemporánea parece olvidar su relación con el ambiente natural y sacrifica el bienestar de los usuarios a cambio de una expresión formal entendidas que obedece a modas transitorias. Ejemplo de lo anterior se ve cotidianamente en viviendas rurales que sustituyen el techo de palma por laminas de cartón asfáltico o de asbesto-cemento<sup>23</sup>. En este sentido, es necesario analizar la forma en que cada uno de los elementos que conforman la envolvente interactúa con el medio exterior, ya que de esta forma las ganancias térmicas que se dan, son producto de las condiciones exteriores e interiores de los sistemas constructivos.

A continuación se presenta la metodología del balance térmico, esta metodología es producto de una compilación hecha por la Autora<sup>24</sup>, en la cual se describe los diferentes mecanismos de transmisión de calor, aspectos que se deben considerar en el diseño e implementación de sistemas pasivos, En este sentido, me percate de que es necesario describir las formulas de cada una de ellas, ya que permitirán determinar las ganancias o pérdidas de calor según sea el caso sobre la piel de la envolvente. Para ello, es necesario conocer la cantidad total de ganancias térmicas que se obtienen en el interior del recinto ( edificios no residenciales ), ya que habrá que disiparla por medio del mecanismo de la ventilación natural y como resultado alcanzar el confort térmico deseado. Los mecanismos se describen a continuación:

---

<sup>23</sup> Lacomba R. *Op.cit.*

<sup>24</sup> Lacomba. R. *Op.cit.* Pág.32

## 2.-Nociones básicas de transmisión de calor

### 2.1.- Conducción, convección, radiación y coeficiente global de transmisión de calor

Cuando dos puntos están a distinta temperatura, se transmite energía calorífica desde el punto más caliente a más frío; la forma de transmisión depende del medio que separa esos puntos. Estas formas distintas se conocen como mecanismos de transmisión de calor, y son los siguientes<sup>25</sup>.

*Conducción:* tiene lugar cuando entre los puntos existe un medio material, sea buen conductor del calor o no. El medio material puede ser sólido, líquido o gaseoso, pero no hay superficies de separación entre distintas fases.

*Convección:* la transmisión se realiza entre una superficie y un fluido ( líquido o gas ) en contacto, que se encuentra a distinta temperatura.

*Radiación:* Es el mecanismo utilizado cuando el calor se transmite de un punto a otro sin que sea utilizado un medio material entre ambos. Es el único mecanismo que permite la transmisión en el vacío.

*En lo que se refiere al coeficiente global de transmisión de calor, se puede describir de la siguiente forma:*

Cuando se transmite calor entre dos cuerpos, en la mayoría de las situaciones habituales interviene más de un mecanismo de transmisión de calor, y este hecho debe tenerse en cuenta al calcular el coeficiente de transmisión de calor que llamaremos global, para diferenciarlo del individual, en que solamente participa un mecanismo de transmisión de calor. También se puede describir como el inverso de la resistencia ( aire-aire ) es la transmitancia ( aire-aire ) o comúnmente conocida como coeficiente de transmisión ( U ).

---

<sup>25</sup> **Lluís J. Aislamiento Térmico.** Monografía de Climatización y Ahorro Energético., Edit. Ceac, Barcelona España, 1998.

## 2.2.-Transmisión aire-aire

Al analizar la transferencia de calor entre el aire y un cuerpo, o viceversa, es conveniente combinar las componentes convectivas superficial y radiantes en un solo coeficiente de conductancia superficial:

$$F = h_c + h_r \text{ [ w/m}^2\text{°C]} \quad \text{Ec.(5.1)}$$

Por ejemplo para superficies ordinarias a 20°C:

A ) superficies verticales interiores :

$$H_r = 5.7 * 0.9 = 5.13$$

$$H_c = 3.00 \text{ y } f_i = 8.13$$

B ) superficies verticales exteriores :

$$H_r = 5.7 * 0.9 = 5.13$$

$$H_c = 5.8 + (4.1 * v) \quad \text{Ec.(5.2)}$$

$$F_e = 10.93 + (4.1 * v) \quad \text{Ec.(5.3)}$$

El recíproco de la conductancia superficial es la resistencia superficial ( 1/f ), de forma que si se suman estas resistencias a la resistencia total de un elemento, se obtiene la resistencia total aire-aire; así:

$$R_a = 1 / f_i + R_t + 1 / f_e = 1 / f_i + b_1/k_1 + b_2/k_2 + \dots b_n / k_n + 1 / f_e, \text{ [ m}^2 \text{ °C /W ]}. \quad \text{Ec. (5.4)}$$

Donde :

R<sub>a</sub> : resistencia aire-aire

1/f<sub>i</sub> : resistencia superficial interna

R<sub>t</sub> : resistencia del objeto o elemento

1/f<sub>e</sub> : resistencia superficial externa

El inverso de la resistencia ( aire –a aire ) es la transmitancia ( aire a aire ) o comúnmente conocido como coeficiente de trasmisión U. bajo este nuevo concepto de transmitancia , el flujo de energía calorífica por conducción a través de muros u otros elementos constructivos es :

$$Q_c = A * U * ( T_i - T_e ) \quad \text{Ec.(5.5)}$$

Donde:

$T_e - T_i$  : diferencia de temperatura, temperatura exterior y la interior.

A : Área superficial de transferencia

U : Coeficiente de trasmisión

### 2.3.- Control térmico

Es muy importante analizar los flujos de energía en una estructura, por que con ello se pueden controlar las condiciones térmicas de los espacios interiores y, por lo tanto, obtener condiciones de confort térmico, en las que el cuerpo ejerza un mínimo esfuerzo para mantener su equilibrio interno. De esta forma se propiciara el bienestar físico de los habitantes y les permitirá ser mas eficientes y tener un optimo desarrollo de sus actividades.

### 3.-Balance térmico

Existe balance térmico cuando la suma de todos los flujos de calor es igual a cero:

$$Q_s + Q_i + Q_c + Q_v + Q_m - Q_e = 0 \quad \text{Ec.(5.6)}$$

Donde :

$Q_s$  : es la ganancia solar

$Q_i$  : ganancias internas

$Q_c$  = ganancias o perdidas por conducción

$Q_v$  : ganancias o perdidas por ventilación

$Q_m$  : ganancias o perdidas por sistemas mecánicos

$Q_e$  : perdidas por enfriamiento evaporativo.

Nota: Cuando la suma sea mayor que cero, la temperatura interior se incrementara; pero cuando sea menor que cero o negativo, la temperatura interior decrecerá.

### 3.1.-Ganancia Solar ( $Q_s$ )

Este flujo de energía solo puede ser positivo y se refiere a la aportación de calor por radiación solar. Como ya se había definido anteriormente, la ganancia de calor absorbido por la superficie de un material es:  $Q_s = G A \alpha$  **Ec.(5.7)**

Sin embargo, esta cantidad de calor será afectada por la relación de la transmitancia del elemento entre la resistencia superficial externa; así, la energía calorífica por radiación que pasa a través de material al espacio interior es:  $Q_s = G A \alpha$  **Ec.(5.8)**

La radiación solar incidente (  $G$  ) esta determinada por la cantidad de energía radiante solar que se recibe a nivel extraterrestre sobre una superficie normal a los rayos solares ( esta cantidad de energía se halla en función del grado de actividad solar y de la distancia entre el Sol y la Tierra en un momento determinado), por el espesor de la capa de la atmosfera que debe atravesar la energía radiante, por el grado de turbiedad atmosférica y contenido de humedad, por el ángulo de incidencia de los rayos solares con respecto a una superficie dada.

La tabla 1 muestra la Energía directa recibida al ras del suelo (  $I$  ), suponiendo que el Sol estuviera en el cenit en la fechas indicadas; sin embargo , para aplicaciones arquitectónicas, en las cuales no se requiere excesiva precisión , se puede emplear como constante una intensidad de 930 w/m<sup>2</sup> como la energía susceptible de captar un metro cuadrado de superficie teórica negra, en posición horizontal con el Sol en el cenit y considerando una atmósfera limpia con un grado de turbiedad bajo. También se muestran los valores de radiación difusa para las mismas fechas. Desde luego tal cantidad de radiación teórica esta en función de la posición real del Sol para un lugar y tiempo determinados.



**TABLA 5.1** Radiación teórica al ras del suelo

Fecha	Radiación Directa ( w/m2 )	Rad.Dircta/ Rad.Difusa)
21 Ene.	1067	0.058
21 Feb.	1051	0.06
21 Mzo.	1015	0.071
21 Abr.	948	0.097
21 Myo.	907	0.121
21 Jun.	886	0.134
21 Jul.	882	0.136
21 Ago.	905	0.122
21 Sep.	964	0.092
21 Oct.	1016	0.073
21 Nov.	1052	0.063
21 Dic.	1070	0.057

**Fuente:** Ruth Lacomba. *Manual de Arquitectura solar. Edit. Trillas, Mexico 1991.*

Para precisar la posición del Sol y el ángulo de incidencia de los rayos solares sobre cualquier superficie, en el presente trabajo se recomienda recurrir a la geometría solar (ver apartado de geometría solar en la sección correspondientes ) y a la trigonometría esférica con el fin de determinar los ángulos solares. Dichos ángulos serán de gran utilidad en el posterior calculo de las ganancias térmicas por concepto de radiación solar sobre las superficies del edificio.

La intensidad de radiación solar cuando el sol tiene un ángulo de altura solar ( h ) sobre el horizonte es :

$$G = I * \sqrt{\sin h} \quad \text{Ec.(5.9)}$$

Cuando la radiación incide sobre una superficie no horizontal, se puede calcular mediante la formula :

$$G = ( I ) ( \sqrt{\sin h} ) * \cos \theta \quad \text{Ec.(5.10)}$$



### 3.2.-Ganancias internas ( Qi )

Este flujo de energía solo puede ser positivo y se refiere al calor que aportan las personas debido a su grado de actividad metabólica, a los sistemas de iluminación artificiales y a los aparatos domésticos electromecánicos. La tabla en el capítulo uno muestra las tasas metabólicas promedio para hombre adultos. El metabolismo se define como el proceso químicobiológico por medio del cual el cuerpo genera su energía y mantiene el funcionamiento de sus sistemas vitales. El desprendimiento de calor que se produce por metabolismo puede ser de dos tipos:

A ) por metabolismo basal, es decir, por la energía mínima que se requiere para mantener la temperatura del cuerpo en estado de absoluto reposo ( vegetativo ).

B ) por metabolismo muscular, es decir, el desprendimiento de calor por actividad muscular al desarrollar un trabajo.

### 3.3.-Ganancias o pérdidas por conducción ( Qc )

Como ya se estableció, la conducción de calor aire-aire a través de un elemento es :

$$Q_c = A * U * dT \quad (\text{watts}) \quad \text{Ec.(5.11)}$$

Si un espacio está delimitado por elementos diferentes ( techos, pisos, ventanas, etc. ) el flujo de calor total por conducción será :

$$Q_c = \Sigma ( A * U * dT ) \quad \text{Ec.(5.12)}$$

Donde:

$T_e - T_i = dT$ : diferencia de temperatura, temperatura exterior y la interior.

A : Área superficial de transferencia

U : Coeficiente de transmisión

### 3.4 Ganancias o pérdidas por ventilación ( Qv )

El flujo de calor por ventilación es :

$$Q_v = 1200 \cdot V \cdot \Delta T \quad \text{Ec.(5.13)}$$

Donde ( V ) , es la magnitud de ventilación, volumen de aire por unidad de tiempo ( m<sup>3</sup>/s ) y se puede expresar en función del número de cambios de aire por hora:

$$V = ( N \cdot V_o ) / 3600 \quad \text{Ec.(5.14)}$$

Donde :

V: ventilación en ( m<sup>3</sup> /s )

N : número de cambios de aire

V<sub>o</sub> : volumen de la habitación ( m<sup>3</sup> )

La cantidad de ventilación que pasa por una ventana como se menciono anteriormente, ( siempre y cuando exista ventilación cruzada ) queda expresada por la formula :

$$V = R \cdot A \cdot v \cdot (\text{Sen } \theta). \quad \text{Ec.(5.15)}$$

Donde:

V : ventilación ( m<sup>3</sup>/s)

R: relación entre la abertura de entrada y la salida

A: área de la ventana ( m<sup>2</sup> )

(v) : velocidad del viento en ( m/s )

θ: ángulo de incidencia del viento con respecto al plano de la ventana

R= 0.5971108 ( fr = factor de relación )

### 3.5.-Ganancias o pérdidas por sistemas mecánicos ( Qm )

Este concepto se refiere a los sistemas de calefacción, refrigeración o de aire acondicionado, aunque como ya se ha mencionado, estos dispositivos de climatización artificial se deben usar lo menos posible y solo como complemento a los sistemas pasivos. Esto se debe a que estos dispositivos generaran calor durante su proceso de operación y además producen problemas adicionales, como resequedad del ambiente, condensación o saturación, y cambios bruscos de temperatura entre los espacios interiores. La tabla 2 Muestra la Aportación de Energía de equipos electromecánicos

**TABLA 5.2** Aportación de energía por equipos electromecánicos.

Dispositivo	Calor disipado durante el funcionamiento	
Aparatos comunes que generan Calor	Calor sensible(Btu / hra )	Calor latente ( Btu / hra )
Luz electrica y aparatos electricos, por Kw instalado	3,413	..
Motores con Carga aplicada en el mismo cuarto por H.P		
de :        1/8 a 1/2 hp	4,250	..
1/2 a 3 hp	3,700	..
3 a 20 hp	2,950	..
Cafetera Electrica de 3 Galones	2,200	1,500
Cafetera Electrica de 5 Galones	3,400	2,300
Estufa de Gas	3,100	1,700
Calentador de agua	3,150	3,850
Horno domestico de Gas	8,100	4,000
Cafetera de Gas de 3 Galones	2,500	2,500
Cafetera de Gas de 5 Galones	3,900	3,900
Superficies calentadas por vapor, por pie cuadrado:		
Superficie pulida	130	..
superficie sin pulir	330	..
Superficie aislada	80	..
Secadores de pelo para sala de belleza		
Tipo soplador	2,300	400
Tipo casco	1,870	330
Restaurantes por comida servida	30	..

Fuente: Guía para aplicar criterios de eficiencia energetica en construcciones. FIDE, 1997.

#### 4.- COMENTARIOS

En el análisis térmico de la envolvente, hay una serie de aspectos a considerar, ya que las ganancias térmicas que se obtengan en los sistemas constructivos se deberá a los factores involucrados en él. En este sentido la autora *Ruth lacomba*, mediante una recopilación hace un análisis de los flujos de energía que se presentan en los espacios interiores en sus distintas formas. En la actualidad no se debe echar de menos en el proceso de diseño y dimensionamiento de edificios no residenciales estos aspectos, ya que en un futuro, cuando los edificios presentan deficiencias de confort térmico, se tiene que recurrir a la climatización artificial, aspecto que involucra el uso desmedido de la energía eléctrica. Es por ello que se sugieren hacer uso del método de balance térmico, ya que se considera como una herramienta bastante útil para manejar las variables implicadas y traducirlas en decisiones concretas de diseño.

En términos generales, cuando se realice el análisis térmico de la envolvente, será necesario que se involucre tanto las ganancias como las pérdidas que se presentan. Por mencionar algunas, cuando se hace referencia a las ganancias solares es importante considerar las variables siguientes:

- la forma del espacio y de la estructura, su relación superficie-volumen, su orientación, y las aberturas y los dispositivos de control solar de sombreado.
- Por otra parte, si se habla de ganancia por conducción, se debe destacar la relación superficie-volumen, las características termofísica de los materiales y sistemas constructivos así como la inercia térmica.
- Para ganancias o pérdidas por ventilación, la orientación, ubicación, forma y tamaño de las aberturas es determinante, así como controlar adecuadamente las infiltraciones.
- Al estudiar las ganancias internas, además de analizar el uso del espacio, la actividad y el arropamiento de los ocupantes, se deben evaluar los sistemas de alumbrado, la óptima ubicación de los equipos electrodomésticos. Cabe mencionar que la mayoría de las veces, las variables están interrelacionadas de tal forma que al variar una de ellas, las demás se verán afectadas.

## CONCLUSIONES

El paradigma actual en que vivimos, nos lleva a confrontar nuevos retos, que sin lugar a duda nos permiten reflexionar sobre el continuo deterioro de nuestros recursos energéticos. En este sentido las conclusiones y recomendaciones que se obtienen al concluir el presente análisis monográfico de las valiosas aportaciones de los autores que han sido destacados en los temas, me conllevan a entrar en un contexto analítico de reflexión y de esta forma sugerir y recomendar las técnicas que conllevan al ahorro de energía mediante la implementación de los sistemas pasivos en edificios no residenciales.

Por lo que al emitir los resultados de este análisis, me permito a concluir lo siguiente:

Conocer y analizar las condiciones climáticas de un lugar, preferentemente a nivel microclimático es el punto de partida para el desarrollo de un proyecto bioclimático, ya que esta es la información que indicará los valores que tiene las variables climatológicas en un sitio específico y que permitirán llevar a condiciones de confort térmico los espacios interiores, a fin de lograr armonía y el benévolo sentir de quienes lo habiten. Para ello, cabe recalcar que para conocer las condiciones climáticas, es preferible monitorear el lugar y tomar mediciones de los principales parámetros, ya solamente mediante esta forma, se podrá dimensionar y diseñar espacios que garanticen sensaciones de confort térmico y que permitan al individuo desarrollarse en su vida cotidiana.

En este mismo sentido, quienes se dediquen al diseño y dimensionar edificios no residenciales, según este análisis, deberán de considerar todos estos aspectos, ya que de ellas dependerá el buen comportamiento térmico de los elementos que conforman la envolvente.

Por otro lado, el confort lumínico, es uno de los elementos esenciales en las grandes industrias, mas sin embargo, es la que mayores deficiencias presenta, ya que pasa por desapercibido por quienes se dedican al dimensionamiento e instalación de los sistemas de iluminación. Según el presente análisis bibliográfico, los que se dediquen a la evaluación de este confort, a dimensionar e instalar estos sistemas, lo primero que deben hacer, es determinar si los niveles de iluminación cumplen con la normatividad.



Posteriormente de conocer dichos valores, deberán proceder con el redimensionamiento de los sistemas de iluminación, esto es, haciendo uso de la luz natural incidente en el lugar. Al hacer uso esta medida, a veces es necesario modificar el área acristalada de las ventanas a tal grado de aprovechar lo mas que se pueda, ya que el objetivo es lograr que la luz solar penetre y proporcione la iluminación necesaria. Se sugiere que se evalúe el tipo de cristal a utilizar en las áreas acristaladas en ventanas y puertas , ya que la cantidad de luz que penetre en el interior del edificio estará en función de la reflectancia de la pared, el techo, localización de ventana y puertas, sus dimensiones, de la trasmitancias del los cristales, al igual que obstrucciones externas. por lo que los sitios dentro del espacio variaran de niveles de iluminación considerablemente en función de la proximidad de las ventanas, pero es una medida que se tiene que realizar en el rediseño del las condiciones del edificio.

Por otra parte, la ventilación natural es la que permitirá disipar las ganancias de calor que se obtienen en el interior de los edificios no residenciales, y que según las recomendaciones de los autores, se pueden emplear mecanismo de ventilación cruzada que tiene como objetivo inducir los flujos de aire a través de ventanas, muros, etc. Para renovar el aire viciado que se obtiene como producto de las actividades de las personas. Y a si con esta medida, evitar el uso de aires acondicionado que como se sabe, son equipos que utilizan grandes cantidades de energía eléctrica, de tal forma que se estaría ahorrando energía eléctrica.

En este mismo contexto, según el presente análisis la arquitectura bioclimatica mediante la implementación de los sistemas pasivos, atiende los problemas energéticos de edificios no residenciales, ya que el hacer un uso eficiente de la energía y los recursos, nos estaremos adentrando hacia la autosuficiencia, ya que como se mencionó en un inicio, a traves de, diseño adecuado de los espacios es posible , evitar o disminuir el uso de la climatización artificial; así como aprovechar ampliamente la iluminación natural durante el dia. Sin lugar a duda, si aplicamos bien los criterios de diseño bioclimatico, que con mucho esfuerzo, diversos autores han realizado, seguramente estaremos proporcionando y cumpliendo con un compromiso individual, consistente en preservar el medio ambiente, y a su vez, integrándonos como seres humanos responsables en el cuidado de un ecosistema mas equilibrado.



## RECOMENDACIONES

De acuerdo al análisis realizado de las diversas bibliografías que consulté para el desarrollo de esta monografía, me permito hacer una serie de recomendaciones y procedimientos, ya si bien considero que para llevar a las condiciones de confort térmico y lumínico los edificios no residenciales, el procedimiento a seguir en la elaboración del proyecto de edificio ideal sería el siguiente.

1.- Se deben conocer bien las condiciones climatológicas ya que esta información permitirá establecer la forma general de la disposición de los espacios externos e internos del edificio.

2.- Contar con la información más reciente de registro del comportamiento de las variables climatológicas, esta información se puede obtener a través de la Comisión Nacional del Agua o el Servicio Meteorológico Nacional, cabe señalar que si no se tiene información de alguna de estas variables será necesario realizar mediciones según toda una serie de procedimientos para contar con los valores de las mismas mediante un monitoreo.

3.- Para realizar tal monitoreo, se debe hacer uso de los equipos de medición, como el luxómetro, anemómetro, piranómetro, termohigrómetro, etc..

4.- Una vez obtenida la Información de las variables climatológicas, se procede a establecer las condiciones de confort en el recinto.

Aquí se pueden presentar dos condiciones, la primera consiste en establecer las condiciones cuando el edificio ya está construido y es necesario realizar una remodelación. y la segunda consiste cuando el edificio aún se va a construir

Sea cual sea de estas dos condiciones, el inicio es evaluar las condiciones de confort térmico y lumínico a las que se pretende llevar los espacios internos del edificio. Si el edificio ya está construido, será necesario evaluar mediante un recorrido y realizar mediciones y comparar las condiciones que están establecidas; tal vez durante el recorrido, se podrá ver a simple inspección lo siguiente.

- El edificio no tiene la orientación adecuada
- Existe una mala distribución de los espacios interiores.
- El color de las paredes internas no es el correcto para proporcionar el confort lumínico.
- La cantidad de ventanas es insuficiente, por lo cual no se puede aprovechar la luz solar.
- El tamaño de las ventanas es insuficiente para proporcionar la cantidad de aire que se necesita en el interior del recinto.
- No se tiene una ventilación cruzada por lo que no se producen los efectos que realmente se requieren.
- La geometría la techumbre del edificio no es la adecuada .
- El tipo de cristal que se utiliza en las ventanas, no permite que incida la luz natural hacia el interior del edificio.
- Las ganancias de calor que se tienen en la envolvente por conducción y radiación, son demasiado alta, por que el material utilizado tiene una conductividad térmica muy alta.
- Las ganancias de calor interna son demasiado debido a gran cantidad de equipos funcionando en el recinto.

Una vez tenida esta información del edificio, entre otras, se procede a realizar los cálculos y análisis de implementación de acciones de mejora mediante el uso de la carta bioclimática y utilización de los parámetros establecidos para llevar a condicionar los espacios interiores y brindar el confort térmico y lumínico

## ANEXO A1

### Registros de Temperaturas media ( °C ) de Chetumal Q. Roo. ( 1995- 2000 )

AÑOS	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ANUAL
1995	24.1	24.4	26.6	28.9	30	30.1	29.2	30	28.2	27.5	26.4	24.8	27.5
1996	23.1	24.4	24.9	28	28.7	29.4	29.2	28.6	29.6	28.2	25.4	24.5	27
1997	24.7	25.8	27.5	28.9	29.7	29.2	29.4	29.7	28.9	28.3	27.4	24.8	27.9
1998	25.3	26.1	26.3	28.4	29.5	30.3	29.1	29.6	30.6	28.1	26.6	25	27.9
1999	24.6	25	26.6	28.8	30.1	28.7	28.5	29.3	29	27.4	24.1	24.2	27.2
2000	23.7	25	27.1	28.2	29.1	28.6	29.4	28.8	28.9	26.7	26.7	24.2	27.2

CNA, Gerencia estatal en Q.roo, Subsecretaria  
FUENTE: tecnica., Enero de 2001

**Registros de Horas de Sol ( mensuales ) de Chetumal Q. Roo. ( 1995-2000 )**

<b>AÑOS</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MZO</b>	<b>ABR</b>	<b>MYO</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SEPT</b>	<b>OCT</b>	<b>NOVI</b>	<b>DICI</b>	<b>ANUAL</b>
1995	232	246	306	248	313	252	240	257	166	190	s/r	204	2674
1996	236	246	267	289	272	215	253	232	270	231	192	224	2419
1997	244	224	285	258	250	163	205	233	194	211	180	203	2654
1998	191	251	224	251	225	232	197	249	221	166	195	205	2612
1999	193	255	266	242	246	122	155	235	175	189	176	213	2472
2000	255	259	270	275	216	143							
2000	235	193	191	192	192	227	2654						

Nota: s/r = sin registro

FUENTE: CNA, Gerencia estatal en Q.roo, Subsecretaria técnica., Enero de 2001

## ANEXO A3

### Registros de Humedades relativas ( % ) de Chetumal Q. Roo. ( 1995-2000 )

AÑOS	ENE	FEB	MZO	ABR	MYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1995	80	75	73	75	74	78	79		84	86	83	85
1996	81	75	75	76	79	78	77	80	76	81	83	82
1997	80	79	76	75	74	79	78	77	81	80	83	85
1998	84	76	73	73	75	79	82	79	78	86	84	83
1999	83	79	72	73	72	80	70	77	81	83	85	81
2000	81	77	75	73	77	78	73	80	81	82	79	81
PROMEDIO	81.5	68.5	73.8	74.1	75.5	78.6	76.5	77.8	80.1	83	82.8	82.8

CNA, Gerencia estatal en Q.roo,

FUENTE: Subsecretaria técnica., Enero de 2001

## ANEXO A4

### Registros de Precipitación Pluvial ( mm ) de Chetumal Q. Roo.( 1995-2000 )

AÑOS	ENE	FEB	MZO	ABRI	MYO	JUNI	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1995	31	24.4	26.6	28.9	30	30.1	29.2	30	28.2	27.5	26.4	24.8	27.5
1996	31	24.4	24.9	28	28.7	29.4	29.2	28.6	29.6	28.2	25.4	24.5	27
1997	51.1	25.8	27.5	28.9	29.7	29.2	29.4	29.7	28.9	28.3	27.4	24.8	27.9
1998	95.4	26.1	26.3	28.4	29.5	30.3	29.1	29.6	30.6	28.1	26.6	25	27.9
1999	94.8	25	26.6	28.8	30.1	28.7	28.5	29.3	29	27.4	24.1	24.2	27.2
2000	69.1	25	27.1	28.2	29.1	28.6	29.4	28.8	28.9	26.9	26.7	24.2	27.2

CNA, Gerencia estatal en Q.roo,

FUENTE: Subsecretaria técnica., Enero de 2001



## ANEXO A5

### Registros de Días con Precipitación Pluvial Apreciables de Chetumal Q. Roo. ( mayores a 0.1 mm) ( 1995- 2000 )

AÑOS	ENE	FEB	MZO	ABR	MYO	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
1995	7	1	3	4	5	13	18	12	20	17	14	9
1996	6	3	2	10	14	13	15	12	14	16	13	11
1997	5	11	5	9	10	18	11	14	13	9	10	5
1998	10	1	6	4	5	12	17	14	9	24	17	10
1999	9	8	2	3	3	20	17	17	17	19	12	9
2000	9	4	1	3	11	18	10	16	15	14	10	10

CNA, Gerencia estatal en Q.roo, Subsecretaria  
técnica., Enero de 2001

FUENTE:

## ANEXO A6

### Registros de Nubosidad Media ( Octas de Cielo ) Chetumal Q. Roo. ( 1995- 2000 )

AÑOS	ENE	FEB	MZO	ABR	MYO	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
1995	3.3	2.2	1.5	4	3.5	4.9	4.2	4.2	5.1	5.3	s/r	4.2
1996	3.4	s/r	s/r	4	4.5	5	4.4	4.6	3.7	4.6	4.5	3.7
1997	3.7	3.5	3.3	4.3	4.8	5.6	4.6	4.8	5.2	4.5	4.7	3.9
1998	3.7	2.7	4	3.5	4.3	4.4	4.6	4.1	5.1	5.4	4.1	3.2
1999	4	2.6	2.7	3.2	3.3	5.7	4.8	4.4	5	4.7	4.4	2.6
2000	2.2	2.3	3.1	2.9	5	5.4	3.7	5.2	5.2	4.2	3.6	3.9

Nota: s/r = sin registro

FUENTE:

CNA, Gerencia estatal en Q.roo,  
Subsecretaria técnica., Enero de 2001

**ANEXO A7**

**Registros de la velocidad de los vientos dominantes de Chetumal Q.  
Roo ( 1995- 2000 )**

Años	EN		FEB		MZO		ABR		MYO		JUN		JUL		AGO		SEPT		OCT		NOV		DIC	
	DIR.	VEL.	DIR.	VEL.	DIR.	VEL.	DIR.	VEL.	DIR.	VEL.	DIR.	VEL.	DIR.	VEL.	DIR.	VEL.	DIR.	VEL.	DIR.	VEL.	DIR.	VEL.	DIR.	VEL.
1995	ES E	2.5	E	2.6	ESE	5	ESE	4.8	ESE	5.1	E	4.3	E	3	ESE	3.5	ESE	2.9	E	2	*	*	N	2.6
1996	ES E	2.9	*	*	*	*	E	3.4	E	4.2	E	2.9	E	3	E	2.6	E	2.3	E	2.4	N	2.8	E	1.9
1997	E	3.1	E	3.5	ESE	4.1	ESE	4.4	E	3.6	E	4.4	ENE	2.9	E	3.5	E	2.7	E	2.8	N	1.9	ES E	2.8
1998	ES E	2.8	ESE	2.9	ESE	3.5	ESE	4.1	ESE	3.6	E	3.6	E	3.4	E	2.4	ESE	3	N	2.1	ENE	2.6	N	2
1999	ES E	2.9	E	2.2	ESE	3	ESE	3.6	ESE	3.6	E	3	E	3.1	E	2.6	E	3.2	WNW	1.6	N	2.2	N	1.9
2000	E	2.5	E	2.8	ESE	2.2	ESE	2.9	E	2.5	E	2.5	ESE	2	E	2.4	E	2.3	N	2.4	ESE	2.1	N	2.7
<b>Prom.</b>		2.5		2.8		3.5		3.8		3.7		3.4		2.9		2.8		2.7		2.2		2.3		2.3

CNA, Gerencia estatal en Q.roo,  
FUENTE: Subsecretaria técnica.

## **LISTA DE TABLAS**

### **CAPITULO 1**

- Tabla 1.1 Registros de temperaturas medias de Chetumal Q.roo. ( 1995-2000 )
- Tabla 1.2 Registros de Horas de Sol ( mensuales ) de Chetumal Quintana Roo.
- Tabla 1.3 Registros de humedades relativas de Chetumal Q.roo. ( 1995-2000 )
- Tabla 1.4 Registros de precipitación pluvial de Chetumal Q.roo ( 1995-2000 )
- Tablas 1.5 Registros de días con precipitación pluvial de Chetumal Q.roo. ( 1995-2000)
- Tabla 1.6 Registros de nubosidad media de Chetumal Q.roo. ( 1995-2000 )
- Tabla 1.7 Registros de velocidades de viento dominante en Chetumal Q.roo. ( 1995-2000 )

### **CAPITULO 2**

- Tabla 2.1 Tasas promedio de metabolismo para hombres adultos.(Watts)
- Tabla 2.2 Niveles de Iluminación
- Tabla. 2. 3 Niveles Máximos Permisibles del factor de reflexión
- Tabla 2.4 Reflectancias de los colores

### **CAPITULO 3**

- Tabla 3.1 Relaciones y Factores de relación

### **CAPITULO 5**

- Tabla 5.1 Radiación teórica al ras del suelo
- Tabla 5.2 Aportación de energía por equipos electromecánicos

## LISTA DE ECUACIONES

### CAPITULO 3

- Ec. (3.1) Ecuación para el calculo de la tasa de ventilación
- Ec. (3.2) Ecuación para el calculo de la capacidad calorífica del aire o perdidas de calor.
- Ec. ( 3.3 ) Ecuación para el calculo del numero de cambios de aire por hora, para disipar el calor excesivo.
- Ec. ( 3.4 ) Ecuación para el calculo de la cantidad de aire que debe pasar para garantizar el numero de cambios por hora.
- Ec. ( 3.5 ) Ecuación para el calculo de las perdidas o ganancias de calor por ventilación.
- Ec. ( 3.6 ) Ecuación para el calculo de ventilación tomando en consideración el factor de relación y ángulo de incidencia del aire.

### CAPITULO 4

- Ec. ( 4.1 ) Ecuación para el calculo del ángulo de sombra vertical
- Ec. ( 4.2 ) Ecuación para el calculo del ángulo solar de incidencia en cualquier superficie.
- Ec. ( 4.3 ) Ecuación para el calculo del día angular.
- Ec. ( 4.4 ) Ecuación para el calculo de la declinación solar.
- Ec.(4.5 ) Ecuación para el calculo del ángulo solar horario.
- Ec. (4.6 ) Ecuación para el calculo del ángulo de altura solar.
- Ec. ( 4.7 ) Ecuación para el calculo del ángulo horizontal acimut.
- Ec. ( 4.8 ) Ecuación para el calculo de la declinación solar, según la metodología de Cooper.
- Ec. ( 4.9 ) Ecuación para el calculo de ángulo de altura solar según la metodología de cooper.
- Ec. ( 4.10 ) Ecuación para el calculo del ángulo solar acimut según la metodología de cooper.
- Ec. ( 4.11) Ecuación para el calculo del ángulo de incidencia según la metodología de cooper.
- Ec. ( 4.2) Ecuación para el calculo del ángulo de incidencia según la metodología de cooper.

### CAPITULO 5

- Ec. ( 5.1 ) Ecuación para el calculo de la conductancia superficial.
- Ec. (5.2 ) Ecuación para el calculo de la componente convectiva superficial.
- Ec. ( 5.3 ) Ecuación para el calculo de la

- Ec. ( 5.4 ) Ecuación para el calculo de la resistencia total aire-aire.
- Ec. ( 5.5 ) Ecuación para el calculo del flujo de energía por conducción.
- Ec. ( 5.6 ) Ecuación para el calculo de balance térmico.
- Ec. ( 5.7 ) Ecuación para el calculo de ganancia de calor solar.
- Ec. ( 5.8 ) Ecuación para el calculo de ganancia de calor solar
- Ec. ( 5.9 ) Ecuación para el calculo de la intensidad de radiación solar, considerando el ángulo de altura solar.
- Ec. ( 5.10 ) Ecuación para el calculo de la intensidad de radiación solar cuando esta incide sobre una superficie no horizontal
- Ec. ( 5.11 ) Ecuación para el calculo del flujo de energía por conducción.
- Ec. ( 5.12 ) Ecuación para el calculo del flujo de energía por conducción. Cuando un sistema es homogéneo.
- Ec. ( 5.13 ) Ecuación para el calculo de ganancias por ventilación
- Ec. ( 5.14 ) Ecuación para el calculo de la ventilación en función del numero de cambios de aire por hora.
- Ec. ( 5.15 ) Ecuación para el calculo de la ventilación cruzada a través de una ventana

### **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1. Carta Bioclimatica

Figura 2. Relación Geométrica de ángulos Solares

Figura 3. Relación Geométrica de ángulos Solares



## BIBLIOGRAFÍA

- Asociación Nacional de Energía Solar. *Curso Diseño Bioclimático de Edificios*, Edición 1996.
- Bueno M., *El gran libro de la casa sana*, Edit. Nueva Era, España, 1998.
- Carnicer E.R., *Ventilación industrial Cálculo y Aplicaciones*, Edit. Paraninfo, España, 1991
- Escobedo L. (*El medio*) *Revista de Geografía Universal*, Año 10, Vol. 19, Num.5
- García Ambríz J., *Administración y ahorro de energía*, UAM, Edit. Casa Abierta al Tiempo. México, 1993.
- García Chávez J.R., *Viento y Arquitectura (el viento como factor de diseño arquitectónico)*, Edit. Trillas, México, 1995.
- G.Z. Brown., *Sol, Luz y Viento (Estrategias para el Diseño Arquitectónico)*, Edit. Trillas. México, 1994.
- García Chávez J. R., *Desarrollo Sustentable en el Hábitat Construido*. Edit. UAM Azcapotzalco. México, 1998.
- Norma Oficial Mexicana. **NOM**-025-STPS-1999. *Condiciones de iluminación en los centros de trabajo*. Secretaría de Trabajo y Previsión Social. (STPS). México.
- Puppo E., *Sol y Diseño (Índice Térmico)*, Edit. Alfaomega / Marcombo, España, 1976.
- Westinghouse. *Manual del Alumbrado*. Editorial Dossat S.A., Tercera Edición 1987, Pags. 109 a 129
- Tudela, F. *Ecodiseño*, UAM. Xochimilco, México, 1982