

UNIVERSIDAD  
AUTÓNOMA  
METROPOLITANA

Casa abierta al tiempo



**DIVISIÓN DE CIENCIAS Y ARTES PARA EL DISEÑO**  
**PROGRAMA: ESPECIALIZACIÓN, MAESTRIA Y DOCTORADO EN DISEÑO**

**MAESTRIA EN DISEÑO**

**ANÁLISIS TERMOFÍSICO DE MATERIALES VEGETALES E INDUSTRIALIZADOS  
APLICADOS A TECHUMBRES, COMO RECURSO BIOCLIMÁTICO EN EL PACÍFICO  
SUR DEL ESTADO DE OAXACA.**

**AUTOR:**  
**RAFAEL ALAVÉZ RAMÍREZ**

**“TESIS PARA OPTAR POR EL GRADO DE MAESTRO EN DISEÑO,  
LINEA ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA”**

CIUDAD DE MÉXICO DF.  
SEPTIEMBRE DE 2004

**M-123.**

UNIVERSIDAD  
AUTÓNOMA  
METROPOLITANA

Casa abierta al tiempo



**DIVISIÓN DE CIENCIAS Y ARTES PARA EL DISEÑO**  
**PROGRAMA: ESPECIALIZACIÓN, MAESTRIA Y DOCTORADO EN DISEÑO**

**MAESTRIA EN DISEÑO**

**ANÁLISIS TERMOFÍSICO DE MATERIALES VEGETALES E INDUSTRIALIZADOS  
APLICADOS A TECHUMBRES, COMO RECURSO BIOCLIMÁTICO EN EL PACÍFICO  
SUR DEL ESTADO DE OAXACA.**

**AUTOR:**

**RAFAEL ALAVÉZ RAMÍREZ**

**“TESIS PARA OPTAR POR EL GRADO DE MAESTRO EN DISEÑO,  
LINEA ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA”**

Aprobado por el jurado:

Director de tesis: **M. en D. VICTOR ARMANDO FUENTES FREIXANET**

Jurado: Mtro. Víctor A. Fuentes Freixanet

Dr. Aníbal Figueroa Castrejón

Dr. Rubén J. Dorantes Rodríguez

Dr. Pedro Montes García

Dr. Leonel Lira Cortés

CIUDAD DE MÉXICO DF.  
SEPTIEMBRE DE 2004



## INDICE GENERAL

|                                                                                                                                                    |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| AGRADECIMIENTOS .....                                                                                                                              | 1         |
| RESUMEN .....                                                                                                                                      | 2         |
| <b>CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN.....</b>                                                                                                               | <b>3</b>  |
| 1.1 ANTECEDENTES .....                                                                                                                             | 4         |
| 1.2 JUSTIFICACIÓN .....                                                                                                                            | 7         |
| 1.3 OBJETIVO GENERAL.....                                                                                                                          | 8         |
| 1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....                                                                                                                    | 8         |
| 1.5 HIPÓTESIS .....                                                                                                                                | 9         |
| 1.6 DIAGRAMA DE FLUJO DEL DESARROLLO DEL PROYECTO.....                                                                                             | 9         |
| <b>CAPITULO 2. ANÁLISIS BIOCLIMÁTICO DEL PACÍFICO SUR DE OAXACA.....</b>                                                                           | <b>11</b> |
| 2.1 ANÁLISIS DE LAS CARTAS DEL MEDIO FÍSICO DE LA REGIÓN .....                                                                                     | 11        |
| 2.2 INFRAESTRUCTURA URBANA DE PUERTO ANGEL, OAXACA .....                                                                                           | 16        |
| 2.3 ANÁLISIS CLIMÁTICO.....                                                                                                                        | 20        |
| 2.3.1 Ubicación geográfica .....                                                                                                                   | 21        |
| 2.3.2 Análisis horario .....                                                                                                                       | 23        |
| 2.3.3 Análisis paramétrico .....                                                                                                                   | 30        |
| 2.3.4 Análisis mensual y anual .....                                                                                                               | 41        |
| 2.3.5 Definición de estrategias básicas de diseño .....                                                                                            | 47        |
| <b>CAPITULO 3. TIPOLOGÍA DE LAS TECHUMBRES VERNÁCULAS.....</b>                                                                                     | <b>48</b> |
| 3.1 TECHUMBRE DE PALMA REAL O ZACATE EN EL REDONDO.....                                                                                            | 50        |
| 3.2 TECHUMBRE DE PALMA REAL O ZACATE EN LA VIVIENDA DE PALAPA.....                                                                                 | 53        |
| 3.3 TECHUMBRE DE TEJA DE BARRO SOBRE MUROS DE ADOBE O BAJAREQUE ..                                                                                 | 56        |
| 3.4 TECHUMBRE DE TEJA DE BARRO EN VIVIENDA DE LADRILLO.....                                                                                        | 57        |
| 3.5 ANÁLISIS TIPOLÓGICO DE LAS TECHUMBRES DE LA REGIÓN EN ESTUDIO .....                                                                            | 58        |
| <b>CAPITULO 4. PROGRAMA EXPERIMENTAL PARA LA DETERMINACION DE LA<br/>CONDUCTIVIDAD TÉRMICA EN MATERIALES VEGETALES E INDUSTRIALIZADOS</b><br>..... | <b>59</b> |
| 4.1 PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL DE LA<br>CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DE MATERIALES VEGETALES E<br>INDUSTRIALIZADOS .....            | 59        |
| 4.1.1 Procedimiento de selección de muestras a analizar .....                                                                                      | 64        |
| 4.1.2 Preparación de las muestras e instalación en el instrumento.....                                                                             | 65        |

|                                                                                                                                                                                                                                 |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.1.3 Establecimiento del estado permanente térmico.....                                                                                                                                                                        | 66         |
| 4.1.4 Adquisición de datos.....                                                                                                                                                                                                 | 67         |
| 4.2 DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y PRUEBA OPERATIVA DE UN CONDUCTIVÍMETRO<br>DE GRANDES DIMENSIONES PARA LA DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES<br>TÉRMICAS EN COMPONENTES CONSTRUCTIVOS .....                                                 | 70         |
| 4.2.1 Diseño del conductivímetro.....                                                                                                                                                                                           | 71         |
| 4.2.2 Construcción de un conductivímetro de dimensiones grandes.....                                                                                                                                                            | 71         |
| 4.2.3 Procedimiento para la determinación de la conductividad térmica del Polietileno<br>Flexible .....                                                                                                                         | 75         |
| 4.3 PRUEBAS TÉRMICAS DE COMPONENTES CONSTRUCTIVOS CON EL USO DE<br>MATERIALES VEGETALES E INDUSTRIALIZADOS.....                                                                                                                 | 79         |
| 4.3.1 Descripción de los materiales Industrializados.....                                                                                                                                                                       | 79         |
| 4.3.2 Descripción de los materiales vegetales .....                                                                                                                                                                             | 82         |
| 4.3.3 Procedimiento para la determinación de la conductividad térmica .....                                                                                                                                                     | 85         |
| 4.3.4 Reporte de la conductividad térmica de cada material, así como de las muestras de<br>los diferentes componentes constructivos .....                                                                                       | 94         |
| 4.3.5 Comparación de la conductividad térmica de materiales medidos en el aparato de<br>guarda, respecto a la conductividad de materiales medidos en el Conductivímetro de<br>dimensiones grandes construido en la UAM – A..... | 96         |
| 4.4 COMPARACIÓN DEL COEFICIENTE GLOBAL DE TRANSMISIÓN TÉRMICA EN<br>UNA MUESTRA SELECCIONADA (MUESTRA 4) COMPARADO CON UNA LOSA<br>DE CONCRETO .....                                                                            | 97         |
| 4.5 PROPUESTA DE TECHUMBRE PARA MEJORAR EL COEFICIENTE GLOBAL DE<br>TRANSFERENCIA DE CALOR .....                                                                                                                                | 100        |
| 4.6 CALCULO DEL GRADIENTE TÉRMICO BASADO POR EL MÉTODO GRÁFICO<br>PROPUESTO POR STEVEN ZSOKOLAY .....                                                                                                                           | 101        |
| <b>CAPITULO 5. BALANCE TÉRMICO DE UNA VIVIENDA TÍPICA DE LA ZONA<br/>ESTUDIADA.....</b>                                                                                                                                         | <b>104</b> |
| 5.1 METODOLOGÍA DEL BALANCE TÉRMICO .....                                                                                                                                                                                       | 104        |
| 5.1.1 Desarrollo del balance térmico.....                                                                                                                                                                                       | 107        |
| 5.1.2 Hoja de cálculo del balance térmico en techumbre propuesta .....                                                                                                                                                          | 117        |
| 5.1.3 Hoja de cálculo del balance térmico en losa de concreto.....                                                                                                                                                              | 118        |
| 5.1.4 Resumen total del balance térmico para la techumbre propuesta.....                                                                                                                                                        | 121        |
| 5.1.5 Resumen total del balance térmico para la losa de concreto .....                                                                                                                                                          | 121        |

|                                                                                                               |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 5.1.6 Comparación del resumen de balance térmico en techumbre propuesta respecto a una losa de concreto ..... | 122        |
| <b>CAPITULO 6. SISTEMA CONSTRUCTIVO Y COSTOS.....</b>                                                         | <b>123</b> |
| 6.1.1 Diseño del método constructivo .....                                                                    | 123        |
| 6.1.2 Procedimiento constructivo .....                                                                        | 128        |
| 6.1.3 Costos .....                                                                                            | 135        |
| <b>CAPITULO 7. CONCLUSIONES.....</b>                                                                          | <b>139</b> |
| RECONOCIMIENTOS:.....                                                                                         | 141        |
| BIBLIOGRAFÍA: .....                                                                                           | 141        |
| LISTA DE TABLAS.....                                                                                          | 145        |
| LISTA DE FIGURAS .....                                                                                        | 146        |
| ANEXOS DEL CAPÍTULO II.....                                                                                   | 150        |
| Temperaturas horarias de la población de Puerto Ángel Oaxaca .....                                            | 150        |
| Humedades horarias de la población de Puerto Ángel Oaxaca .....                                               | 153        |
| Análisis e interpretación del clima .....                                                                     | 155        |
| CURRICULUM VITAE Del Arq. Rafael Alavéz Ramírez .....                                                         | 160        |

## **AGRADECIMIENTOS**

Dedico este trabajo en especial a Dios por permitirme lograr otra etapa más en mi vida.

A mis padres y hermanos muchas gracias, por su gran amor, apoyo, cariño y confianza.

Al Dr. Alonso Fernández González, por su gran amistad y apoyo que siempre me ha brindado.

Al CIIDIR IPN Unidad Oaxaca, y al Instituto Politécnico Nacional

### **A mis Asesores de Tesis:**

M. D. Víctor A. Fuentes Freixanet

Dr. Rubén Dorantes Rodríguez

### **A mis amigos del Grupo de Construcción del CIIDIR Oaxaca**

Pedro Montes García, Jesús Cano Barrita,

José Luis Caballero Montes, Víctor G. Jiménez Quero, Francisco Castellano león...

### **Compañeros y amigos de Maestría con mucho cariño:**

Gabriela, Bety, Liliana, Gustavo, José Manuel, Mario, Nacho.

### **Compañeros de Departamento:**

Oscarín, Toñito, Hector.

### **Amigos colegas**

Sería innumerable contarlos...

Emigdio, Valerio, Edgar, Armando Didier, Rodrigo, Beto, Carlos, Oscar, Román,

Humberto, Benedicto, Yahir...

## RESUMEN

Con la finalidad de analizar las propiedades de conductividad termofísica de materiales vegetales e industrializados compuestos, así como de componentes constructivos para analizar las posibilidades de reducir las ganancias de calor en las techumbres de un clima cálido semihúmedo, de la zona costa del estado de Oaxaca, se hicieron pruebas de conductividad térmica en muestras pequeñas utilizando el conductivímetro del CENIDET (aparato de guarda) para compararlos con aquellos del mismo material, pero que forman parte de componentes constructivos para tal efecto se prepararon muestras de materiales compuestos de un conjunto de techumbres diseñadas con diversos materiales, para comparar las propiedades térmicas medidas con los valores de una losa de concreto convencional a tamaño real. Las mediciones de conductividad para estas muestras se llevaron a cabo con un conductivímetro construido para este propósito en la UAM-A por el autor. De esta manera se realizó la comparación entre los valores de conductividad térmica de muestras pequeñas que fueron medidas utilizando el Conductivímetro del CENIDET, contra los valores obtenidos de componentes constructivos utilizando el Conductivímetro de la UAM-A

Como se esperaba se encontró que existen diferencias importantes en los valores de conductividad térmica ya que los materiales caracterizados en componentes constructivos en la UAM, representan condiciones físicas reales, afectando la densidad de las muestras para un mismo material. Posteriormente se seleccionó la muestra de material compuesto de techumbre que presentó el valor más bajo de conductividad térmica y se calculó su coeficiente global de transmisión térmica, el cual fue comparado con el de una losa de concreto y se encontró que esta última presentó un incremento de 114% de transmisión térmica más que la techumbre propuesta. Posteriormente se diseñó una nueva propuesta de techumbre utilizando los valores de conductividad térmica obtenida en los componentes constructivos analizados, para mejorar de esta manera el coeficiente global de transmisión térmica de la techumbre de esta manera la losa de concreto representó un incremento del 168%. Por otra parte los resultados obtenidos en el balance térmico utilizando el coeficiente de transmisión térmica de la techumbre propuesta, indican que la losa de concreto presentó un 166% mayor de radiación transmitida respecto a la techumbre propuesta, mientras que la ganancia por

conducción en la losa de concreto presentó un 167% mayor que la techumbre propuesta, por otra parte la comparación del resumen del balance térmico de la techumbre propuesta comparada con la losa de concreto indica que el incremento de la losa de concreto fue del 35% respecto a la techumbre propuesta.

## **CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN**

Dentro del contexto social, resalta la relación que el hombre tiene con el medio que lo rodea, por tanto, existe una gran necesidad para lograr mejores condiciones de vida aprovechando las fuentes de energía naturales.

Como es bien sabido la parte costera del pacífico sur de la República Mexicana se ha caracterizado por la pobreza en la mayoría de la población, mucho de esto se debe a la falta de comunicación, manteniéndola al margen del crecimiento necesario para tener una mejor forma de vida. Esta marginación se hace evidente por la mala calidad e inseguridad de las viviendas. Por ejemplo, bien podemos recordar en años recientes los huracanes ( Paulina y Rick ) que aterrizaron por esta zona dejando a su paso un gran número de hogares totalmente destruidos y en mejores casos, viviendas al descubierto, por lo que la gran mayoría de familias de escasos recursos se ven obligadas a reconstruir sus casas utilizando materiales endebles como láminas de cartón asfáltico, de asbesto, o láminas metálicas que ofrecen nula capacidad térmica y resistencia ante estos embates, lo que obliga a muchas familias a vivir en condiciones insalubres que demeritan y denigran su calidad de vida.

La acción de protegerse y abrigarse contra estos factores externos, al hombre primitivo le llevó años adquirir esta experiencia que se refleja en la arquitectura tradicional o vernácula, la cual en la actualidad se ha transformado y distorsionado drásticamente. Esto es debido, entre otros factores al desconocimiento de las características de las propiedades físicas de los materiales, lo cual permite que proliferen en la construcción cubiertas con nula o muy baja resistencia térmica.

Se caracteriza este tipo de arquitectura moderna por el gasto de energía y excesiva dependencia de medios mecánicos con equipos de climatización artificial.

Esta tendencia actual de construir por construir, sin tomar en cuenta los factores ambientales y los efectos que esto conlleva, puede y debe corregirse de acuerdo en una aplicación basada en datos normalizados aprovechando la ciencia y la tecnología, de esta manera en el presente trabajo se propone analizar las propiedades termofísicas de materiales vegetales e industrializados para la construcción de techumbres con la finalidad de reducir las cargas térmicas en las mismas y mejorar el confort térmico de las viviendas de la zona de la costa sur del pacífico mexicano.

## **1.1 ANTECEDENTES**

Se han realizado esfuerzos para lograr la eficiencia energética en edificios para vivienda; ejemplo de ello es la norma 008 de Eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios no residenciales, cuya finalidad es la preservación y uso racional de los recursos energéticos.<sup>1</sup> El objetivo de esta norma es limitar las ganancias de calor que se dan a través de la envolvente de la edificación, a manera de racionalizar el uso de energía consumida por los medios de acondicionamiento mecánicos.

Por otra parte se revisaron algunas referencias de aplicaciones de aislantes sobre techumbres en los cuales se analizan, teórica o experimentalmente dispositivos para obtener algún tipo de aislamiento de acuerdo a las condiciones del medio ambiente, dichas referencias se describen a continuación.

### **“Influencia de los componentes constructivos en la temperatura del aire interior de viviendas”<sup>2</sup>**

Hobaica et al. (2000) presentan un estudio donde se muestra la influencia de las propiedades térmicas de los componentes constructivos en su condición de reguladores de las ganancias diarias de calor y realizan una comparación de la calidad térmica de diversos sistemas constructivos de uso común en Venezuela. En ese estudio se utilizó

---

<sup>1</sup> NORMA Oficial Mexicana NOM-008-ENER-2001, Eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios no residenciales, Diario Oficial Pág.88

<sup>2</sup> Maria Elena Hobaica, Maria Eugenia Sosa y Luis Rosales, Revista Interciencia, Vol. 25 No. 3 Año 2000, Pág. 136-142

un modelo de cálculo simplificado de la temperatura del aire interior específicamente diseñado para clima tropical. Por otra parte el procedimiento experimental consistió en la realización de mediciones de temperaturas en una vivienda real deshabitada, en la que se registraron simultáneamente y en forma continua la velocidad del aire interior y las temperaturas del aire exterior e interior.

La determinación analítica de las propiedades térmicas de los cerramientos es función de su geometría y las propiedades térmicas de los materiales constituyentes. La aplicación del método propuesto por Hobaica et al (2000) para calcular la temperatura del aire interior está en función de los parámetros climáticos y arquitectónicos.

### **“Usan techos como escudos contra la radiación solar”<sup>3</sup>**

En el laboratorio de Energía solar del Instituto de Investigaciones de Materiales de la UNAM, en Temixco, Morelos, se han desarrollado esfuerzos para generar conocimiento y tecnología para el diseño térmico de edificios.

Ejemplo de ello son los techos de terrado que constituyen otro ejemplo del sistema de aislamiento.

Los trabajos ahí realizados son los sistemas de aislamiento a través de los áticos ventilados en donde generalmente se emplea como plafón una manta de cielo separada del techo, formando el espacio ventilado.

Los techos rellenos de terrado constituyen otro ejemplo de sistema de aislamiento. En este caso se emplea una capa de tierra sobre el techo del edificio para retardar el paso de calor por conducción. Ambos sistemas proporcionan aislamiento a las condiciones del medio ambiente en clima cálido, sin embargo no existen estudios donde se les analice cuantitativamente.

Un ejemplo factible es el sistema de techo escudo de los edificios que albergan el laboratorio de Energía Solar (LES) de la UNAM, en Temixco Morelos, los cuales fueron diseñados y construidos para operar como sistemas pasivos en un clima cálido semiseco, característico de esa región.

---

<sup>3</sup> Revista UNAM HOY, *Usan techos como escudos contra la radiación solar*, Vol. 4 No. 17 año 1995 Pág. 31-36.



El prototipo consiste en un túnel de aire formado por dos placas planas, las cuales podrían usarse como muros o techo escudo; el sistema tiene por un lado la interacción con el clima del medio ambiente y por el otro está en contacto con el aire del cubículo.

El techo del cubículo que se usó para el estudio experimental está construido con base en el sistema prefabricado con vigueta y bovedilla, los resultados que obtuvieron los autores, fueron la determinación del comportamiento del sistema de descarga de calor del techo escudo, de acuerdo con los resultados del estudio experimental. Al diseñar un techo escudo se recomienda conformar, mediante una doble placa, un ducto que atravesase longitudinalmente el techo; la separación de las placas debe ser de 8 cms. como mínimo, de modo que no se presenten transmisiones por convención o radiación a la placa inferior.

### **Ferrocemento**

“Es un tipo de muro delgado de concreto reforzado y comúnmente construido con mortero de cemento hidráulico reforzado con capas muy cercanas de mallas continuas de alambre relativamente delgado”

El Ferrocemento constituye la parte sólida de la techumbre, podemos decir que hoy en día estas estructuras presentan una alternativa sencilla y económica generando la autoconstrucción.

### **“Diseño y construcción de un Aula Magna a base de Ferrocemento”<sup>4</sup>**

Fernández A. (1977) presenta una edificación construida en la ciudad de Oaxaca con geometría semiesférica que consta de dos niveles, donde se utiliza la técnica del ferrocemento. Lo importante de este artículo es conocer como se solucionó la parte térmica de la envolvente con el uso de dicho sistema. Se llevaron a cabo pruebas térmicas con diversas mezclas de un mortero ligero constituido con unicel-cemento blanco-cal sobre los muros interiores del edificio. Se experimentó además con mortero

---

<sup>4</sup> Boletín Institucional, Avances y resultados en Investigación y desarrollo tecnológico 1997, Centro Interdisciplinario de Investigación para el desarrollo Integral regional IPN (Instituto Politécnico Nacional).

combinado con material vegetal como lo es la planta de acahual muy común en la zona. Para las evaluaciones térmicas se tomaron lecturas de la temperatura ambiente exterior con la temperatura interior del recinto evaluando de esta manera el funcionamiento del material aislante.

Con base en las referencias descritas podemos apreciar los diversos intentos realizados para la protección de techos contra la radiación solar, sin embargo, son pocas las referencias que existen sobre estudios realizados para el análisis de componentes constructivos combinando los materiales vegetales con industrializados, por tanto, es meritorio contar con un sistema que ofrezca seguridad y confort al usuario.

## **1.2 JUSTIFICACIÓN**

A partir de los estudios realizados para reducir la radiación solar y de esta manera lograr el confort térmico así como el ahorro energético, considero que hace falta realizar un mayor esfuerzo para la obtención de coeficientes globales de transferencia de calor en componentes constructivos constituidos con materiales locales, además que representan condiciones físicas reales de operación; por lo tanto es importante contar con el equipo adecuado para su medición.

La zona costera del país se ha caracterizado por el clima extremoso a lo largo de todo el año, esto sucede en la Costa del pacífico sur del Estado de Oaxaca, donde se generan altas temperaturas sobre todo en la estación de verano, de esta manera el confort térmico en la vivienda juega un papel muy importante, considerando que la parte más crítica de la vivienda es el tejado, ya que recibe la mayor proporción de radiación solar, sufriendo la máxima carga térmica, así mismo, es la superficie que más irradia energía al espacio durante la noche. La consecuencia evidente es que la selección de materiales para techumbres tiene definitiva influencia, más marcada que la selección para muros.<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup> Koenigsberger, Ingersoll, Mayhew, Szokolay, Viviendas y edificios en zonas cálidas y tropicales, Pág. 216

De esta manera resalta la importancia del conocimiento de las propiedades termofísicas de los materiales para optimizar en lo posible el consumo energético en las viviendas y lograr condiciones favorables de confort en el usuario.

Por lo tanto el presente trabajo de investigación se justifica debido a que se propone un tipo de techumbre que responda de una manera adecuada a las necesidades térmicas de la vivienda, con el uso de materiales vegetales y materiales básicos industrializados.

### **1.3 OBJETIVO GENERAL**

Realizar el análisis bioclimático de una vivienda, con el estudio de las propiedades termofísicas de materiales vegetales e industrializados, para optimizar la radiación energética y ganancias por conducción en superficies horizontales en un clima cálido húmedo y contribuir a la optimización energética en las viviendas y confort térmico de los usuarios de la costa del pacífico sur del estado de Oaxaca.

### **1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Aplicar la metodología de diseño bioclimático utilizada en la UAM-A
- Analizar las tipologías de techumbres construidas con materiales vegetales en la costa del pacífico sur del estado de Oaxaca.
- Realizar la medición y el análisis termofísico de materiales vegetales e industrializados en muestras pequeñas.
- Diseñar y construir un Conductímetro de dimensiones grandes para la determinación experimental de propiedades térmicas de materiales vegetales e industrializados en componentes constructivos.
- Determinar el coeficiente global de transferencia de calor de las techumbres propuestas y compararlas con aquel de una losa de concreto.
- Realizar el estudio de cargas térmicas para conocer las ganancias por conducción y radiación en techumbre propuesta y compararlas con aquellas de una losa de concreto.

## **1.5 HIPÓTESIS**

Con el análisis termofísico de materiales vegetales e industrializados, medidos en muestras pequeñas y componentes constructivos, se propondrá una techumbre que contribuirá a la reducción de la ganancia solar y ganancias por conducción en elementos horizontales, mejorando así las condiciones de confort en el interior de la vivienda de la Costa del pacífico sur del estado de Oaxaca.

## **1.6 DIAGRAMA DE FLUJO DEL DESARROLLO DEL PROYECTO**

El desarrollo del presente trabajo se basa en la metodología bioclimática utilizada en el laboratorio de bioclimática de la UAM-A. Así mismo, en la Figura 1.1 se integra en este diagrama de flujo el programa experimental llevado a cabo en el desarrollo de pruebas de los materiales vegetales e industrializados.

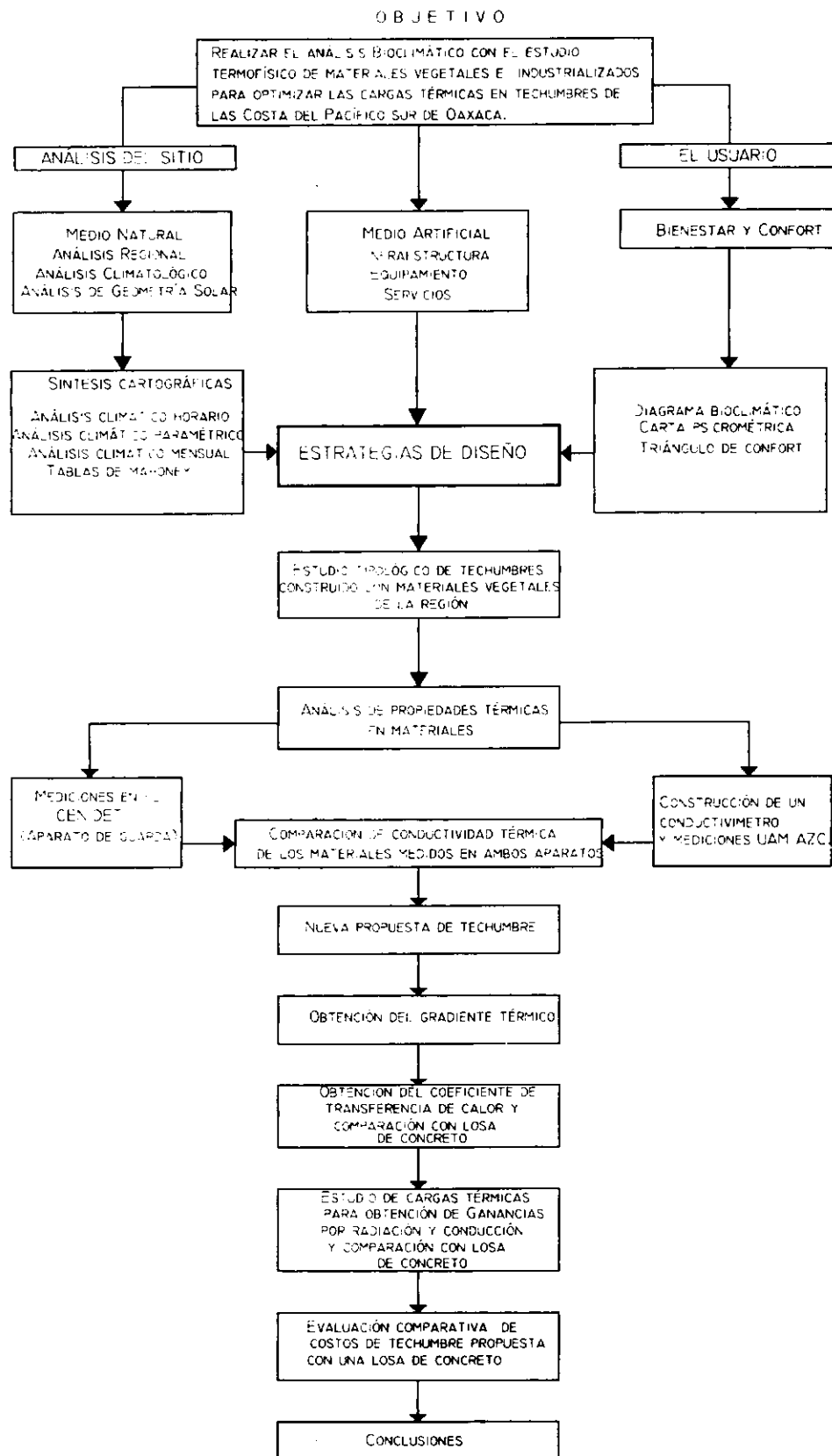


Figura 1.1 Diagrama de flujo del desarrollo del proyecto.

## **CAPITULO 2. METODOLOGÍA DEL DISEÑO BIOCLIMÁTICO**

### **2.1 ANÁLISIS DE LAS CARTAS DEL MEDIO FÍSICO DE LA REGIÓN<sup>6</sup>**

El objetivo de este capítulo es analizar las diferentes cartas del medio físico para determinar la aptitud o potencial que tiene el sitio para el mejor aprovechamiento de los recursos naturales. En esta etapa del análisis regional se estudiaron los factores que intervienen y crean las condiciones propias del lugar, de esta manera las cartas del medio físico proporcionan información que sustenta bases sólidas para identificar las diversas variables y ser consideradas para establecer los criterios para un mejor aprovechamiento de los recursos (agua, tierra, aire, vegetación). Para llevar a cabo el estudio de los elementos físicos y naturales del lugar fue necesario organizar la información recabada para analizarla e interpretarla.

Los elementos analizados son los siguientes:

#### **Carta topográfica**

La finalidad de esta carta es proporcionar una representación cartográfica de los rasgos orográficos e hidrográficos característicos del territorio nacional. (Figura 2.1).

La altitud que presenta la población de Puerto Ángel Oaxaca es de 20 m. sobre el nivel del mar y se encuentra a 11 Km. de distancia de la cabecera municipal de San Pedro Pochutla, sin embargo, ésta última está localizada a una altitud de 150 msnm lo cual indica que la orografía presenta una pendiente considerable en distancias cortas.

El área de estudio presenta dos formas características de relieve, la primera corresponde a una zona de lomeríos donde se encuentran la mayoría de los asentamientos humanos y llega a tener una pendiente del 30 al 35%, la segunda se encuentra dentro de la zona urbana en donde también se extienden zonas semiplanas y están formadas con pendientes del 5 al 10%, comprendiendo un aproximado de 5 hectáreas.

---

<sup>6</sup> S.A.R.H. Atlas del Agua de República Mexicana, México DF. 1976

### **Carta edafológica**

La composición edáfica está compuesta por Re+I (Regosol). Es un tipo de suelo consistente de un material no consolidado, de alluvium o arena depositado recientemente. Se puede presentar en diferentes climas. Se presenta también el Be+Re+Lc/1 (Be Eutricto), el cual es un suelo joven, poco desarrollado, de cualquier clima excepto zonas que sean áridas (Figura 2.2).

### **Carta de climas**

El clima de la región se determina por los relieves, altitud y latitud, la zona de estudio pertenece al clima del tipo AW1 (W) cálido subhúmedo con lluvias en verano. (Figura 2.3)

### **Carta geológica**

El objetivo que se persigue con el análisis de esta carta consiste en proporcionar un conocimiento básico de la estructura geológica del lugar de estudio. La composición geológica de la estratigrafía es a base de Pe (Gn) precámbrico, que es una roca metamórfica, quiere decir que ha sufrido cambios que se dan cuando las condiciones de calor y presión cambian y los ambientes con calor y presión son suficientes para causar metamorfismo. Estos se encuentran donde las placas de la tierra se están uniendo (Figura 2.4).

### **Carta de precipitación**

En esta carta se muestra la distribución y cantidad de precipitación pluvial total anual que se tiene en la república mexicana, mediante una presentación cartográfica de la información proporcionada por las diversas estaciones meteorológicas que registran datos sobre la precipitación pluvial en diferentes épocas. Como se observa en la carta climática, a la población de Puerto Ángel le corresponde una precipitación media anual de 1000 mm (Figura 2.5).

## **Carta turística**

La carta turística es la representación cartográfica del patrimonio turístico natural y cultural del país, su objetivo es proporcionar información adecuada sobre los sitios de interés turístico actual, con el fin de propiciar la afluencia del turismo nacional e internacional a esos lugares. La población de Puerto Ángel es conocida internacionalmente por sus playas y sus aguas que son templadas y según sus profundidades adquiere tonalidades verdes y azules, los oleajes predominantes van de suaves a moderados, permitiéndole a los pescadores del lugar realizar recorridos turísticos por las playas principales o bien para practicar la pesca deportiva del atún, pez vela, o marlin (Figura 2.6).

## **Carta de uso del suelo**

Los recursos naturales se ven afectados cuando el hombre hace uso indebido de ellos ejerciendo un impacto y modificaciones al medio ambiente, de tal forma que es importante conocer y conservar en la medida posible estos recursos que la naturaleza nos ofrece, por tanto en la zona de estudio se tienen los diferentes tipos de selva, como la selva mediana subcaducifolia, donde el 50 al 75% de los árboles pierden sus hojas en la temporada seca, la selva baja caducifolia, ésta puede alcanzar 15 metros de altura o un poco más, desarrollándose en climas cálidos subhúmedos. Así también se tiene la agricultura de temporal, se cuenta también con los manglares, vegetación arbórea muy densa con alturas hasta de 25 m a veces en forma abustiva densa, con raíces parcialmente aéreas en forma de zancos, crece en zonas bajas y fangosas de las costas en esteros, lagunas costeras y estuarios de los ríos, siempre bajo la influencia de agua salobre (Fig. 2.7).



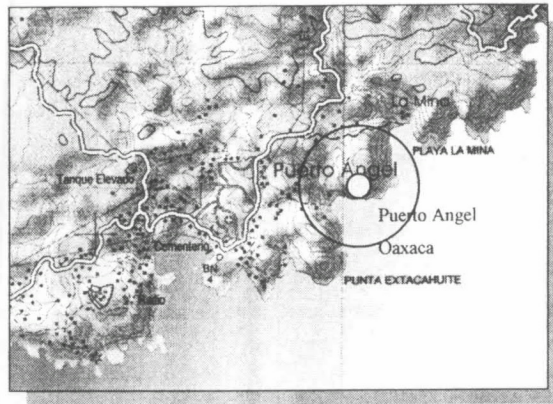


Figura 2.1 Carta topográfica Puerto Ángel, Oaxaca.

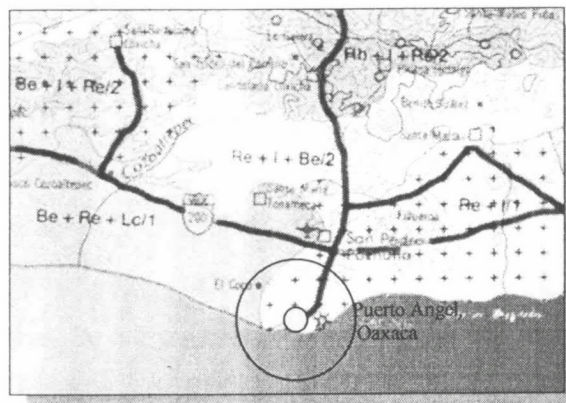


Figura 2.2 Carta edafológica Puerto Ángel, Oaxaca.



Figura 2.3 Carta de climas Puerto Ángel, Oaxaca.

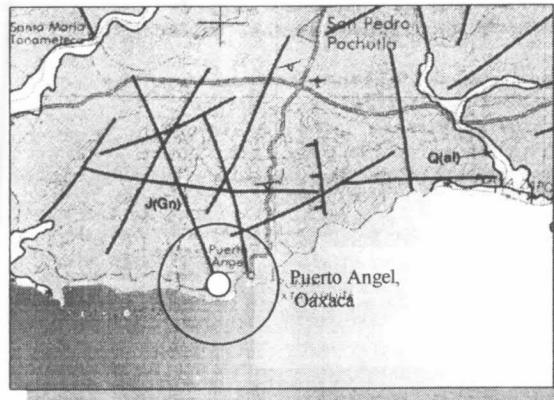


Figura 2.4 Carta Geológica Puerto Ángel, Oaxaca.

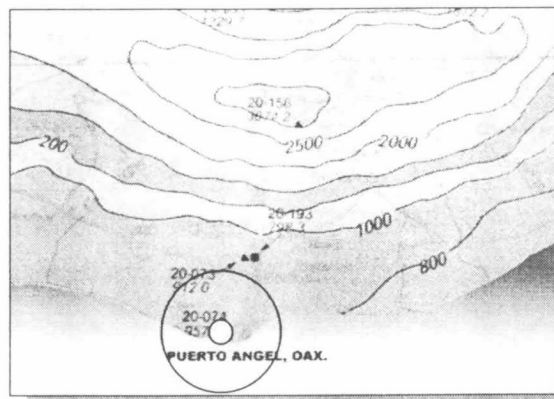


Figura 2.5 Carta de precipitación Puerto Ángel, Oaxaca.

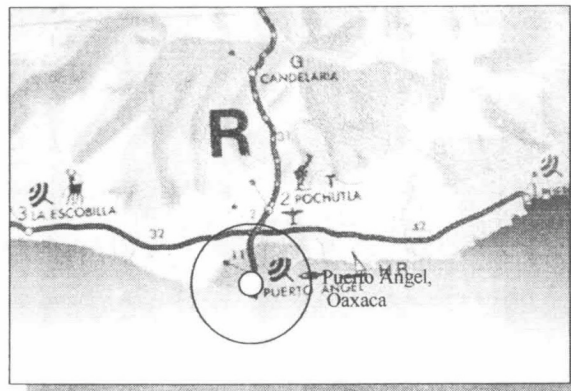


Figura 2.6 Carta turística Puerto Ángel, Oaxaca.

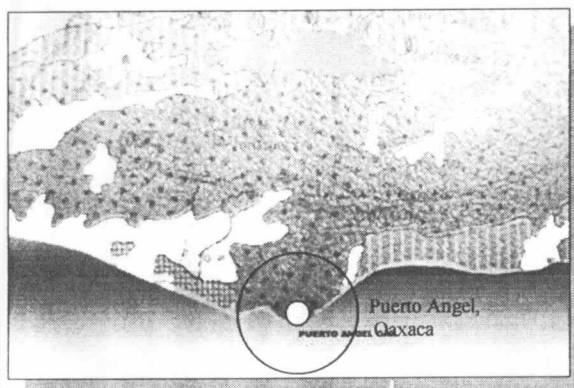


Figura 2.7 Carta de uso del suelo Puerto Ángel, Oaxaca.

## 2.2 INFRAESTRUCTURA URBANA DE PUERTO ANGEL, OAXACA

### VIVIENDA

#### Materiales utilizados en las viviendas

Los materiales utilizados en la construcción de los diferentes elementos que integran una vivienda (muros, techos y pisos), son un buen indicador de lo adecuado que ésta sea, sobre todo tomando en cuenta que la localidad está ubicada en una zona altamente sísmica, a la vez que por su ubicación sobre la costa la hace susceptible de sufrir los efectos causados por fenómenos meteorológicos como: ciclones, huracanes, etc. Desde este punto de vista y considerando que no existe un reglamento de construcción que determine las características mínimas que deben cumplir las edificaciones, se tomará como cierta la clasificación que para estos efectos determinó la secretaria de programación y presupuesto para su aplicación en el Censo General de Población y Vivienda de 1980.

Se consideran como materiales aceptables para la construcción de muros: el ladrillo y la madera; con estos materiales están contruidos los muros de 223 viviendas, esto es el 36.4% del total, y 390 que conforman el 66.6% restante de las viviendas tienen muros considerados inaceptables contruidos con materiales endebles ante los fenómenos naturales.

Así también el concreto y la madera son los materiales que se han considerado adecuados para la construcción de techos. Con estos materiales están construidas las cubiertas de 265 viviendas (10.68%), mientras el resto, que son 548 viviendas (84.4%) tienen cubiertas de materiales como teja, lamina de cartón asfáltico, etc.; los cuales son considerados como inadecuados.

Es así, como se puede señalar que sólo el 8.5% de las viviendas existentes poseen características adecuadas mecánicamente; sin embargo, carecen de propiedades térmicas adecuadas, por lo que es necesario promover programas de mejoramiento de vivienda que permitan a los habitantes de la localidad mejorar sus condiciones de habitabilidad.

## **INFRAESTRUCTURA URBANA**

### **Agua potable**

El agua utilizada para fines domésticos no es tratada, no hay suficiente presión en el sistema, la tubería es de fierro galvanizado de ½" de diámetro lo que explica la baja capacidad de la misma. El sistema de agua potable para esta localidad depende de una sola fuente de abastecimiento, ubicada en Zipolíte, a 6 Km. de Puerto Ángel, lo que hace prioritaria la búsqueda de nuevas fuentes que permitan asegurar el abasto. Así mismo, se deberá instalar una planta para potabilizar el agua y procurar sustituir la tubería de fierro galvanizado por otra que garantice un aprovechamiento optimo de la misma, minimizando así las pérdidas.

Las zonas norte y noreste tienen servicio de agua potable, pero no de alcantarillado, mientras que la zona poniente del poblado carece de todos los servicios, con excepción del servicio de electricidad.

### **Alcantarillado**

Es necesario completar la construcción del sistema de alcantarillado ya instalado, ya que falta la construcción del cárcamo. No existe red de drenaje pluvial, la cual deberá ser completada en el futuro para evitar la contaminación de las aguas de la bahía, e impedir la degradación del pavimento y equipamiento urbano.

## **Alumbrado público y Pavimento**

Sólo una parte del boulevard “Virgilio Uribe” y de la calle Teniente Azueta poseen alumbrado público y cuentan con pavimento, lo que dificulta por las noches la circulación en el resto de la localidad.

## **Electricidad**

El 100% del área urbana cuenta con red de electrificación, el sistema esta interconectado a la subestación eléctrica localizada en San Pedro Pochutla.

## **VIALIDAD Y TRANSPORTE**

### **Vialidad**

La localidad de Puerto Ángel está comunicada con el resto del estado por medio de dos vialidades regionales: la carretera No. 200 que comunica a ésta localidad con San Pedro Pochutla y la carretera No. 195 que comunica con Puerto Escondido y Salina Cruz.

La vialidad primaria de Puerto Ángel está determinada por la prolongación de la carretera Oaxaca-Puerto Ángel, dentro de la localidad, es también la vía colectora de otro flujo vehicular que llega a Puerto Ángel y la única que lo distribuye al resto de la población.

En esta calle, la doble circulación ocasiona conflictos de tráfico en la zona, ya que es utilizada como paradero para taxis y autobuses foráneos.

La vialidad peatonal está determinada únicamente por dos calles, que son las sendas que los habitantes han marcado y que los comunica con los comercios y zonas educativas.

### **Transporte**

El transporte intra-urbano se lleva a cabo por medio de vehículos particulares y taxis, cuya única ruta es la que marca la vialidad primaria, mientras que el transporte foráneo se lleva a cabo por una línea de autobuses foráneos y también funciona un sitio de taxis colectivos. Por otra parte el movimiento de la gente en el centro de la población

es a pie, ya que las distancias son muy cortas, además, el mal estado de la vialidad secundaria no permite otra alternativa.

## **EQUIPAMIENTO URBANO**

### **Servicios urbanos:**

Se cuenta con un cementerio localizado al poniente de la población dentro de la zona urbana, y no existe tiradero de basura y por lo mismo no hay recolección de desechos sólidos, generando problemas de contaminación del aire y suelo. Existe una base de vigilancia naval para seguridad de las lanchas pesqueras y turísticas.

### **Administración pública**

La localidad cuenta con una Agencia Municipal, Oficina Federal de Hacienda y Aduana, y la Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos, tiene instalada una estación meteorológica en la localidad.

## **MEDIO AMBIENTE**

### **Patrimonio natural e histórico**

Puerto Ángel cuenta con una hermosa bahía que posee playas aptas para uso recreativo, por lo cálido de las aguas y el suave oleaje ahí existente, Cuenta también con un espacio abierto franco que es la salida de la bahía al mar, al cual se refiere todo el contorno urbano del puerto. Dentro de la localidad existe un macizo rocoso susceptible de construir un parque urbano, este macizo divide a la playa principal del panteón.

### **Orientación general de la traza.**

La traza urbana de la localidad es irregular y no cuenta con una orientación definida debido a la irregularidad del terreno, aunque en términos generales podría decirse que la traza se realizó teniendo como referencia a la bahía.



### **Contaminación ambiental**

La fuente de mayor contaminación de las aguas son las descargas de aguas negras del hotel Soraya, ubicado frente a la bahía. Otra fuente de contaminación es la que proviene de los habitantes, debido a la inexistencia de un tiradero de basura y a la disposición de los desechos sólidos que se realiza al aire libre de manera irregular.

### **Densidad de construcción.**

La construcción sólo es concentrada en lo que fue el núcleo original del poblado, esto es, el centro de la población localizado frente al malecón. En toda la mancha urbana la densidad de la construcción es baja, sólo localizándose pequeñas manchas de alta densidad de construcción, como el conjunto hotelero ubicado en lo alto de una loma o la escuela secundaria técnica para actividades pesqueras.

## **IMAGEN URBANA**

### **Medio físico**

Antes de llegar a Puerto Ángel, el mar se hace presente entre los cerros que circundan al puerto; las viviendas permanecen semiocultas por la vegetación, no hay grandes edificios, sólo el malecón y el muelle llaman la atención por su simple ubicación, la bahía vista de frente se enmarca por tres grandes macizos rocosos, uno de ellos más grande que los otros.

## **2.3 ANÁLISIS CLIMÁTICO**

En esta etapa se sigue una metodología de análisis de la información climatológica con la finalidad de tener una comprensión clara de los elementos y factores del clima para descubrir los patrones que caracterizan al sitio de estudio y poder aprovechar así los elementos ambientales en el diseño.

El clima “es el conjunto de fenómenos meteorológicos que caracterizan el estado de la atmósfera en un punto de la superficie terrestre”.

El clima identifica a una región por el comportamiento de sus componentes, así como por sus variables atmosféricas. De esta manera, el hombre ha reflejado con el

paso del tiempo en la arquitectura las diversas estrategias empleadas para lograr condiciones adaptables de vida.

Vitrubio comentó al respecto:

“El estilo de los edificios debe ser manifiestamente diferente en Egipto que en España, en Pontus y en Roma, y en países y regiones de características diferentes. Una parte de la tierra se encuentra abrumada por el sol en su recorrido; otra, se encuentra muy alejada de él; y por último, existe una afectada por su radiación pero a una distancia moderada.”<sup>7</sup>

De esta manera, el clima es el punto de partida en el diseño bioclimático, es de quien depende como la arquitectura deba integrarse al medio respetando los recursos naturales para lograr condiciones de confort saludables, actuando como un elemento protector y regulador que rechace o transforme la acción de estos elementos naturales del lugar como es el sol, viento, agua, etc.

### **2.3.1 Ubicación geográfica**

La localidad de Puerto Ángel se encuentra ubicada en la Sierra Madre del Sur, dentro de la subprovincia de las costas del sur del Estado de Oaxaca (Figura 2.8), en una estrecha llanura conformada por lomeríos. Pertenece al municipio de Santa María Tonameca en el distrito de Pochutla de la región de la costa oaxaqueña.

---

<sup>7</sup> Víctor Olgyay, *Arquitectura y Clima, Manual de Diseño Bioclimático para Arquitectos y Urbanistas*. Pág. 3





### Localización

Figura 2.8 Mapa de la república mexicana

La región de la Costa consta de 3 distritos subdivididos a su vez en 51 municipios. El clima se caracteriza como tropical subhúmedo con una temperatura promedio anual de 28.5°C y una humedad relativa arriba del 70%, las lluvias fuertes se producen en verano y la precipitación media anual es de 1500mm, mientras que los vientos dominantes provienen del SSW y del NORTE.

De acuerdo al proceso metodológico es importante delimitar el área de estudio, esto nos permitirá comprender con más detalle los aspectos físicos y naturales que interactúan en la zona de estudio, de esta manera se seleccionó la población de Puerto Ángel Oaxaca donde se cuenta con una estación meteorológica, ubicada en el distrito de Pochutla (Figura 2.9)



## Temperaturas y Humedades horarias

En la tabla 2.1 y 2.2 se resumen los datos de temperatura y humedad correspondientes a 10 años, las temperaturas horarias se encuentran desde la 6, hasta las 24 Hrs., sin estos datos no podrían realizarse los análisis psicrométricos ni de confort higrotérmico.

De esta manera se tabularon los valores de las temperaturas horarias, definiendo los valores de sobre calentamiento, confort y bajo calentamiento, los datos horarios fueron relacionados con la gráfica solar.

TEMPERATURAS HORARIAS

| 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18    | 19    | 20   | 21   | 22   | 23   | 24   | PRO  |            |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------------|
| 22.1 | 22.4 | 23.7 | 26.0 | 28.2 | 29.3 | 29.5 | 30.5 | 30.6 | 30.5 | 30.6 | 29.7 | 29.0  | 27.4  | 26.4 | 25.9 | 25.9 | 25.2 | 24.6 | 27.2 | Enero      |
| 23.4 | 23.4 | 25.3 | 27.2 | 29.0 | 29.7 | 30.5 | 30.9 | 31.1 | 31.1 | 31.0 | 30.4 | 31.0  | 28.8  | 27.9 | 27.3 | 26.7 | 26.2 | 25.9 | 27.9 | Febrero    |
| 23.3 | 23.3 | 25.5 | 26.8 | 29.1 | 29.4 | 29.8 | 30.5 | 30.5 | 30.5 | 30.2 | 30.1 | 29.6  | 28.3  | 27.6 | 27.1 | 26.3 | 26.1 | 25.4 | 27.8 | Marzo      |
| 24.8 | 25.8 | 27.3 | 28.7 | 29.8 | 30.9 | 31.1 | 31.8 | 31.7 | 31.7 | 31.2 | 30.7 | 30.0  | 28.8  | 28.5 | 28.0 | 27.7 | 27.3 | 27.1 | 29.1 | Abril      |
| 25.8 | 26.6 | 28.5 | 29.4 | 30.5 | 30.7 | 30.6 | 31.4 | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 30.7 | 30.0  | 29.6  | 28.9 | 28.5 | 27.7 | 27.6 | 26.0 | 29.3 | Mayo       |
| 25.7 | 26.2 | 27.8 | 29.1 | 30.5 | 30.5 | 30.8 | 30.8 | 30.6 | 30.6 | 31.2 | 29.5 | 29.6  | 27.8  | 27.2 | 26.1 | 26.0 | 26.4 | 27.1 | 28.6 | Junio      |
| 24.9 | 25.4 | 26.9 | 28.3 | 29.9 | 30.8 | 31.3 | 31.9 | 31.2 | 32.2 | 31.8 | 31.2 | 30.2  | 28.5  | 27.6 | 27.0 | 26.6 | 26.2 | 25.7 | 28.8 | Julio      |
| 24.9 | 25.3 | 26.8 | 27.8 | 30.1 | 31.3 | 31.7 | 32.3 | 32.7 | 32.8 | 30.8 | 31.4 | 30.8  | 29.6  | 28.9 | 28.4 | 27.5 | 27.0 | 26.4 | 29.3 | Agosto     |
| 24.4 | 24.7 | 25.9 | 27.1 | 29.1 | 30.0 | 30.4 | 30.8 | 30.7 | 30.6 | 30.6 | 29.8 | 28.94 | 28.95 | 28.3 | 27.9 | 27.4 | 27.1 | 27.1 | 28.4 | Septiembre |
| 24.1 | 24.8 | 26.8 | 28.7 | 30.4 | 31.2 | 31.7 | 32.2 | 32.6 | 32.4 | 31.9 | 30.9 | 29.6  | 28.8  | 27.7 | 27.8 | 27.2 | 25.9 | 26.7 | 29.0 | Octubre    |
| 23.9 | 24.3 | 26.0 | 27.8 | 29.9 | 31.4 | 31.8 | 32.0 | 32.3 | 32.2 | 31.4 | 30.0 | 29.3  | 28.4  | 27.4 | 26.8 | 26.2 | 25.5 | 25.0 | 28.5 | Noviembre  |
| 22.7 | 23.0 | 24.3 | 26.1 | 29.4 | 30.1 | 30.7 | 31.2 | 31.5 | 31.6 | 31.0 | 30.6 | 29.8  | 29.3  | 28.3 | 27.5 | 27.3 | 26.8 | 26.2 | 28.3 | Diciembre  |
| 24.2 | 24.6 | 26.2 | 27.7 | 29.4 | 30.2 | 30.8 | 31.3 | 31.4 | 31.5 | 31.1 | 30.4 | 29.8  | 28.7  | 27.8 | 27.3 | 26.9 | 26.4 | 26.1 | 28.5 |            |

Tabla 2.1 Temperaturas horarias (°C)

HUMEDAD HORARIA

| 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | PRO |            |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|------------|
| 88 | 88 | 83 | 78 | 76 | 73 | 73 | 72 | 70 | 72 | 72 | 74 | 75 | 83 | 83 | 82 | 85 | 85 | 86 | 79  | Enero      |
| 84 | 85 | 81 | 75 | 73 | 73 | 72 | 69 | 70 | 69 | 69 | 70 | 72 | 77 | 80 | 81 | 82 | 82 | 82 | 76  | Febrero    |
| 89 | 85 | 78 | 78 | 75 | 76 | 76 | 75 | 73 | 74 | 73 | 75 | 76 | 76 | 78 | 76 | 76 | 74 | 74 | 77  | Marzo      |
| 85 | 82 | 79 | 78 | 78 | 75 | 72 | 70 | 71 | 70 | 70 | 71 | 72 | 76 | 76 | 77 | 78 | 79 | 78 | 75  | Abril      |
| 84 | 80 | 74 | 74 | 71 | 70 | 72 | 71 | 69 | 68 | 71 | 70 | 70 | 73 | 73 | 75 | 78 | 78 | 80 | 74  | Mayo       |
| 85 | 86 | 80 | 75 | 73 | 74 | 74 | 70 | 72 | 73 | 75 | 76 | 78 | 82 | 83 | 87 | 87 | 87 | 89 | 79  | Junio      |
| 89 | 88 | 84 | 79 | 74 | 74 | 73 | 70 | 70 | 70 | 71 | 72 | 73 | 76 | 80 | 79 | 81 | 83 | 84 | 77  | Julio      |
| 87 | 88 | 84 | 82 | 76 | 74 | 73 | 70 | 70 | 70 | 72 | 73 | 74 | 77 | 79 | 80 | 85 | 86 | 87 | 78  | Agosto     |
| 88 | 86 | 85 | 81 | 74 | 73 | 74 | 73 | 74 | 72 | 74 | 75 | 78 | 79 | 79 | 80 | 79 | 81 | 80 | 78  | Septiembre |
| 90 | 87 | 83 | 79 | 74 | 74 | 71 | 70 | 69 | 71 | 70 | 74 | 76 | 79 | 80 | 81 | 81 | 82 | 85 | 78  | Octubre    |
| 88 | 88 | 84 | 79 | 75 | 71 | 70 | 70 | 69 | 69 | 71 | 73 | 76 | 77 | 80 | 81 | 83 | 85 | 89 | 78  | Noviembre  |
| 87 | 87 | 83 | 79 | 73 | 71 | 70 | 68 | 69 | 68 | 71 | 72 | 73 | 78 | 80 | 81 | 88 | 90 | 91 | 78  | Diciembre  |
| 87 | 86 | 81 | 78 | 74 | 73 | 72 | 71 | 70 | 70 | 72 | 73 | 74 | 78 | 79 | 80 | 82 | 83 | 84 | 77  |            |

Tabla 2.2 Humedades Horarias (%)

En la Tabla 2.3, se aprecia que las temperaturas al ser bajas provocan que la humedad relativa sea alta y cuando las temperaturas son altas la humedad relativa es baja, lo mismo sucede para las temperaturas promedio y se puede apreciar mas en los meses de abril y mayo que presentan temperaturas altas, el porcentaje de humedad relativa es bajo y cuando la temperatura es baja, como sucede en el mes de enero el porcentaje de humedad relativa es alto.

| MES         | Tmin.<br>(°C) | H min.<br>(%) | T.max.<br>(°C) | H max<br>(%) | Tmedia<br>(°C) | Hmed.<br>(%) |
|-------------|---------------|---------------|----------------|--------------|----------------|--------------|
| Ene.        | 22.3          | 88            | 30.6           | 70           | 27.2           | 79           |
| Feb.        | 23.4          | 85            | 31.1           | 69           | 27.9           | 76           |
| Mar.        | 23.3          | 89            | 30.5           | 73           | 27.8           | 77           |
| Abr.        | 24.8          | 85            | 31.7           | 70           | 29.1           | 75           |
| May.        | 25.8          | 84            | 31.5           | 69           | 29.3           | 74           |
| Jun.        | 25.7          | 86            | 30.8           | 70           | 28.6           | 79           |
| Jul.        | 24.9          | 89            | 32.2           | 70           | 28.8           | 77           |
| Ago.        | 24.9          | 88            | 32.8           | 70           | 29.3           | 78           |
| Sept.       | 24.4          | 88            | 30.7           | 72           | 28.4           | 78           |
| Oct.        | 24.1          | 90            | 32.6           | 69           | 29.0           | 78           |
| Nov.        | 23.9          | 88            | 32.3           | 69           | 28.5           | 78           |
| Dic.        | 22.7          | 87            | 31.6           | 68           | 28.3           | 78           |
| Prom. Anual | 24.2          | 87            | 31.5           | 70           | 28.5           | 77           |

Tabla 2.3 Temperaturas y humedades relativas horarias (°C) máximas y mínimas de Puerto Ángel Oaxaca.

## Temperaturas horarias en gráfica solar

### Carta estereográfica

Los rangos de confort de las temperaturas horarias se relacionaron con la gráfica solar lo cual permite definir la mejor orientación y la mejor ubicación de cada uno de los espacios en función de sus requerimientos de asoleamiento, y requerimientos térmicos.

En la figura 2.10 se muestra el siguiente análisis:

Para el primer semestre, en los meses de diciembre, enero y febrero existe un bajo calentamiento entre las 7 a 8 de la mañana. Entrando en confort de 8 a 10 de la mañana, a partir de esta hora hasta las 18 hrs. se tiene un sobrecalentamiento.

En el segundo semestre se observa que se está en confort a partir de las 6 hrs. hasta las 9 hrs. de la mañana, a partir de esta hora hasta las 18 hrs. se tiene un sobre calentamiento.

De esta manera se observa que existe sobrecalentamiento en todo el año y se tiene confort solo por las mañanas desde que sale el sol hasta las 10 de la mañana para los meses de octubre, noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo.

De esta manera la orientación óptima para la población de Puerto ángel es la Sureste, con la colocación de dispositivos de control solar en las horas de sobrecalentamiento o incluso aquellas que se encuentran en confort, ya que de permitir la penetración solar las temperaturas podrían elevarse incrementando el sobrecalentamiento.

| TEMPERATURA ( °C) |          |       |       |
|-------------------|----------|-------|-------|
|                   | Mas de   | 28.94 |       |
| De                | 23.94    | A     | 28.94 |
| De                | Menos de | 23.94 |       |

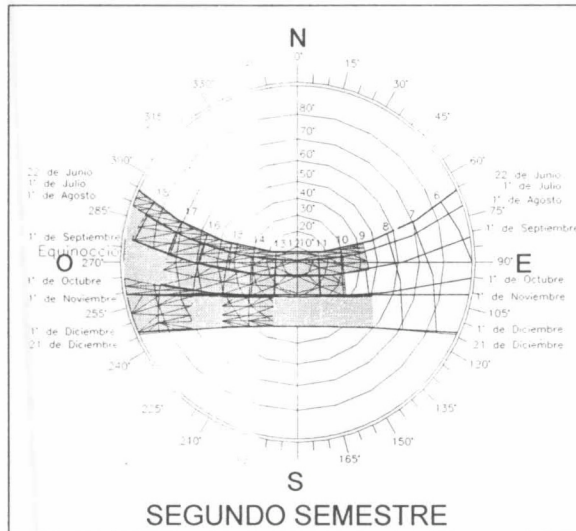
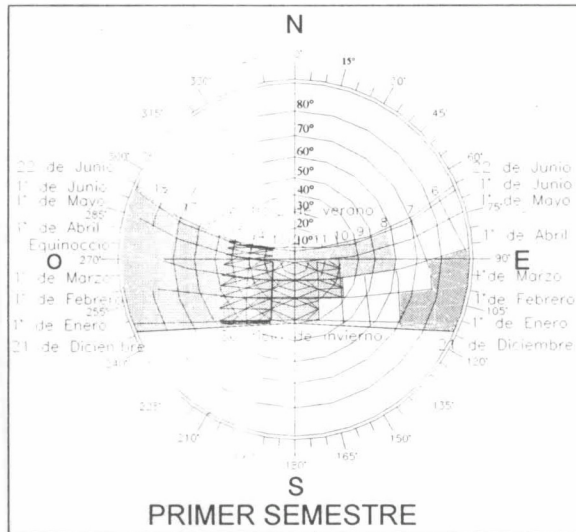


Figura 2.10 Gráfica solar estereográfica para Puerto Ángel Oaxaca

## Vientos horarios

Se llevó a cabo la obtención de los vientos horarios para la población de Puerto Ángel, Oaxaca.

Los datos se obtuvieron en el Observatorio Meteorológico Nacional que corresponden al periodo de 1991 al 2000. De esta manera se recopila la información de 10 años para procesarla y organizarla, obteniendo así la velocidad, su dirección y frecuencia Mensual y anual (Tabla 2.4).

| DATOS HORARIOS MENSUALES, CORRESPONDIENTES A 10 AÑOS PERIODO 1991-2000 DE PUERTO ANGEL OAXACA |         |         |         |         |         |         |         |         |          |         |         |         |         |         |         |        |       |       |       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|-------|-------|-------|
| DATOS DE MAYOR DIRECCIÓN CON SU VELOCIDAD PROMEDIO                                            |         |         |         |         |         |         |         |         |          |         |         |         |         |         |         |        |       |       |       |
| MES                                                                                           | 6       | 7       | 8       | 9       | 10      | 11      | 12      | 13      | 14       | 15      | 16      | 17      | 18      | 19      | 20      | 21     | 22    | 23    | 24    |
| ENE                                                                                           | 1.6 N   | 2.22N   | 1.5N    | 3.83ESE | 1.92SSW | 0.26SSW | 3.4SSW  | 3.45SSW | 3.51SSW  | 3.6SSW  | 3.42SSW | 4.12SSW | 3SSW    | 3.3SSW  | 3SSW    | 2.7SNW | .66NW | 3.6N  | 3.6N  |
| FEB                                                                                           | 2.16N   | 2.75WNW | 1.53N   | 4.35WSW | 3SSE    | 2.37SSE | 3.16SSW | 3.02SSW | 3.98SSW  | 4.7SSW  | 4.61SSW | 4.28SSW | 4.74SSW | 5.35SSW | 2.95NW  | 4.6NNW | 4.6N  | 4.8N  | 4.76N |
| MAR                                                                                           | 1.97N   | 2.06N   | 1.6N    | 1.75E   | 2.55SSE | 2.45SSE | 4.8SSW  | 2.82SSE | 3.4SSW   | 3.55SSW | 4.24SSW | 3.31SSW | 2.96SSW | 4.25WSW | 2.6SSW  | 4.55N  | 4.25N | 4.1N  | 3.4N  |
| ABR                                                                                           | 2.28 N  | 2.83N   | 1.4N    | 3.5SSW  | 4.02SSW | 3.76SSW | 3.42SSW | 5.95SSW | 6.62SSW  | 6.3SSW  | 5.95SSW | 6.86SSW | 9.2SSW  | 6.36W   | 5.7N    | 6.16N  | 5.95N | 5N    | 4.8N  |
| MAY                                                                                           | 2.73N   | 3N      | 2.5E    | 3.36ESE | 3.3SSE  | 4.22SSW | 4.76SSW | 2.8SSW  | 3.4SSW   | 3.5SSW  | 2.47SSW | 2.73SSW | 2.8SSW  | 2.7SSW  | 1SSW    | 2.6SSW | 1.45N | 2.15N | 2.5N  |
| JUN                                                                                           | 2.78NNE | 1.22NNE | 2.35NNW | 7N      | 1.SSE   | 2.45SSE | 3.16SSE | 4.8SSW  | 4.12SSW  | 5.6SSW  | 5.6SSW  | 7.75SSW | 7.2SSW  | 6N      | 6.6N    | 4.9N   | 26.2N | 4.7N  | 6.8N  |
| JUL                                                                                           | 2.7N    | 3.65NNW | 3.3NNW  | .83N    | 2.03SSE | 3.6SSW  | 3.18SSW | 4SSW    | 3.96SSW  | 2.81SSW | 3.61SSW | 2.45SSW | 2.5SSW  | 4.47N   | 7.76N   | 3.45N  | 3.32N | 3.1N  | 3.05N |
| AGO                                                                                           | 1.6N    | 3N      | 1.57N   | 9N      | 1.8SSE  | 1.52SSW | 2.25SSW | 3.2SSW  | 20.86SSW | 3.3SSW  | 3.82SSW | 5.13SSW | 3.33SSW | 1.4N    | .8N     | 1.7N   | 1.45N | 1.6N  | 2.3N  |
| SEPT                                                                                          | 2.95N   | 3.3N    | 1.25N   | 2.3N    | 2.1SSE  | 2.6SSW  | 2.75SSW | 3.42SSW | 2.62SSW  | 4.36SSW | 3.9SSW  | 4.66SSW | 4.9SSW  | 3.4N    | 3.5N    | 8.9N   | 4.5N  | 4.6N  | 4.6N  |
| OCT                                                                                           | 2.47N   | 1.8N    | 3.86N   | 2.2ESE  | 1.54ESE | 5.05WSW | 3.44SSW | 3.34SSW | 4.32SSW  | 4.68SSW | 4.61SSW | 3.26SSW | 1.43SSW | 2.8N    | 1.3NW   | 3.25N  | 2.56N | 2.02N | 1.75N |
| NOV                                                                                           | 3.2N    | 1.4N    | 0.93N   | 1.3SSW  | 2.5SSW  | 4.55SSW | 4.45SSW | 4.02SSW | 4.32SSW  | 4.62SSW | 4.4SSW  | 3.62SSW | 3.9SSE  | 2.03SSE | 2.45SSE | 1.6N   | 3.55N | 5.2N  | 4.7N  |
| DIC                                                                                           | 1.63N   | 1.77N   | 2.15N   | 2.03N   | 1.86SSW | 2.86SSW | 3.33SSW | 3.05SSW | 3.32SSW  | 3.65SSW | 3.76SSW | 3.82SSW | 3.9SSW  | 0       | 0       | 0      | 0     | 0     | 0     |

Tabla 2.4 Dirección del viento y velocidad (m/s)

En la Tabla 2.4 se resume la mayor dirección del viento con su velocidad promedio para cada mes, desde la 6 a las 24 hrs. de acuerdo a los datos registrados en el observatorio durante el periodo de 10 años.

Posteriormente se promediaron las mismas direcciones con su respectiva velocidad y frecuencia para cada mes. (Tabla 2.5)

| RESUMEN DE VELOCIDAD Y FRECUENCIA DEL VIENTO PARA CADA MES |           |            |  |           |           |            |
|------------------------------------------------------------|-----------|------------|--|-----------|-----------|------------|
| ENERO                                                      | VELOCIDAD | FRECUENCIA |  | JULIO     | VELOCIDAD | FRECUENCIA |
| N                                                          | 2.5       | 17.56%     |  | SSW       | 2.76      | 49.39%     |
| NW                                                         | 0.6       | 4.05%      |  | N         | 3.58      | 26.50%     |
| ESE                                                        | 3.66      | 4.05%      |  | NNW       | 3.47      | 8.43%      |
| SSW                                                        | 3.12      | 68.91%     |  | SSE       | 2.03      | 3.61%      |
| FEBRERO                                                    | VELOCIDAD | FRECUENCIA |  | AGOSTO    | VELOCIDAD | FRECUENCIA |
| SSW                                                        | 4.23      | 60.00%     |  | SSW       | 3.17      | 52.94%     |
| N                                                          | 3.51      | 18.75%     |  | N         | 1.53      | 42.64%     |
| WNW                                                        | 2.75      | 2.50%      |  | SSE       | 1.8       | 4.41%      |
| WSW                                                        | 2.3       | 2.50%      |  |           |           |            |
| SSE                                                        | 2.67      | 7.50%      |  | SEPT      | VELOCIDAD | FRECUENCIA |
| NW                                                         | 2.95      | 2.50%      |  | SSW       | 3.6       | 56.96%     |
| NNW                                                        | 4.6       | 2.50%      |  | N         | 3.5       | 39.24%     |
|                                                            |           |            |  | SSE       | 2.16      | 3.79%      |
| MARZO                                                      | VELOCIDAD | FRECUENCIA |  | OCTUBRE   | VELOCIDAD | FRECUENCIA |
| SSW                                                        | 3.54      | 53.84%     |  | SSW       | 3.62      | 48.05%     |
| N                                                          | 3.13      | 34.61%     |  | N         | 2.56      | 40.25%     |
| E                                                          | 1.5       | 3.80%      |  | WSW       | 5.05      | 2.59%      |
| SSE                                                        | 2.5       | 7.69%      |  | ESE       | 1.24      | 9.00%      |
| WSW                                                        | 4.25      | 3.84%      |  |           |           |            |
| ABRIL                                                      | VELOCIDAD | FRECUENCIA |  | NOVIEMBRE | VELOCIDAD | FRECUENCIA |
| SSW                                                        | 5.54      | 55.38%     |  | SSW       | 3.85      | 55.50%     |
| N                                                          | 4.26      | 40.00%     |  | N         | 2.95      | 29.62%     |
| W                                                          | 6.36      | 4.60%      |  | SSE       | 8.38      | 14.81%     |
| MAYO                                                       | VELOCIDAD | FRECUENCIA |  | DICIEMBRE | VELOCIDAD | FRECUENCIA |
| SSW                                                        | 3.11      | 67.70%     |  | SSW       | 3.28      | 63.93%     |
| N                                                          | 2.36      | 21.00%     |  | N         | 1.88      | 36.06%     |
| E                                                          | 2.5       | 3.92%      |  |           |           |            |
| ESE                                                        | 3.38      | 5.80%      |  |           |           |            |
| SSE                                                        | 3.3       | 5.80%      |  |           |           |            |
|                                                            |           |            |  |           |           |            |
| JUNIO                                                      | VELOCIDAD | FRECUENCIA |  |           |           |            |
| SSW                                                        | 5.9       | 29.82%     |  |           |           |            |
| NNE                                                        | 4         | 17.54%     |  |           |           |            |
| NNW                                                        | 2.35      | 7.00%      |  |           |           |            |
| SSE                                                        | 3.3       | 17.54%     |  |           |           |            |
| N                                                          | 5.86      | 21.00%     |  |           |           |            |

Tabla 2.5 Resumen de velocidad (m/s) y frecuencia del viento para cada mes (%).

Una vez hecho este cálculo se promediaron las mismas direcciones entre los doce meses del año para obtener la velocidad promedio y frecuencia proomedio anual (Tabla 2.6)

| ANUAL | VELOCIDAD | FRECUENCIA |
|-------|-----------|------------|
| SSW   | 2.12      | 51.70%     |
| N     | 2.90      | 26.70%     |
| NW    | 1.70      | 3.20%      |
| ESE   | 4.00      | 3.30%      |
| WNW   | 2.70      | 2.50%      |
| WSW   | 3.80      | 3.70%      |
| SSE   | 3.40      | 3.70%      |
| NNW   | 2.90      | 7.00%      |
| E     | 2.00      | 3.00%      |
| W     | 6.36      | 4.60%      |

Tabla 2.6 Velocidad y frecuencia anual de vientos (%)



Respecto a los datos analizados en la Tabla 2.7 se obtuvo que la dirección dominante para todos los meses fueron la Sur suroeste (SSW) y la mayor velocidad media de este viento fue de 5.54 m/s y se presentó en el mes de abril, mientras que la velocidad máxima de viento dominante Sur suroeste fue de 7.76 m/s y se presento en el mes de julio.

| MES | DIR.DOMINANT | VELOC.MEDIA | VELOC.MAX | FREC.  |
|-----|--------------|-------------|-----------|--------|
| ENE | SSW          | 3.12        | 3.6       | 68.91% |
| FEB | SSW          | 4.23        | 5.35      | 60%    |
| MAR | SSW          | 3.54        | 4.8       | 53.84% |
| ABR | SSW          | 5.54        | 6.86      | 55.38% |
| MAY | SSW          | 3.11        | 4.76      | 67.70% |
| JUN | SSW          | 5.9         | 7.75      | 29.82% |
| JUL | SSW          | 2.76        | 7.76      | 49.39% |
| AGO | SSW          | 3.17        | 5.13      | 52.94% |
| SEP | SSW          | 3.6         | 5.45      | 56.92% |
| OCT | SSW          | 3.62        | 5.05      | 48.05% |
| NOV | SSW          | 3.85        | 4.7       | 55.50% |
| DIC | SSW          | 3.28        | 3.9       | 63.93% |

Tabla 2.7 Dirección, velocidad media, máxima y frecuencia para cada mes

### 2.3.3 Análisis paramétrico

Consistió en analizar cada uno de los distintos parámetros climatológicos como son: temperatura, humedad relativa, precipitación, radiación solar, días grado y graficas de viento

#### Temperatura de bulbo seco

La temperatura es el parámetro mas importante y el primero que se analiza, este se analizó en función de los rangos de confort de la localidad de estudio, de acuerdo a la formula propuesta por Steven Szokolay.

| Temperatura Neutra                     | Zona de Confor Termico (+)                    | Zona de Confor Termico (-)                    |
|----------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| $T_n = 17.60 + 0.31 \cdot T_m$         | $Z_{ct} = T_n + 2.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ | $Z_{ct} = T_n - 2.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ |
| $T_n = 17.60 + 0.31 \cdot 28.5$        | $Z_{ct} = 26.44 + 2.5$                        | $Z_{ct} = 26.44 - 2.5$                        |
| $T_n = 26.44 \text{ }^{\circ}\text{C}$ | $Z_{ct} = 28.94 \text{ }^{\circ}\text{C}$     | $Z_{ct} = 23.94 \text{ }^{\circ}\text{C}$     |

En la figura 2.11 se observa que las temperaturas mínimas promedio de los meses de diciembre, enero, febrero y marzo, se ubican por debajo de la zona de confort, (fórmula de Szokolay), mientras que para los meses de abril a noviembre permanecen dentro de dicha zona, por otra parte las temperaturas máximas promedio, como se observa, se presentan durante todo el año sobrepasando la zona de confort térmico máxima que es 28.94 °C.

Se observa también que las temperaturas promedio de los meses de septiembre, noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo, se encuentran dentro de la zona de confort térmico máximo.

Las oscilaciones térmicas más elevadas se presentan en los meses de octubre (8.5°C), noviembre (8.4°C) diciembre (9°C) y enero (8.3°C), mientras que la oscilación anual promedio fue de 7.4°C.

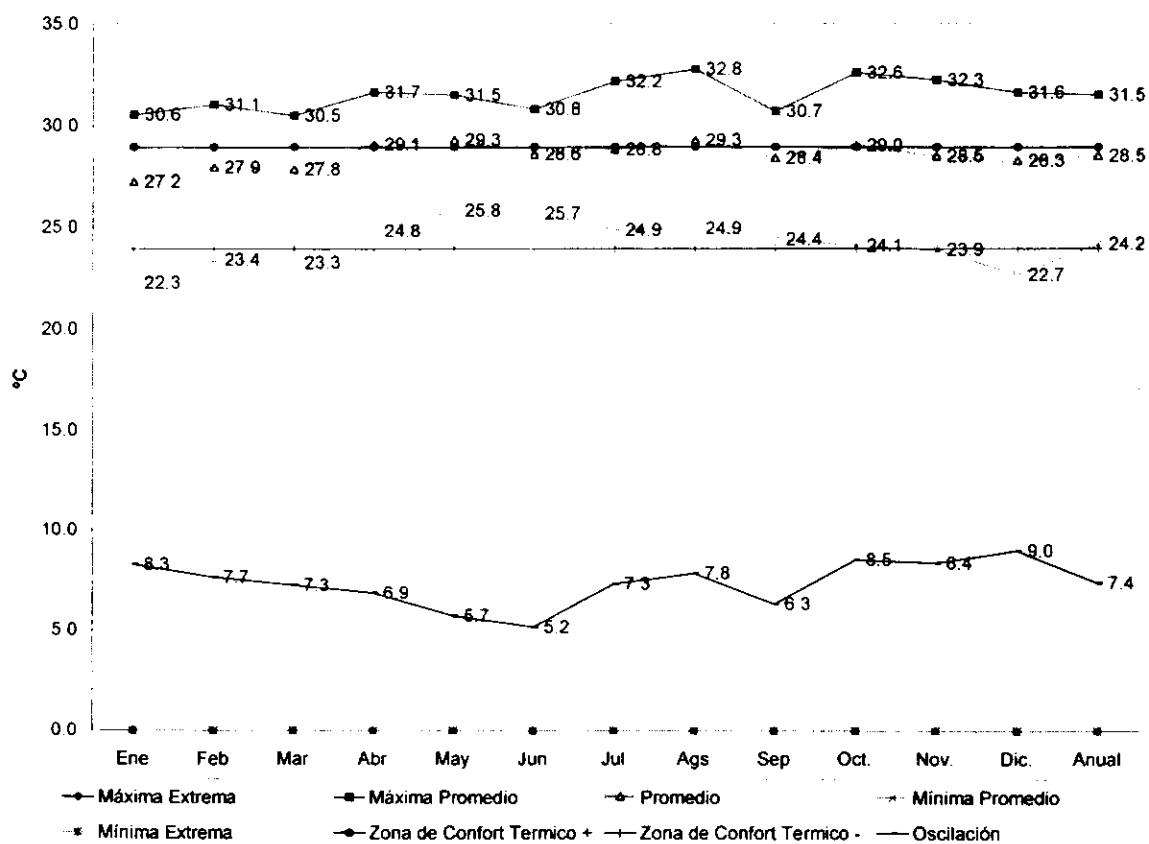


Figura 2.11 Temperatura para Puerto Ángel Oaxaca

Los datos de temperaturas presentados determinan que se trata de un tipo de clima cálido semihúmedo, por lo tanto, la estrategia básica es evitar sobrecalentamientos, aprovechar la ventilación para generar ventilación cruzada, generar movimientos de aire en el interior de los espacios y usar materiales con un coeficiente de transmisión térmica bajo.

### Humedad relativa

En la figura 2.12 se observa que la humedad relativa máxima se mantiene en el rango del 90% en los meses de julio, agosto, septiembre y octubre, sobrepasando los límites máximos.

La humedad mínima en general se encuentra en el límite superior de confort.

La humedad relativa media se mantiene en el 80% para los meses de junio, julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre, y se encuentra por arriba del límite superior de la zona de confort higrotérmico. Por tanto, para lograr condiciones de confort debe estar por el rango de 60% y la estrategia básica para lograrlo, de manera pasiva, es la deshumidificación a base de ventilación natural.

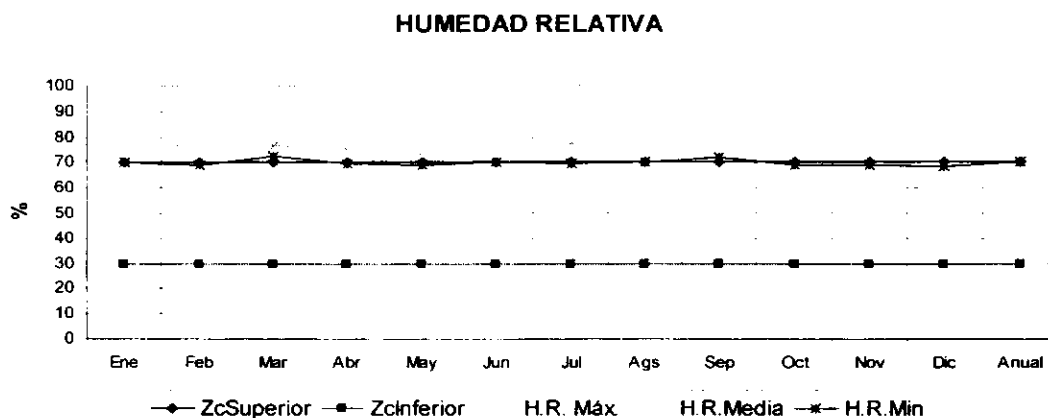


Figura 2.12 Humedad relativa

### Precipitación pluvial

La población de Puerto Ángel no cuenta con datos normalizados, por lo tanto, estos fueron tomados de las normales climatológicas para la población de Salina Cruz, que es la población más cercana a Puerto Ángel, dichos datos corresponden al periodo de 1951 a 1980.

En la figura 2.13 se puede apreciar que los meses de precipitación mínima son en octubre, noviembre y diciembre, se presenta también en los meses de abril y mayo.

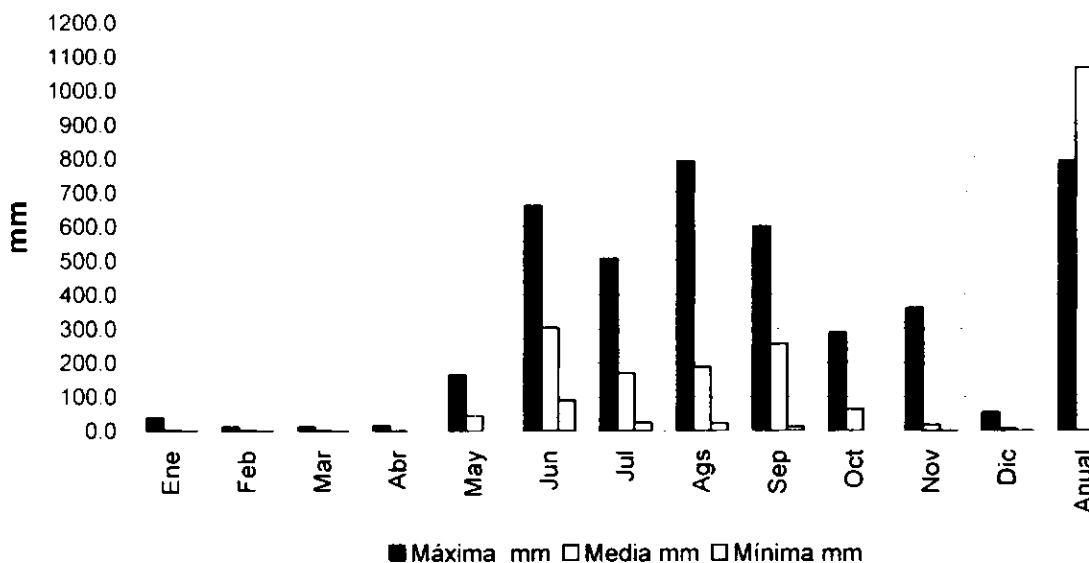


Figura 2.13 Precipitación (mm)

Las precipitaciones máximas se presentan en los meses de junio, julio, agosto y septiembre, y la mayor de estos meses se presentó en el mes de agosto con una precipitación pluvial de 790.2 mm. Por otra parte de las precipitaciones medias, las mas altas se presentan en los meses de junio, julio, agosto y septiembre y la mayor de estas se presentó en el mes de junio con una precipitación pluvial de 304 mm.

La precipitación total anual es de 1065.6 mm. Por lo tanto la estrategia básica es la protección de los elementos verticales y espacios interiores.

## Radiación solar

La radiación solar global es la cantidad total de energía solar que alcanza una fracción de superficie terrestre en un plano horizontal. La cantidad de radiación solar depende de la constante solar, de la latitud de la localidad, del periodo estacional, de las partículas suspendidas en la atmósfera, del albedo de la superficie terrestre y del clima. La radiación global se forma de la radiación directa y de la radiación difusa.

En la figura 2.14 se muestra que los promedios mensuales de la Radiación solar Máxima corresponden a cada mes de acuerdo a los cálculos realizados por José Luis Fernández Zayas.<sup>9</sup>

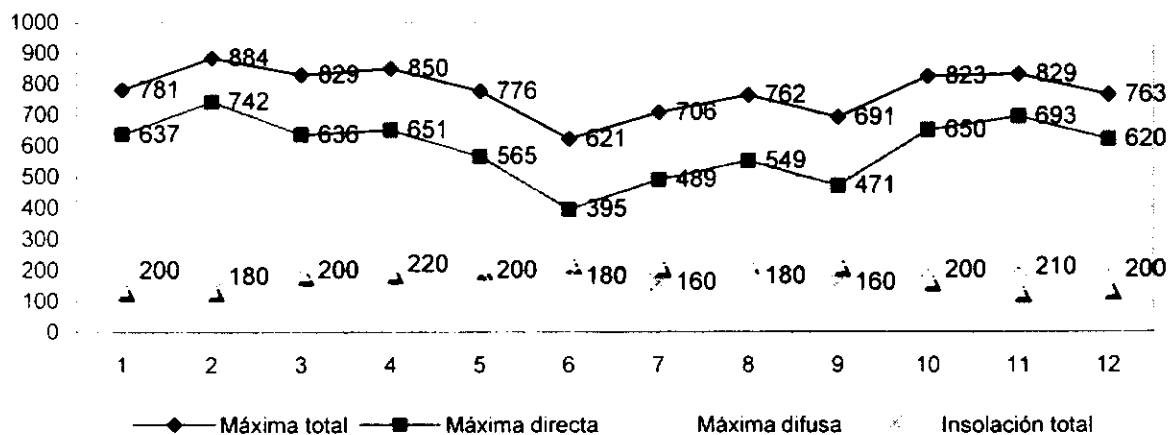


Figura 2.14 Radiación solar

La radiación solar mayor de la máxima total fue de 884 W/m<sup>2</sup> y se presenta en el mes de febrero mientras que, la radiación solar mayor de la máxima directa es de 742 W/m<sup>2</sup> y se presenta en febrero, por otra parte la radiación solar mayor de la máxima difusa es de 226 w/M<sup>2</sup> y se presenta en el mes de junio.

<sup>9</sup> José Luis Fernández Zayas, Vicente Estrada-Cajigal *Cálculo de la Radiación solar instantánea en la Republica Mexicana*

## **Días grado**

Se define como días grado a los requerimientos de calentamiento o enfriamiento en grados centígrados acumulados día con día en un mes, necesarios para entrar en la zona de confort.

Se consideran dos tipos de días grado: días grado general y días grado local

**Días grado general.** Es considerado para todos los climas, con una zona de confort entre los 18 y 26°C; este rango es aplicado internacionalmente y se usa como un parámetro comparativo entre distintas ciudades y climas.<sup>10</sup>

### **Cálculo de días grado general**

En la tabla 2.8 se muestra el cálculo de los días grado general para Puerto Angel Oaxaca los cuales se clasifican en dos:

a)  $DGc = n(T-18)$

b)  $Dge = n(T-26)$

Donde:

DGc= Días grado de calentamiento

Dge= Días grado de enfriamiento

n= Numero de días del mes

T= Temperatura media mensual (°C)

---

<sup>10</sup> Fuentes Freixanet Víctor A, *Metodología de Diseño Bioclimático*, Tesis Maestría UAM Azc. Pág 247.

### Días grado general de enfriamiento

| Meses      | No días al mes | n (T-26°C) | DGC<br>n(T-18) |
|------------|----------------|------------|----------------|
| Enero      | 31             | 37         | 325            |
| Febrero    | 28             | 53         | 294            |
| Marzo      | 31             | 56         | 325            |
| Abril      | 30             | 93         | 315            |
| Mayo       | 31             | 102        | 325            |
| Junio      | 30             | 78         | 315            |
| Julio      | 31             | 87         | 325            |
| Agosto     | 31             | 102        | 325            |
| Septiembre | 30             | 72         | 315            |
| Octubre    | 31             | 93         | 325            |
| Noviembre  | 30             | 75         | 315            |
| Diciembre  | 31             | 71         | 325            |

Tabla 2.8 Cálculo de días grado general de enfriamiento y calentamiento

De acuerdo a las condiciones climáticas que presenta la localidad en estudio se requiere de enfriamiento. Por lo tanto, sólo se analizaron el día grado general y local de enfriamiento.

**Días grado local.** Aplica para su determinación la zona de confort propuesta por Steven Szokolay, la cual considera la aclimatización de las personas y se utiliza para establecer los requerimientos bioclimáticos locales.

En la tabla 2.9 se muestra el cálculo de los días grado local, éste se realiza de acuerdo a la zona de confort térmico propuesta por Szokolay.

La zona de confort propuesta por Steven Szokolay para la localidad de Puerto Ángel esta comprendida entre 23.9 a 28.9°C

$$Z_{ct} = 28.94 \text{ a } 23.94$$

### Cálculo de días grado local

$$DGc= n [T-(Tn-2.5)]$$

$$DGe=n [T-(Tn+2.5)]$$

Donde:

DGc= Días grado de calentamiento

Dge= Días grado de enfriamiento

n= Numero de días del mes

T= Temperatura media mensual en °C

Tn= Temperatura neutra

Como se mencionó anteriormente, el requerimiento es enfriar. Por lo tanto, sólo se analizaron los días grado local de enfriamiento, de esta manera se tienen los días grados acumulados en el mes para entrar en confort.

### Días grado local de enfriamiento

| Meses      | No días al mes | $DGe=n(T-(Tn+2.5))$ | $DGc=n(T-(Tn-2.5))$ |
|------------|----------------|---------------------|---------------------|
| Enero      | 31             | -54                 | 141                 |
| Febrero    | 28             | -29                 | 128                 |
| Marzo      | 31             | -35                 | 141                 |
| Abril      | 30             | 5                   | 137                 |
| Mayo       | 31             | 11                  | 141                 |
| Junio      | 30             | -10.                | 137                 |
| Julio      | 31             | -4                  | 141                 |
| Agosto     | 31             | 11                  | 141                 |
| Septiembre | 30             | -16                 | 137                 |
| Octubre    | 31             | 2                   | 141                 |
| Noviembre  | 30             | -13                 | 137                 |
| Diciembre  | 31             | -20                 | 141                 |

Tabla 2.9 Cálculo de días grado local de enfriamiento



En la figura 2.15 se muestran los requerimientos de enfriamiento de los días grado general y local durante todo el año.

Para los días grado general, existen requerimientos de enfriamiento en todos los meses del año, que van desde los 37 días grado hasta los 102°C, se acumulan en cada mes para entrar en la zona de confort aplicada internacionalmente.

Para los días grado local, los cuales son utilizados para los requerimientos bioclimáticos locales, se requiere de menor cantidad de grados en cada mes para entrar en la zona de confort térmico.

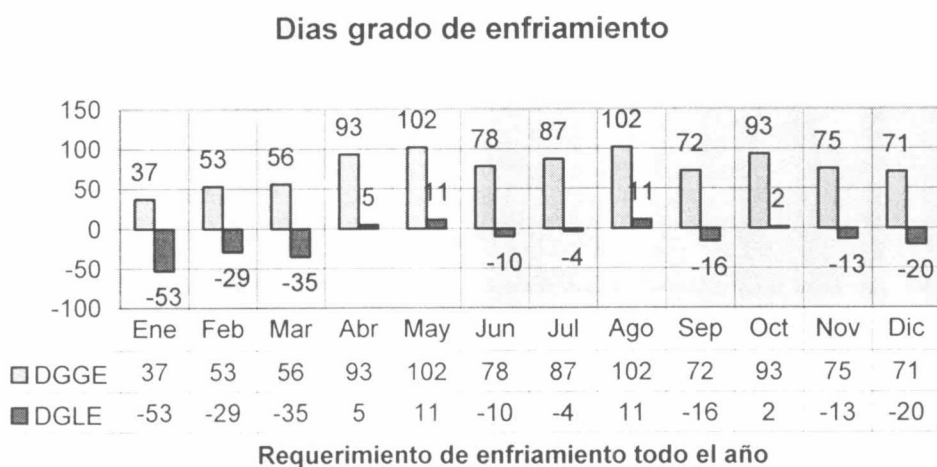


Figura 2.15 Requerimiento de enfriamiento todo el año.

## Viento

En la rosa anual de los vientos podemos apreciar que la mayor frecuencia es del 52%, y se presenta en la dirección Sur suroeste (SSW) mientras que la dirección norte presenta el 27%. (Figura 2.16)

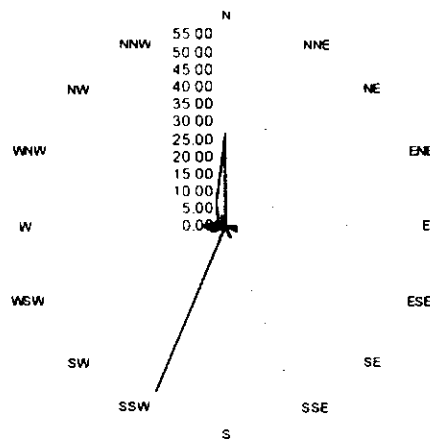


Figura 2.16 Rosa anual de los vientos para Puerto Ángel Oaxaca.

## VIENTOS HORARIOS

Como se observa en la figura 2.17 en todos los meses del año se presenta un patrón típico de los vientos, en donde predomina la dirección SSW que se presenta por las mañanas y tardes, con una velocidad promedio anual de 3.81 m/s y una frecuencia de 51.7%. Se cuenta también con la presencia de los vientos del norte con una velocidad promedio anual de 2.90 m/s y una frecuencia del 26.70%, la actividad de estos vientos generalmente se presentan desde las 20 hrs. hasta las 9 de la mañana. Estas son las dos direcciones que presentan mayor porcentaje en frecuencia, por otra parte, se tiene también la presencia de otros vientos como son: NW, ESE, WNW, WSW, SSE, NNW, E, W con velocidades medias anuales que van desde los 1.70 hasta los 6.36, m/s. Sin embargo, presentan una frecuencia muy baja que vienen desde un mínimo de 2.50% hasta 7%.

## ROSA MENSUAL DE LOS VIENTOS

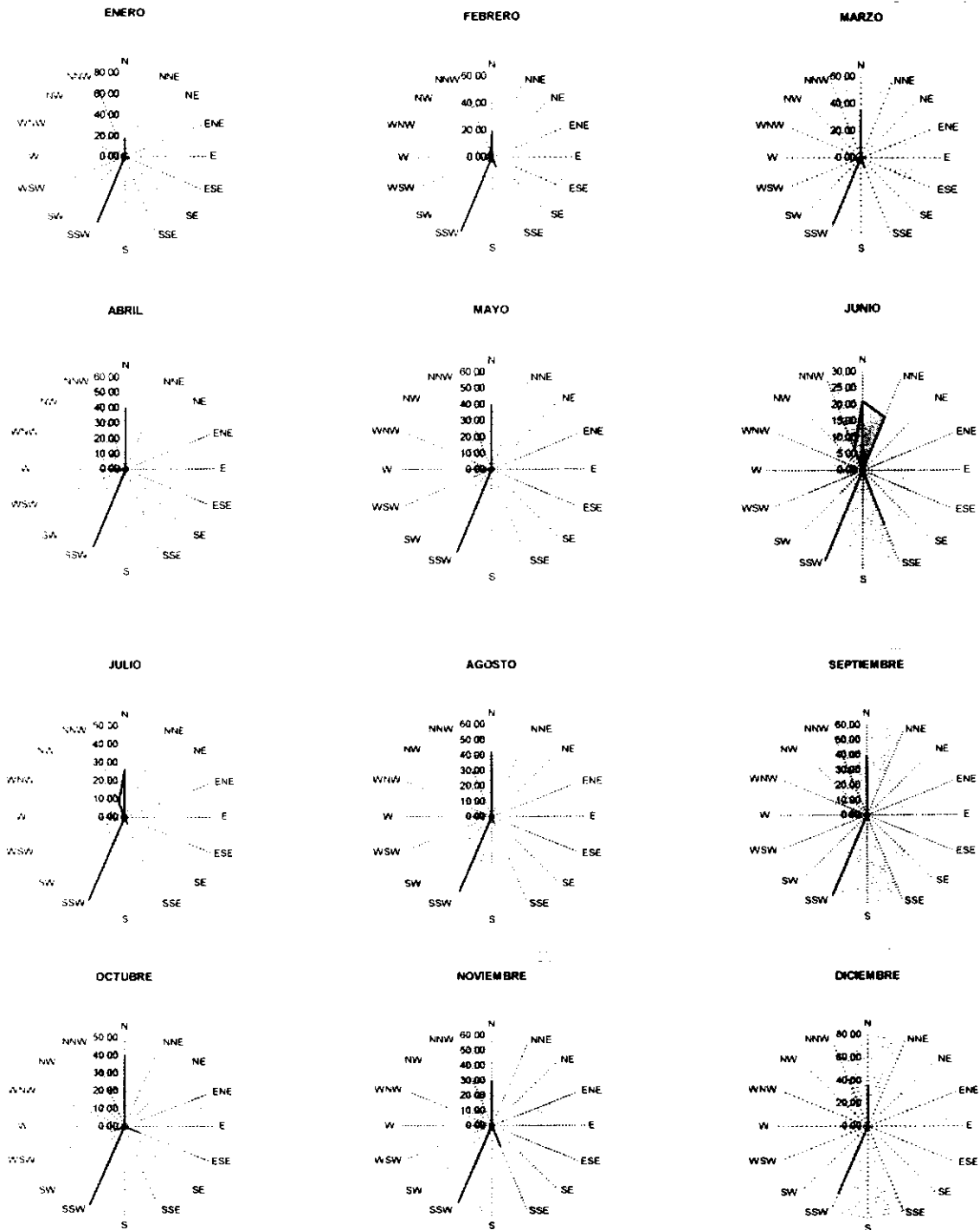


Figura 2.17 Rosa mensual de los vientos de Puerto Ángel, Oaxaca.

### **2.3.4 Análisis mensual y anual de parámetros para Puerto Ángel Oaxaca.**

Se evaluaron los distintos parámetros de manera interrelacionada utilizando los datos mensuales y anuales.

#### **Temperatura y oscilación**

(Triángulo de confort de Evans)

Martín Evans explica que la oscilación térmica juega un papel muy importante en la arquitectura bioclimática, ya que las estrategias de diseño serían muy distintas para dos localidades con igual temperatura media pero con diferentes oscilaciones<sup>11</sup>

En la figura 2.18 el eje horizontal representa la temperatura media del periodo analizado, mientras que el eje vertical indica la oscilación para el mismo periodo.

El diagrama de la figura 2.19 indica cuatro zonas de confort: actividad sedentaria, confort nocturno o para dormir, circulaciones interiores y circulaciones exteriores.

Se graficaron los 12 puntos correspondientes a cada mes, donde se observa que la estrategia bioclimática para todos los meses del año es la ventilación cruzada o movimiento del aire, de esta manera, usando ventiladores de techo, se puede reducir la temperatura aparente en 2°K.

---

<sup>11</sup> Evans, John Martín Técnicas Bioclimáticas de diseño: Las tablas de confort y los triángulos de confort. Memorias de Cotedi 2000. ( Conferencia Internacional sobre confort y Comportamiento Térmico de Edificaciones). Maracaibo Venezuela Junio 2000

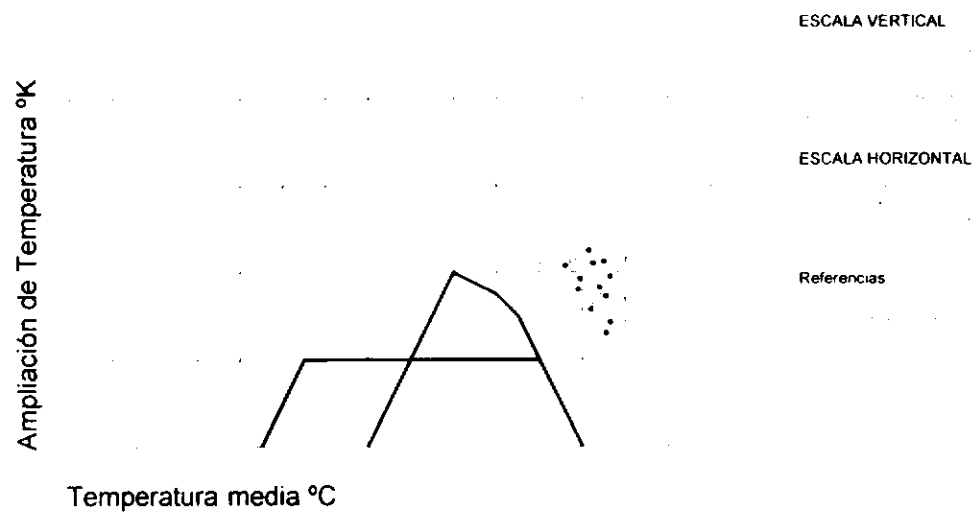


Figura 2.18 Triángulos de Confort.

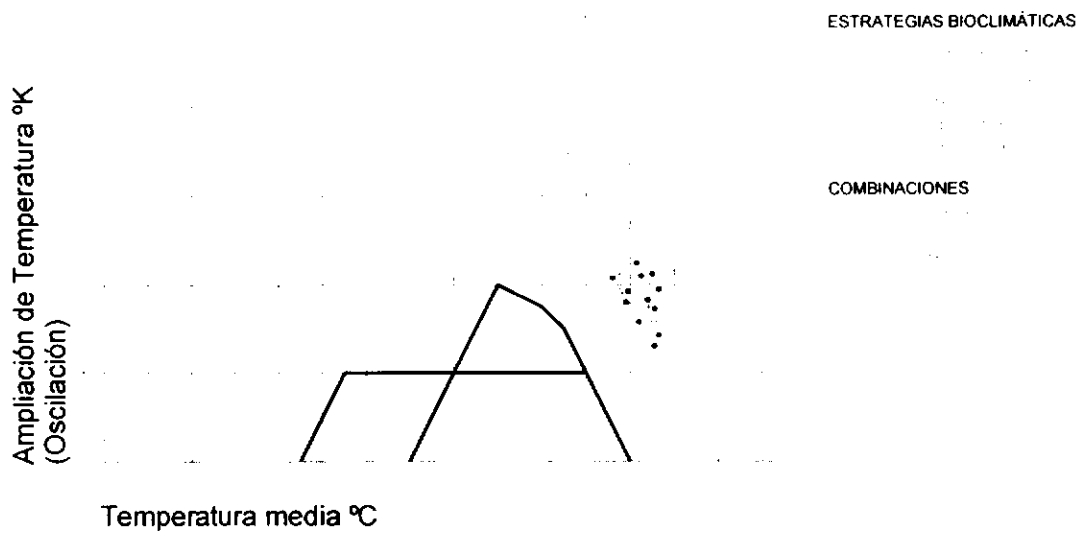


Figura 2.19 Estrategias bioclimáticas

## **Tablas de Mahoney**

### **Temperatura, humedad relativa, precipitación, y oscilación**

Es un método de diseño bioclimático construido por Carl Mahoney<sup>12</sup> quien construyó una serie de tablas que permiten definir estrategias generales de diseño en función de los principales parámetros climáticos: temperatura, humedad, precipitación y oscilación térmica.

La finalidad de estas tablas consiste en hacer una comparación de datos climáticos con un límite de confort establecido, sin embargo, en este estudio se utilizó una versión de dichas tablas, las cuales fueron modificadas por Steven Szokolay, integrando las 4 tablas originales en una sola.

De esta manera con base a los requerimientos bioclimáticos de la población de Puerto Ángel, Oaxaca, las estrategias de diseño obtenidas de la tabla 2.10 fueron las siguientes:

- **Espaciamiento:**

Se sugiere que sea de configuración extendida para ventilar.

- **Movimiento del aire:**

Se sugiere que sea habitación de una galería para ventilar.

- **Posición de aberturas:**

En el norte y sur ventanas a la altura del cuerpo.

- **Protección de ventanas:**

Se sugiere protección contra la lluvia.

- **Techumbre:**

Ligeras, reflejantes, con cavidad.

- **Características externas:**

Se sugiere drenajes amplios para la lluvia.

---

<sup>12</sup> cf. Koenigsberger, et al Viviendas y edificios en zonas cálidas y tropicales. Editorial Paraninfo, Madrid España 1977

## **Diagrama Bioclimático**

### **Temperatura y humedad relativa.**

El primero en definir una zona de confort con fines arquitectónicos a partir de una gráfica de temperaturas y humedades lo fue Víctor Olgyay<sup>13</sup>, sin embargo en el presente trabajo se muestra la zona de confort, pero ajustada por Szokolay.

Se define en esta carta la zona de confort y cuatro estrategias básicas de diseño: calentamiento, control solar o sombreado, ventilación natural y humidificación. La carta esta hecha para un arropamiento de un clo. Y, se puede utilizar para distintos grados de metabolismo, (130, 210, 300 y 400W).

La figura 2.20 muestra el estudio llevado a cabo para un grado de metabolismo de 130W y se graficaron las líneas correspondientes a las temperaturas y humedades máximas y mínimas de cada uno de los meses por lo tanto se definieron los porcentajes de cada uno de los meses; Los datos obtenidos con el análisis de esta carta indican que los meses de marzo, abril y mayo, se encuentra fuera de la zona de confort, requiriendo ventilación de 0.81 m/s por las tardes.

En los meses (junio, julio y agosto), cuando se incrementan las temperaturas con humedades mínimas del 70%, para los meses de junio y julio se requiere de ventilación de 1 m/s, mientras que para el mes de agosto se requiere de 4 m/s.

En la estación de otoño, para el mes de septiembre, se requiere de 0.8 m/s, mientras que para octubre y noviembre el requerimiento es de 1.5 m/s. Finalmente que para la estación de invierno, en el mes de diciembre y enero es necesario tener una radiación solar de 70 y 80 w/m<sup>2</sup>, por las mañanas.

---

<sup>13</sup> Olgyay, Victor. Design With Climate. Princeton University Press. USA. 1963

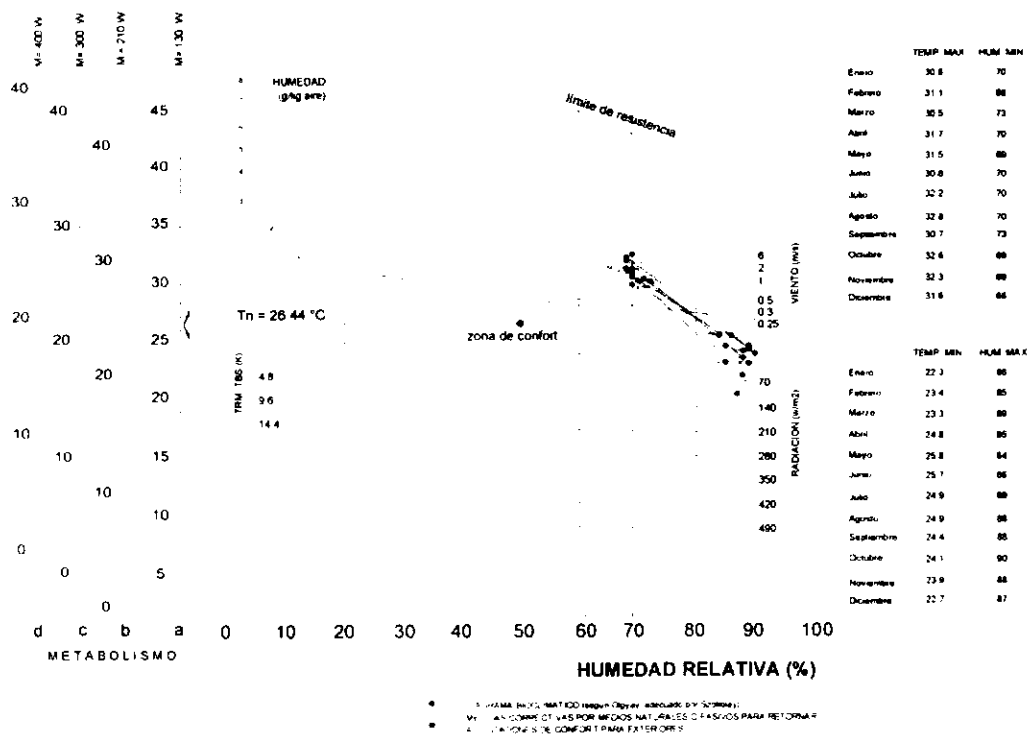


Figura 2.20 Diagrama bioclimático de Puerto Ángel Oaxaca.

## Carta Psicrométrica

### Parámetros psicrométricos

Se definen en esta carta las relaciones y parámetros psicrométricos del aire húmedo, como son: la temperatura de bulbo seco y de bulbo húmedo, la presión de vapor de agua y humedad absoluta, la humedad relativa, el volumen específico y la entalpía.

Baruch Giovoni<sup>14</sup> fue el primero que utilizó esta carta con fines arquitectónicos, definiendo una zona de confort y distintas estrategias de diseño: calentamiento, ventilación, humidificación, enfriamiento evaporativo, masa térmica, masa térmica con ventilación nocturna y sistemas activos o convencionales de acondicionamiento del aire.

Graficando las líneas de temperatura y humedad relativa máximas y mínimas de cada mes, se obtienen las siguientes estrategias de diseño aplicado al caso de Puerto Ángel Oaxaca.

<sup>14</sup> Giovoni, Baruch. Man Climate and Architecture Applied Science Publishers London, England 1981



Por las mañanas cuando se tienen temperaturas bajas y humedades altas, para todas las estaciones del año la estrategia principal es el empleo de la ventilación natural o mecánica. Así mismo, se presentan estas estrategias por las tardes cuando se tienen temperaturas altas con humedades mínimas. (Figura 2.21)

Localidad: Puerto Angel Oaxaca  
 Latitud: 15° 45'  
 Longitud 96° 29'  
 Altitud 20 msnm  
 Gráfica: Diagrama Psicrométrico  
 Clima: Cálido Semihúmedo

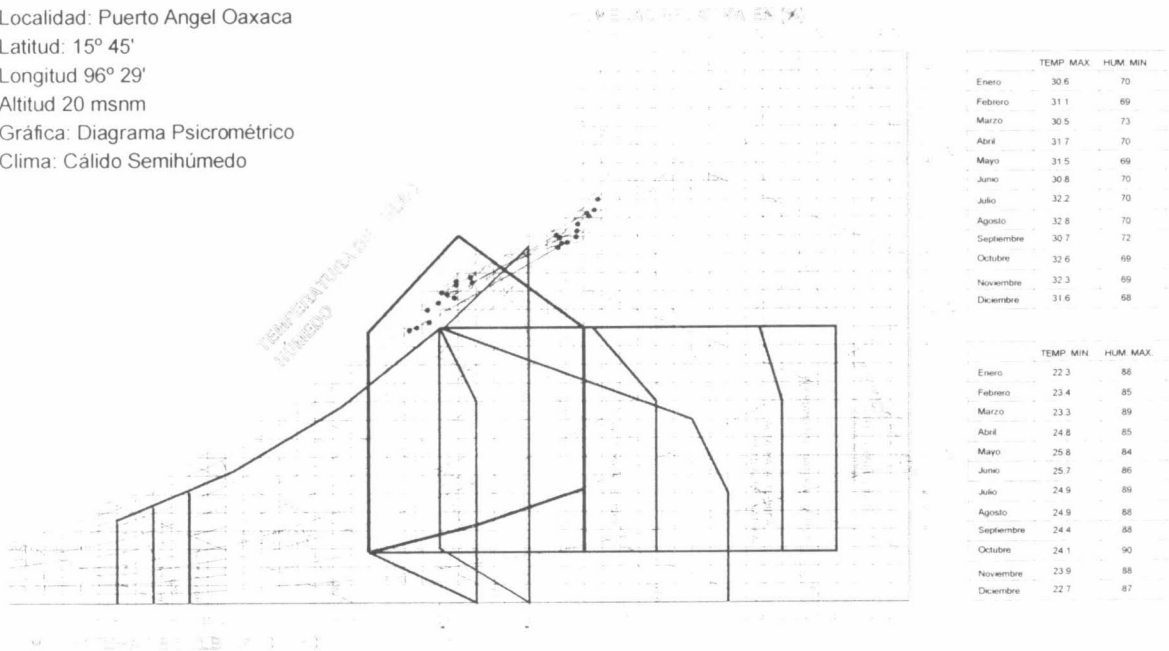


Figura 2.21 Carta Psicrométrica

### 2.3.5 Definición de estrategias básicas de diseño

A partir de los diferentes diagramas bioclimáticos analizados se obtuvieron las diferentes estrategias para diseñar por medios pasivos una edificación de Puerto Angel Oaxaca:

Debido a las altas temperaturas y a la alta humedad relativa existente la estrategia básica de diseño es la ventilación por lo tanto es importante aprovechar los vientos dominantes del Norte que se presentan por las mañanas y tardes, así como los vientos SSW que se presentan por las mañanas hasta que se mete el sol.

Otras estrategias importantes que se definen en las tablas de Mahoney son el espaciamiento, de esta manera se sugiere que la edificación sea de configuración extendida y de buena altura para ventilar, de preferencia que se de una galería, por otra



La zona de estudio se encuentra entre los límites de Acapulco y Puerto Ángel Oaxaca presentando un clima cálido semihúmedo (Figura 3.1).

El estado de Oaxaca esta formado por diferentes regiones, en las cuales viven diversos grupos étnicos. La tipología constructiva es muy parecida en las regiones conservando cada una sus características propias en el empleo de materiales, siendo así que las viviendas en su mayoría conservan la forma rectangular. En la costa del pacifico sur. También sucede esto, con la excepción de que aquí se encuentra un tipo de vivienda con la forma circular y con la techumbre cónica, la cual se desarrolló de esta manera debido a la influencia de los esclavos traídos por los españoles en el siglo XVI, ya este tipo de construcción fue imitada por grupos indígenas como los Amusgos y Mixtecos.<sup>15</sup>

### **Tipología del medio construido**

La tipología del medio construido se entiende como una disciplina que se basa en la identificación de las características compositivas que se presentan de manera recurrente en espacios contruidos de un sitio dado, en función de su correspondencia con manifestaciones de modos de vida y relación del hombre con su medio, con el objeto de conocer sus orígenes y desarrollo, como fundamentos de posibles intervenciones dirigidas hacia su permanencia y proyección al futuro.<sup>16</sup>

### **Definición de techumbre**

La palabra techumbre o techo viene del latín “tectus” que significa cubierta, por lo que, con el nombre de techumbre se designa a cualquier clase de estructura plana o combada, horizontal o inclinada, apta para proteger a la edificación que cobija del sol, de la intemperie y para desviar las aguas meteóricas.

Por lo tanto, las cubiertas de las techumbres deberán poseer características de impermeabilidad y ser resistentes a los agentes atmosféricos.<sup>17</sup>

---

<sup>15</sup> Moya, Rubio José V. *La vivienda indígena de México y del mundo*, Pág. 101.

<sup>16</sup> Guerrero Vaca Luis Fernando, *Anuario de Estudios de Arquitectura 2001* Pág. 160.

<sup>17</sup> Achille Petrucci, *Tecnología de la arquitectura*, Pág. 387

La techumbre es un elemento que, en toda edificación, desde los principios de la humanidad ha coronado todas las viviendas y construcciones. Es similar al entrepiso, con la característica de no soportar carga viva, sino solo para resistir agentes externos como la lluvia, el sol, el viento, etc.<sup>18</sup>

### 3.1 TECHUMBRE DE PALMA REAL O ZACATE EN EL REDONDO.

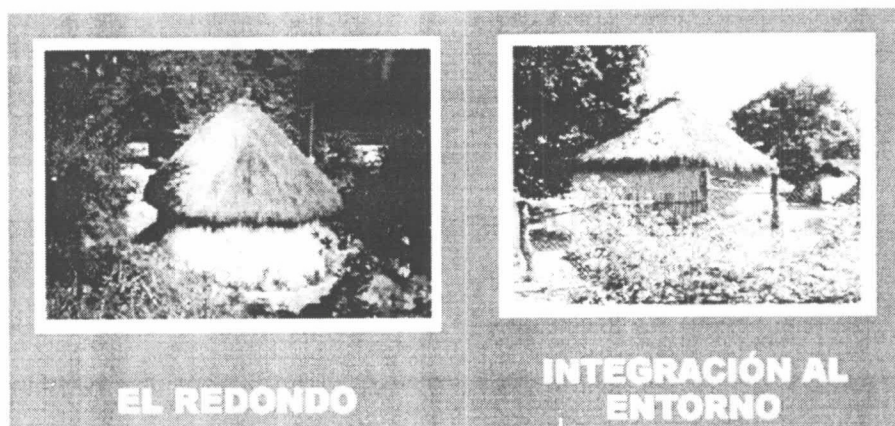


Figura 3.2 El Redondo, Xicaltepec, Oax

La vivienda que se muestra en la figura 3.2 tiene rasgos de procedencia africana bantú, que ha conservado la población negra de la zona principalmente en Cuajinicuilapa, población que se encuentra entre los límites de Oaxaca y Guerrero y ésta se ha propagado entre otros grupos indígenas como los Amusgos, Mixtecos y Triques de la región. El sistema de construcción fue muy común entre los pueblos de habla náhuatl, donde todavía perdura y en la figura 3.3 se muestra este sistema constructivo. Las habitaciones circulares, al no tener remates ortogonales, crean un ambiente de armonía y suavidad que permite una mayor cohesión entre sus habitantes.

La habitación de planta redonda, es un tipo tradicional de vivienda no sólo en la población de Cuijla, sino en gran parte de la costa chica de Guerrero y Oaxaca<sup>19</sup> a este tipo de construcción se le denomina el redondo.

---

<sup>18</sup> Universidad de la Salle, *Materiales y procedimientos de Construcción*, Tomo II, 13ava Impresión, México, Editorial Diana, 1994, 7.p.

<sup>19</sup> Beltrán Aguirre Gonzalo, *Obra Antropológica VII Cuijla ESBOZO Etnográfico de un pueblo negro*. Pág. 93.

### **Los Amusgos**

Los Amusgos son indígenas del grupo Olmeca-Otomangue de la familia Mixteca que habitan la región fronteriza de Guerrero y Oaxaca, principalmente en los municipios de Ometepec, Tlacoachixtlahuaca, Xoxhistlahuaca, San Pedro Amusgo, Ipalpa y Pinotepa Nacional; Su número se estima en 12,000. El tipo de clima donde se han establecido es cálido, de vegetación exuberante.

Su economía esta basada en la agricultura, especialmente en la del maíz, frijol y ajonjolí; el comercio eventual de frutas, hilados y ropas hechas en telar de cintura, sus casas presentan formas cuadrangulares y otras circulares retomadas de los esclavos africanos.

### **Los Mixtecos**

Grupo lingüístico otomaguense. Se denominan así mismos Nyuu Sabi, "gente de la lluvia", y llaman a la mixteca Ñumaña, que quiere decir el país de las nubes". Habitan la parte norte y occidental de Oaxaca, en una faja adyacente a esta del Estado de Guerrero y en una parte de Puebla, desde Chimecatitlan al norte de Oaxaca, hasta la costa, y desde Santa Flor hasta Ayutla , Guerrero. La Mixteca se clasifica en tierras altas (semisecas), bajas (húmedas) y costeras. Su número se estima en 233,235 mixtecos, de los cuales sólo una cuarta parte es monolingüe, su economía se basa en la agricultura y el comercio de varias artesanías.

### **Los Triques**

Los Triquis son un grupo de la familia lingüística mixteca, asentado en el estado de Oaxaca, en las vertientes de la Sierra Madre Occidental, en dos regiones. La zona Trique forma un bloque continuo de pueblos monolingües que habitan las tierras altas alrededor de Chicahuaxtla donde hay tres variantes dialectales: la zona de Copala, baja y prodiga, desde las cañadas de Juxtlahuaca hasta el fértil y caluroso valle



de Putla, en la Mixteca Baja, su número se estima en 20 mil habitantes monolingües, su economía se basa en la agricultura, la caza y la recolección.<sup>20</sup>

Los triquis presentan dos formas de viviendas; la vivienda de planta cuadrangular con paredes hechas de tronco de encino, tapando las hendiduras con barro y techo de cuatro aguas cubiertas con zacate o palma real, el otro tipo de vivienda es de planta circular con techos de palma o zacate.

### **Los Chatinos**

Se encuentran también por el Sureste de Oaxaca, desde el río Atoyac hacia el sur, donde esta región presenta un clima variado; sin embargo, en los climas templado y caliente construyen sus casas de forma cuadrangular, las paredes son de carrizo y cañas las cuales se sostienen por postes, los techos se constituyen de palma o zacate con pendientes a dos aguas, este grupo no utiliza la planta circular.<sup>21</sup>

En la figura 3.3 se muestra el sistema constructivo que se utiliza para la construcción del redondo. Lo primero que se construye es la techumbre. Sobre el suelo con una vara o cordón es dibujada una circunferencia de uno y medio a dos metros de radio que limitan la base de la techumbre. Sobre la circunferencia se paran morillos de igual tamaño para que al unirse por el extremo superior, formen un cono perfecto con una inclinación mayor de los 45°. Estos morillos se mantienen en posición por medio de varas delgadas y flexibles llamadas trementinas, colocadas perpendicularmente formando círculos concéntricos, separados a 20 cm.<sup>22</sup>

---

<sup>20</sup> SAHOP, *Vivienda Campesina en México*, Secretaría de asentamientos humanos y obras públicas, México 1978. Pág. 219.

<sup>21</sup> Moya, Rubio, Op. Cit. Pág. 144

<sup>22</sup> Aguirre Beltrán Gonzalo, *Obra Antropológica VII, Cuijla, Esbozo etnográfico de un pueblo negro*, Universidad Veracruzana Instituto Nacional Indigenista, Gobierno del Estado de Veracruz; Fondo de Cultura económica. Pág. 94.

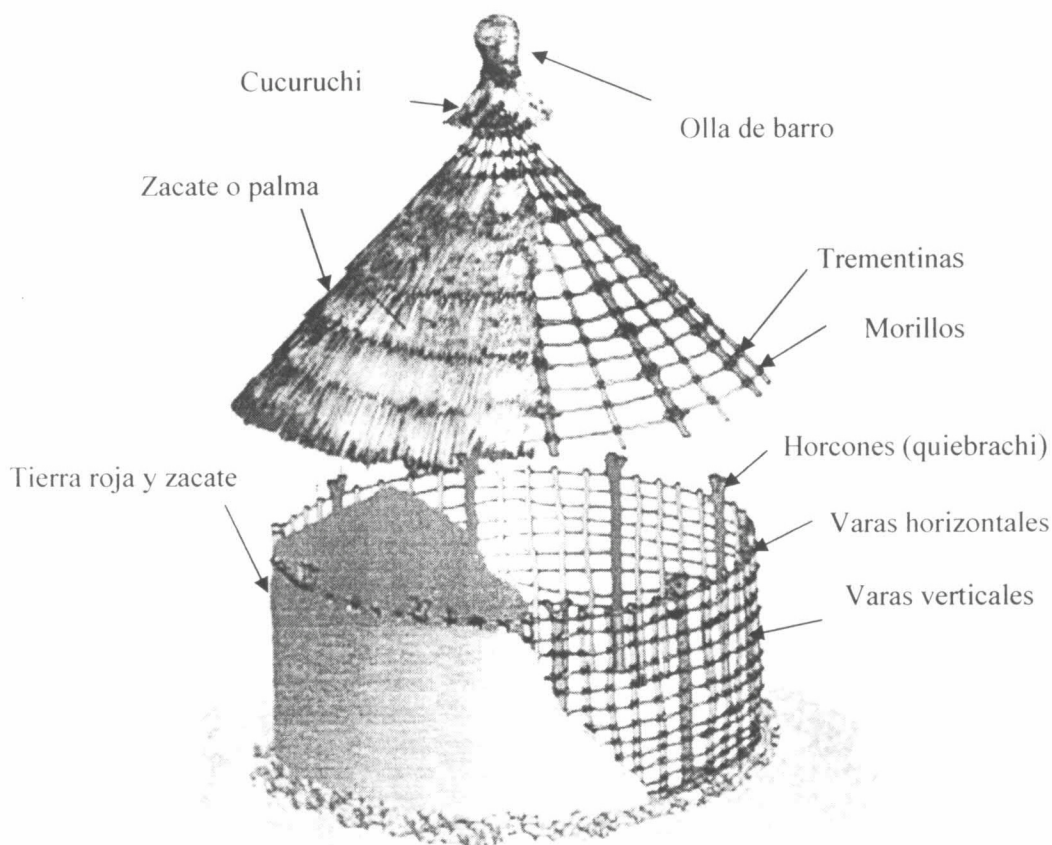


Figura 3.3 Sistema Constructivo del el Redondo

Las trementinas que se hallan sujetas a los morillos con fuertes amarres de bejuco campana, sirven de apoyo al material impermeable que cubre el cono. Este material esta construido por manojos de zacate o palma real, que se colocan sobre la estructura. Una vez construido el cono se coloca medio metro debajo de su vértice, una corona formada por una gruesa trenza de bejuco casero que sirve para evitar que los gruesos manojos de zacate o palma vuelen con el viento.

### 3.2 TECHUMBRE DE PALMA REAL O ZACATE EN LA VIVIENDA DE PALAPA

La palabra que designa a la palma es de origen malayo, significa hoja pulposa, parte fibrosa o "vena" de la hoja y se emplea tanto para referirse a esta parte o condición de la hoja de palma (Figura 3.4). El desarrollo de la tecnología constructiva en

las costas del pacífico sur se deriva de la presencia filipina y el uso de la palma de cocos se dio en dos etapas: la primera, en la adaptación y arraigo durante el siglo XVII e inicios del XVIII la segunda en la extensión durante los siglos XVIII y XIX, principalmente en los estados circundantes de la costa del pacífico, con una particularidad, el estado de Guerrero tuvo su propia cuna ya que existió la presencia de numerosos filipinos provenientes de la Nao de China.<sup>23</sup>



Figura 3.4 Techumbre de Palma real, Zapotalito Oaxaca.

### **Antecedentes históricos de la palma real**

Debido a la búsqueda de vías de comunicación directa a América por parte de los españoles para establecer una ruta comercial se identificaron los puertos de alturas más viables como lo fueron, Acapulco y el puerto de Navidad; finalmente triunfó Acapulco quedándose con la mayor parte del tráfico comercial por la cercanía con la ciudad de México, la seguridad de la bahía y los vientos corrientes confiables para entrar y salir de ellos por otra parte, en estas mismas condiciones los puertos colimenses de Navidad y Salagua fueron puntos de contacto para la navegación, fue así como comenzó un duradero contacto entre las remotas islas sudasiáticas y la población, que incluyó personas, bienes y tecnología, De esta manera arribaron

---

<sup>23</sup> Terriquez Sámano, Ernesto. "La del coco una cultura transterrada".  
*Memorias del Segundo Foro Interamericano: Las culturas populares y la educación Superior*, p. 122.



productos naturales, entre ellos el coco, encontrando la palma un nicho perfecto en Colima.

### **Aporte arquitectónico filipino**

Más allá de la tecnología para la que fueron traídos los filipinos o indios chinos como les llamaban, hicieron además de la fabricación de vino de coco, un aporte a la cultura local y nacional, como lo fue notablemente en la arquitectura con la presencia en la construcción de cubiertas de palma conocidas como “palapa”.<sup>24</sup>

Fue pues en el siglo XVIII cuando la palapa se naturalizó y al inicio del siglo XIX estas construcciones eran denominadas casas de jacal y palma, un siglo después ya se identificaban como “casas de palapa”.

Es así como se supone con certeza que esta técnica de origen filipino se extendió en la costa del pacífico central, actualmente esta técnica es muy utilizada por los pobladores de la costa del pacífico sur.

Esta técnica empleada ahora por la gran mayoría de los pobladores se ha transmitido de generación en generación con lo cual armoniza y le da el carácter vernáculo a estas comunidades, una de las razones por la cual sigue prevaleciendo la tecnología de la palapa se debe a que es parte de una estrategia principal de diseño que se adapta, aprovechando la ventilación natural y evita las ganancias térmicas por radiación.

---

<sup>24</sup> Gómez Amador Adolfo, *Palapa: historia de condena y refugio*, Universidad de Colima, Programa historia de la Arquitectura y el Urbanismo, Mexicanos UNAM, Pág. 202.

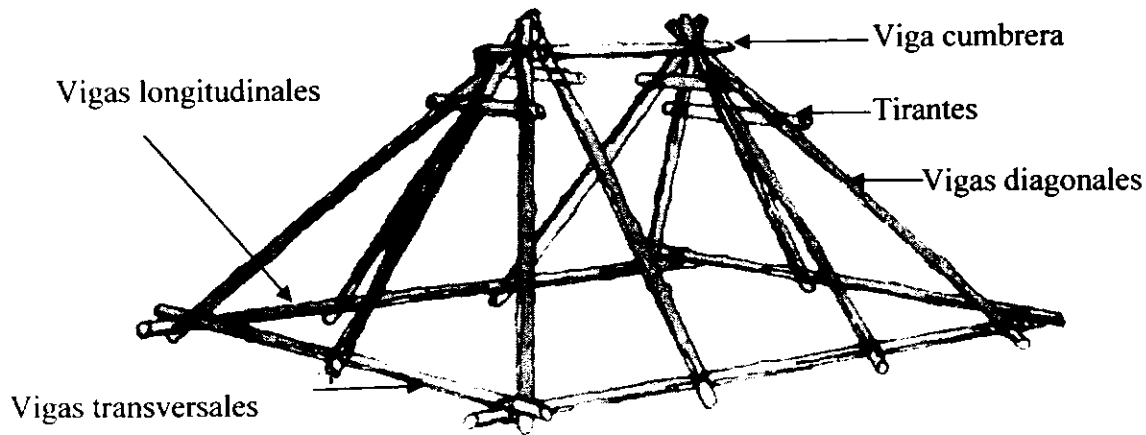


Figura 3.5 Sistema constructivo de la palapa hecho a base de vigas.

La estructura se caracteriza por tener vigas transversales y longitudinales formando en su base un rectángulo, de donde nacen las vigas diagonales cuya pendiente aproximada es de  $45^\circ$ , posteriormente se distribuyen a estas diagonales las hojas de palma para formar la cubierta. (figura 3.5)

### 3.3 TECHUMBRE DE TEJA DE BARRO SOBRE MUROS DE ADOBE O BAJAREQUE

Este tipo de techumbre corresponde a un rango social más elevado (figura 3.6), Por lo regular los muros son de bajareque y se cuenta con un apoyo que sirve de base para el fogón, donde este espacio es utilizado generalmente como la cocina. Este tipo de vivienda cuenta con un portal o corredor al frente, y en algunos casos por la parte posterior.<sup>25</sup>

<sup>25</sup> López Morales Francisco Javier, *Arquitectura Vernácula en México*, Pág. 190.



Figura 3.6 Techumbre de Teja de Barro, Zapotalito y Xicaltepec Oaxaca.

### 3.4 TECHUMBRE DE TEJA DE BARRO EN VIVIENDA DE LADRILLO



Figura 3.7 Techumbre de Teja de Barro, Río grande Oaxaca.

Como se observa en la figura 3.7 la techumbre continua siendo de teja, con excepción de los muros que son de ladrillo, siendo estos más aptos en cuanto a su resistencia mecánica, así también la techumbre está mejor cimentada y los postes ya no son de madera sino que son sustituidos por columnas de concreto.

### **3.5 ANÁLISIS TIPOLOGICO DE LAS TECHUMBRES DE LA REGIÓN EN ESTUDIO**

Como resultado del análisis tipológico de las techumbres vernáculas realizado en el sureste del estado de Oaxaca se observó lo siguiente:

1. Es notorio el uso de la palma real o la palma de coquito, así también de la teja de barro, la hoja de palma de coco, la cual es utilizada mayoritariamente en enramadas. Por otra parte, el uso de zacate es muy escaso sólo en algunas construcciones con bajareque. Estos tipos de techumbres se combinan con los diferentes tipos de muros:

a) El uso de la palma real en la casa de palapa y en la casa de adobe, así como, en la casa de bajareque y barro.

b) El uso de la teja de barro en la casa de bajareque, así como, en la casa de ladrillo.

Las cubiertas adoptan las siguientes formas:

c) El uso de la forma cónica ya casi inexistente, sobresaliendo más los techos de dos y cuatro aguas.

2. Cabe mencionar que la vivienda de planta circular con techo cónico presenta buenas características bioclimáticas, lo cual hace que resulte una buena alternativa geométrica en esta zona tropical donde predominan vientos y lluvias fuertes. Sin embargo, este tipo de techumbre ha ido desapareciendo por las dificultades que implica su construcción ya que necesita de mucha gente para su colocación y por lo tanto su costo se eleva.

Los materiales vegetales en la construcción de la vivienda tradicional son: el zacate, otate, palma, varas, bejuco, carrizo, armazón y morillos.

Las aplicaciones de estos materiales se dan como sigue:

La palma real, así como la teja de barro, son utilizadas en techumbres; la hoja de palma de coco es utilizada para enramadas al aire libre; la palapa es utilizada en muros y en las bases de techos de palma real; las varas de quiebrachi, el otate y bejuco son utilizados en techos y muros, mientras que el adobe bajareque y ladrillo es utilizado en muros. En este estudio se observa también como han sido sustituidos estos materiales por materiales relativamente más económicos como son: laminas de cartón, asbesto, y

### Descripción del equipo utilizado

La prueba del material se realizó de acuerdo con la norma ASTM C177-93, Steady777-93, "Steady – State Heat Flux Measurements and Thermal Transmisión Properties by Means of the Guarded Hot Plate Apparatus"; se utilizó un instrumento Cénidet-305 mm Modelo APCG-001-96 de fuente de calor lineal circular.

El equipo para determinar la conductividad térmica y resistencia aparente de materiales aislantes y de construcción utiliza la técnica de estado estable. Es un instrumento de placas planas con guarda conforme a la norma ASTM C-177 (1995). Este aparato puede operar en el rango de 10 a 70° C y presión atmosférica normal. La exactitud del instrumento es del 5 %, si las muestras tienen espesores menores de 50 mm y cubren completamente el área de medición. (Figura 4.1)



Figura 4.1 Equipo para medición

En la figura 4.2 se muestran las principales características del aparato de placa caliente con guardas. La superficie caliente está formada por el área central de medición y un anillo de guarda que ayuda a mantener la temperatura constante en el área de medición. La superficie fría utiliza un baño refrigerante y un intercambiador de calor para mantener constante la temperatura fría en toda la superficie. En la parte exterior de ambas placas se coloca aislante para minimizar las pérdidas de calor con el medio ambiente que rodea al instrumento.

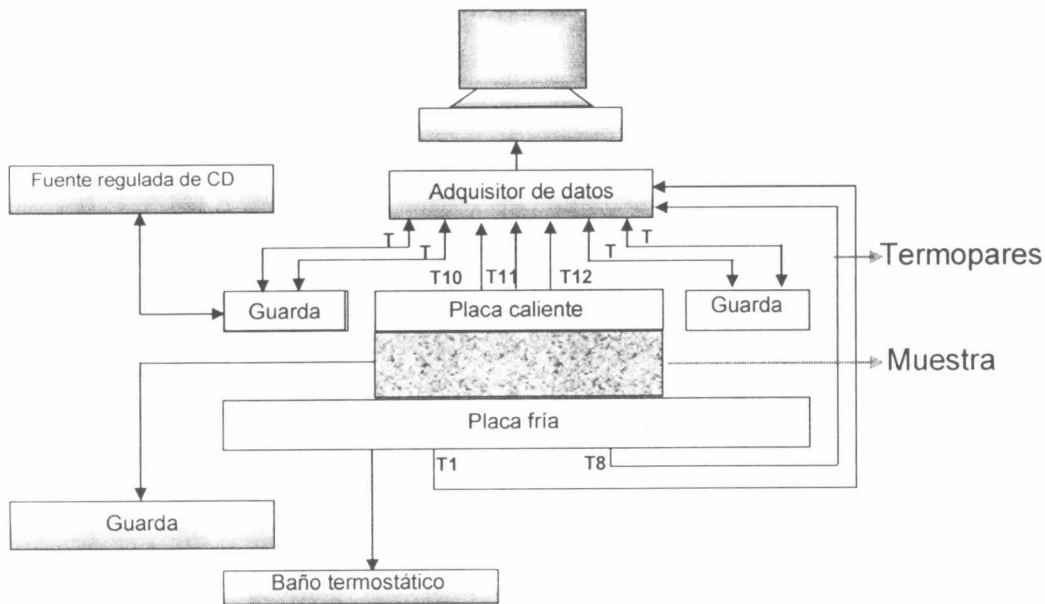


Figura 4.2 Diagrama esquemático del aparato de guarda construido en el CENIDET

A continuación se describen brevemente las diferentes partes del conductivímetro denominado “Aparato de Guarda”.

### Placa fría

Contiene un intercambiador de cobre de 6.4 mm de diámetro por el cual circula un líquido refrigerante. La temperatura uniforme por la circulación de un fluido de un baño termostático, el cual tiene una estabilidad mejor que  $\pm 0.02$  °C. El flujo del fluido circula en forma paralela a través de la placa fría. La temperatura de la placa fría se determina por medio de los termopares T1 y T8 (Figura 4.2).

### Placa caliente

Consiste en un arreglo entre el área de medición y la guarda, las cuales se mantienen unidos mediante pernos de acero inoxidable, la separación entre el área de medición y la guarda se calienta con un elemento calefactor que se encuentra a 93.8 mm del centro del área de medición. Este elemento se construyó de un elemento delgado de cinta de nicromel aislado eléctricamente con mica y tiene un espesor de

0.08 mm, un ancho de 11 mm, con una resistencia eléctrica de 20 Ohm a temperatura ambiente.

### **Área de medición de la placa caliente**

El área de medición de la placa caliente, se calienta usando un elemento calefactor que se localiza a 53.88 mm del centro, esto permite lograr que la temperatura superficial promedio en el área de medición se aproxime a la temperatura de borde. El elemento calefactor es un filamento delgado de cinta de nicromel aislado eléctricamente con mica y tiene un espesor de 0.8 mm, un ancho de 11 mm y una resistencia a temperatura ambiente de 17 Ohm. Esta sección contiene tres termopares T10, T11 y T12, separados 111 grados relativos a los alambres conductores del calefactor y se consideran las posiciones más apropiadas para proporcionar el promedio de la temperatura del área de medición.

La potencia eléctrica se suministra mediante dos fuentes de corriente directa regulada y regulable tanto al calefactor como a la guarda, y la potencia se determina con base en las mediciones de corriente y voltaje a través de los calefactores con dos multímetros.

La geometría completa de la placa caliente es circular de 305 mm de diámetro y un área de medición de 152.4 mm de diámetro.

La medición de temperatura se realiza empleando termopares tipo T calibrados conforme a la norma ASTM-E-230-93 (ASTM-1993). Los termopares se fijan en la superficie de los planos insertándolos en cavidades de 0.2 mm maquinadas en la superficie de los platos.

En total se colocaron nueve termopares en la superficie de trabajo: tres en el área de medición, cuatro en el área de la guarda y dos en la placa fría. Los sensores de temperatura se conectan a una tarjeta multiplexora PCLD-789 que a su vez se conecta a una tarjeta adquisidora de datos PCLD-812 PG, la cual se encuentra alojada en una computadora y a través del sistema de adquisición de datos PCLS-920 GENIE para control de experimentos permite monitorear el estado de los termopares en distintos intervalos de tiempo. El área de medición y el espesor de la muestra se determinaron con un micrómetro de interiores y uno de exteriores.



#### 4.1.1 Procedimiento de selección de muestras a analizar

En el laboratorio se evaluaron 4 muestras: dos de materiales vegetales y dos de materiales industrializados.

Las muestras se evaluaron utilizando un flujo de calor constante hasta alcanzar su estado permanente.

Los factores mas importantes en la selección de las muestras son el tamaño (diámetro y espesor), homogeneidad, especificaciones del fabricante, restricciones para la realización de la prueba (control de humedad, etc.).

Estos factores son importantes al derivar las propiedades termofísicas a partir de los datos que se obtienen de las pruebas.

Las muestras de palma real (Figura 4.3) se prepararon como placas circulares de 40 y 37 mm de espesor y 150 mm de diámetro.

Todas las demás muestras como son: la muestra de fibra de coco, la muestra de ferrocemento, y la muestra de tepetzil tienen un espesor de 25 mm y conservan un diámetro de 150 mm. (Figuras 4.4, 4.5, y 4.6).



Figura 4.3 Muestras de palma real

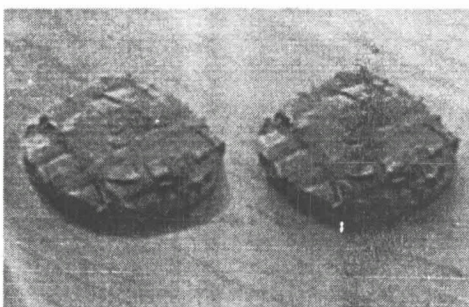


Figura 4.4 Muestras de fibra de coco



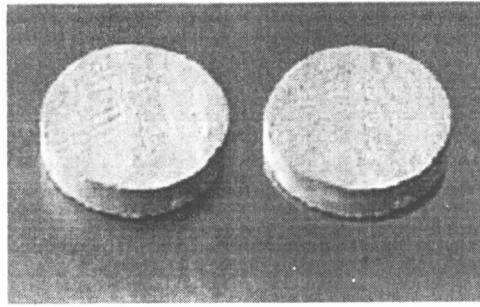


Figura 4.5 Muestras de ferrocemento

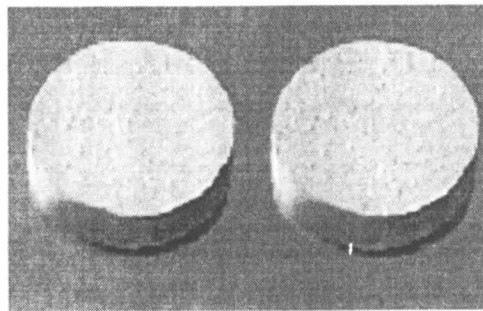


Figura 4.6 Muestras de Tepetzil

#### 4.1.2 Preparación de las muestras e instalación en el instrumento

En general, fue necesario preparar las superficies de la muestra limándolas, para asegurar un buen contacto térmico de ésta con las placas del medidor, así también estas antes de su colocación en el instrumento, fueron aisladas térmicamente para su medición. (Figuras 4.7, 4.8 y 4.9).

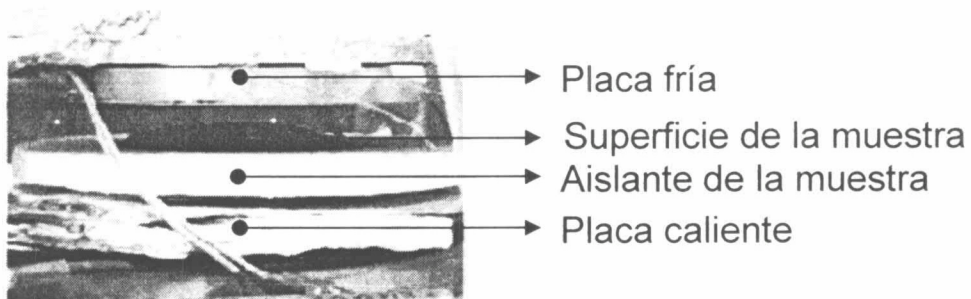


Figura 4.7 Placa fría y caliente

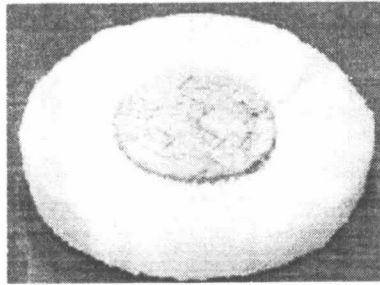


Figura 4.8 Aislante en muestra

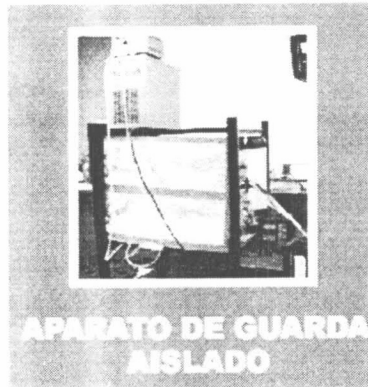


Figura 4.9 Muestra preparada para medición

#### 4.1.3 Establecimiento del estado permanente térmico

Las placas caliente y fría se ponen en operación para alcanzar las condiciones de temperatura a la que realizó la prueba para cada material, el aislante utilizado fué la fibra de vidrio (Figura 4.10).



Figura 4.10 Vista frontal de muestra preparada con aislamiento para medición

El tiempo que se requirió para alcanzar su estado permanente para todas las muestras fue de 8 hrs., aproximadamente. Después que se alcanzó el estado permanente se realizaron cinco corridas de adquisición de datos en intervalos de 30 minutos como mínimo y cada corrida contiene 10 puntos de las variables medidas en intervalos de 1 minuto.

#### **4.1.4 Adquisición de datos**

Los datos que se requirieron por el procedimiento de prueba son la potencia eléctrica, las temperaturas superficiales, el área de medición y el espesor de la muestra. De estas variables sólo el espesor se midió directamente y las otras variables se calcularon de las mediciones que se realizaron (Tabla 4.1).

El flujo de calor que se reporta es el flujo que pasa a través de la muestra, la cual se calculó a partir de la medición de voltaje e intensidad de corriente que circula por el calefactor del área de medición mediante:

$$Q=VI = (9.15V)(0.9A)= 8.235 \text{ W}$$

Área de medición

El área de medición se obtuvo del promedio de área de la placa caliente y el área de separación entre el área de medición y la guarda. La formula para calcularla es la siguiente:

$$A= A_c+A_g/2$$

La temperatura se mide por la fuerza electromotriz para cada uno de los termopares. Estos datos se convierten a lecturas de temperatura por la relación de calibración de los termopares. Esta calibración se programa en la tarjeta adquisitora para tener como resultado de la adquisición, el valor de la temperatura directamente.

## Temperatura

Los valores que se obtuvieron en cada punto de la corrida que contiene 10 puntos se promediaron para cada uno de los 9 termopares y después se promediaron los valores de cada serie, se promediaron también los valores que corresponden a la placa fría  $T_f$ , a la placa caliente  $T_c$ , y la diferencia de temperatura de la prueba  $\Delta T$ .

|                                                                                                                                     | PLACA CALIENTE | PLACA FRÍA | $\Delta T$ | A          | L       | V     | I       | Q     | $k$         | $k$        | R                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------------|------------|------------|---------|-------|---------|-------|-------------|------------|---------------------|
|                                                                                                                                     | °C             | °C         | °C         | Metros     | Metros  | Volts | Amperes | Watts | W/m°C       | W/m°C      | m <sup>2</sup> °C/W |
| COCO -1                                                                                                                             | 50.9094        | 16.2484    | 34.661     | 0.01656998 | 0.02    | 9.15  | 0.09    | 8.235 | 0.28676789  | 0.27771024 | 0.072017511         |
| COCO -2                                                                                                                             | 54.2352        | 17.237     | 36.9982    | 0.01656998 | 0.02    | 9.15  | 0.09    | 8.235 | 0.268652582 |            |                     |
|                                                                                                                                     |                |            |            |            |         |       |         |       |             |            |                     |
| PALMA REAL-1                                                                                                                        | 63.6892        | 17.7158    | 45.9734    | 0.018385   | 0.04    | 9.15  | 0.09    | 8.235 | 0.389720577 | 0.40567024 |                     |
| PALMA REAL-2                                                                                                                        | 59.6266        | 17.1315    | 42.4951    | 0.018385   | 0.04    | 9.15  | 0.09    | 8.235 | 0.421619904 |            | 0.098602254         |
|                                                                                                                                     |                |            |            |            |         |       |         |       |             |            |                     |
| FERROCEM-1                                                                                                                          | 55.6705        | 18.8524    | 36.8181    | 0.016286   | 0.026   | 12    | 1.19    | 14.28 | 0.619192592 | 0.5772764  |                     |
| FERROCEM-2                                                                                                                          | 60.1085        | 17.0905    | 43.018     | 0.01674155 | 0.027   | 12    | 1.19    | 14.28 | 0.535360213 |            | 0.046771356         |
|                                                                                                                                     |                |            |            |            |         |       |         |       |             |            |                     |
| Tepetzil 1-3                                                                                                                        | 44.4892        | 16.1325    | 28.3567    | 0.016342   | 0.02708 | 9.15  | 0.9     | 8.235 | 0.48113968  |            |                     |
| Tepetzil 2-3                                                                                                                        | 47.305         | 16.4351    | 30.8679    | 0.016277   | 0.02375 | 9.15  | 0.9     | 8.235 | 0.38926537  | 0.44084686 | 0.05387358          |
| Tepetzil 3-3                                                                                                                        | 41.518         | 16.8735    | 24.6445    | 0.01637    | 0.02215 | 9.15  | 0.9     | 8.235 | 0.45213554  |            |                     |
| $\Delta T$ = Diferencia de temperaturas, A= Area de medición, L= Espesor, V= Voltaje, I= Intensidad de corriente, Q= Flujo de calor |                |            |            |            |         |       |         |       |             |            |                     |
| R= resistencia, k=Conductividad térmica                                                                                             |                |            |            |            |         |       |         |       |             |            |                     |

Tabla 4.1 Determinación de resistencia y conductividad térmica de materiales

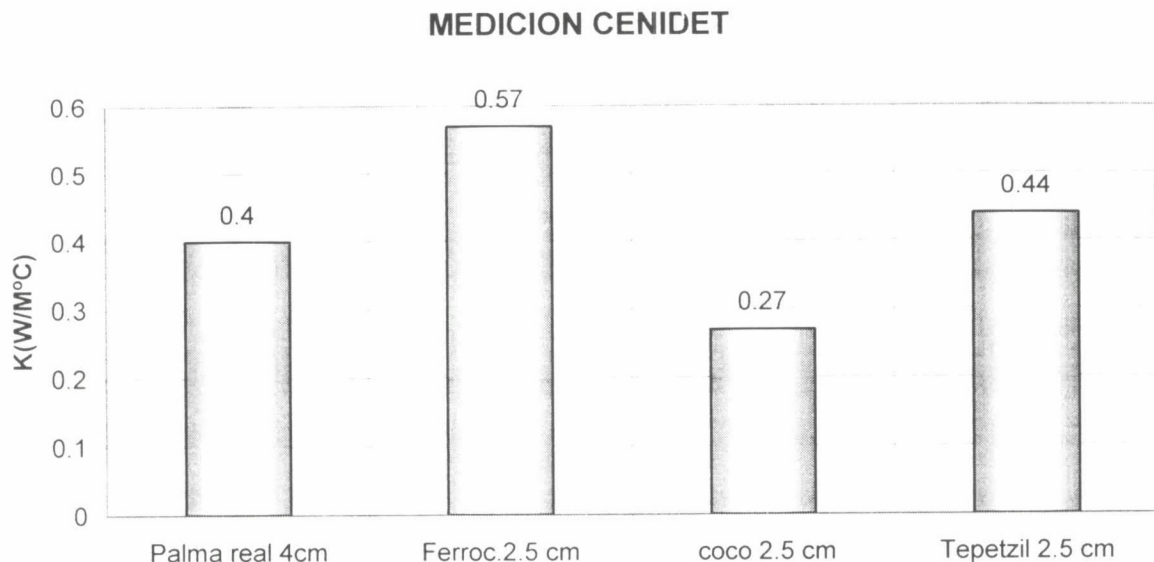


Figura 4.11 Conductividad térmica de materiales medidos en el CENIDET

Se determinó el comportamiento térmico de los materiales tomando como indicadores su conductividad.

Como se observa en la figura 4.11 el valor más bajo de conductividad de las 4 muestras analizadas se presentó en la fibra de coco, mientras que el valor de conductividad térmica de la palma real fue de 48% mayor que la fibra de coco, por otra parte el valor de conductividad térmica del tepetzil fue del 63% mayor que la fibra de coco y 10% mayor que la palma, finalmente el ferrocemento presenta una conductividad térmica de 111% mayor que la fibra de coco, 42 % mayor que la palma y 29.5% mayor que el tepetzil.

De esta manera se deduce que los materiales vegetales analizados presentaron un valor de conductividad térmica más bajo que los materiales industrializados, lo cual demuestra su viabilidad para ser utilizados en la propuesta de techumbre.

## **4.2 DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y PRUEBA OPERATIVA DE UN CONDUCTIVÍMETRO DE GRANDES DIMENSIONES PARA LA DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES TÉRMICAS EN COMPONENTES CONSTRUCTIVOS**

En México se cuenta con aparatos para medir la conductividad térmica de materiales en muestras pequeñas, y uno de los lugares donde se cuenta con el equipo y la experiencia necesaria, es el centro de nacional de investigación y desarrollo tecnológico (CENIDET) <sup>26</sup>.

Sin embargo poco se conoce respecto a la realización de pruebas en componentes constructivos, por lo tanto es necesario llevar a cabo pruebas experimentales para determinar su conductividad térmica simulando condiciones reales de operación.

De esta manera con la finalidad de conocer el comportamiento termofísico en dichos componentes constructivos se diseñó y construyó un conductivímetro de 1 m<sup>2</sup> x 1m<sup>2</sup> en la UAM-A.

Por otra parte, como resultado del análisis climatológico de la zona del pacífico sur del estado de Oaxaca se aprecia que las temperaturas promedios se encuentran en el límite superior de confort (figura 2.11) , así mismo, se tienen los sobrecalentamientos existentes desde la mañana hasta que se mete el sol apreciados en la gráfica solar (figura 2.10), con base en lo anterior se concluye que es importante diseñar componentes constructivos que funcionen como escudos térmicos contra la radiación solar.

---

<sup>26</sup> Lira L., "Diseño y Construcción de un instrumento para medir la conductividad térmica de materiales sólidos aislantes", Memorias de Congreso de ANIM, Chihuahua, Chih. (1997-a).

## Materiales y métodos

### 4.2.1 Diseño del conductivímetro

Se diseñó y construyó un marco de madera aislado térmicamente con placas de poliestireno, (figura 4.12) con la finalidad de evitar las acciones ambientales.

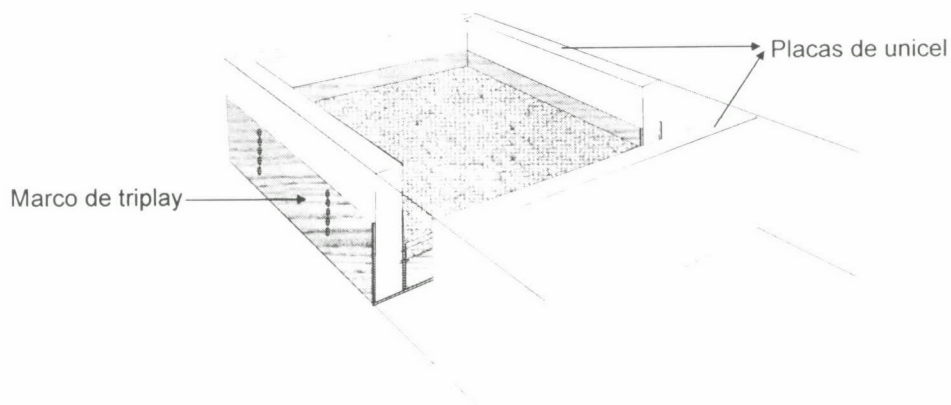


Figura 4.12 Diseño del conductivímetro

### 4.2.2 Construcción de un conductivímetro de dimensiones grandes

Primero se construyó una base de triplay de 1cm. con una sección de 1.35 m x 1.35 m, sobre dicha base se colocó un marco perimetral y paralelo a éste un marco más pequeño, con una separación de 10 cm. entre ambos marcos (Figura 4.13).

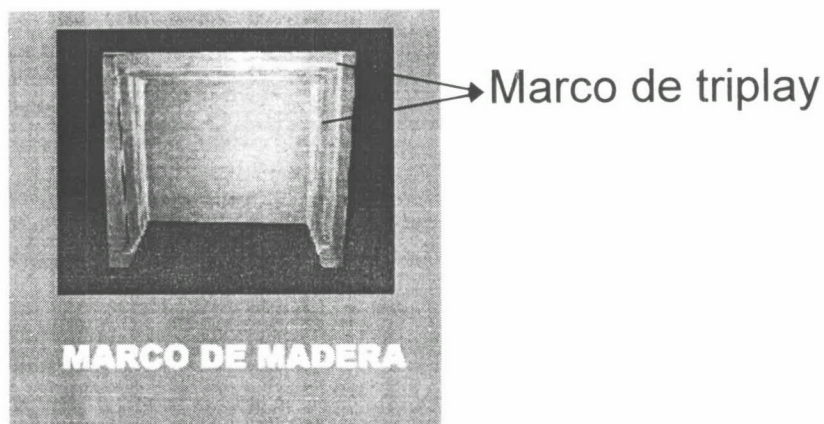


Figura 4.13 Base hecha con triplay



Las dimensiones propuestas en el diseño del conductivímetro se determinaron por el tipo de pruebas a realizar.

A propósito se dejó una parte descubierta con la finalidad de poder colocar las muestras, posteriormente sobre la base de triplay se colocó el material aislante que consistió en: Cartón (conos de huevo), poliestireno, y una placa de cemento arena donde se apoya la resistencia (Figura 4.14).

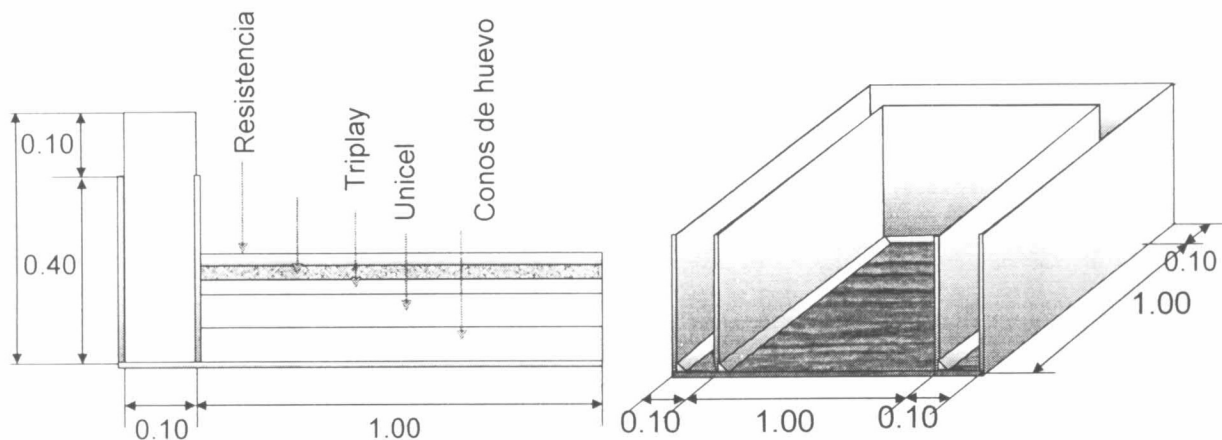


Figura 4.14 Sección del marco

Una vez colocado el aislamiento en la base se procedió a la colocación del aislamiento de poliestireno en la parte perimetral del marco, posteriormente se procedió a sellar las esquinas del marco con cinta gris (Figura 4.15).

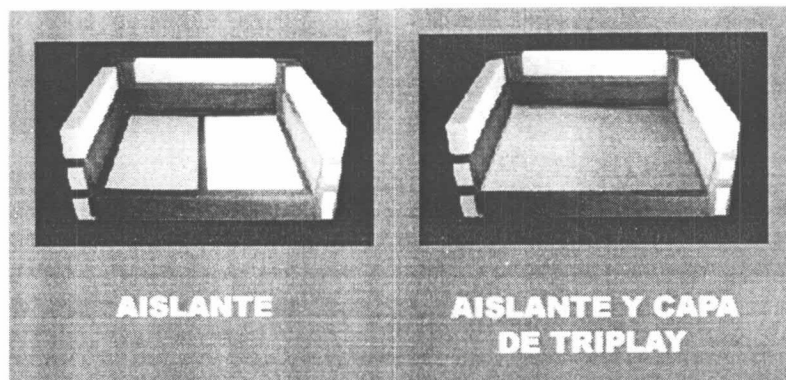


Figura 4.15 Colocación de material aislante.



## Resistencia y placa metálica

Se diseñó una resistencia la cual tiene una sección de 90 x80 cm. ésta va sujeta a una base de triplay la cual se aplanó con mortero cemento-arena, anexo a la resistencia se colocó una placa metálica pintada de negro y su función fue distribuir uniformemente la temperatura sobre la superficie del material (Figura 4.16).

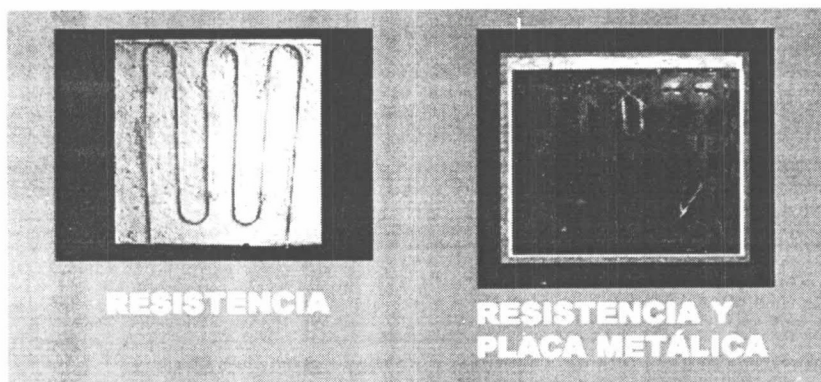


Figura 4.16 Resistencia y placa metálica

En la Figura 4.17 se muestra un diagrama esquemático con la instrumentación requerida.

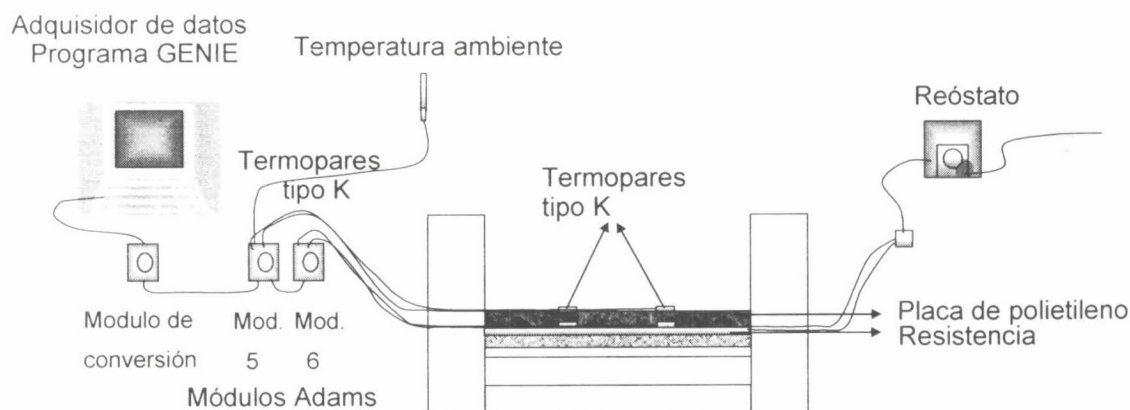


Figura 4.17 Diagrama esquemático del Conductivímetro e instrumentación

El equipo para determinar la conductividad y resistencia térmica utiliza la técnica de estado estable. Se utiliza el programa GENIE versión 2 de adquisición de datos y control de procesos diseñado para operar bajo ambiente Windows.

Se instalaron termopares tipo K en la superficie de cada material, los termopares correspondientes a cada sección se transfieren a sus respectivos módulos Adams los cuales convierten las señales analógicas en digital, posteriormente a un módulo de conversión y después a una tarjeta de adquisición y control de datos que ocupa el programa Genie versión 2 (Figura 4.18)

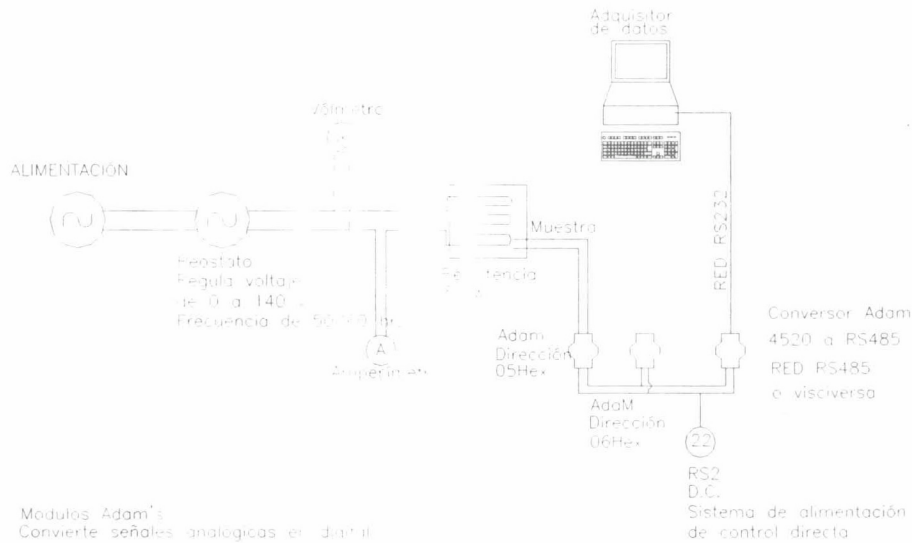


Figura 4.18 Diagrama de flujo

La instrumentación requerida para la realización de pruebas consta de un Amperímetro, multímetro, reóstato, módulos Adam y adquisidor de datos (Figura 4.19)



Figura 4.19 Instrumentación y equipo utilizado

### 4.2.3 Procedimiento para la determinación de la conductividad térmica del Polietileno Flexible

La prueba se realizó con la finalidad de verificar el correcto funcionamiento del Conductivímetro.

El procedimiento para la realización de pruebas fue el siguiente:

- 1 Selección de la Muestra
- 2 Preparación de la Muestra e instalación de la instrumentación
- 3 Calibración del equipo
- 4 Establecer el estado permanente térmico
- 5 Adquisición de datos
- 6 Análisis de resultados

#### 1 Selección de la muestra

Se utilizó una placa de polietileno de 2.4 cm. de espesor y 1 m<sup>2</sup> de superficie. Su tamaño y el espesor son muy importantes ya que de ellos se derivan las propiedades termofísicas a partir de los datos obtenidos en la prueba (Figura 4.20).



Figura 4.20 Colocación del polietileno flexible

## 2 Preparación de la muestra e instalación en el instrumento.

Sobre la superficie de la muestra se trazó una línea diagonal con la finalidad de distribuir los termopares tipo K y obtener un buen registro de las temperaturas (Figura 4.21)



Figura 4.21 Muestra del polietileno instalada en el instrumento

Los sensores de termopares se distribuyeron en 2 secciones, cada sección se encuentra formada por un módulo ADAM, cada uno de estos módulos cuenta con 8 canales, estos módulos ADAM forman una red de comunicación entre ellos con el protocolo RS-485 debido a que este protocolo no es compatible con la PC. Esta red se conecta a otro módulo ADAM 4520 que se encarga de convertir del protocolo RS485 a RS232 y viceversa.

La conexión de este módulo se realizó a una PC por el puerto COM 1; una vez que la computadora recibe la información ésta se procesa con el programa GENIE (versión 2) con el cual se realiza una interfase gráfica del proceso para desplegar las temperaturas en la pantalla en tiempo real así también para la adquisición de datos a cada media hora en un archivo de texto el cual se grafica posteriormente en el programa Excel.



### 3 Calibración del equipo

Fue necesario realizar pruebas previas antes de iniciar la adquisición de los datos de tal manera que se revisó termopar por termopar en toda la superficie del material verificando que cada uno checara con el canal correspondiente así mismo en el programa de adquisición.

La calibración de los instrumentos se realizó de la siguiente manera:

Cada termopar fue conectado al canal del módulo Adam correspondiente.

Los termopares se compararon con un termómetro de mercurio, esta comparación se realiza con el programa Advantage ADAM utility donde se despliegan en pantalla las temperaturas que registra cada canal de los módulos ADAM'S y si es el caso de que los termopares varían unos grados respecto al termómetro de mercurio en este programa se puede modificar el offset para igualar las lecturas del termómetro de mercurio. Una vez que el programa despliegue temperaturas iguales a las que proporciona el termómetro de mercurio se ha logrado la calibración de los termopares.

### 4 Establecimiento del estado térmico permanente

Una vez instalada la muestra en el equipo se aísla cuidadosamente el frente que falta por cubrir en el Conductivímetro y se realiza la prueba térmica poniendo en operación la resistencia para alcanzar las condiciones de temperatura de la prueba. El tiempo que se requirió para alcanzar el estado permanente térmico para la muestra en general fue de 11 hrs. (Figura 4.22)

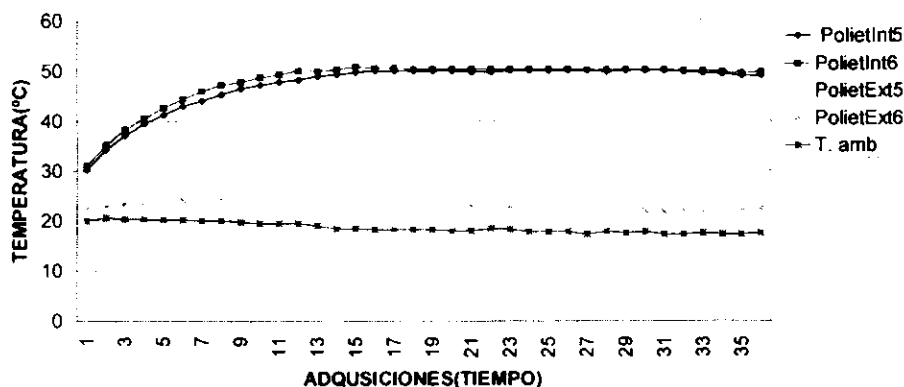


Figura 4.22 Establecimiento del estado estable

## 5 Adquisición de datos

Los datos requeridos para determinar la resistencia y conductividad térmica de la placa de polietileno, son la potencia eléctrica suministrada, las temperaturas superficiales de la placa, el área y espesor de las placas.

## 6 Análisis de resultados

Mediante la ecuación fundamental que rige el estado permanente de flujo de calor se calculó la conductividad térmica mediante la siguiente expresión:

$$K = \frac{Q}{A(\Delta T/L)} \dots\dots\dots(\text{Ec. 2})$$

De esta manera en la tabla 4.2 se resumen los datos aplicados para determinar la conductividad a un material denominado Polietileno flexible el cual se comparó con el registrado por el fabricante, de esta manera se obtuvo que:

El proveedor Armstrong que produce este material llamado Armatrex, (Polietileno Flexible), reporta que la conductividad térmica a 24°C es de 0.038 W/m°C y a 32°C= .039 W/m°C. Con estos valores se estima que las condiciones a 50°C= 0.042 W/m°C, con respecto al valor medido de 0.045 W/m°C se obtiene un error del orden del 7%, por lo tanto se concluye que el método de medición es confiable.

| Muestra 1                | T. | Q<br>W  | A<br>M <sup>2</sup> | ΔT<br>°C | L<br>M | K<br>W/m°C |
|--------------------------|----|---------|---------------------|----------|--------|------------|
| PolietilenoInt.<br>(T1)  | 50 | 51.17 W | 1                   | 28       | 0.024  | 0.045      |
| Polietileno Ext.<br>(T2) | 22 |         |                     |          |        |            |

Tabla 4.2 Determinación de la conductividad térmica en el Polietileno flexible

## **4.3 PRUEBAS TÉRMICAS DE COMPONENTES CONSTRUCTIVOS CON EL USO DE MATERIALES VEGETALES E INDUSTRIALIZADOS.**

En esta segunda etapa las pruebas de conductividad térmica fueron realizadas a 4 componentes constructivos utilizando el conductivímetro diseñado en la UAM AZC., para este propósito

De esta manera se analizan los componentes constructivos utilizando materiales vegetales y materiales industrializados básicos. Para tal efecto, se llevo a cabo un análisis de la conductividad térmica de cada capa de material que constituye el componente constructivo, así como de la conductividad térmica total de dichos componentes.

### **4.3.1 Descripción de los materiales Industrializados**

#### **El Ferrocemento**

Es un tipo de muro delgado de concreto reforzado. Comúnmente construido con mortero de cemento hidráulico reforzado con capas muy cercanas de mallas de alambre relativamente delgado (Figura 4.23).

El centro Internacional de Información sobre Ferrocemento (IFIC), fundado en 1976, reporta periódicamente los avances científicos y tecnológicos sobre el ferrocemento y enfocados a su optimización estructural, con sencillez de construcción y bajo costos, que atiendan las necesidades de las comunidades rurales de países en vías de desarrollo.



Figura 4.23 Placa de ferrocemento

Los países que lo estudian y lo aplican sistemáticamente en viviendas y en otras obras de infraestructura son la India, China, Tailandia, Brasil, Cuba y otros. En México el concepto de ferrocemento se introdujo en la década de los 70 y los 80, en construcciones de viviendas y cubiertas industriales, obras que aún existen.

Fue el Arquitecto Italiano Pier Luigi Nervi quien construyó diversas estructuras de ferrocemento con el uso de geometrías curvas que han sido muy exitosas en cuanto a su utilidad, durabilidad y belleza, combinando soportes de concreto armado con cascarones de ferrocemento, construyó edificios que cubren grandes espacios como el recinto de la Feria de Milán, el palacio de los Deportes de Roma y el Palacio de Exposiciones de Turín que se edificaron alrededor de los años 50's<sup>27</sup>

Por otra parte Pama ha estudiado las propiedades mecánicas y los métodos de construcción de bóvedas con este sistema, trabajos que se han presentado en Nueva Zelanda, en Australia y en Tailandia.<sup>28</sup>

Así también en la Universidad de Michigan, Naaman y colaboradores han trabajado sobre procesos de construcción y características de ferrocemento aplicables a estructuras<sup>29</sup>

En México el Ing. Alfonso Olvera ha realizado un gran número de obras de las cuales ha hecho importantes contribuciones en el diseño y construcción de edificios abovedados que en la actualidad siguen operando<sup>30</sup>

En el CIIDIR – I. P. N Unidad Oaxaca el Grupo de Construcción ha estado desarrollando investigación en nuevos materiales, diseños y métodos de construcción que ha madurado y actualmente se utilizan diversos programas de cómputo para el diseño y cálculo de edificios y puentes aplicando la tecnología del ferrocemento<sup>31</sup>

Dentro de los trabajos importantes, en cuanto al rubro de vivienda se han desarrollado prototipos de casas de uno y dos niveles (Figuras 4.24).

---

<sup>27</sup> Nervi, Pier L (1953) "Precast Concrete Open New Possibilities For Design of Shell Structure", ACI, vol.25.

<sup>28</sup> Pama, R.P. (1972) *Machanical Propierties of Ferrocement, Seminar on the Design and Construcción of Ferrocement, Wellington, New Zealand, 9-13 octubre.*

<sup>29</sup> Naaman, A.E. (1979) Performances Criteria of ferrocement, Journal of Ferrocement, Vol. 9, No.2.

<sup>30</sup> Olvera, A. (1985) El ferrocemento y sus aplicaciones, Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México.

<sup>31</sup> Fernandez A. (1996) *Ferrocement Research and Develoment in Oaxaca, México, Journal of Ferrocement, vol. 26, No 4, pp. 259-66*



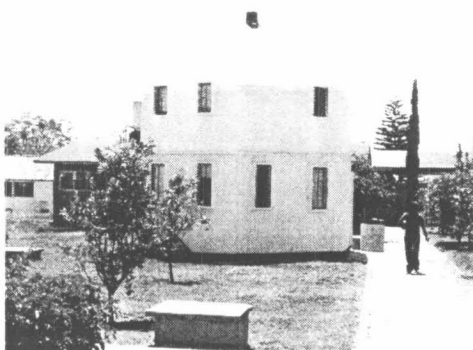


Figura 4.24 Prototipos para la construcción de viviendas con ferrocemento

## Tepetzil

Es un material ligero, producto volcánico y es utilizado para la fabricación de tabicones ligeros, en este trabajo se utiliza en forma de placa, la cual funciona como un falso plafón, el tamaño del agregado en general fue de 1.5 cm y se juntó con cemento con una proporción 1:5 (figura 4.25).



Figura 4.25 Placa de Tepetzil

### 4.3.2 Descripción de los materiales vegetales

#### Palma real

Dentro de los materiales vegetales se cuenta con la palma real la cual se desarrolla en un clima tropical húmedo y es considerada como un buen estabilizador térmico, de esta manera, se aprovechan sus cualidades combinándolas con materiales industrializados para lograr su resistencia mecánica ante los meteoros naturales, como son los vientos y sismos que son constantes en las zonas costeras, la característica principal de la palma real es su dureza, el color claro que presenta lo cual permite la reflexión de los rayos solares (figura 4.26).



Figura 4.26 Placa de palma real

#### Fibra de coco

Se aprovecha también la fibra de coco que se consigue de manera fácil en la costa del pacífico sur, además de ser muy económico ya que esta es desechada una vez de aprovechar su líquido (figura 4.27).

"La fibra de coco pertenece a la familia de las fibras duras como el henequén. Se trata de una fibra compuesta por celulosa y leño que posee baja conductividad al calor, resistencia al impacto, a las bacterias y al agua. Su resistencia y durabilidad la hacen un material adecuado para el mercado de la construcción usándola como material de aislamiento térmico y acústico"<sup>32</sup>

---

<sup>32</sup> Piña Jaime, experto en el estudio del cocotero, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícola y Pecuarias (INIFAP) <http://www.inifap.conacyt.mx>



Figura 4.27 Placa de fibra de coco

Las muestras analizadas se conforman con diferentes materiales enlistados como siguen:

Muestra No.1, Palma real, Ferrocemento, Copra de coco y Tepetzil. (Figura 4.28)

Muestra No. 2, Palma real, Ferrocemento, Copra de coco y Triplay (Figura 4.29)

Muestra No. 3, Palma real, Ferrocemento, cartón y Triplay. (Figura 4.30)

Muestra No. 4, Palma real, Ferrocemento, Fibra de coco desmenuzada y acomodada y Triplay. (Figura 4.31)

Se hace la observación de que la copra de coco es usada seca y la forma que tiene es tal y como queda después de tomar su líquido, mientras que la fibra de coco, es aquella, que se desmenuza y se puede manipular fácilmente para su colocación permitiendo así que el aire quede confinado en pequeños espacios de aire.

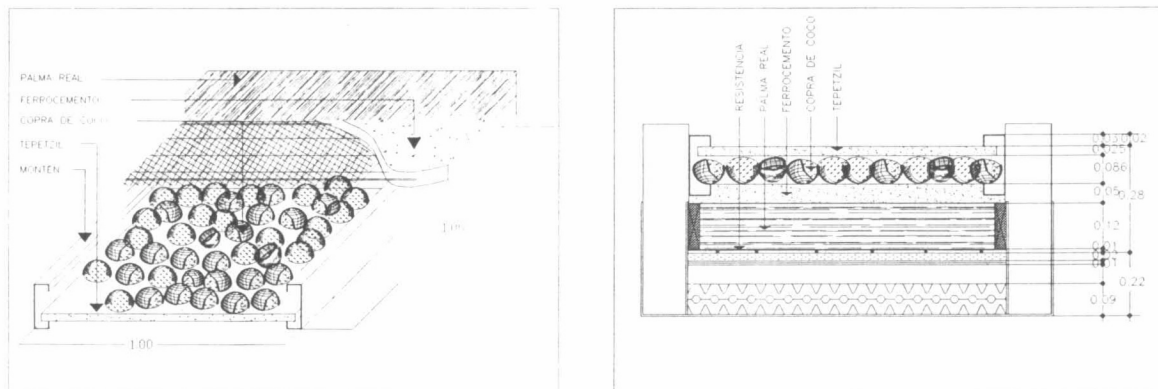


Figura 4.28 Muestra No.1



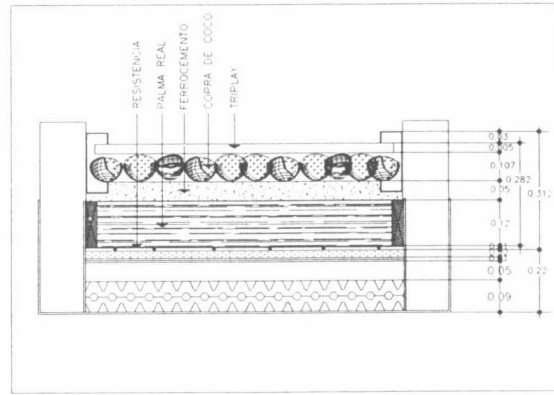
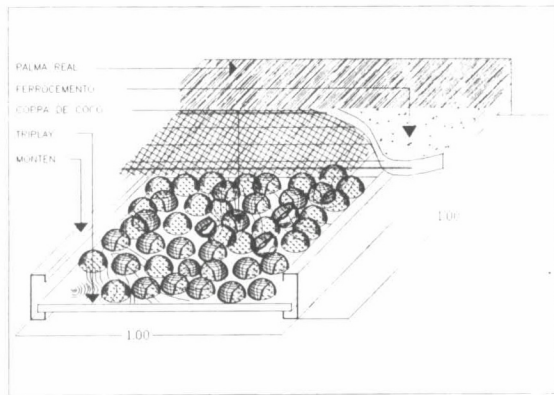


Figura 4.29 Muestra No.2

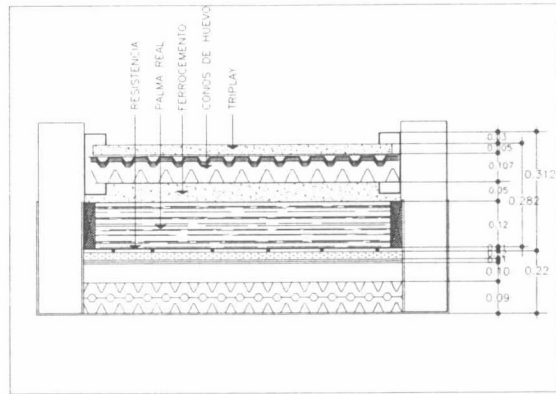
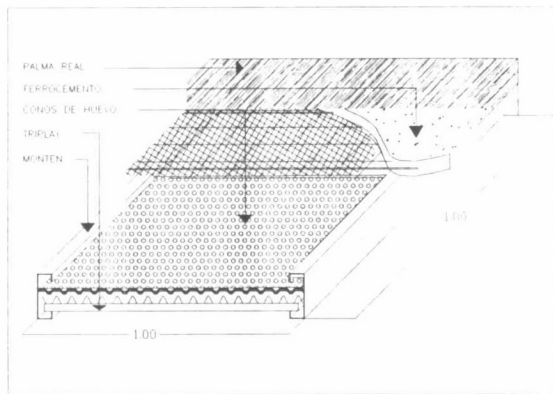


Figura 4.30 Muestra No.3

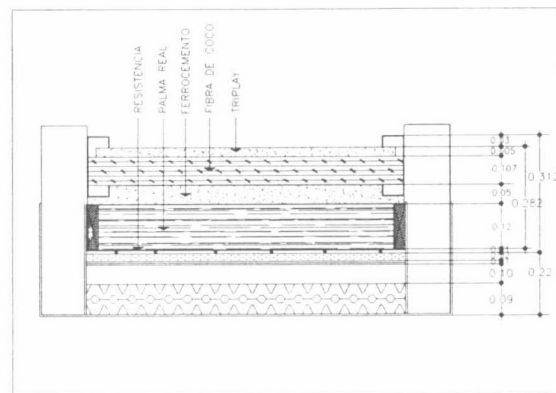
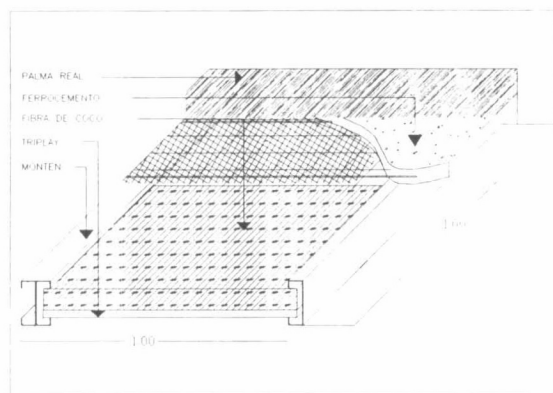


Figura 4.31 Muestra No.4

### 4.3.3 Procedimiento para la determinación de la conductividad térmica

#### 1 Construcción de la placa de ferrocemento como elemento base de las cuatro muestras

El elemento base que constituye el componente y determina su resistencia mecánica es el Ferrocemento, cuyo habilitado de mallas se apoya en una estructura de monten de 6", las dimensiones del elemento constructivo son de 1 m x 1 m.

En la figura 4.32 se muestra el proceso constructivo llevado a cabo para la elaboración de la placa.



Figura 4.32 Procedimiento constructivo de la placa de ferrocemento

Se habilitó el refuerzo que consistió de malla electrosoldada calibre 6x6-10/10 así como de tela de gallinero de 1" de ojo con calibre 22 y mortero de cemento arena con una proporción de 1:2.5.

Cabe mencionar que en la parte perimetral del componente se colocó un marco constituido por un ángulo de  $\frac{1}{2}$ " para controlar el espesor de la losa. La aplicación del mortero se realizó en una sola capa para lograr mayor consistencia tanto de resistencia como de impermeabilidad en el elemento, por tanto se tuvo mucho cuidado en curar el mortero durante una semana.

Básicamente esta es la parte medular del componente por lo tanto los otros elementos que lo constituyen forman parte de la estrategia utilizada para aislarlo térmicamente.

## 2 Preparación de los componentes constructivos e instalación de la instrumentación

La preparación y acondicionamiento de los componentes se llevó de acuerdo a las indicaciones del diseño propuesto. Fue necesario preparar las superficies de cada placa que constituyen los componentes para asegurar un buen contacto térmico con el termopar, el cual fue cuidadosamente pegado con resina.

Una vez instalados los termopares a las superficies de las placas se procedió a la colocación de la muestra constructiva dentro del Conductivímetro, el criterio que se siguió fue el siguiente:

### Muestra No. 1

Una de los aspectos principales en la colocación de las muestras fue considerar éstas de forma invertida para que el flujo de calor se diera da abajo hacia arriba, es decir la placa de palma real de 12 cm. de espesor que en condiciones reales de operación queda a la intemperie en este caso queda en primer plano sobre la resistencia, como segundo elemento sigue el ferrocemento de 5 cms de espesor, posteriormente se procede a la colocación de la Copra de coco (conchas secas), las cuales forman un colchón de 7 cms colocadas hacia abajo, finalmente se colocó la placa de Tepetzil de 2.5 cms de espesor integrando de esta manera el componente constructivo (Fig. 4.33).



Figura 4.33 Colocación de la copra de coco para su medición



### Muestra No. 2

Para la muestra No.2 se siguió el mismo procedimiento, en primer plano se tiene la palma real, en segundo plano la placa de ferrocemento, la colocación de la Copra de coco, esta se confinó más, Finalmente se colocó la placa de Triplay que sustituye a la placa de tepetzil (Figura 4.34).



Figura 4.34 Colocación de copra de coco confinada para su medición

### Muestra No.3

Para la colocación de las diferentes placas que constituyen la muestra 3, se siguió el mismo proceso que las anteriores, solo que en este caso se sustituye la copra de coco por el cartón (conos de huevo) estos son colocados por capas logrando un espesor de 0.107m. (Figura 4.35)



Figura 4.35 Colocación del cartón (conos de huevo) para su medición

#### **Muestra No. 4**

Se siguió el mismo procedimiento para la muestra No. 4 (Figura 4.36), en este caso la variante fue la fibra de coco, la cual se confinó más con la finalidad de tener espacios pequeños de aire.



Figura 4.36 Colocación de la fibra de coco para su medición

### **3 Instrumentación y control del experimento**

Los sensores de termopares se distribuyen en 2 secciones, cada sección se encuentra formada por un módulo ADAM 4018 se denomina como sección 1, la sección formada por el módulo Adam con la dirección 5 Hexadecimal y la segunda sección al módulo ADAM con la dirección 6 hexadecimal. Cada uno de estos módulos cuenta con 8 canales, estos módulos ADAM forman una red de comunicación entre ellos con el protocolo RS-485 debido a que este protocolo no es compatible con la PC. Esta red se conecta a otro módulo ADAM 4520 que se encarga de convertir del protocolo RS485 a RS232 y viceversa. (Figura 4.37)



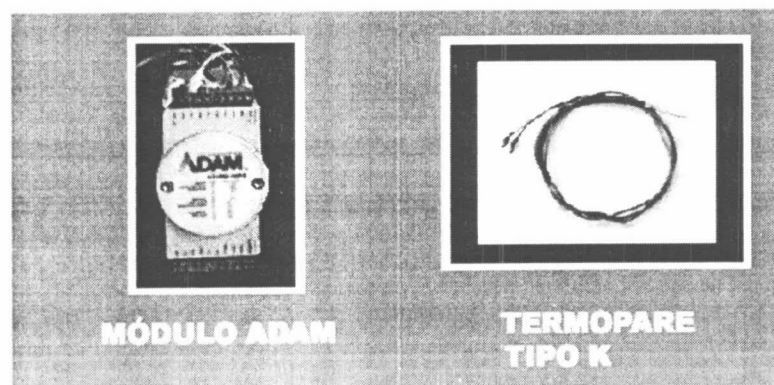


Figura 4.37 Módulo Adam y termopar

El módulo ADAM 4520 tiene la capacidad de comunicarse con la PC por el puerto serial RS232.

En nuestro caso la conexión de este módulo se realizó a la PC por el puerto COM 1; una vez que la computadora recibe la información esta se procesa con el programa GENIE (versión 2) con el cual se realiza una interfase gráfica del proceso para desplegar las temperaturas en la pantalla en tiempo real así también para la adquisición de datos a cada media hora en un archivo de texto el cual se grafica posteriormente en el programa de Excel.

#### **4 Calibración del equipo**

Fue necesario realizar unas pruebas previas antes de iniciar la adquisición de los datos de tal manera que se revisó termopar por termopar en todas las superficies de los materiales verificando que cada uno checara con el canal correspondiente así mismo en el programa de adquisición.

La calibración de los instrumentos se realizó de la siguiente manera:

Cada termopar fue conectado al canal del módulo Adam correspondiente, los termopares se compararon con un termómetro de mercurio, esta comparación se realiza con el programa Advantage ADAM utility donde se despliegan en pantalla las temperaturas que registra cada canal de los módulos ADAM'S y si es el caso de que los termopares varían unos grados respecto al termómetro de mercurio, en este

programa se puede modificar el offset para igualar las lecturas del termómetro de mercurio.

Una vez que el programa despliegue temperaturas iguales a las que proporciona el termómetro de mercurio se ha logrado la calibración de los termopares.

## 5 Establecimiento del estado permanente térmico.

Una vez preparados los componentes constructivos, así como la instalación de la instrumentación, se dejó que las temperaturas alcanzaran su estado permanente térmico.

La Figura 4.38 muestra el comportamiento de la temperatura en función del tiempo, para los diferentes materiales que constituyen el componente No. 1. En esta podemos observar como la mayoría de los materiales alcanzan su estado estable después de las 38 hrs.

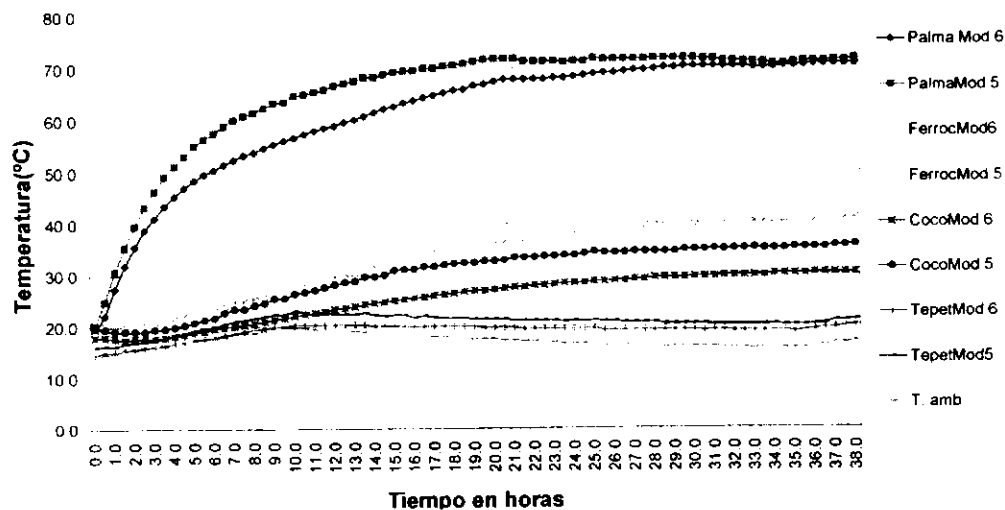


Figura 4.38 Establecimiento de estado permanente térmico para la Muestra No.1

Mediante la siguiente expresión que se deriva de la ecuación fundamental que rige el flujo de calor en una placa, se calculó la conductividad térmica.

$$k = \frac{QL}{A\Delta T} \dots\dots\dots(\text{Ec.2})$$

### Observaciones en muestra No.1

La muestra No.1 tiene un espesor de 0.281 mts. y se le aplicó un voltaje de 41.7 V y una corriente de 2.4 A de tal manera que la potencia eléctrica suministrada fue de 100.08 W. La conductividad térmica obtenida fue de 0.557 W/m°C. (Tabla 4.3)

| Muestra 1    | Temp.<br>°C | Q<br>Watt | A<br>M2 | $\Delta T$<br>°C | L<br>metros | k<br>W/m°C |
|--------------|-------------|-----------|---------|------------------|-------------|------------|
| Palma real   | 71.35       | 100.8     | 1       | 28.5             | 0.12        | 0.42       |
| Ferrocemento | 42.85       | "         | "       | 10.60            | 0.05        | 0.52       |
| Bagazo coco  | 33.25       | "         | "       | 9.6              | 0.086       | 0.92       |
| TepetzInt.   | 23.95       | "         | "       | 3.05             | 0.025       | 0.82       |
| TepetzExt    | 20.9        | "         | "       |                  |             |            |
| Componente   |             |           |         | 50.45            | 0.281       | 0.557      |

Tabla 4.3 Determinación de conductividad térmica en muestra 1

La Figura 4.39 nos muestra el comportamiento de la temperatura en función del tiempo, para los diferentes materiales que constituyen el componente. En esta se puede observar como la mayoría de los materiales alcanzan su estado estable después de las 17 hrs.

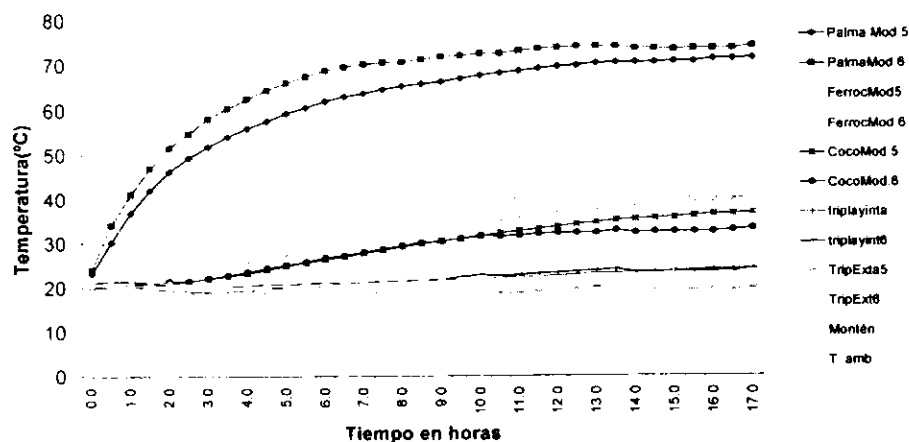


Figura 4.39 Establecimiento de estado permanente térmico para la muestra No. 2

## Observaciones en muestra No.2

La muestra No.2 tiene un espesor de 0.282 mts. y se le aplicó un voltaje de 41.7 V y una corriente de 2.44 A, de tal manera que la potencia eléctrica suministrada fue de 100.02 W, así mismo la muestra alcanzó su estado permanente a las 17 hrs; posteriormente se realizó la adquisición de datos obteniendo dicha muestra una conductividad térmica de 0.53 W/m °C. (Tabla 4.4)

| Muestra 2    | T     | Q     | A  | $\Delta T$ | L     | k     |
|--------------|-------|-------|----|------------|-------|-------|
|              |       | W     | M2 | °C         | M     | W/m°C |
| Palma real   | 73.1  | 100.2 | 1  | 29.7       | 0.12  | 0.40  |
| Ferrocemento | 43.4  | "     | "  | 7.8        | 0.05  | 0.64  |
| Copra coco   | 35.6  | "     | "  | 11.05      | 0.107 | 0.97  |
| TriplayInt   | 24.55 | "     | "  | 3.8        | 0.005 | 0.131 |
| TriplayExt.  | 20.75 |       |    |            |       |       |
| Componente   |       | "     | "  | 52.35      | 0.282 | 0.53  |

Tabla 4.4 Determinación de conductividad térmica en muestra 2

La Figura 4.40 muestra el comportamiento de la temperatura en función del tiempo, para los diferentes materiales que constituyen el componente No.3. La mayoría de los materiales alcanzan su estado estable después de las 36 hrs.

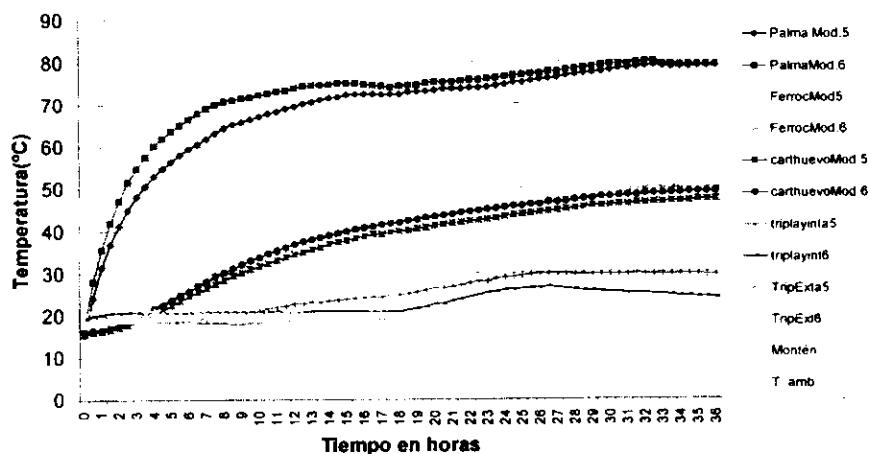


Figura 4.40 Establecimiento de estado permanente térmico para la muestra No. 3

### Observaciones en muestra No.3

La muestra No.3 tiene un espesor de 0.245 mts. y se le aplicó un voltaje de 41.1 V y una corriente de 2.44 A de tal manera que la potencia eléctrica suministrada fue de 100.04 W, así mismo la muestra alcanzó su estado permanente a las 36 hrs; posteriormente se realizó la adquisición de datos obteniendo dicha muestra una conductividad térmica de 0.49 W/m °C, como se muestra en la tabla 4.5

| Muestra 3        | T     | Q<br>W | A<br>M2 | $\Delta T$<br>°C | L<br>M | k<br>W/m°C |
|------------------|-------|--------|---------|------------------|--------|------------|
| Palma real       | 78.90 | 100.4  | 1       | 27.4             | 0.12   | 0.43       |
| Ferrocemento     | 51.5  | "      | "       | 3.4              | 0.05   | 1.47       |
| Conos huevo      | 48.1  | "      | "       | 21.3             | 0.107  | 0.50       |
| TriplayInt       | 26.8  | "      | "       | 5.1              | 0.005  | 0.09       |
| TriplayExt.      | 21.7  | "      | "       |                  |        |            |
| Componente total |       | "      | "       | 57.2             | 0.282  | 0.49       |

Tabla 4.5 Determinación de conductividad térmica en muestra 3

La Figura 4.41 muestra el comportamiento de la temperatura en función del tiempo, para los diferentes materiales que constituyen el componente. En esta podemos observar como la mayoría de los materiales alcanzan su estado estable después de las 45 hrs.

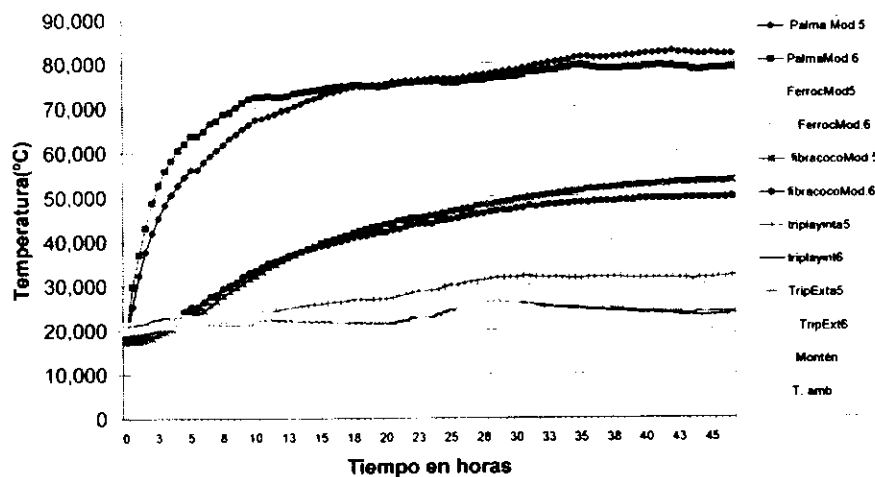


Figura 4.41 Establecimiento del estado permanente térmico para la muestra No.4

#### Observaciones en muestra No.4

La muestra No.4 tiene un espesor de 0.282 mts. y se le aplicó un voltaje de 41.8 V y una corriente de 2.41 A de tal manera que la potencia eléctrica suministrada fue de 100.7 W, así mismo la muestra alcanzó su estado permanente a las 45 hrs.; posteriormente se realizó la adquisición de datos obteniendo dicha muestra una conductividad térmica de 0.49 W/m °C, como se muestra en la tabla 4.6

| MUESTRA 4     | T     | Q<br>Watt | A<br>m <sup>2</sup> | $\Delta T$<br>°C | L<br>m | k<br>W/m°C |
|---------------|-------|-----------|---------------------|------------------|--------|------------|
| Palma real    | 80.3  | 100.7     | 1                   | 24.8             | 0.12   | 0.48       |
| Ferrocemento  | 55.5  | "         | "                   | 3.95             | 0.05   | 1.26       |
| Fibra de coco | 51.55 | "         | "                   | 23.7             | 0.107  | 0.45       |
| TriplayInt    | 27.85 | "         | "                   | 4.95             | 0.005  | 0.10       |
| TriplayExt.   | 22.9  |           |                     |                  |        |            |
| Total         |       | "         | "                   | 57.4             | 0.282  | 0.49       |

Tabla 4.6 Determinación de conductividad térmica en muestra 4

#### 4.3.4 Reporte de la conductividad térmica de cada material, así como de las muestras de los diferentes componentes constructivos

Se hace un resumen de la conductividad térmica de cada uno de los materiales que conforman las diferentes muestras constructivas, así como la conductividad térmica de las muestras completas, así mismo se muestran la temperatura media a la que fue medida el componente constructivo completo.

Como se observa en la tabla 4.7 la capa de palma real que es común en todas las muestras, de la muestra No.1 a la No. 3 presentó una conductividad térmica parecida, mientras que en la muestra No.4 la conductividad se eleva un poco; sin embargo, en la placa de ferrocemento que también es común en todas las muestras, la muestra No.1 y No.2 presentan una conductividad térmica parecida, esto no sucede para la muestra No.3 y No.4 ya que estas presentan un aumento de la conductividad térmica considerable, esto sucede al hacer el cambio de el bagazo de coco en ambas muestras (No.3 y No.4) por el cartón y fibra de coco, los cuales, retienen

considerablemente el calor lo cual hace que la diferencia de temperatura en la placa de ferrocemento sea pequeña y por lo tanto su valor de conductividad aumente.

| Muestras  | Materiales             | k<br>(W/m°C) | k total<br>(W/m °C) | T     |
|-----------|------------------------|--------------|---------------------|-------|
| Muestra 1 | Palma real             | 0.42         | 0.557               | 50.45 |
|           | Ferrocemento           | 0.52         |                     |       |
|           | Copra de Coco          | 0.92         |                     |       |
|           | Tepetzil               | 0.82         |                     |       |
| Muestra 2 | Palma real             | 0.40         | 0.53                | 52.35 |
|           | Ferrocemento           | 0.64         |                     |       |
|           | Copra de Coco          | 0.97         |                     |       |
|           | Triplay                | 0.131        |                     |       |
| Muestra 3 | Palma real             | 0.43         | 0.49                | 57.2  |
|           | Ferrocemento           | 1.47         |                     |       |
|           | Cartón(conos<br>huevo) | 0.50         |                     |       |
|           | Triplay                | 0.09         |                     |       |
| Muestra 4 | Palma real             | 0.48         | 0.49                | 57.4  |
|           | Ferrocemento           | 1.26         |                     |       |
|           | Fibra de Coco          | 0.45         |                     |       |
|           | Triplay                | 0.10         |                     |       |

Tabla 4.7 Conductividad térmica de las cuatro muestras constructivas

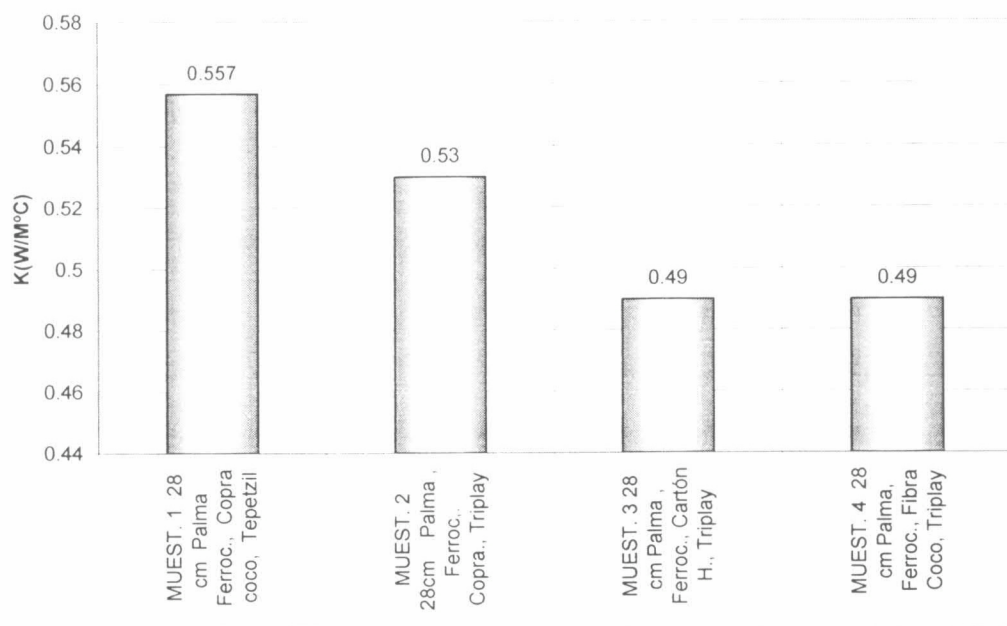


Figura 4.42 Conductividad térmica de componentes constructivos medidos en la UAM-A



Se muestra en la figura 4.42 que los valores de conductividad térmica total, en la muestra No.3 y No.4 son iguales, mientras que la muestra No.2 presenta un incremento del 8% y la muestra No. 1 presenta un incremento del 13% respecto a la muestra No. 3 y No. 4, por lo tanto, la influencia del cartón (conos de huevo) en la muestra No. 3 y la fibra de coco en la muestra No. 4 retienen considerablemente el calor permitiendo un gradiente de temperatura pequeño en la placa de ferrocemento.

#### **4.3.5 Comparación de la conductividad térmica de materiales medidos en el aparato de guarda, respecto a la conductividad de materiales medidos en el Conductivímetro de dimensiones grandes construido en la UAM – A.**

Una vez analizados los cuatro componentes constructivos, se obtuvo un valor promedio de conductividad térmica para cada material, estos valores fueron comparados por aquellos analizados en el CENIDET (aparato de guarda).

Como se observa en la figura 4.43 los valores de conductividad medidos en el Conductivímetro de dimensiones grandes (UAM-A) son mayores respecto al valor de conductividad de los materiales medidos en el aparato de guarda del CENIDET.

De tal manera se determina que, la palma real presenta un incremento del 7.5% respecto al valor medido en el Cenidet, mientras que el ferrocemento presenta un incremento del 70.1%, la fibra de coco presenta un incremento del 66% y el tepetzil, presentó un incremento del 86.36%.

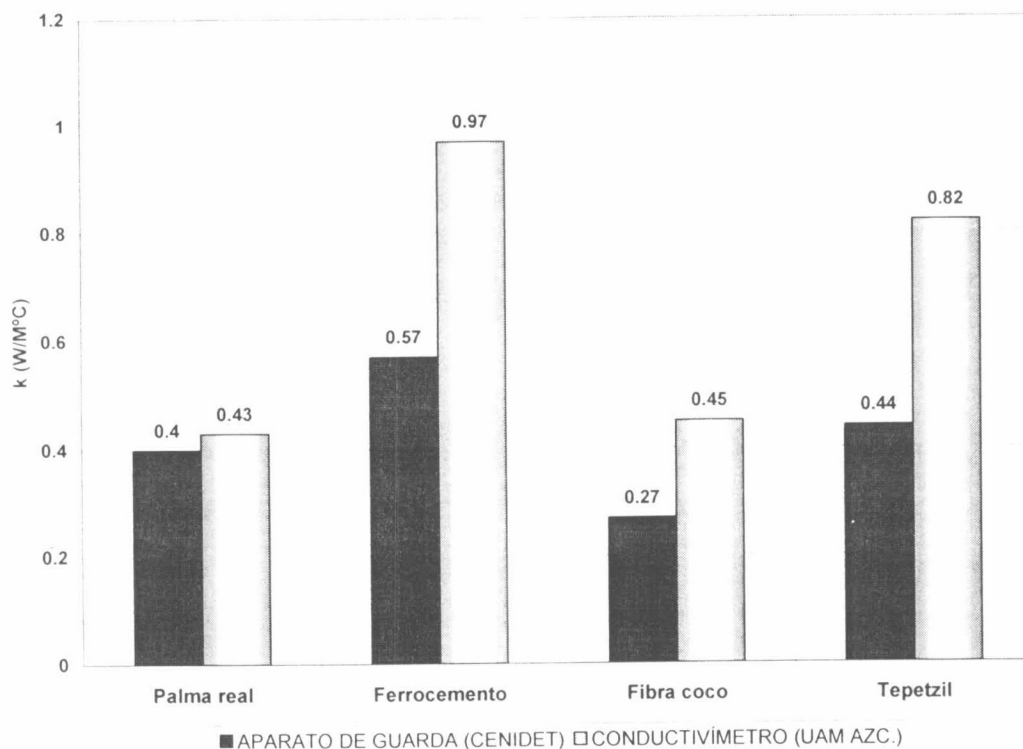


Figura 4.43 Comparación de valores de Conductividad respecto a diferentes aparatos

De esta comparación se concluyó que existen diferencias importantes en los valores de conductividad para el mismo material, debido a que los estudiados en la UAM representan condiciones reales de construcción, afectando por ejemplo la densidad de las muestras para un mismo material y en parte a las temperaturas a las que fueron analizadas.

#### 4.4 COMPARACIÓN DEL COEFICIENTE GLOBAL DE TRANSMISIÓN TÉRMICA EN UNA MUESTRA SELECCIONADA (MUESTRA 4) COMPARADO CON UNA LOSA DE CONCRETO

De los componentes constructivos medidos en el Conductivímetro de la UAM Azcapotzalco; se seleccionó la muestra 4, (Figura 4.44) que contiene la fibra de coco presentando al igual que la muestra No.3 los valores más bajos de conductividad respecto a las demás muestras, sin embargo, se selecciona la No. 4 debido a la facilidad de obtención de la fibra de coco. Para comparar su valor de transferencia de calor se realizó el mismo cálculo para el caso de una losa de concreto. (Figura 4.45)

## Coeficiente global de transferencia de calor en muestra seleccionada (Muestra 4)

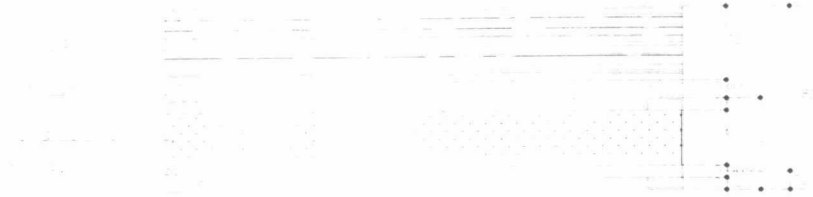


Figura 4.44 Sección de la muestra 4

El cálculo del coeficiente global de transferencia de calor se realizó de acuerdo a la norma oficial mexicana NOOM-08-ENE-2001, Eficiencia energética en edificaciones, envolventes de edificios no residenciales.

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

$$U = \frac{1}{R_t}$$

Donde:

U, es el coeficiente global de transferencia de calor de una porción de la envolvente del edificio, de superficie a superficie, en W/m<sup>2</sup> K

R<sub>t</sub>, es el aislamiento térmico total de una porción de la envolvente del edificio, de superficie a superficie, en m<sup>2</sup> K/W.

En la tabla 4.8 se muestra el cálculo del coeficiente global de transferencia de calor realizado a la muestra 4.

|   | Materiales en muestra 4 | L     | he(Sup.Ex t.) | hi(Sup.Int. ) | K (W/m°C) | R (m <sup>2</sup> °C/W) | (U)                        |
|---|-------------------------|-------|---------------|---------------|-----------|-------------------------|----------------------------|
|   |                         |       | 13            | 6.6           |           | 0.0769                  | U = 1/R <sub>t</sub>       |
| 1 | Palma real              | 0.12  |               |               | 0.43      | 0.279                   |                            |
| 2 | Ferrocemento            | 0.05  |               |               | 0.97      | 0.0515                  |                            |
| 3 | Fibra de coco           | 0.107 |               |               | 0.45      | 0.2377                  |                            |
| 4 | Triplay                 | 0.005 |               |               | 0.10      | 0.05                    |                            |
|   |                         |       |               |               |           | 0.15                    |                            |
|   | Total                   |       |               |               |           | 0.8451                  | U=1.183W/M <sup>2</sup> °C |

Tabla 4.8 Coeficiente global de transferencia de calor en muestra 4

## Coeficiente global de transferencia de calor en una losa de concreto



Figura 4.45 Sección de la losa de concreto.

En la tabla 4.9 se muestra el cálculo del coeficiente global de transferencia de calor realizado a la losa de concreto.

|   | Materiales en losa    | Espesor<br>L | he(Sup.E<br>xt.) | hi(Sup.Int<br>.) | K<br>(W/m°C) | R<br>(M2°C/W) | (U)           |
|---|-----------------------|--------------|------------------|------------------|--------------|---------------|---------------|
| 1 | he (Sup. Ext.)        | 1            | 13               | 6.6              | 13           | 0.0769        | U = 1/RT      |
| 2 | Mortero de<br>Cemento | 0.04         |                  |                  | 0.63         | 0.063         |               |
| 3 | Concreto pesado       | 0.10         |                  |                  | 1.750        | 0.057         |               |
| 4 | Mortero Cem-<br>arena | 0.025        |                  |                  | 0.530        | 0.047         |               |
| 5 | hi (Sup. Int.)        | 1            |                  |                  | 6.6          | 0.15          |               |
|   | Total                 |              |                  |                  |              | 0.3939        | U=2.538W/m2°C |

Tabla 4.9 Coeficiente global de transferencia de calor en losa de concreto

Como se muestra en la figura 4.46, el coeficiente global de transferencia de calor de la losa de concreto representa un incremento de 114% respecto al componente constructivo.

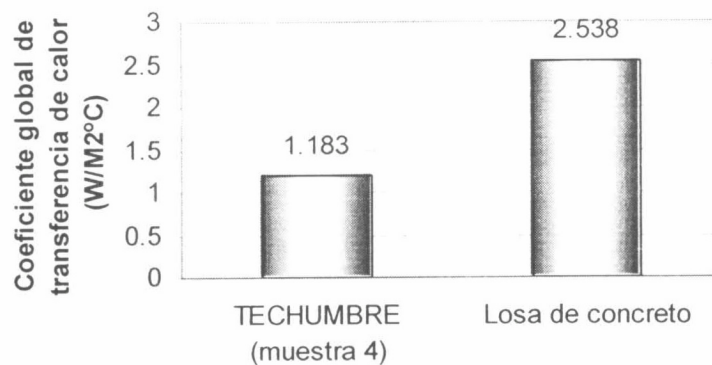


Figura 4.46 Comparación de valores entre muestra 4 y losa de concreto.

## 4.5 PROPUESTA DE TECHUMBRE PARA MEJORAR EL COEFICIENTE GLOBAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR

Se propone una nueva techumbre con la finalidad de obtener un mejor valor de coeficiente global de transferencia de calor que el obtenido en la muestra No. 4.

De esta manera el diseño de la nueva propuesta consistió en mejorar la muestra No.4 aumentando solo el espesor de la palma real de 0.12 a 0.20 cm. (Figura 4.47),

El coeficiente global de transferencia de calor que se obtenga en esta nueva propuesta de techumbre, será utilizado en el análisis del balance térmico presentado en el capítulo 5.

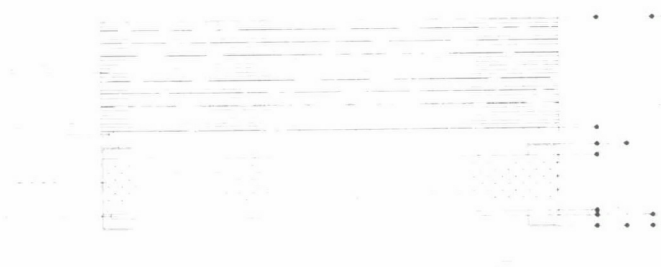


Figura 4.47 Propuesta de techumbre

En la Tabla 4.10 se muestra el coeficiente global de transferencia de calor aplicado a la nueva propuesta de techumbre

|   | Materiales en nueva techumbre | Espesor L | He (Sup.Ext.) | Hi (Sup.Int.) | K (W/m°C) | R (m <sup>2</sup> °C/W) | (U)                        |
|---|-------------------------------|-----------|---------------|---------------|-----------|-------------------------|----------------------------|
| 1 | he (Sup. Ext.)                | 1         | 13            | 6.6           | 13        | 0.0769                  | U = 1/RT                   |
| 2 | Palma real                    | 0.20      |               |               | 0.43      | 0.4651                  |                            |
| 3 | Ferrocemento                  | 0.05      |               |               | 0.97      | 0.051                   |                            |
| 4 | Fibra de coco                 | 0.103     |               |               | 0.45      | 0.228                   |                            |
| 5 | Triplay                       | 0.009     |               |               | 0.107     | 0.0841                  |                            |
| 6 | hi (Sup. Int.)                | 1         |               |               | 6.6       | 0.15                    |                            |
|   | Total                         |           |               |               |           | 1.055                   | U=0.947W/m <sup>2</sup> °C |

Tabla 4.10 Coeficiente global de transferencia de calor en nueva propuesta de techo



Como se muestra en la Figura 4.48, el coeficiente global de transferencia de calor de la losa de concreto representa un incremento de 168% mayor respecto a la techumbre propuesta.

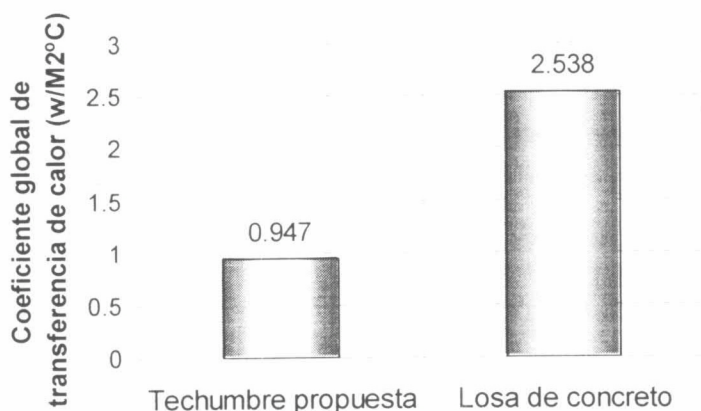


Figura 4.48 comparación de valores entre techumbre propuesta y losa de concreto

## 4.6 CALCULO DEL GRADIENTE TÉRMICO BASADO POR EL MÉTODO GRÁFICO PROPUESTO POR STEVEN ZSOKOLAY

### MÉTODO GRÁFICO

Con la finalidad de conocer el gradiente térmico de la nueva propuesta de techumbre se realizó el cálculo para una temperatura interior ( $h_i$ ) de 20 °C y una exterior ( $h_e$ ) de 35°C (Figura 4.49 y 4.50) posteriormente se verificó por el método del triángulo<sup>33</sup> (Tabla 4.11).

Los valores de conductividad de los materiales utilizados en el cálculo del gradiente corresponden a los obtenidos en las muestras analizadas en el conductímetro de la UAM AZC.

El desarrollo del método gráfico consistió en representar por un lado las resistencias de cada material así mismo aquellas del coeficiente superficial interior y exterior, por otra parte se representaron los espesores de los diferentes materiales, de

<sup>33</sup> S V Szokolay *ENVIROMENTAL SCIENCE HANDBOOK for Architects and Builders*, Ed. The construction press, ltd Lancaster, England 1980, Pág. 299

esta manera, en la intersección de estos se conocen las temperaturas a las que se encuentran cada capa de los diferentes materiales.

Una vez determinado el método gráfico se corroboran los valores de temperaturas en cada capa de los diferentes materiales, para esto se realiza el siguiente cálculo:

Se Obtiene la diferencia de temperaturas ( $15^{\circ}\text{C}$ ) de los valores propuestos para la temperatura interior y exterior, ( $20-35^{\circ}\text{C}$ ), este valor, es dividido entre la suma total de resistencias de los materiales analizados, el valor resultante es multiplicado por la resistencia correspondiente a cada material, de esta manera se obtiene la diferencia de temperaturas en cada capa de los diferentes materiales.

Las diferencias de temperaturas presentadas en cada capa del material son las siguientes:

La palma real presentó el mayor gradiente de temperatura ( $6.6^{\circ}\text{C}$ ), mientras, que en el ferrocemento existe un gradiente muy bajo ( $0.73^{\circ}\text{C}$ ), la fibra de coco presenta un gradiente de ( $3.23^{\circ}\text{C}$ ), y el triplay tiene un gradiente de  $1.19^{\circ}\text{C}$ .

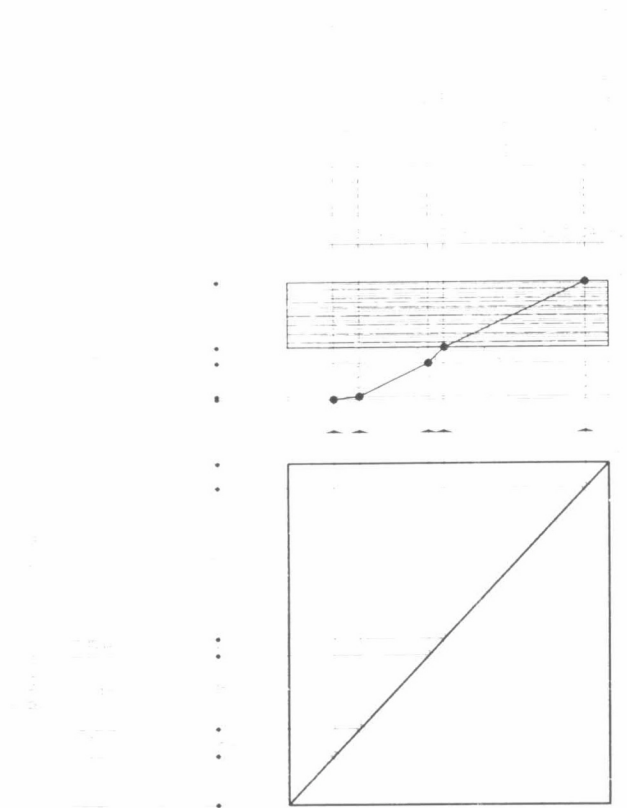


Figura 4.49 Cálculo de gradiente térmico utilizando el método gráfico.



|   | Materiales     | $\frac{\Delta t}{R} = \frac{t_1 - t_2}{R}$<br>$\frac{15.057}{14.21}$<br>$\frac{1}{R}$ | R<br>$m^2 \cdot ^\circ C / W$ | $\Delta t$ (degC) | t (°C) |
|---|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------|--------|
| 6 | hi (Sup. Int.) | 14.214 m <sup>2</sup>                                                                 | 0.151                         | 2.145             | 22.145 |
| 5 | Trinlay        |                                                                                       | 0.084                         | 1.193             | 23.338 |
| 4 | Fibra de coco  |                                                                                       | 0.228                         | 3.239             | 26.577 |
| 3 | Ferrocemento   |                                                                                       | 0.051                         | 0.724             | 27.301 |
| 2 | Palma real     |                                                                                       | 0.465                         | 6.607             | 33.908 |
| 1 | hi (Sup. Ext.) |                                                                                       | 0.076                         | 1.079             | 35     |
|   |                |                                                                                       | $\Sigma R = 1.055$            | 15°C              |        |

Donde:

$\Delta t/R =$  Diferencia de temperatura entre resistencia total

R = Resistencia total

$(\Delta t/R) R = \Delta t$  (degC)

$\Delta t$  (degC) = Diferencia total de temperatura

t (°C) = Temperaturas en superficie del material

Tabla 4.11 Comprobación de valores del método gráfico

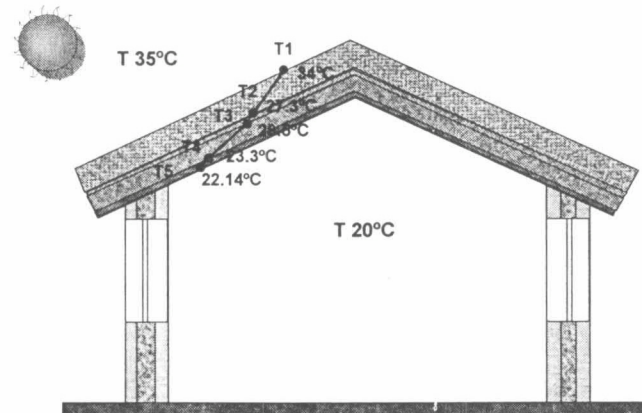


Figura 4.50 Gradiente térmico en techumbre propuesta

## **CAPITULO 5. BALANCE TÉRMICO DE UNA VIVIENDA TÍPICA DE LA ZONA ESTUDIADA**

Una vez obtenidos los valores del coeficiente global de transferencia de calor de la techumbre propuesta, así como el de la losa de concreto armado, se llevó a cabo el balance térmico aplicado a una vivienda común en la zona.

Se realiza el balance térmico con el objeto de conocer el porcentaje de ganancia solar y por conducción en la techumbre propuesta y se comparan los resultados con los porcentajes de una losa de concreto, la cual es muy usada en la zona de estudio.

### **5.1 METODOLOGÍA DEL BALANCE TÉRMICO**

El balance térmico es una herramienta muy útil para simular como se comportará térmicamente una edificación, de forma tal, que se pueda lograr el mejor confort térmico con el menor consumo energético posible y empleando sistemas pasivos.

El balance térmico que se propone es estático sin considerar variaciones respecto al tiempo y es calculado para la hora más crítica de la zona de estudio.

Existe balance térmico cuando la suma de todos los flujos de calor es igual a cero (Figura 5.1).

$$Q_i + Q_s \pm Q_c \pm Q_v \pm Q_m - Q_e = 0$$

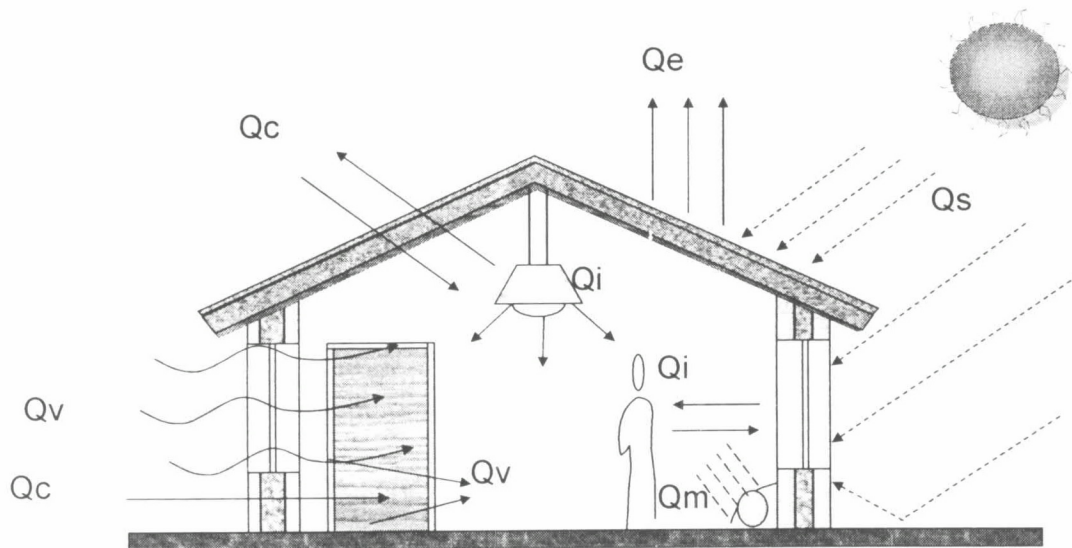


Figura 5.1 Cargas térmicas en una edificación

Donde:

**Qi** = Ganancia térmica interna, solo puede ser positiva (calor producido por humanos, lámparas y aparatos eléctricos en general)

**Qs** = Ganancia térmica solar, en superficies opacas se considera de la misma forma que la conducción aire-aire, pero para superficies translúcidas se tienen que considerar de manera independiente. Solo puede ser positiva.

**Qc** = ganancia térmica por conducción (positiva) y pérdida térmica por conducción (negativa) a través de los elementos del sistema constructivo causada por un diferencial térmico entre el interior y el exterior del espacio habitable. ( $Dt = t_o - t_i$ )

**Qv** = ganancia térmica por ventilación (positiva) o pérdida térmica por ventilación (negativa) debida al intercambio de aire entre el interior y el exterior cuando hay diferencia de temperatura.

**Qe** = Enfriamiento evaporativo (únicamente negativo) se produce, entre otras formas, cuando el techo es rociado con agua. Cuando se produce la evaporación se registra una pérdida de calor.

**Qm** = Calentamiento mecánico (positivo) o enfriamiento mecánico (negativo). Es producto de sistemas de aire acondicionado o de calefacción.

Cuando la suma de los valores anteriores es mayor a 0 la temperatura del interior se incrementará, cuando el resultado sea inferior a 0 (negativo) el interior se enfría. En los casos analizados no se consideran los valores de  $Q_m$  y de  $Q_e$  ya que no se tiene contemplado el empleo de rociador de agua para techo ni aire acondicionado.

Por lo tanto, la ecuación de balance térmico para la vivienda será:

$$Q_i + Q_s \pm Q_c \pm Q_v = 0$$

La formula que se utilizó para calcular la ganancia interna fue:

$$Q_i = Ch \times Cm$$

Donde:

$Q_i$  = Ganancias internas (Watts)

$Ch$  = Calor humano (Watts)

$Cm$  = calor mecánico (Watts)

La formula que se utilizó para calcular la ganancia solar fue la siguiente:

$$Q_s = ESI \times A \times a \left( \frac{t'}{h_e} \right)$$

Donde:

$Q_s$  = Ganancia solar por elementos (Watts)

$ESI$  = Energía solar incidente ( $W/m^2$ )

$A$  = Área expuesta ( $m^2$ )

$a$  = Absortancia

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

$h_e$  = Coeficiente de convección superficial ( $W/m^2{}^\circ C$ )

La formula que se utilizó para calcular las ganancias o pérdidas de conducción fue la siguiente:

$$Q_c = (A_t \times U) (\Delta t)$$

Donde:

$Q_c$  = Ganancias o perdidas por conducción (Watts)

$A_t$  = Area total del elemento ( $m^2$ )

$U$  = Coeficiente global de transferencia de calor ( $W/m^2\text{°C}$ )

$\Delta t$  = Diferencia de temperaturas ( $\text{°C}$ )(Temperatura horaria menos temperatura interior de diseño)

La formula que se utilizó para calcular las ganancias o pérdidas totales de infiltración fue la siguiente:

$$Q_{v_t} = 1200 \times v (\Delta t)$$

$Q_{v_t}$  = Ganancias o perdidas totales por infiltración

$V$  = Magnitud o tasa de ventilación, volumen de aire por unidad de tiempo ( $m^3/s$ )

$\Delta t$  = Diferencia de temperaturas ( $\text{°C}$ )(Temperatura horaria menos temperatura interior de diseño).

Finalmente el resumen del balance térmico se obtuvo sumando todas las ganancias:

$$Q_i + Q_s \pm Q_c \pm Q_v$$

### 5.1.1 Desarrollo del balance térmico

El desarrollo del Balance térmico se llevó a cabo utilizando un método simplificado siguiendo la metodología propuesta por S. Szokolay y desarrollado en hojas de cálculo por el M. Víctor A. Fuentes Freixanet profesor investigador de la UAM-A.

Cabe mencionar que el estudio realizado se llevó a cabo con la finalidad de conocer los valores de ganancia solar por radiación, así como las ganancias por conducción de la techumbre propuesta y una losa de concreto; finalmente se comparan los datos con el aporte térmico de ambas.

### Datos de localización

El balance térmico realizado es para una vivienda común de la población de Puerto Ángel Oaxaca cuyas coordenadas son:

Latitud: 15 ° 45´

Longitud: 96° 29´

### Condiciones climáticas

Es importante en el desarrollo del balance térmico, integrar todas las condicionantes climáticas como se muestra en la tabla 5.1

De esta manera se tienen los datos de temperatura según el Sistema Meteorológico Nacional, y temperaturas límite para estar en confort calculadas por la fórmula de S. Szokolay, así también se determina la temperatura de diseño la cual debe ser la más fácil de lograr y que se encuentre dentro de la zona de confort, se integran también los datos del viento, los datos de radiación máxima total en 12 horas.

|                                             | Ene  | Feb  | Mar  | Abr  | May  | Jun  | Jul  | <div>Análisis<br/>Ago</div> | Sept | Oct  | Nov  | Dic  |
|---------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|-----------------------------|------|------|------|------|
| Temperatura media mensual                   | 27.2 | 27.9 | 27.8 | 29.1 | 29.3 | 28.6 | 28.8 | 29.3                        | 28.4 | 29.0 | 28.5 | 28.3 |
| Temperatura horaria                         | 30.5 | 31.1 | 30.5 | 31.7 | 31.5 | 30.6 | 32.2 | 32.8                        | 30.6 | 32.4 | 32.2 | 31.6 |
| Temperatura neutra mensual                  | 26.0 | 26.2 | 26.2 | 26.6 | 26.7 | 26.5 | 26.5 | 26.7                        | 26.4 | 26.6 | 26.4 | 26.4 |
| Límite superior de confort                  | 28.5 | 28.7 | 28.7 | 29.1 | 29.2 | 29.0 | 29.0 | 29.2                        | 28.9 | 29.1 | 28.9 | 28.9 |
| Límite inferior de confort                  | 23.5 | 23.7 | 23.7 | 24.1 | 24.2 | 24.0 | 24.0 | 24.2                        | 23.9 | 24.1 | 23.9 | 23.9 |
| Temperatura interior                        | 26.0 | 26.2 | 26.2 | 26.6 | 26.7 | 26.5 | 26.5 | 26.7                        | 26.4 | 26.6 | 26.4 | 26.4 |
| Velocidad del viento (En observatorio)      | 3.12 | 4.23 | 3.54 | 5.54 | 5.54 | 5.90 | 2.76 | 3.17                        | 3.60 | 3.62 | 3.85 | 3.28 |
| Dirección viento(° incidencia a la ventana) | SSW  | SSW  | SSW  | SSW  | SSW  | SSW  | SSW  | SSW                         | SSW  | SSW  | SSW  | SSW  |
| Radiación máxima total en 12 hr             | 720  | 812  | 797  | 720  | 761  | 685  | 745  | 731                         | 680  | 697  | 706  | 662  |

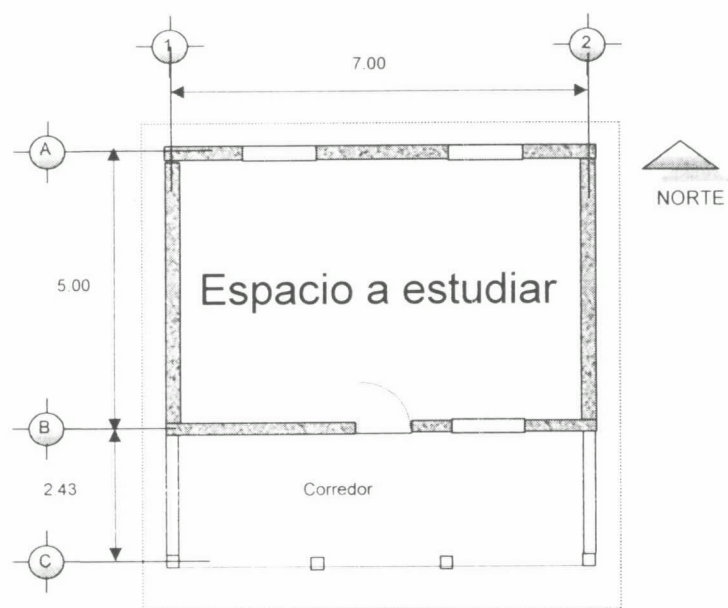
Tabla 5.1 Condiciones climáticas para Puerto Ángel Oax.

### Dimensiones del espacio habitable a estudiar

La techumbre analizada corresponde una vivienda común de la costa del pacífico sur del estado de Oaxaca (figura 5.2), de esta manera se presentan las dimensiones en una planta arquitectónica (Figura 5.3) y en una sección (Figura 5.4) respectando las medidas de uso general.



Figura 5.2 Vivienda Río grande Oax.



Planta Arquitectónica

Figura 5.3 Dimensiones de la vivienda



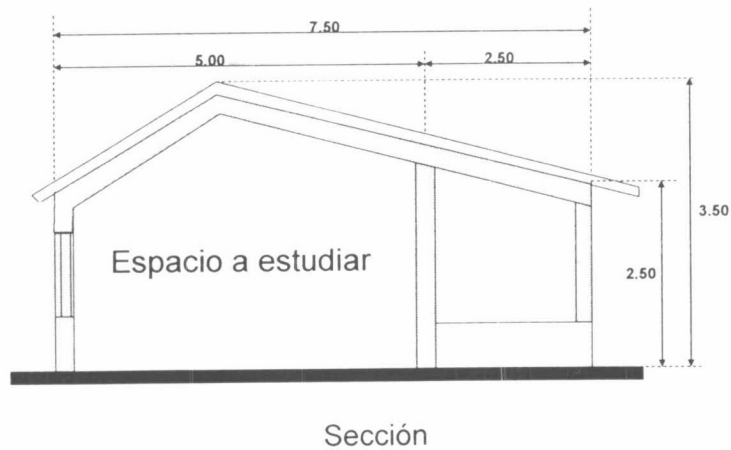


Figura 5.4 Dimensiones de la vivienda

### Estudio de sombras

El estudio de sombras se llevó a cabo con la finalidad de conocer la cantidad de sol que incide en las superficies de elementos verticales así como horizontales de la vivienda en estudio, para esto fue necesario la obtención de la gráfica solar para la zona de estudio, de esta manera, se obtuvo el rayo solar para el día 21 de agosto a las 15 hrs., considerada como la fecha de diseño por ser la hora con mayor temperatura del año (figura 5.5), esta temperatura fue obtenida con base a los datos horarios para la población de Puerto Ángel Oaxaca.

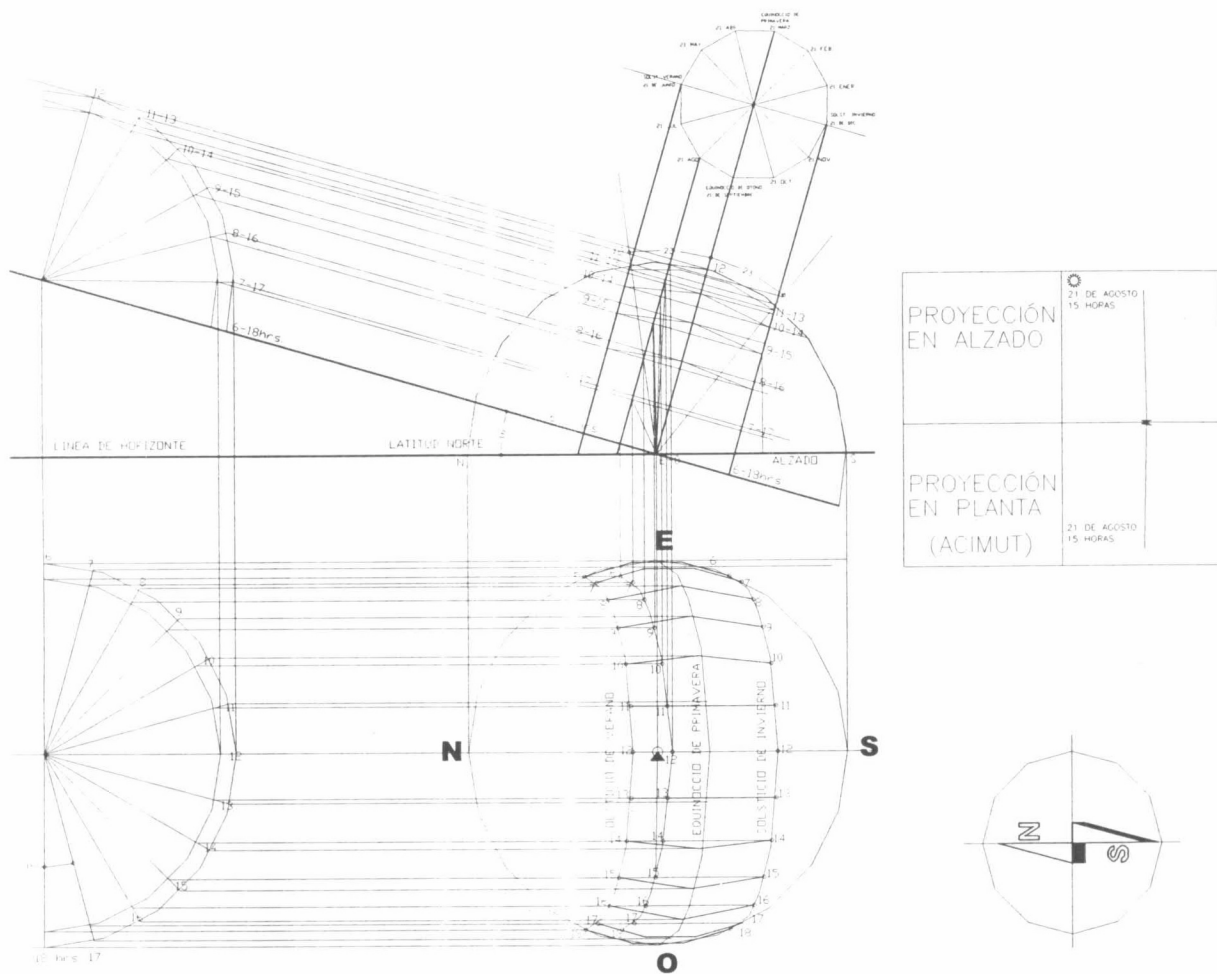


Figura 5.5 Gráfica solar para el día 21 de agosto a las 15 hrs.

Se llevó a cabo el estudio de asoleamiento para conocer las áreas de sombra y aquellas expuestas al sol, en la figura 5.6 se muestra que la fachada norte permanece en sombra.

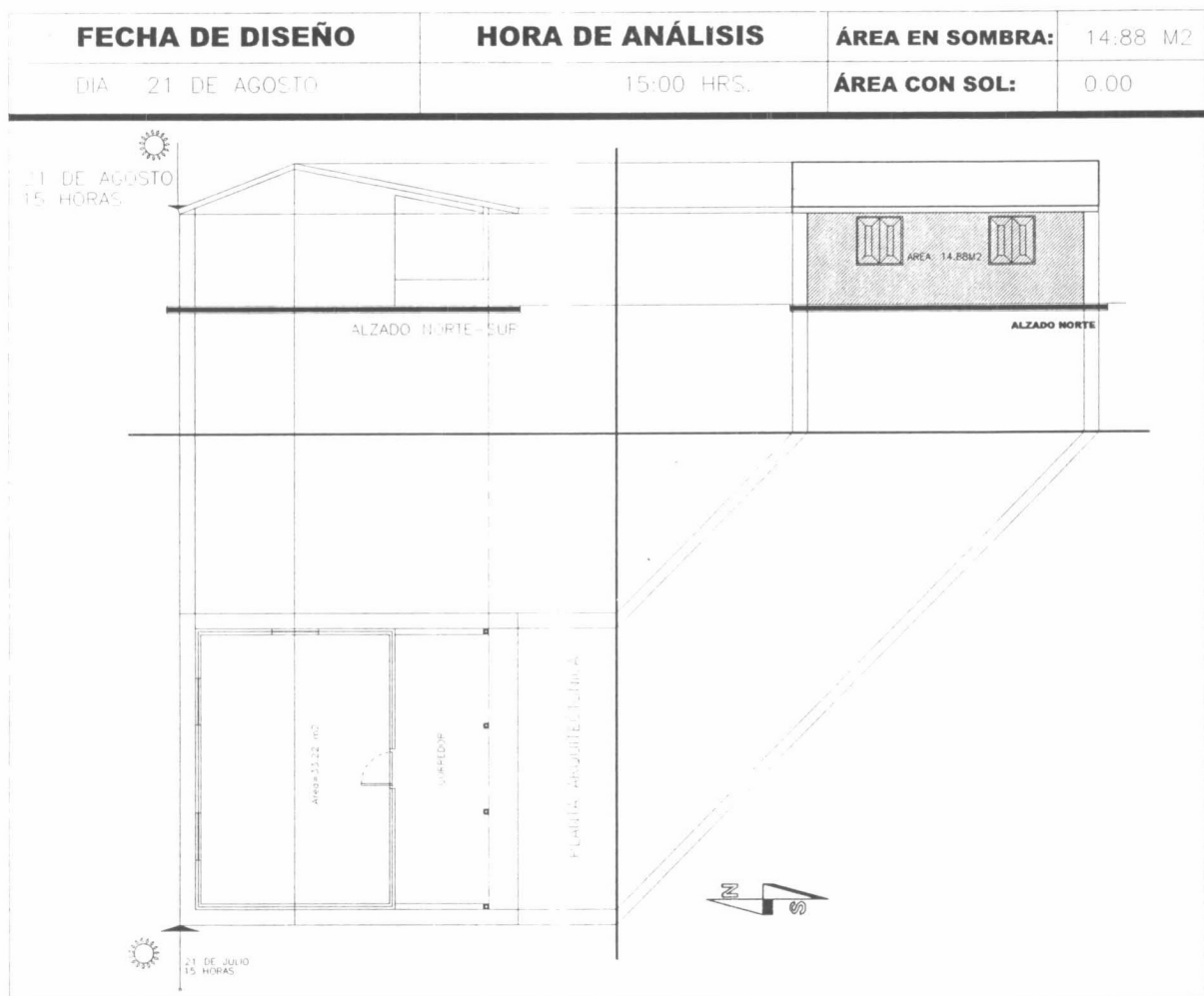


Figura 5.6 Estudio de sombras en alzado norte

Así mismo se realizó el estudio de asoleamiento para la fachada oeste, en donde se muestra que el área en sombra es de 2.31 m<sup>2</sup>, mientras que el área soleada corresponde a 13.76 m<sup>2</sup> (Figura 5.7).

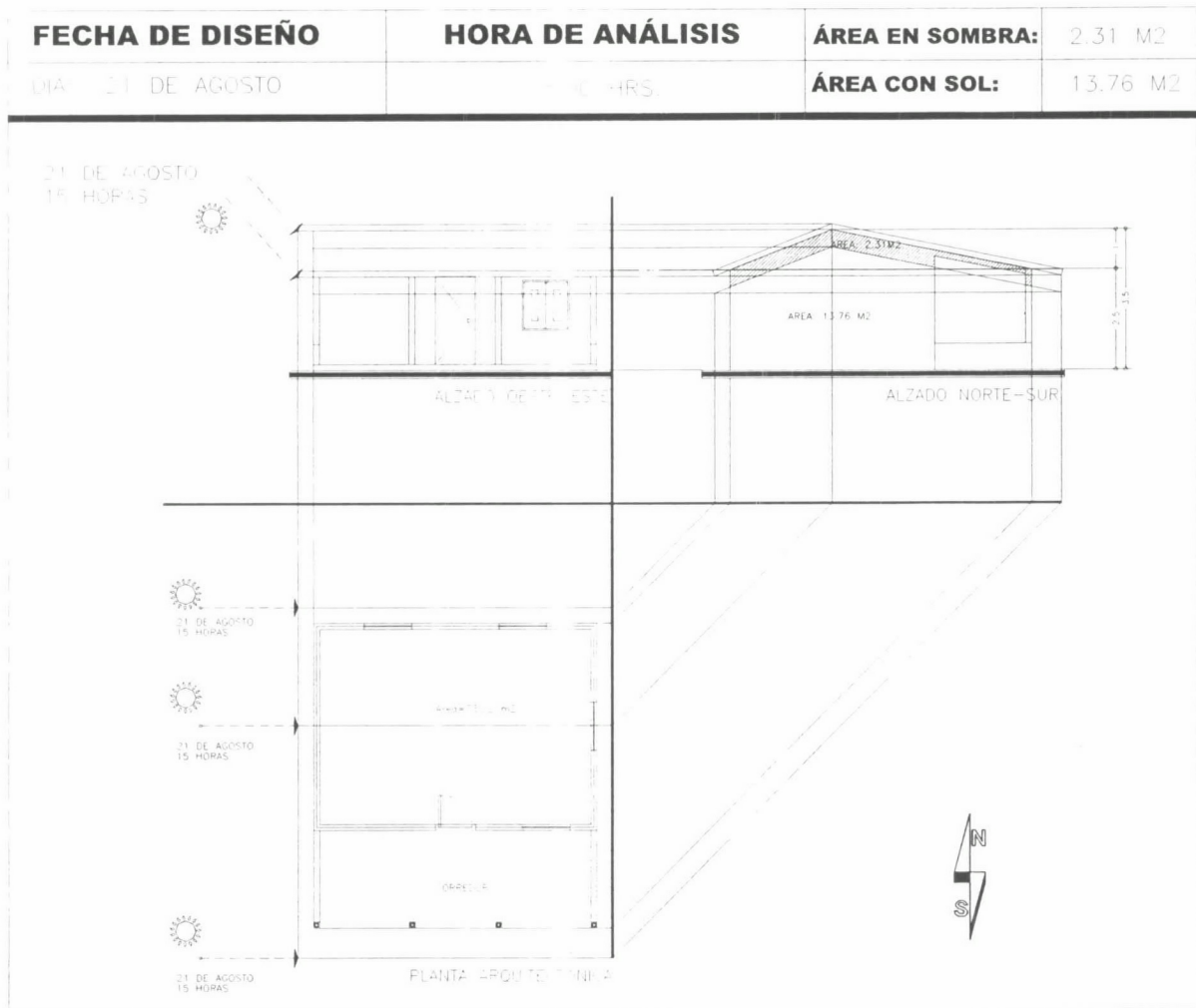


Figura 5.7 Estudio de sombras en alzado oeste

En la tabla 5.2, se presenta un resumen de las áreas en m<sup>2</sup> del estudio de sombras realizado para cada elemento, estos datos serán utilizados para realizar el cálculo de las ganancias solares.

| ELEMENTOS   | AREA<br>m <sup>2</sup> | AREA EN<br>SOMBRA m <sup>2</sup> | AREA CON<br>SOL m <sup>2</sup> | AREA TOTAL<br>(m <sup>2</sup> ) |
|-------------|------------------------|----------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| LOSA (N)    | 19.73                  | 0.00                             | 19.73                          | 38.53                           |
| LOSA (S)    | 18.80                  | 0.00                             | 18.80                          |                                 |
| MURO NORTE  | 14.88                  | 14.88                            | 0.00                           | 64.63                           |
| MURO OESTE  | 16.07                  | 2.12                             | 13.95                          |                                 |
| MURO SUR    | 17.61                  | 17.61                            | 0.00                           |                                 |
| MURO ESTE   | 16.07                  | 16.07                            | 0.00                           |                                 |
| VENTANA (N) | 3.00                   | 3.00                             | 0.00                           | 4.50                            |
| VENTANA (S) | 1.50                   | 1.50                             | 0.00                           |                                 |
| PUERTA      | 2.20                   | 2.20                             | 0.00                           | 2.20                            |

Tabla 5.2 Áreas en sombra y con sol de los diferentes elementos constructivos

Respecto a las características de los materiales constructivos en la Tabla 5.3, se hace referencia a los valores de conductividad térmica para la techumbre propuesta así como del coeficiente global de transferencia de calor, dichos datos serán utilizados en la hoja de balance térmico (tabla 5.5 y 5.6) para realizar el cálculo de las ganancias por conducción, de igual manera en la tabla 5.4 se cuenta con las características de materiales de la losa de concreto.

**CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES CONSTRUCTIVOS:**

| Elemento constructivo  | Materiales       | espesor<br>(m) | Condu-<br>ctividad<br>(W/m °C) | Resis-<br>tencia<br>m <sup>2</sup> °C/W | Trans-<br>misión<br>W/m <sup>2</sup> °C | Absor-<br>tancia<br>$\alpha$ | Transm-<br>tancia<br>$\tau$ | Reflec-<br>tancia<br>$\rho$ | Emisi-<br>vidad<br>interior<br>$\epsilon_i$ | Factor<br>de<br>ganancia<br>$f_g$ | Calor<br>especi-<br>fico<br>J/kg °C<br>$C_p$ | Densi-<br>dad<br>kg/m <sup>3</sup><br>$\rho$ | Difusivi-<br>dad<br>térmica<br>m <sup>2</sup> /s | Retardo<br>Térmico<br>h<br>$\phi$ | Admitancia<br>(W/m <sup>2</sup> °C)<br>$a$ | Índice<br>de<br>inercia<br>térmica<br>$D$ | Admitancia<br>efectiva<br>W/m <sup>2</sup> °C<br>$\Psi$ | Capacitancia |
|------------------------|------------------|----------------|--------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------|--------------|
|                        |                  | b              | k                              | R                                       | U                                       | $\alpha$                     | $\tau$                      | $\rho$                      | $\epsilon_i$                                | $f_g$                             | $C_p$                                        | $\rho$                                       |                                                  | $\phi$                            | $a$                                        | $D$                                       | $\Psi$                                                  |              |
| MUROS                  | he               | 1.00           | 23.93                          | 0.0418                                  |                                         |                              |                             |                             |                                             |                                   |                                              |                                              |                                                  |                                   |                                            |                                           |                                                         |              |
|                        | aplanado/mortero | 0.04           | 0.63                           | 0.0635                                  |                                         | 0.60                         |                             |                             |                                             |                                   |                                              |                                              |                                                  |                                   |                                            |                                           |                                                         |              |
|                        | tabique          | 0.14           | 0.84                           | 0.1667                                  | 6.00                                    |                              |                             |                             |                                             |                                   | 800                                          | 1700                                         | 0.0000006                                        | 4.10                              | 9.11                                       | 1.52                                      | 9.33                                                    | 190 400.00   |
|                        |                  | 0.00           | 0.46                           | 0.0000                                  |                                         |                              |                             |                             |                                             |                                   |                                              |                                              |                                                  |                                   |                                            |                                           |                                                         |              |
|                        | hi               | 1.00           | 8.13                           | 0.1230                                  |                                         |                              |                             |                             |                                             |                                   |                                              |                                              |                                                  |                                   |                                            |                                           |                                                         |              |
|                        | Total            |                |                                | 0.3950                                  | 2.53                                    |                              |                             |                             |                                             |                                   |                                              |                                              |                                                  |                                   |                                            | 0.04                                      | 3.30                                                    |              |
| TECHUMBRE<br>PROPUESTA | he               | 1.00           | 13.00                          | 0.077                                   |                                         |                              |                             |                             |                                             |                                   |                                              |                                              |                                                  |                                   |                                            |                                           |                                                         |              |
|                        | Palma real       | 0.20           | 0.430                          | 0.465                                   |                                         | 0.60                         |                             |                             |                                             |                                   |                                              |                                              |                                                  |                                   |                                            |                                           |                                                         |              |
|                        | ferrocemento     | 0.05           | 0.970                          | 0.052                                   |                                         |                              |                             |                             |                                             |                                   |                                              |                                              |                                                  |                                   |                                            |                                           |                                                         |              |
|                        | Fibra Coco       | 0.103          | 0.450                          | 0.229                                   |                                         |                              |                             |                             |                                             |                                   |                                              |                                              |                                                  |                                   |                                            |                                           |                                                         |              |
|                        | triplay          | 0.009          | 0.107                          | 0.084                                   |                                         |                              |                             |                             |                                             |                                   |                                              |                                              |                                                  |                                   |                                            |                                           |                                                         |              |
|                        | hi               | 1.00           | 6.60                           | 0.152                                   |                                         |                              |                             |                             |                                             |                                   |                                              |                                              |                                                  |                                   |                                            |                                           |                                                         |              |
|                        | Total            |                |                                | 1.0581                                  | 0.945                                   |                              |                             |                             |                                             |                                   |                                              |                                              |                                                  |                                   |                                            |                                           | 5.10                                                    |              |
| VENTANA                | he               | 1.000          | 23.93                          | 0.0418                                  |                                         |                              |                             |                             |                                             |                                   |                                              |                                              |                                                  |                                   |                                            |                                           |                                                         |              |
|                        | vidrio sencillo  | 0.003          | 1.11                           | 0.0027                                  |                                         | 0.11                         | 0.81                        | 0.08                        | 0.03                                        | 0.84                              | 840                                          | 2500                                         | 0.0000005                                        | 0.10                              | 13.02                                      | 0.04                                      | 8.40                                                    | 8 300.00     |
|                        | hi               | 1.000          | 8.13                           | 0.1230                                  |                                         |                              |                             |                             |                                             |                                   |                                              |                                              |                                                  |                                   |                                            |                                           |                                                         |              |
|                        | Total            |                |                                | 0.1675                                  | 5.97                                    |                              |                             |                             |                                             |                                   |                                              |                                              |                                                  |                                   |                                            |                                           | 5.60                                                    |              |
| PUERTA                 | he               | 1.000          | 23.93                          | 0.0418                                  |                                         |                              |                             |                             |                                             |                                   |                                              |                                              |                                                  |                                   |                                            |                                           |                                                         |              |
|                        | triplay          | 0.006          | 0.14                           | 0.0429                                  |                                         | 0.60                         |                             |                             |                                             |                                   | 620                                          | 1300                                         | 0.0000002                                        | 0.33                              | 2.86                                       | 0.12                                      | 6.29                                                    | 4 836.00     |
|                        | hi               | 1.000          | 8.13                           | 0.1230                                  |                                         |                              |                             |                             |                                             |                                   |                                              |                                              |                                                  |                                   |                                            |                                           |                                                         |              |
|                        | Total            |                |                                | 0.2077                                  | 4.82                                    |                              |                             |                             |                                             |                                   |                                              |                                              |                                                  |                                   |                                            |                                           | 5.60                                                    |              |
| PISO                   | Concreto         | 0.08           | 1.80                           | 0.0444                                  |                                         |                              |                             |                             |                                             |                                   | 620                                          | 1300                                         | 0.0000022                                        | 1.23                              | 10.27                                      | 0.46                                      | 4.69                                                    | 64 480.00    |
|                        | Total            |                |                                |                                         |                                         |                              |                             |                             |                                             |                                   |                                              |                                              |                                                  |                                   |                                            |                                           | 5.00                                                    |              |

Tabla 5.3 Características de los materiales constructivos en techumbre propuesta

| Elemento constructivo | Materiales        | espesor<br>(m) | Conductividad térmica<br>(W/m °C) | Resistencia térmica<br>(m <sup>2</sup> °C/W) | Transmisión<br>(W/m <sup>2</sup> °C) | Absorbancia<br>$\alpha$ | Transparencia<br>$\tau$ | Reflexividad<br>$\rho$ | Emisividad interior<br>$\epsilon_i$ | Factor de ganancia<br>$f_g$ | Calor específico<br>(J/kg °C) | Densidad<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | Difusividad térmica<br>(m <sup>2</sup> /s) | Retardo<br>h | Admitancia<br>(W/m <sup>2</sup> °C) | Índice de inercia térmica<br>D | Admitancia efectiva<br>W/m <sup>2</sup> | Capacitancia |
|-----------------------|-------------------|----------------|-----------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------|--------------|-------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------|--------------|
|                       |                   | b              | k                                 | R                                            | U                                    |                         |                         |                        |                                     |                             | Cp                            | $\rho$                           |                                            | $\phi$       | a                                   | D                              | $\Psi$                                  |              |
| MUROS                 | he                | 1.00           | 23.93                             | 0.0418                                       |                                      |                         |                         |                        |                                     |                             |                               |                                  |                                            |              |                                     |                                |                                         | 190.400.00   |
|                       | aplanado/mortero  | 0.04           | 0.63                              | 0.0635                                       |                                      | 0.60                    |                         |                        |                                     |                             |                               |                                  |                                            |              |                                     |                                |                                         |              |
|                       | tabique           | 0.14           | 0.84                              | 0.1667                                       | 8.00                                 |                         |                         |                        |                                     |                             | 800                           | 1700                             | 0.0000006                                  | 4.10         | 9.11                                | 1.52                           | 9.33                                    |              |
|                       |                   | 0.00           | 0.46                              | 0.0000                                       |                                      |                         |                         |                        |                                     |                             |                               |                                  |                                            |              |                                     |                                |                                         |              |
|                       | hi                | 1.00           | 8.13                              | 0.1230                                       |                                      |                         |                         |                        |                                     |                             |                               |                                  |                                            |              |                                     |                                |                                         |              |
|                       | Total             |                |                                   | 0.3950                                       | 2.53                                 |                         |                         |                        |                                     |                             |                               |                                  |                                            |              |                                     | 0.04                           | 3.30                                    |              |
| LOSA DE CONCRETO      | he                | 1.00           | 13.00                             | 0.077                                        |                                      |                         |                         |                        |                                     |                             |                               |                                  |                                            |              |                                     |                                |                                         |              |
|                       | Mortero de Cem.   | 0.04           | 0.630                             | 0.063                                        |                                      | 0.60                    |                         |                        |                                     |                             |                               |                                  |                                            |              |                                     |                                |                                         |              |
|                       | Concreto pesado   | 0.10           | 1.750                             | 0.057                                        |                                      |                         |                         |                        |                                     |                             |                               |                                  |                                            |              |                                     |                                |                                         |              |
|                       | Mortero Cem-arena | 0.025          | 0.530                             | 0.047                                        |                                      |                         |                         |                        |                                     |                             |                               |                                  |                                            |              |                                     |                                |                                         |              |
|                       | hi                | 1.00           | 6.60                              | 0.152                                        |                                      |                         |                         |                        |                                     |                             |                               |                                  |                                            |              |                                     |                                |                                         |              |
|                       | Total             |                |                                   | 0.3961                                       | 2.525                                |                         |                         |                        |                                     |                             |                               |                                  |                                            |              |                                     |                                | 5.10                                    |              |
| VENTANA               | he                | 1.000          | 23.93                             | 0.0418                                       |                                      |                         |                         |                        |                                     |                             |                               |                                  |                                            |              |                                     |                                |                                         | 8.300.00     |
|                       | vidrio sencillo   | 0.003          | 1.11                              | 0.0027                                       |                                      | 0.11                    | 0.81                    | 0.08                   | 0.03                                | 0.84                        | 840                           | 2500                             | 0.0000005                                  | 0.10         | 13.02                               | 0.04                           | 8.40                                    |              |
|                       | hi                | 1.000          | 8.13                              | 0.1230                                       |                                      |                         |                         |                        |                                     |                             |                               |                                  |                                            |              |                                     |                                |                                         |              |
|                       | Total             |                |                                   | 0.1675                                       | 5.97                                 |                         |                         |                        |                                     |                             |                               |                                  |                                            |              |                                     |                                | 5.60                                    |              |
| PUERTA                | he                | 1.000          | 23.93                             | 0.0418                                       |                                      |                         |                         |                        |                                     |                             |                               |                                  |                                            |              |                                     |                                |                                         | 4.836.00     |
|                       | triply            | 0.006          | 0.14                              | 0.0429                                       |                                      | 0.60                    |                         |                        |                                     |                             | 620                           | 1300                             | 0.0000002                                  | 0.33         | 2.86                                | 0.12                           | 6.29                                    |              |
|                       | hi                | 1.000          | 8.13                              | 0.1230                                       |                                      |                         |                         |                        |                                     |                             |                               |                                  |                                            |              |                                     |                                |                                         |              |
|                       | Total             |                |                                   | 0.2077                                       | 4.82                                 |                         |                         |                        |                                     |                             |                               |                                  |                                            |              |                                     |                                | 5.60                                    |              |
| PISO                  | Concreto          | 0.08           | 1.80                              | 0.0444                                       |                                      |                         |                         |                        |                                     |                             | 620                           | 1300                             | 0.0000022                                  | 1.23         | 10.27                               | 0.46                           | 4.69                                    | 64.480.00    |
|                       | Total             |                |                                   |                                              |                                      |                         |                         |                        |                                     |                             |                               |                                  |                                            |              |                                     |                                | 5.00                                    |              |

Tabla 5.4 Características de los materiales constructivos en losa de concreto



## 5.1.2 Hoja de cálculo del balance térmico en techumbre propuesta

| BALANCE TERMICO                                       |                                     |                     |                   | Puerto Angel Oaxaca. |  | 21 de Agosto |  | 15.00 Hrs. (Solar), ---hrs. (Civil) |  |
|-------------------------------------------------------|-------------------------------------|---------------------|-------------------|----------------------|--|--------------|--|-------------------------------------|--|
| <b>A DATOS</b>                                        |                                     |                     |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| <b>A1 LOCALIZACIÓN</b>                                |                                     |                     |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| Ciudad:                                               |                                     | Puerto Angel Oaxaca |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| Estado:                                               |                                     |                     |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| Latitud:                                              | 15° 45'                             | grados              |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| Longitud:                                             | 96° 29'                             | grados              |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| Latitud:                                              | 15.75                               | decimal             |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| Longitud:                                             | 96.48                               | decimal             |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| Altitud:                                              | 20                                  | msnm                | Agost             |                      |  |              |  |                                     |  |
| <b>A2 CONDICIONES CLIMÁTICAS</b>                      |                                     |                     |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| Temperatura media mensual                             | 29.3                                | °C                  |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| Temperatura horaria                                   | 32.8                                | °C                  |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| Temperatura neutra mensual                            | 26.7                                | °C                  |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| Límite superior de confort                            | 29.2                                | °C                  |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| Límite inferior de confort                            | 23.9                                | °C                  |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| Temperatura interior                                  | 29.2                                | °C                  |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| Velocidad del viento (En observatorio)                | 3.17                                | m/s                 |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| Dirección viento* (Incidencia a la ventana)           | SSW                                 | 65.5                |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| Radiación máxima total en 12 hr                       | 731                                 | W/m2                |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| Radiación solar horaria                               | 498                                 | W/m2                |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| <b>A3 DATOS PARA CALCULO</b>                          |                                     |                     |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| Fecha de diseño                                       | 21                                  | Día                 |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
|                                                       | 8                                   | Mes                 |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| Día número:                                           | 233                                 | del año             |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| Hora (solar):                                         | 15.00                               | hrs                 |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| Ángulo horario:                                       | -45                                 |                     |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| <b>A4 DATOS DEL LOCAL</b>                             |                                     |                     |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| Largo (Fachada N & S)                                 | 5.15                                | m                   |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| Ancho (Fachada E & O)                                 | 7.15                                | m                   |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| Alto (promedio)                                       | 3.12                                | m                   |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| Área                                                  | 36.8                                | m2                  |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| Volumen                                               | 114.9                               | m3                  |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| <b>A5 DIMENSIONES DE LOS ELEMENTOS</b>                |                                     |                     |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| Elementos                                             | Área (m2)                           | Área en sombra (m2) | Área con sol (m2) | Total (m2)           |  |              |  |                                     |  |
| Losa (N)                                              | 19.73                               | 0.00                | 19.73             | 38.53                |  |              |  |                                     |  |
| Losa (S)                                              | 18.80                               | 0.00                | 18.80             |                      |  |              |  |                                     |  |
| Muro Norte                                            | 14.88                               | 14.88               | 0.00              |                      |  |              |  |                                     |  |
| Muro Oeste                                            | 16.07                               | 2.12                | 13.95             |                      |  |              |  |                                     |  |
| Muro Sur                                              | 17.81                               | 17.81               | 0.00              |                      |  |              |  |                                     |  |
| Muro Este                                             | 16.07                               | 16.07               | 0.00              | 64.82                |  |              |  |                                     |  |
| Ventana(N)                                            | 3.00                                | 3.00                | 0.00              |                      |  |              |  |                                     |  |
| Ventana(S)                                            | 1.50                                | 1.50                | 0.00              |                      |  |              |  |                                     |  |
| Puerta                                                | 2.20                                | 2.20                | 0.00              | 2.20                 |  |              |  |                                     |  |
| <b>A6 Fuentes internas de calor</b>                   |                                     |                     |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| Fuentes de calor                                      | cantidad                            | Calor (W)           |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| Personas                                              | 5                                   | 102                 |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| Lámparas                                              | 4                                   | 75                  |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| T.V                                                   | 1                                   | 250                 |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| <b>B1 GANANCIA SOLAR (Qs):</b>                        |                                     |                     |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| <b>B1.1 ANGULOS SOLARES</b>                           |                                     |                     |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| Declinación:                                          | 11.75                               |                     |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| Seno altura solar                                     | 0.72                                |                     |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| Altura solar:                                         | 46.19                               |                     |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| Seno del Acimut.                                      | -0.01                               |                     |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| Acimut (S-O):                                         | 90.67                               |                     |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| Orto                                                  | 86.64                               | 5.00                |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| (decimal)                                             | 5.78                                | 0.78                |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| (grados)                                              | 5.47                                | 0.47                |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| Ocaso                                                 | 93.36                               | 18.00               |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| (decimal)                                             | 18.22                               | 0.22                |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| (grados)                                              | 18.13                               | 0.13                |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| Duración del día                                      | 12.44                               | hrs.                |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| <b>B1.2 ANGULOS DE INCI *</b>                         |                                     |                     |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| P. Superf. Vertical                                   | Coseno                              | Ángulo              |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| Fachada NORTE                                         | 0.01                                | 89.53               |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| Fachada OESTE                                         | 0.69                                | 46.19               |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| Fachada SUR                                           | 0.00                                | 90.00               |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| Fachada ESTE                                          | 0.00                                | 90.00               |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| P. superf. inclinada                                  |                                     |                     |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| Losa (Norte)                                          | 0.68                                | 47.42               |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| Losa (Sur)                                            | 0.71                                | 45.03               |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| <b>B1.3 ENERGIA SOLAR INCIDENTE</b>                   |                                     |                     |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| Losa (Norte)                                          | 302.31                              | W/m2                |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| Losa (Sur)                                            | 315.80                              | W/m2                |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| Muro Norte                                            | 3.64                                | W/m2                |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| Muro Oeste                                            | 309.32                              | W/m2                |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| Muro Sur                                              | 0.00                                | W/m2                |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| Muro Este                                             | 0.00                                | W/m2                |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| Ventana: (N)                                          | 3.64                                | W/m2                |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| Ventana: (S)                                          | 0.00                                | W/m2                |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| Puerta: (S)                                           | 0.00                                | W/m2                |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| <b>B1.4 GANANCIA SOLAR POR ELEMENTOS</b>              |                                     |                     |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| Qs losa (N)                                           | 260.17                              | Watts               | 32.8%             |                      |  |              |  |                                     |  |
| Qs losa (S)                                           | 256.97                              | Watts               | 32.7%             |                      |  |              |  |                                     |  |
| Qs muro norte                                         | 0.00                                | Watts               | 0.0%              |                      |  |              |  |                                     |  |
| Qs muro oeste                                         | 273.97                              | Watts               | 34.5%             |                      |  |              |  |                                     |  |
| Qs muro sur                                           | 0.00                                | Watts               | 0.0%              |                      |  |              |  |                                     |  |
| Qs muro este                                          | 0.00                                | Watts               | 0.0%              |                      |  |              |  |                                     |  |
| Ventana: (N)                                          | 0.00                                | Watts               | 0.0%              |                      |  |              |  |                                     |  |
| Ventana: (S)                                          | 0.00                                | Watts               | 0.0%              |                      |  |              |  |                                     |  |
| Puerta                                                | 0.00                                | Watts               | 0.0%              |                      |  |              |  |                                     |  |
| Qs TOTAL                                              | 793.11                              | Watts               | 100.0%            |                      |  |              |  |                                     |  |
| <b>B2 GANANCIAS INTERNAS (Qi)</b>                     |                                     |                     |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| Personas                                              | 510                                 | Watts               |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| Focos                                                 | 300                                 | Watts               |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| T.v                                                   | 250                                 | Watts               |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| Qi Total                                              | 1060                                | Watts               |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| <b>B3 GANANCIAS O PERDIDAS POR CONDUCCION (Qc)</b>    |                                     |                     |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| Losa                                                  | 131.09                              | Watts               | 15.3%             |                      |  |              |  |                                     |  |
| Muros                                                 | 589.03                              | Watts               | 68.9%             |                      |  |              |  |                                     |  |
| Vidrio                                                | 96.72                               | Watts               | 11.3%             |                      |  |              |  |                                     |  |
| Puerta                                                | 36.14                               | Watts               | 4.5%              |                      |  |              |  |                                     |  |
| QcTot                                                 | 854.98                              | Watts               | 100.0%            |                      |  |              |  |                                     |  |
| <b>B4 GANANCIAS O PERDIDAS POR INFILTRACION (Qv):</b> |                                     |                     |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| 21                                                    | Supuesta area total de infiltración | 0.063               | m2                |                      |  |              |  |                                     |  |
| Presión (Pa) Pwe                                      | 6.15                                | Pascales            |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| Diferencia de Presión                                 | 2.45997                             |                     |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| V=                                                    | 0.06                                | m3/s                |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| Qv TOTAL:                                             | 353.02                              | Watts               |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| <b>RESUMEN: BALANCE TERMICO</b>                       |                                     |                     |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| Qs+Qi+Qc+Qv=                                          | 1060                                | Watts               |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| Flujo energia calorifica =                            | ganancia de calor                   |                     |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| <b>C ESTIMAR TEMP INT</b>                             |                                     |                     |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| <b>C1 INDICE DE TRANSFERENCIA DE CALOR ESPECIFICO</b> |                                     |                     |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| qc (A*U):                                             |                                     |                     |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| LOSA                                                  | 36.41                               | W/m2 °C             |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| MUROS                                                 | 163.62                              | W/m2 °C             |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| VIDRIO                                                | 26.87                               | W/m2 °C             |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| PUERTA                                                | 10.59                               | W/m2 °C             |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| qcTotal(W/m2C)                                        | 237.49                              | W/m2 °C             |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| Qs+Qi+Qv:                                             | 2206.13                             | Watts               |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| Q/Qc                                                  | 9.29                                | Watts               |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| <b>C2 Admitancia (A*Y)</b>                            |                                     |                     |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| LOSA                                                  | 196.50                              | W/m2 °C             |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| MUROS                                                 | 213.25                              | W/m2 °C             |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| VIDRIO                                                | 25.20                               | W/m2 °C             |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| PUERTA                                                | 12.32                               | W/m2 °C             |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| Piso                                                  | 184.11                              | W/m2 °C             |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| qy Tot                                                | 631.39                              | W/m2 °C             |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| Qv/qy+qv Tc                                           | 4.85                                | °C                  |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| Temp interior                                         | 34.05                               | °C                  |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| <b>D VENT. NECESARIA</b>                              |                                     |                     |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| <b>D1 VENTILACIÓN</b>                                 |                                     |                     |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| V=                                                    | 2.04                                | m3/s                |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| <b>D2 NUM CAMBIOS DE AIRE POR HORA</b>                |                                     |                     |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| N=                                                    | 64.04                               | Cambios             |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| <b>D3 AREA DE LA VENTANA:</b>                         |                                     |                     |                   |                      |  |              |  |                                     |  |
| A=                                                    | 1.06                                | m2                  |                   |                      |  |              |  |                                     |  |

Tabla 5.5 Cargas térmicas en techumbre propuesta

### 5.1.3 Hoja de cálculo del balance térmico en losa de concreto

| BALANCE TÉRMICO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                     |                     |                   | Puerto Angel Oaxaca. |       | 21 de Agosto |  | 15.00 Hrs. (Solar), ---hrs. (Civil) |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|---------------------|-------------------|----------------------|-------|--------------|--|-------------------------------------|--|---------------------------|-------------------------------------|---------------------|----------------------------|-------------------|----------|----------------------------|-----------------------|---------------|----------------------------|----------|---------|----------------------------|-----------|------------|----------------------|-------------|---------|----------------------------------------|---------|--------------|---------------------------------------------|-----------|-------|---------------------------------|----------|-----------|-------------------------|------------------|-------|------------|------|--------|------|------------|------|----------|---------|--------|--------|------|------|--|--|--|--|-------|
| A DATOS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                     |                     |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| A1 LOCALIZACIÓN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                     |                     |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| <table border="1"> <tr> <td>Ciudad:</td> <td colspan="3">Puerto Angel Oaxaca</td> </tr> <tr> <td>Estado:</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>Latitud:</td> <td>15° 45'</td> <td>grados</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Longitud:</td> <td>96° 28'</td> <td>grados</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Latitud:</td> <td>15.75</td> <td>decimal</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Longitud:</td> <td>96.48</td> <td>decimal</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Altitud:</td> <td>20</td> <td>manm</td> <td>Agost 8</td> </tr> </table>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                     |                     |                   |                      |       |              |  |                                     |  | Ciudad:                   | Puerto Angel Oaxaca                 |                     |                            | Estado:           |          |                            |                       | Latitud:      | 15° 45'                    | grados   |         | Longitud:                  | 96° 28'   | grados     |                      | Latitud:    | 15.75   | decimal                                |         | Longitud:    | 96.48                                       | decimal   |       | Altitud:                        | 20       | manm      | Agost 8                 |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Ciudad:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Puerto Angel Oaxaca                 |                     |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Estado:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                     |                     |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Latitud:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 15° 45'                             | grados              |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Longitud:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 96° 28'                             | grados              |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Latitud:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 15.75                               | decimal             |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Longitud:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 96.48                               | decimal             |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Altitud:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 20                                  | manm                | Agost 8           |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| A2 CONDICIONES CLIMÁTICAS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                     |                     |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| <table border="1"> <tr> <td>Temperatura media mensual</td> <td>29.3</td> <td>°C</td> </tr> <tr> <td>Temperatura horaria</td> <td>32.8</td> <td>°C</td> </tr> <tr> <td>Temperatura neutra mensual</td> <td>26.7</td> <td>°C</td> </tr> <tr> <td>Límite superior de confort</td> <td>29.2</td> <td>°C</td> </tr> <tr> <td>Límite inferior de confort</td> <td>23.9</td> <td>°C</td> </tr> <tr> <td>Temperatura interior</td> <td>29.2</td> <td>°C</td> </tr> <tr> <td>Velocidad del viento (En observatorio)</td> <td>3.17</td> <td>m/s</td> </tr> <tr> <td>Dirección viento* (incidencia a la ventana)</td> <td>SSW</td> <td>65.5</td> </tr> <tr> <td>Radiación máxima total en 12 hr</td> <td>731</td> <td>W/m2</td> </tr> <tr> <td>Radiación solar horaria</td> <td>496</td> <td>W/m2</td> </tr> </table>                                                                                                                               |                                     |                     |                   |                      |       |              |  |                                     |  | Temperatura media mensual | 29.3                                | °C                  | Temperatura horaria        | 32.8              | °C       | Temperatura neutra mensual | 26.7                  | °C            | Límite superior de confort | 29.2     | °C      | Límite inferior de confort | 23.9      | °C         | Temperatura interior | 29.2        | °C      | Velocidad del viento (En observatorio) | 3.17    | m/s          | Dirección viento* (incidencia a la ventana) | SSW       | 65.5  | Radiación máxima total en 12 hr | 731      | W/m2      | Radiación solar horaria | 496              | W/m2  |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Temperatura media mensual                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 29.3                                | °C                  |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Temperatura horaria                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 32.8                                | °C                  |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Temperatura neutra mensual                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 26.7                                | °C                  |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Límite superior de confort                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 29.2                                | °C                  |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Límite inferior de confort                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 23.9                                | °C                  |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Temperatura interior                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 29.2                                | °C                  |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Velocidad del viento (En observatorio)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 3.17                                | m/s                 |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Dirección viento* (incidencia a la ventana)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | SSW                                 | 65.5                |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Radiación máxima total en 12 hr                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 731                                 | W/m2                |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Radiación solar horaria                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 496                                 | W/m2                |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| A3 DATOS PARA CÁLCULO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                     |                     |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| <table border="1"> <tr> <td>Fecha de diseño</td> <td>21</td> <td>Día</td> </tr> <tr> <td></td> <td>8</td> <td>Mes</td> </tr> <tr> <td>Día número:</td> <td>233</td> <td>del año</td> </tr> <tr> <td>Hora (solar):</td> <td>15.00</td> <td>hrs</td> </tr> <tr> <td>Ángulo horario:</td> <td>-45</td> <td></td> </tr> </table>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                     |                     |                   |                      |       |              |  |                                     |  | Fecha de diseño           | 21                                  | Día                 |                            | 8                 | Mes      | Día número:                | 233                   | del año       | Hora (solar):              | 15.00    | hrs     | Ángulo horario:            | -45       |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Fecha de diseño                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 21                                  | Día                 |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 8                                   | Mes                 |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Día número:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 233                                 | del año             |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Hora (solar):                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 15.00                               | hrs                 |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Ángulo horario:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | -45                                 |                     |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| A4 DATOS DEL LOCAL                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                     |                     |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| <table border="1"> <tr> <td>Largo (Fachada N &amp; S)</td> <td>5.15</td> <td>m</td> </tr> <tr> <td>Ancho (Fachada E &amp; O)</td> <td>7.15</td> <td>m</td> </tr> <tr> <td>Alto (promedio)</td> <td>3.12</td> <td>m</td> </tr> <tr> <td>Área</td> <td>36.8</td> <td>m2</td> </tr> <tr> <td>Volumen</td> <td>114.9</td> <td>m3</td> </tr> </table>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                     |                     |                   |                      |       |              |  |                                     |  | Largo (Fachada N & S)     | 5.15                                | m                   | Ancho (Fachada E & O)      | 7.15              | m        | Alto (promedio)            | 3.12                  | m             | Área                       | 36.8     | m2      | Volumen                    | 114.9     | m3         |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Largo (Fachada N & S)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 5.15                                | m                   |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Ancho (Fachada E & O)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 7.15                                | m                   |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Alto (promedio)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 3.12                                | m                   |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Área                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 36.8                                | m2                  |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Volumen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 114.9                               | m3                  |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| A5 DIMENSIONES DE LOS ELEMENTOS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                     |                     |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| <table border="1"> <tr> <th>Elementos</th> <th>Área (m2)</th> <th>Área en sombra (m2)</th> <th>Área con sol (m2)</th> <th>Total (m2)</th> </tr> <tr> <td>Losa (N)</td> <td>19.73</td> <td>0.00</td> <td>19.73</td> <td rowspan="10">38.53</td> </tr> <tr> <td>Losa (S)</td> <td>18.80</td> <td>0.00</td> <td>18.80</td> </tr> <tr> <td>Muro Norte</td> <td>14.88</td> <td>14.88</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>Muro Oeste</td> <td>16.07</td> <td>2.12</td> <td>13.95</td> </tr> <tr> <td>Muro Sur</td> <td>17.61</td> <td>17.61</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>Muro Este</td> <td>16.07</td> <td>16.07</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>Ventana(N)</td> <td>3.00</td> <td>3.00</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>Ventana(S)</td> <td>1.50</td> <td>1.50</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>Puerta</td> <td>2.20</td> <td>2.20</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>64.62</td> </tr> </table> |                                     |                     |                   |                      |       |              |  |                                     |  | Elementos                 | Área (m2)                           | Área en sombra (m2) | Área con sol (m2)          | Total (m2)        | Losa (N) | 19.73                      | 0.00                  | 19.73         | 38.53                      | Losa (S) | 18.80   | 0.00                       | 18.80     | Muro Norte | 14.88                | 14.88       | 0.00    | Muro Oeste                             | 16.07   | 2.12         | 13.95                                       | Muro Sur  | 17.61 | 17.61                           | 0.00     | Muro Este | 16.07                   | 16.07            | 0.00  | Ventana(N) | 3.00 | 3.00   | 0.00 | Ventana(S) | 1.50 | 1.50     | 0.00    | Puerta | 2.20   | 2.20 | 0.00 |  |  |  |  | 64.62 |
| Elementos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Área (m2)                           | Área en sombra (m2) | Área con sol (m2) | Total (m2)           |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Losa (N)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 19.73                               | 0.00                | 19.73             | 38.53                |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Losa (S)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 18.80                               | 0.00                | 18.80             |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Muro Norte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 14.88                               | 14.88               | 0.00              |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Muro Oeste                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 16.07                               | 2.12                | 13.95             |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Muro Sur                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 17.61                               | 17.61               | 0.00              |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Muro Este                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 16.07                               | 16.07               | 0.00              |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Ventana(N)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 3.00                                | 3.00                | 0.00              |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Ventana(S)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 1.50                                | 1.50                | 0.00              |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Puerta                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 2.20                                | 2.20                | 0.00              |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                     |                     |                   |                      | 64.62 |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| A6 Fuentes internas de calor                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                     |                     |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| <table border="1"> <tr> <th>Fuentes de calor</th> <th>cantidad</th> <th>Calor (W)</th> </tr> <tr> <td>Personas</td> <td>5</td> <td>102</td> </tr> <tr> <td>Lámparas</td> <td>4</td> <td>75</td> </tr> <tr> <td>T.V.</td> <td>1</td> <td>250</td> </tr> </table>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                     |                     |                   |                      |       |              |  |                                     |  | Fuentes de calor          | cantidad                            | Calor (W)           | Personas                   | 5                 | 102      | Lámparas                   | 4                     | 75            | T.V.                       | 1        | 250     |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Fuentes de calor                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | cantidad                            | Calor (W)           |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Personas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 5                                   | 102                 |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Lámparas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 4                                   | 75                  |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| T.V.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 1                                   | 250                 |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| B1 GANANCIA SOLAR (Qs)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                     |                     |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| B1.1 ANGULOS SOLARES                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                     |                     |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| <table border="1"> <tr> <td>Declinación:</td> <td>11.75</td> </tr> <tr> <td>Senó altura solar</td> <td>0.72</td> </tr> <tr> <td>Atura solar</td> <td>46.19</td> </tr> <tr> <td>Senó del Acimut</td> <td>-0.01</td> </tr> <tr> <td>Acimut (S-O)</td> <td>90.67</td> </tr> <tr> <td>Orto</td> <td>86.64</td> <td>5.00</td> </tr> <tr> <td>(decimal)</td> <td>5.78</td> <td>0.78</td> </tr> <tr> <td>(grados)</td> <td>5.47</td> <td>0.47</td> </tr> <tr> <td>Ocaso</td> <td>93.36</td> <td>18.00</td> </tr> <tr> <td>(decimal)</td> <td>18.22</td> <td>0.22</td> </tr> <tr> <td>(grados)</td> <td>18.13</td> <td>0.13</td> </tr> <tr> <td>Duración del día</td> <td>12.44</td> <td>hrs.</td> </tr> </table>                                                                                                                                                                                                                                |                                     |                     |                   |                      |       |              |  |                                     |  | Declinación:              | 11.75                               | Senó altura solar   | 0.72                       | Atura solar       | 46.19    | Senó del Acimut            | -0.01                 | Acimut (S-O)  | 90.67                      | Orto     | 86.64   | 5.00                       | (decimal) | 5.78       | 0.78                 | (grados)    | 5.47    | 0.47                                   | Ocaso   | 93.36        | 18.00                                       | (decimal) | 18.22 | 0.22                            | (grados) | 18.13     | 0.13                    | Duración del día | 12.44 | hrs.       |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Declinación:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 11.75                               |                     |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Senó altura solar                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 0.72                                |                     |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Atura solar                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 46.19                               |                     |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Senó del Acimut                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | -0.01                               |                     |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Acimut (S-O)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 90.67                               |                     |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Orto                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 86.64                               | 5.00                |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| (decimal)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 5.78                                | 0.78                |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| (grados)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 5.47                                | 0.47                |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Ocaso                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 93.36                               | 18.00               |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| (decimal)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 18.22                               | 0.22                |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| (grados)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 18.13                               | 0.13                |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Duración del día                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 12.44                               | hrs.                |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| B1.2 ANGULOS DE INCI *                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                     |                     |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| <table border="1"> <tr> <th>P. Superf. Vertical</th> <th>Coseno</th> <th>Ángulo</th> </tr> <tr> <td>Fachada NORTE</td> <td>0.01</td> <td>89.53</td> </tr> <tr> <td>Fachada OESTE</td> <td>0.69</td> <td>46.19</td> </tr> <tr> <td>Fachada SUR</td> <td>0.00</td> <td>90.00</td> </tr> <tr> <td>Fachada ESTE</td> <td>0.00</td> <td>90.00</td> </tr> <tr> <td>P. superf. inclinada</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Losa (Norte)</td> <td>0.68</td> <td>47.42</td> </tr> <tr> <td>Losa (Sur)</td> <td>0.71</td> <td>45.03</td> </tr> </table>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                     |                     |                   |                      |       |              |  |                                     |  | P. Superf. Vertical       | Coseno                              | Ángulo              | Fachada NORTE              | 0.01              | 89.53    | Fachada OESTE              | 0.69                  | 46.19         | Fachada SUR                | 0.00     | 90.00   | Fachada ESTE               | 0.00      | 90.00      | P. superf. inclinada |             |         | Losa (Norte)                           | 0.68    | 47.42        | Losa (Sur)                                  | 0.71      | 45.03 |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| P. Superf. Vertical                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Coseno                              | Ángulo              |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Fachada NORTE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 0.01                                | 89.53               |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Fachada OESTE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 0.69                                | 46.19               |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Fachada SUR                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 0.00                                | 90.00               |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Fachada ESTE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 0.00                                | 90.00               |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| P. superf. inclinada                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                     |                     |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Losa (Norte)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 0.68                                | 47.42               |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Losa (Sur)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 0.71                                | 45.03               |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| B1.3 ENERGÍA SOLAR INCIDENTE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                     |                     |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| <table border="1"> <tr> <td>Losa (Norte)</td> <td>302.31</td> <td>W/m2</td> </tr> <tr> <td>Losa (Sur)</td> <td>315.80</td> <td>W/m2</td> </tr> <tr> <td>Muro Norte</td> <td>3.64</td> <td>W/m2</td> </tr> <tr> <td>Muro Oeste</td> <td>309.32</td> <td>W/m2</td> </tr> <tr> <td>Muro Sur</td> <td>0.00</td> <td>W/m2</td> </tr> <tr> <td>Muro Este</td> <td>0.00</td> <td>W/m2</td> </tr> <tr> <td>Ventana (N)</td> <td>3.64</td> <td>W/m2</td> </tr> <tr> <td>Ventana (S)</td> <td>0.00</td> <td>W/m2</td> </tr> <tr> <td>Puerta: (S)</td> <td>0.00</td> <td>W/m2</td> </tr> </table>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                     |                     |                   |                      |       |              |  |                                     |  | Losa (Norte)              | 302.31                              | W/m2                | Losa (Sur)                 | 315.80            | W/m2     | Muro Norte                 | 3.64                  | W/m2          | Muro Oeste                 | 309.32   | W/m2    | Muro Sur                   | 0.00      | W/m2       | Muro Este            | 0.00        | W/m2    | Ventana (N)                            | 3.64    | W/m2         | Ventana (S)                                 | 0.00      | W/m2  | Puerta: (S)                     | 0.00     | W/m2      |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Losa (Norte)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 302.31                              | W/m2                |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Losa (Sur)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 315.80                              | W/m2                |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Muro Norte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 3.64                                | W/m2                |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Muro Oeste                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 309.32                              | W/m2                |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Muro Sur                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 0.00                                | W/m2                |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Muro Este                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 0.00                                | W/m2                |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Ventana (N)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 3.64                                | W/m2                |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Ventana (S)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 0.00                                | W/m2                |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Puerta: (S)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 0.00                                | W/m2                |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| B1.4 GANANCIA SOLAR POR ELEMENTOS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                     |                     |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| <table border="1"> <tr> <td>Qs losa (N)</td> <td>594.99</td> <td>Watts</td> <td>41.8%</td> </tr> <tr> <td>Qs losa (S)</td> <td>691.78</td> <td>Watts</td> <td>41.7%</td> </tr> <tr> <td>Qs muro norte</td> <td>0.00</td> <td>Watts</td> <td>0.0%</td> </tr> <tr> <td>Qs muro oeste</td> <td>273.97</td> <td>Watts</td> <td>16.5%</td> </tr> <tr> <td>Qs muro sur</td> <td>0.00</td> <td>Watts</td> <td>0.0%</td> </tr> <tr> <td>Qs muro este</td> <td>0.00</td> <td>Watts</td> <td>0.0%</td> </tr> <tr> <td>Ventana (N)</td> <td>0.00</td> <td>Watts</td> <td>0.0%</td> </tr> <tr> <td>Ventana (S)</td> <td>0.00</td> <td>Watts</td> <td>0.0%</td> </tr> <tr> <td>Puerta</td> <td>0.00</td> <td>Watts</td> <td>0.0%</td> </tr> <tr> <td>Qs TOTAL</td> <td>1860.75</td> <td>Watts</td> <td>100.0%</td> </tr> </table>                                                                                                                     |                                     |                     |                   |                      |       |              |  |                                     |  | Qs losa (N)               | 594.99                              | Watts               | 41.8%                      | Qs losa (S)       | 691.78   | Watts                      | 41.7%                 | Qs muro norte | 0.00                       | Watts    | 0.0%    | Qs muro oeste              | 273.97    | Watts      | 16.5%                | Qs muro sur | 0.00    | Watts                                  | 0.0%    | Qs muro este | 0.00                                        | Watts     | 0.0%  | Ventana (N)                     | 0.00     | Watts     | 0.0%                    | Ventana (S)      | 0.00  | Watts      | 0.0% | Puerta | 0.00 | Watts      | 0.0% | Qs TOTAL | 1860.75 | Watts  | 100.0% |      |      |  |  |  |  |       |
| Qs losa (N)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 594.99                              | Watts               | 41.8%             |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Qs losa (S)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 691.78                              | Watts               | 41.7%             |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Qs muro norte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 0.00                                | Watts               | 0.0%              |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Qs muro oeste                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 273.97                              | Watts               | 16.5%             |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Qs muro sur                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 0.00                                | Watts               | 0.0%              |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Qs muro este                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 0.00                                | Watts               | 0.0%              |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Ventana (N)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 0.00                                | Watts               | 0.0%              |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Ventana (S)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 0.00                                | Watts               | 0.0%              |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Puerta                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 0.00                                | Watts               | 0.0%              |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Qs TOTAL                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 1860.75                             | Watts               | 100.0%            |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| B2 GANANCIAS INTERNAS (Qi)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                     |                     |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| <table border="1"> <tr> <td>Personas</td> <td>510</td> <td>Watts</td> </tr> <tr> <td>Focos</td> <td>300</td> <td>Watts</td> </tr> <tr> <td>T.V.</td> <td>250</td> <td>Watts</td> </tr> <tr> <td>Qi Total</td> <td>1060</td> <td>Watts</td> </tr> </table>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                     |                     |                   |                      |       |              |  |                                     |  | Personas                  | 510                                 | Watts               | Focos                      | 300               | Watts    | T.V.                       | 250                   | Watts         | Qi Total                   | 1060     | Watts   |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Personas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 510                                 | Watts               |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Focos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 300                                 | Watts               |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| T.V.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 250                                 | Watts               |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Qi Total                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 1060                                | Watts               |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| B3 GANANCIAS O PERDIDAS POR CONDUCCION (Qc)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                     |                     |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| <table border="1"> <tr> <td>Losa</td> <td>350.18</td> <td>Watts</td> <td>32.6%</td> </tr> <tr> <td>Muros</td> <td>569.03</td> <td>Watts</td> <td>54.8%</td> </tr> <tr> <td>Vidrio</td> <td>96.72</td> <td>Watts</td> <td>9.0%</td> </tr> <tr> <td>Puerta</td> <td>38.14</td> <td>Watts</td> <td>3.6%</td> </tr> <tr> <td>Qc Tot</td> <td>1054.07</td> <td>Watts</td> <td>100.0%</td> </tr> </table>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                     |                     |                   |                      |       |              |  |                                     |  | Losa                      | 350.18                              | Watts               | 32.6%                      | Muros             | 569.03   | Watts                      | 54.8%                 | Vidrio        | 96.72                      | Watts    | 9.0%    | Puerta                     | 38.14     | Watts      | 3.6%                 | Qc Tot      | 1054.07 | Watts                                  | 100.0%  |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Losa                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 350.18                              | Watts               | 32.6%             |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Muros                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 569.03                              | Watts               | 54.8%             |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Vidrio                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 96.72                               | Watts               | 9.0%              |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Puerta                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 38.14                               | Watts               | 3.6%              |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Qc Tot                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 1054.07                             | Watts               | 100.0%            |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| B4 GANANCIAS O PERDIDAS POR INFILTRACION (Qv)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                     |                     |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| <table border="1"> <tr> <td>21 ml</td> <td>Supuesta área total de infiltración</td> <td>0.063</td> <td>m2</td> </tr> <tr> <td>Presión (Pa) Pw=</td> <td>6.15</td> <td>Pascales</td> </tr> <tr> <td>Diferencia de Presión</td> <td>2.45997</td> <td></td> </tr> <tr> <td>V=</td> <td>0.08</td> <td>m3/s</td> </tr> <tr> <td>Qv TOTAL</td> <td>353.02</td> <td>Watts</td> </tr> </table>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                     |                     |                   |                      |       |              |  |                                     |  | 21 ml                     | Supuesta área total de infiltración | 0.063               | m2                         | Presión (Pa) Pw=  | 6.15     | Pascales                   | Diferencia de Presión | 2.45997       |                            | V=       | 0.08    | m3/s                       | Qv TOTAL  | 353.02     | Watts                |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| 21 ml                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Supuesta área total de infiltración | 0.063               | m2                |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Presión (Pa) Pw=                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 6.15                                | Pascales            |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Diferencia de Presión                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 2.45997                             |                     |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| V=                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 0.08                                | m3/s                |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Qv TOTAL                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 353.02                              | Watts               |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| RESUMEN BALANCE TÉRMICO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                     |                     |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| <table border="1"> <tr> <td>Qs+Qi-Qc+Qv=</td> <td>4147.63</td> <td>Watts</td> </tr> <tr> <td>Flujo energía calorífica =</td> <td colspan="2">ganancia de calor</td> </tr> </table>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                     |                     |                   |                      |       |              |  |                                     |  | Qs+Qi-Qc+Qv=              | 4147.63                             | Watts               | Flujo energía calorífica = | ganancia de calor |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Qs+Qi-Qc+Qv=                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 4147.63                             | Watts               |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Flujo energía calorífica =                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | ganancia de calor                   |                     |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| C ESTIMAR TEMP INT                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                     |                     |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| C1 INDICE DE TRANSFERENCIA DE CALOR ESPECÍFICO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                     |                     |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| <table border="1"> <tr> <th>qc (A*U)</th> <th></th> <th></th> </tr> <tr> <td>LOSA</td> <td>97.27</td> <td>W/m2 °C</td> </tr> <tr> <td>MUROS</td> <td>163.62</td> <td>W/m2 °C</td> </tr> <tr> <td>VIDRIO</td> <td>26.87</td> <td>W/m2 °C</td> </tr> <tr> <td>PUERTA</td> <td>10.56</td> <td>W/m2 °C</td> </tr> <tr> <td>qcTotal(W/m2C)</td> <td>298.35</td> <td>W/m2 °C</td> </tr> <tr> <td>Qs+Qi+Qv</td> <td>3073.76</td> <td>Watts</td> </tr> <tr> <td>Q/qc</td> <td>10.30</td> <td>Watts</td> </tr> </table>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                     |                     |                   |                      |       |              |  |                                     |  | qc (A*U)                  |                                     |                     | LOSA                       | 97.27             | W/m2 °C  | MUROS                      | 163.62                | W/m2 °C       | VIDRIO                     | 26.87    | W/m2 °C | PUERTA                     | 10.56     | W/m2 °C    | qcTotal(W/m2C)       | 298.35      | W/m2 °C | Qs+Qi+Qv                               | 3073.76 | Watts        | Q/qc                                        | 10.30     | Watts |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| qc (A*U)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                     |                     |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| LOSA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 97.27                               | W/m2 °C             |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| MUROS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 163.62                              | W/m2 °C             |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| VIDRIO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 26.87                               | W/m2 °C             |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| PUERTA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 10.56                               | W/m2 °C             |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| qcTotal(W/m2C)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 298.35                              | W/m2 °C             |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Qs+Qi+Qv                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 3073.76                             | Watts               |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Q/qc                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 10.30                               | Watts               |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| C2 Admitancia (A*Y)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                     |                     |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| <table border="1"> <tr> <td>LOSA</td> <td>196.50</td> <td>W/m2 °C</td> </tr> <tr> <td>MUROS</td> <td>213.25</td> <td>W/m2 °C</td> </tr> <tr> <td>VIDRIO</td> <td>25.20</td> <td>W/m2 °C</td> </tr> <tr> <td>PUERTA</td> <td>12.32</td> <td>W/m2 °C</td> </tr> <tr> <td>PISO</td> <td>184.11</td> <td>W/m2 °C</td> </tr> <tr> <td>qy Tot</td> <td>631.39</td> <td>W/m2 °C</td> </tr> <tr> <td>Qvay+qv Tc</td> <td>6.57</td> <td>°C</td> </tr> <tr> <td>Temp interior</td> <td>35.77</td> <td>°C</td> </tr> </table>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                     |                     |                   |                      |       |              |  |                                     |  | LOSA                      | 196.50                              | W/m2 °C             | MUROS                      | 213.25            | W/m2 °C  | VIDRIO                     | 25.20                 | W/m2 °C       | PUERTA                     | 12.32    | W/m2 °C | PISO                       | 184.11    | W/m2 °C    | qy Tot               | 631.39      | W/m2 °C | Qvay+qv Tc                             | 6.57    | °C           | Temp interior                               | 35.77     | °C    |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| LOSA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 196.50                              | W/m2 °C             |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| MUROS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 213.25                              | W/m2 °C             |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| VIDRIO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 25.20                               | W/m2 °C             |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| PUERTA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 12.32                               | W/m2 °C             |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| PISO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 184.11                              | W/m2 °C             |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| qy Tot                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 631.39                              | W/m2 °C             |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Qvay+qv Tc                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 6.57                                | °C                  |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| Temp interior                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 35.77                               | °C                  |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| D VENT. NECESARIA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                     |                     |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| D1 VENTILACIÓN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                     |                     |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| <table border="1"> <tr> <td>V=</td> <td>1.16</td> <td>m3/s</td> </tr> </table>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                     |                     |                   |                      |       |              |  |                                     |  | V=                        | 1.16                                | m3/s                |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| V=                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 1.16                                | m3/s                |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| D2 NUM CAMBIOS DE AIRE POR HORA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                     |                     |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| <table border="1"> <tr> <td>N=</td> <td>36.48</td> <td>Cambios</td> </tr> </table>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                     |                     |                   |                      |       |              |  |                                     |  | N=                        | 36.48                               | Cambios             |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| N=                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 36.48                               | Cambios             |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| D3 AREA DE LA VENTANA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                     |                     |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| <table border="1"> <tr> <td>A=</td> <td>0.62</td> <td>m2</td> </tr> </table>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                     |                     |                   |                      |       |              |  |                                     |  | A=                        | 0.62                                | m2                  |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |
| A=                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 0.62                                | m2                  |                   |                      |       |              |  |                                     |  |                           |                                     |                     |                            |                   |          |                            |                       |               |                            |          |         |                            |           |            |                      |             |         |                                        |         |              |                                             |           |       |                                 |          |           |                         |                  |       |            |      |        |      |            |      |          |         |        |        |      |      |  |  |  |  |       |

Tabla 5.6 Cargas térmicas en losa de concreto.

De acuerdo con los balances térmicos realizados para la vivienda estudiada presentados en las tablas 5.5 y 5.6, determinados para el día 21 de agosto para las 16:00 hrs., en la Figura 5.8 se aprecia que la suma de ganancia solar donde se considera solo la techumbre propuesta fue de 519.4 W, mientras que la suma de ganancia solar en la losa de concreto fue de 1386.77W lo cual indica que la losa de concreto tiene un 166% más de radiación solar respecto a la techumbre propuesta, así también se tiene el aporte del muro de tabique del lado oeste, donde se considera el mismo material para ambos casos, de tal manera que el aporte térmico es similar en ambos casos siendo este de 273.97 W

Cabe mencionar que el aporte del muro en esta sección no será considerado ya que únicamente se está analizando el aporte de la techumbre para ambos balances térmicos.

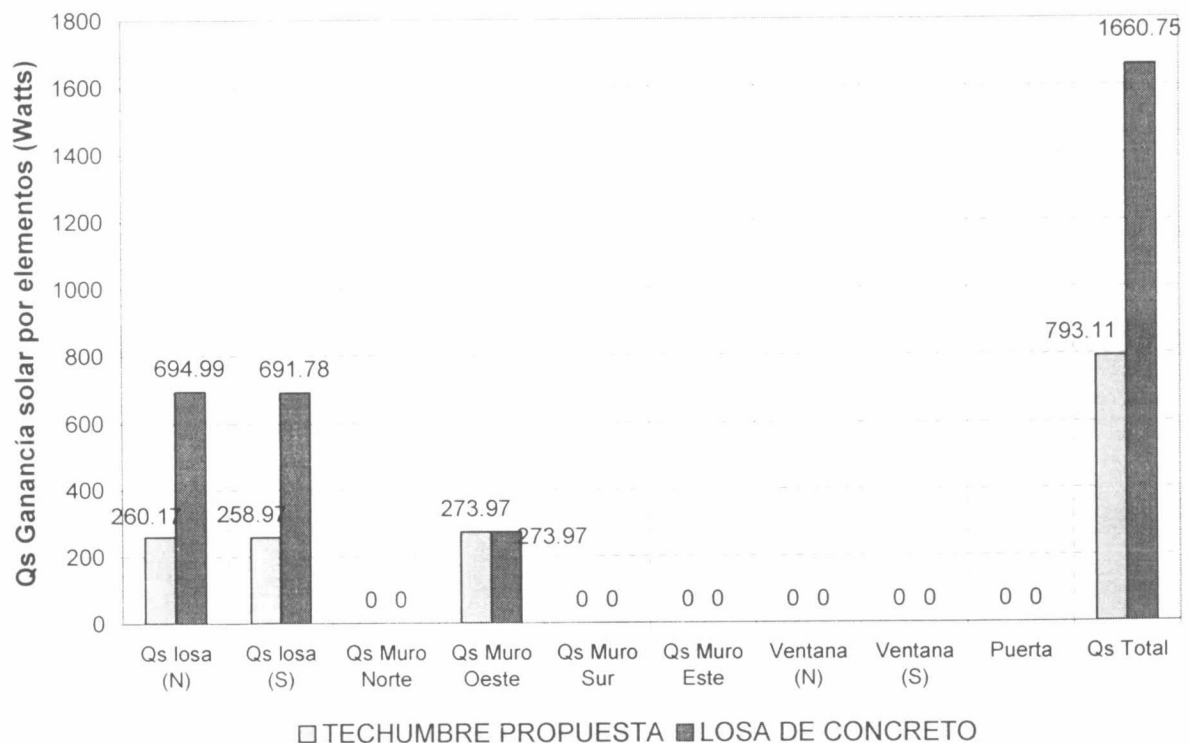


Figura 5.8 Ganancias solares (qs) con techumbre propuesta y losa de concreto

En la Figura 5.9 se aprecia que las ganancias por conducción en la techumbre propuesta son de 131.09 W, mientras que las ganancias por conducción en la losa de concreto son de 350.18 W, lo cual indica que la losa de concreto tiene un 167.12% más de ganancias por conducción.

Por otra parte se muestra en la misma figura los aportes de los vidrios, ventanas y la puerta que es similar para ambos casos.

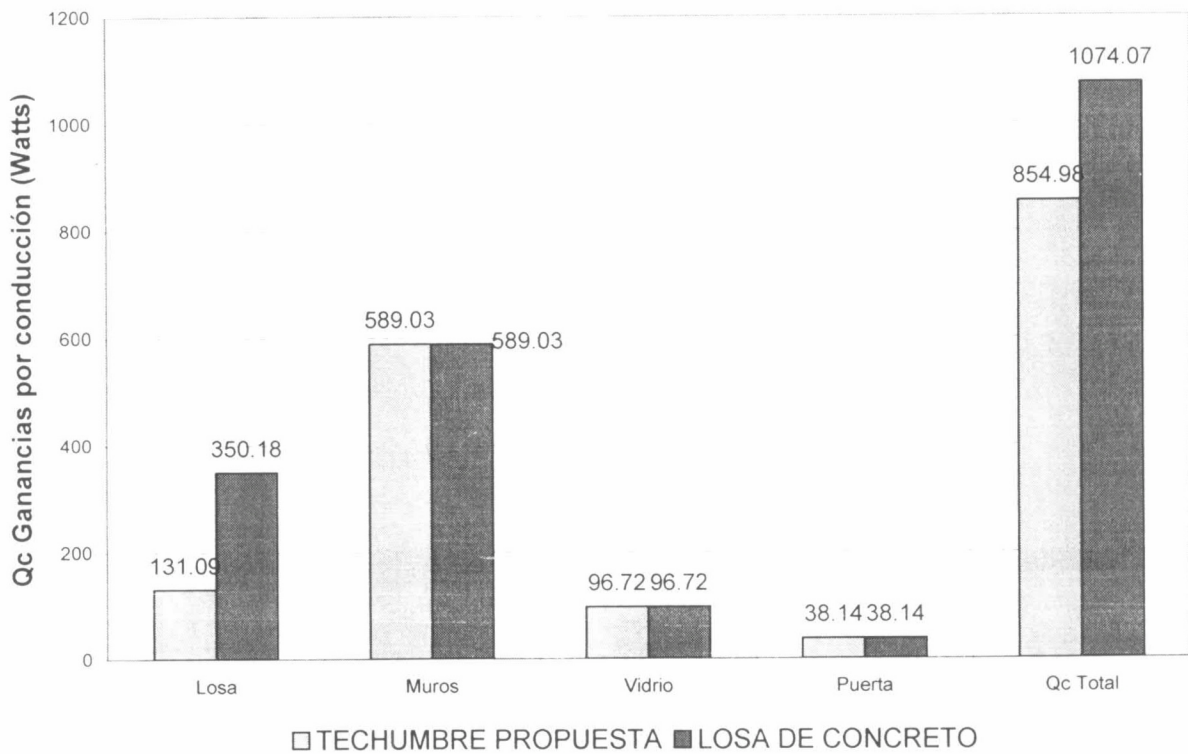


Figura 5.9 Ganancias por conducción en techumbre propuesta y losa de concreto

#### **5.1.4 Resumen total del balance térmico para la techumbre propuesta**

Finalmente se realizó el resumen total del balance térmico para la techumbre propuesta.

Cabe mencionar que en el presente resumen son tomados en cuenta el total de ganancias solar no sólo de la techumbre si no de todos los elementos que presenten ganancias, de esta manera se obtuvo un total de ganancia solar de 793.11 Watts. , así también son considerados la suma de las ganancias internas como son las personas y aparatos mecánicos con un total de 1060 Watts, por otra parte se tienen las ganancias o pérdidas por conducción como en todos los casos de todos los elementos que integran a la vivienda con un total de ganancias por conducción de 854.98 Watts, finalmente tenemos la suma de las ganancias o pérdidas por infiltración con un total de 353 Watts.

De esta manera el resumen del balance térmico para la techumbre propuesta fue el siguiente:

$$Q_s + Q_i \pm Q_c \pm Q_v = 3061.10 \text{ Watts}$$

#### **5.1.5 Resumen total del balance térmico para la losa de concreto**

Así también se llevó a cabo el resumen del balance térmico para la losa de concreto, de esta manera, se obtuvo un total de ganancia solar de 1660.75 Watts, por otra parte respecto a las ganancias internas se tiene un total de 1060 Watts, en cuanto a las ganancias por conducción se tiene un total 1074.07 Watts y finalmente se tiene la suma de las ganancias por infiltración con un total de 353.03 Watts.

De esta manera el resumen del balance térmico para la losa de concreto fue el siguiente:

$$Q_s + Q_i \pm Q_c \pm Q_v = 4147.83 \text{ Watts}$$

### 5.1.6 Comparación del resumen de balance térmico en techumbre propuesta respecto a una losa de concreto

Se llevo a cabo la comparación del resumen del balance térmico realizado en la hoja de cálculo (Tabla 5.6 y 5.7) en la propuesta de techumbre y una losa de concreto, así mismo, se muestra en la figura 5.10 que el resumen del balance térmico de la techumbre propuesta fue de 3061.1 Watts, mientras que el resumen del balance térmico de la losa de concreto fue de 4147.83 Watts.

De esta manera se deduce que el incremento de la losa de concreto fue del 35% respecto a la techumbre propuesta.

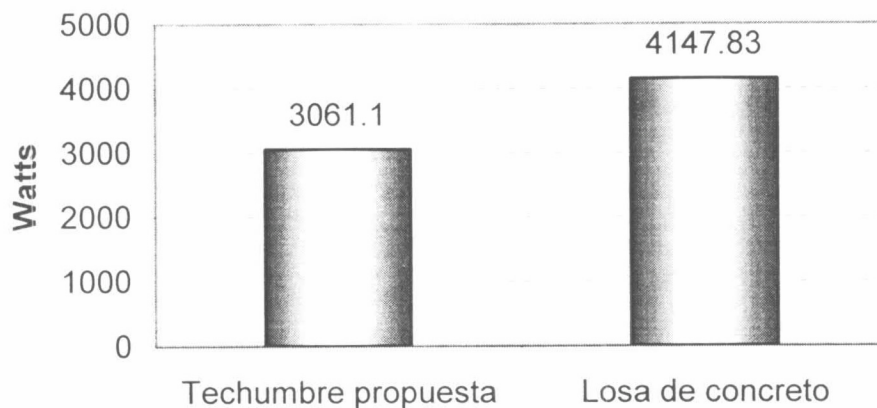


Figura 5.10 Resumen de balance térmico en techumbre propuesta y losa de concreto.

## **CAPITULO 6. SISTEMA CONSTRUCTIVO Y COSTOS**

En el presente capítulo se establece la metodología de construcción del componente constructivo (techumbre), considerada como una parte fundamental de la propuesta ya que de su definición dependerá la buena ejecución de las actividades al momento de su aplicación en la obra. Por otra parte, se presentan los costos de la techumbre con base a un análisis de los conceptos que participan en ella.

### **6.1.1 Diseño del método constructivo**

En cualquier caso, el sistema constructivo utilizado por una comunidad refleja parte de su personalidad puesto que al construir se pretende transformar el medio natural en un medio artificial adoptado a las necesidades del hombre y el proceso de transformación revela las necesidades a cuya solución conduce.

El diseño de la metodología de construcción del proyecto involucra aspectos fundamentales para llevar a cabo una buena ejecución de la obra, con un proceso bien definido ya que representará la guía de ejecución para el constructor y sobre todo en sistemas constructivos diferentes a la construcción tradicional, en donde se debe tener muy en cuenta que la descripción del proceso debe de ser lo más clara posible apoyándose en dibujos, detalles, especificaciones, que faciliten la etapa de construcción de la techumbre.

El sistema constructivo empleando un componente compuesto de materiales vegetales e industrializados se ha concebido de la forma más elemental, se ha tratado de mantener la concepción artesanal o semiartesanal de su producción para hacer posible su elaboración y empleo por mano de obra no especializada y un mínimo indispensable de control de tipo técnico, lo que no excluye que pueda producirse mediante formas más industrializadas, que indudablemente redundarán en la rapidez, calidad y eficiencia de su producción.

Son varios los sistemas constructivos usando el ferrocemento, al seleccionarse este como el material base (placas prefabricadas) el cual absorberá los esfuerzos de las cargas que actúen en la techumbre. El primer método consiste en utilizar moldes que pueden ser de madera, concreto, fibra de vidrio u otro material adecuado, sobre los

cuales se coloca el armado con las mallas y el esqueleto que las mantiene firmes y estiradas. La fabricación del elemento se hace escamando el mortero, ya sea con cuchara o a mano, presionando de tal forma que el mortero atraviese las capas de malla y proporcione el recubrimiento al lado contrario de la colocación, esto puede resultar complicado por lo que se puede proceder a colocar el mortero en capas alternadas de mortero y armado. En este método se pueden usar vibradores acondicionados.

Otra forma de fabricar elementos de ferrocemento es en sitio, sin utilizar cimbra, se coloca primero el esqueleto dando la forma deseada, usando alambrones, mallas y/o varillas de poco diámetro, con las que se forma una cuadrícula con separaciones variadas; sobre esta base se colocan las mallas en ambos lados del esqueleto. El escamado lo pueden hacer dos personas, un escamado por la parte superior y otra con una pequeña tabla, impide que el mortero caiga, dejando unos milímetros de recubrimiento del armado, se espera unas tres horas para que el mortero endurezca. Posteriormente un operario con habilidad escama el mortero por la parte inferior y unas tres horas después lo termina por la parte superior.

Los materiales que en sí le dan la característica bioclimática a la techumbre como la madera, la fibra de coco y la palma son materiales que cumplen una función de aislante a las placas de ferrocemento. Las actividades para su colocación requieren de personal poco especializado, al no necesitarse un proceso específico para su colocación.

### **Materiales a emplear**

Se plantea el uso del ferrocemento como principal material del componente bioclimático, debido a que los insumos para su fabricación son fáciles de adquirir en el mercado y todos son de producción nacional, así como la nobleza del material desde el punto de vista de resistencia, manejabilidad y durabilidad.

La matriz usada en ferrocemento está compuesta principalmente de un mortero hecho con cemento Pórtland, agua y agregados. Normalmente los agregados consisten en arena bien graduada que pase la malla ASTM No 8 (2.36 mm).



## **Cemento**

El cemento deberá de cumplir con las normas ASTM C-150 y ASTM C-595 o las normas equivalentes. El cemento deberá estar fresco, de consistencia uniforme y libre de grumos y sustancias extrañas. Se deberá almacenar en un sitio seco por un tiempo tan corto como sea posible.

## **Agregados**

Agregado es el término dado al material inerte dentro de la pasta de cemento, el cual ocupa del 70 al 80% del volumen del mortero. Por lo tanto, estos agregados deberán ser fuertes, impermeables y capaces de producir una mezcla suficientemente moldeable con una relación agua/cemento mínima para lograr una buena penetración en la malla.

## **Agua**

La calidad del agua para mezclar el mortero es muy importante para el ferrocemento endurecido. Las impurezas del agua pueden interferir en el fraguado del cemento y afectar el mismo además de afectar adversamente la resistencia.

En ningún caso deberá usarse agua de mar para mezclar el mortero, ya que aumentará el riesgo de corrosión de la malla y del refuerzo. Por lo general el agua de los servicios públicos está considerada como satisfactoria y no requiere de ningún tratamiento adicional.

## **Proporción de la mezcla**

Los rangos de las proporciones para la mezcla recomendados para las aplicaciones comunes del ferrocemento son: relación arena/cemento en peso 1.5 a 2.5 y una relación agua/cemento en peso que varía de 0.35 a 0.5. El contenido de humedad de los agregados debe considerarse en el cálculo del agua requerida. Las cantidades de materiales deberán ser determinadas de preferencia por peso, pero debido a las ventajas que presenta en la obra se podrán utilizar relaciones volumétricas, que

aunque son menos precisas, si se tiene una adecuada supervisión de los trabajos proporciona resultados satisfactorios.

La mezcla deberá ser tan rígida como sea posible, siempre que no impida una completa penetración en las malla. Para la mayoría de las aplicaciones la resistencia a la compresión a los 28 días en cilindros de 7.5 por 15 cm no deberá ser menor que 350 kg/cm<sup>2</sup>, aunque se han utilizado con buenos resultados resistencias de 250 kg/cm<sup>2</sup>.

## **Refuerzo**

El comportamiento del ferrocemento depende en gran parte del tipo, cantidad, orientación y resistencia del acero de refuerzo. La malla de gallinero es la más usada en este material. También son utilizados el metal desplegado, malla electrosoldada, alambón, varilla corrugada y fibras; pero lo más importante es que la mayoría de mallas empleadas son económicas, fáciles de manejar y lo suficientemente flexibles para ser dobladas según como se requiera.

Debido a la experiencia que se ha tenido con el uso de mallas como refuerzo de las estructuras, así como a su disponibilidad en el mercado y un punto importante la economía, se utilizarán en la construcción del prototipo de techumbre como refuerzo las siguientes mallas:

### **Malla electrosoldada**

Está formada por alambres de acero de alta resistencia dispuestos de manera que forman cuadros o rectángulos soldados entre sí en las intersecciones. Además de reforzar, también permite sujetar a ella las mallas hexagonal y/o metal desplegado, tensándolas para evitar que con el peso del mortero fresco se deformen, por lo que en este caso se usará como mínimo la malla del calibre 6x6-10/10 con un  $f_y=5000$  kg/cm<sup>2</sup>.

### **Metal desplegado**

Es otra malla que se usa en la construcción con ferrocemento. El metal desplegado por su peso no es tan resistente como la malla entretejida (de gallinero) pero en cuanto a la relación que existe entre el costo y la resistencia, el metal

desplegado tiene mayor ventaja. Se puede decir que el uso de esta malla es desde el punto de vista de facilitar la construcción de muros y cubiertas, al retener mayormente el mortero debido a lo cerrado de la abertura en forma de rombo que tiene. Por lo anterior se empleara en la obra el metal desplegado del tipo falso plafón de 600 g/m<sup>2</sup> con dimensiones del rombo de 10x20 mm.

### **Varilla corrugada**

Este refuerzo es empleado en combinación con las mallas de alambre en las construcciones de ferrocemento o en nervaduras de elementos con sección "T", "U", "V" etc. Se utilizará como acero en la fabricación de las estructuras de apoyo de las placas de ferrocemento, o bien usando varillas de refuerzo del tipo armex.

### **Mano de Obra**

Los trabajadores de la Industria de la construcción son un elemento que influye en gran medida en cualquier parte de un proyecto. Ellos son los que operan los equipos, fabrican e instalan los materiales, etc.; es decir, ellos son los que hacen una realidad física en el proyecto que se encuentran plasmado en los planos de construcción.

En algunas especialidades de la industria de la construcción la mano de obra representa un porcentaje considerable del costo total de la obra, situación que se puede considerar benéfica para las condiciones socio-económicas que prevalecen actualmente en nuestro país y específicamente en zonas rurales, donde existen muy pocas fuentes de empleo y origina la emigración de la población hacia otras entidades del país y aún fuera de él.

La construcción con ferrocemento permite reducir la cantidad de mano de obra especializada aunque no eliminarla, por lo que para la obtención de buenos resultados será necesario contar con oficiales albañiles experimentados para las actividades que requieren más cuidado, especialmente en la etapa de la aplicación del mortero.

### 6.1.2 Procedimiento constructivo

En términos generales, el procedimiento constructivo para la construcción de esta alternativa de techumbre bioclimática, consistirá en las actividades que se señalan en la Figura 5.11

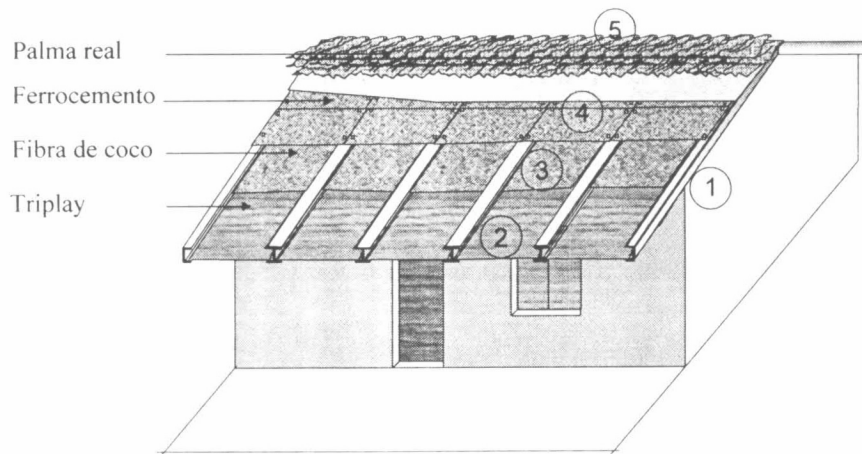


Figura 5.11 Etapas de la construcción de la techumbre Bioclimática

- 1 Anclaje de muro con techumbre y colocación de canal metálico tipo monten/viga sección "v" de ferrocemento.
- 2 Colocación de madera triplay de 9 mm
- 3 Colocación de la fibra de coco
- 4 Montaje de las placas de ferrocemento
- 5 Colocación de las capas de palma real

#### a) Placas de ferrocemento

##### Proceso de fabricación

Se construyen de sección cuadrada de 100mm x 100mm coladas en el sitio de la obra o fuera de ella, que puede ser una fabrica de prefabricados o en una zona con las condiciones adecuadas para fabricarlas. Se habilitan con una capa de malla electrosoldada 6x6-10/10 y una mezcla de mortero de cemento-arena en proporción 1:3, se recomienda que el colado se realice sobre un firme o un piso nivelado. Se prepara la mezcla con una proporción de agua que va de 0.3 a 0.5 en relación al peso.

Posteriormente se vacía la mezcla sobre el armado, al cual se le deja una ceja de preparación que consiste en una sección de malla electrosoldada (1 cuadro), que servirá para anclar la pieza de ferrocemento con la viga prefabricada del mismo material (Figura 5.12)

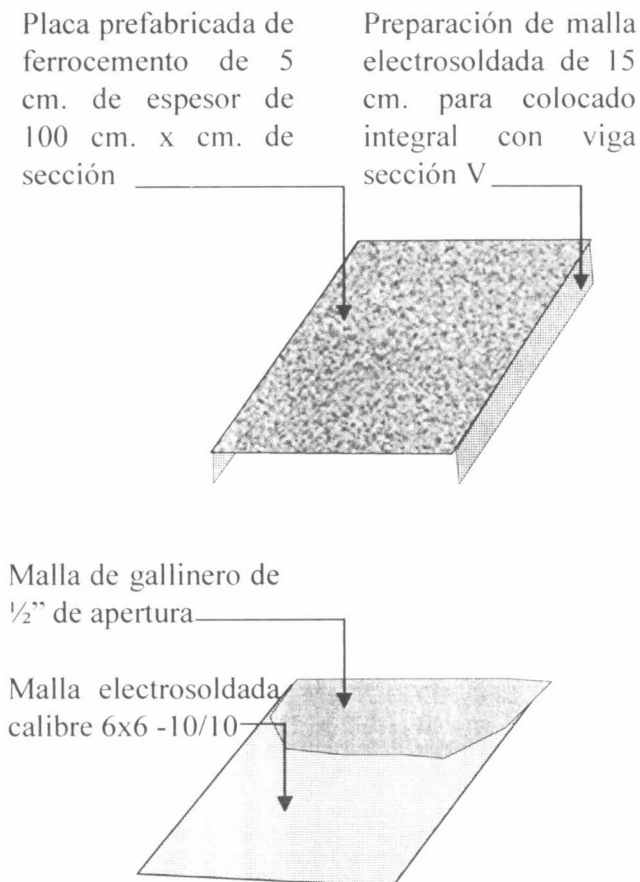


Figura 5.12 Fabricación de las placas de ferrocemento

## b) Vigas huecas para apoyo de placas de techumbre de ferrocemento

### Proceso de fabricación

Para el soporte de las placas de ferrocemento se construirán estructuras de apoyo que consisten en secciones prefabricadas huecas tipo canal “v”, las cuales se habilitarán con varilla de refuerzo tipo armex de sección 15x20 cm y se colarán con mortero cemento-arena 1:3. Previamente se acondicionará una cimbra de madera o metálica donde se alojara el refuerza de las piezas. Dichas piezas tendrán una longitud de 6 m o de acuerdo a las dimensiones del claro a soportar. Se procederá a su colado

vibrando la mezcla de forma manual o haciendo uso de vibrador mecánico para un buen acomodo de la mezcla. Al día siguiente se descimbrarán para realizar un buen curado de las piezas. Se deberán tomar en cuenta el buen manejo y transporte de los canales prefabricados hacia el lugar de la obra (Figura 5.13)

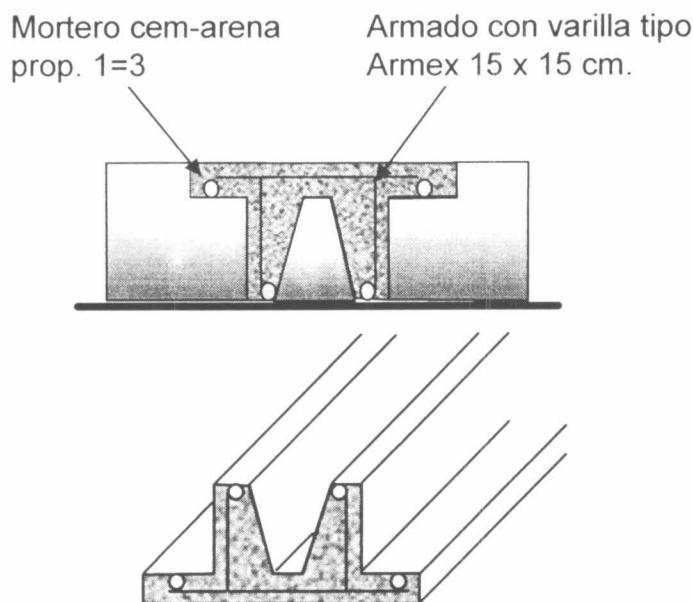


Figura 5.13 Vigas sección "v" para el soporte de las placas Prefabricadas de ferrocemento.

### Anclaje de muro con techumbre

Para dar inicio a la construcción de la techumbre bioclimática de la vivienda, se colocaran largueros con canal monten o vigas prefabricadas de ferrocemento de sección hueca tipo "V". Estas estructuras se apoyarán y sujetaran en los cerramientos de los muros central y periférico de la vivienda. Se propone el uso de una techumbre de dos aguas, respetando una tipología tradicional de la zona de estudio. Sin embargo el sistema de techumbre propuesto es adaptable a cualquier otra tipología de vivienda. El anclaje de muro-techo se soluciona con el uso de secciones de varillas que se alojan en la cadena de cerramiento de los muros, esto permitirá que las varillas se suelden al canal monten de 4"x2" o bien se sujeten a las vigas de sección "V" de ferrocemento (Figura 5.14)



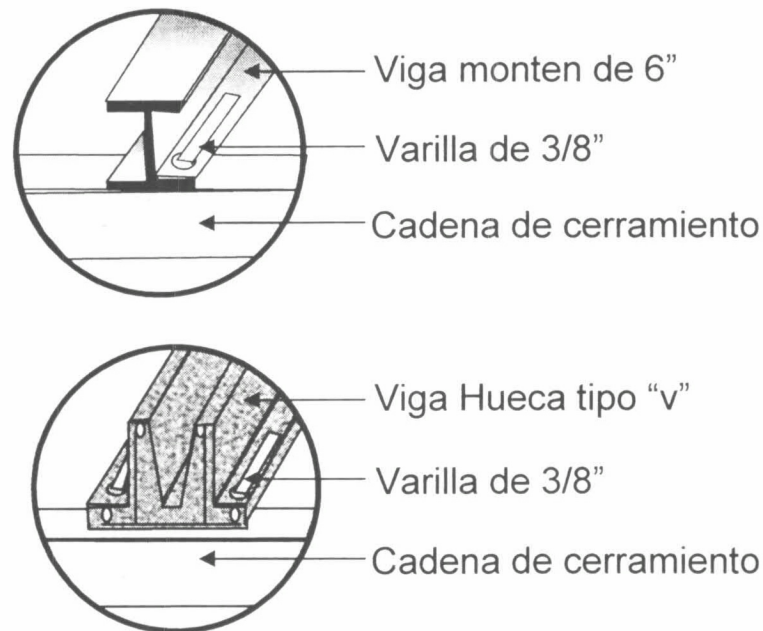


Figura 5.14 Secciones de viga monten y viga hueca de ferrocemento

### Colocación de madera de triplay de 9 mm y fibra de coco

Una vez colocadas las estructuras de soporte (secciones huecas o canal monten) el paso siguiente consiste en la colocación de madera que puede ser duela o triplay delgado. Esta es la primer capa del componente constructivo que se coloca apoyándose en las pequeñas mensulas que tiene el canal de sección "v" de ferrocemento o bien sobre el canal del monten metálico.

Sobre la madera se coloca como segundo material la fibra de coco para lo cual fue necesario extraer las fibras de la cáscara de coco, para formar un componente compacto que resulta mas adecuado que si se utilizara las cáscaras enteras. El espesor de este material vegetal fue de 0.12 cm. (Figura 5.15)

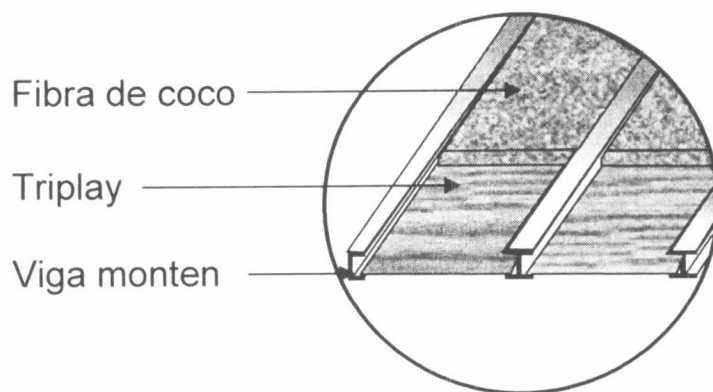


Figura 5.15 Colocación del triplay y la fibra de coco en el componente constructivo

### Montaje de las placas de ferrocemento

El elemento que trabaja mecánicamente del componente constructivo son las placas de ferrocemento de 2.5 cm. de espesor que se colocan posteriormente a la fibra de coco compactada. El peso de las placas es de aprox. 50 Kg. por lo que dos personas pueden levantar la placa y subirla hacia la estructura de apoyo. Como se mencionó previamente, a las placas se les dejó una preparación de la misma malla del refuerzo (malla electrosoldada 6x6-10/10), la cual se introduce a la sección de canal "v" y se realiza un colado integral con mortero cemento-arena 1:3 para que quede fijada la placa con la estructura de apoyo (Figura 5.16).

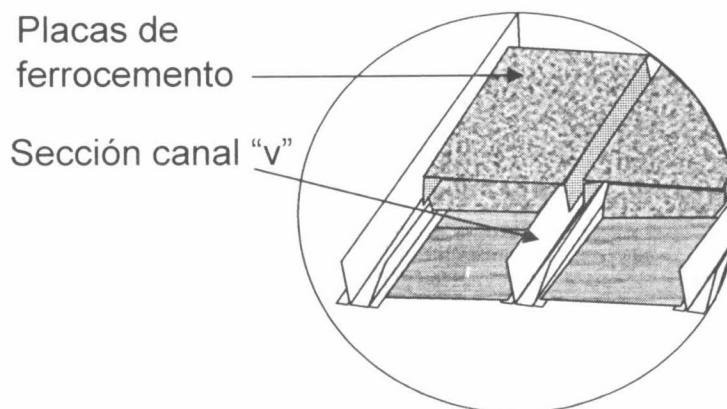


Figura 5.16 Montaje de placas de ferrocemento en vigas sección canal "v"



El proceso se repite hasta completar el total del techo de la vivienda. En el caso que las vigas de apoyo a utilizar sean del tipo canal monten, se emplearán 4 tornillos de 1 ½" por cada placa de ferrocemento para que se fijen a la estructura metálica de soporte (Figura 5.17 y 5.18)

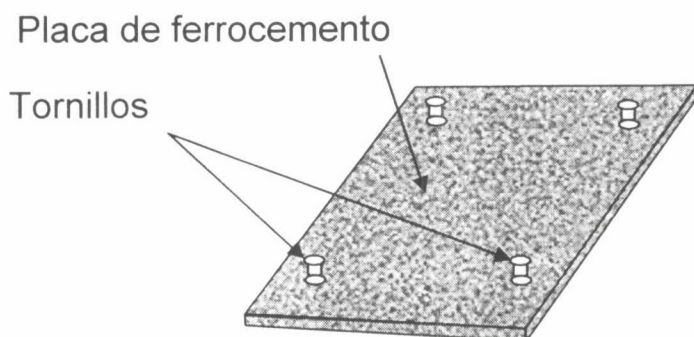


Figura 5.17 Placa de ferrocemento con tornillos

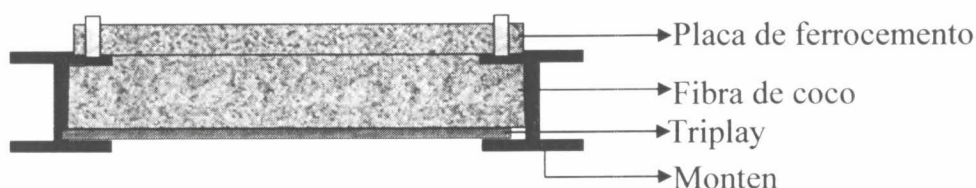


Figura 5.18 Sección de montaje de placa de ferrocemento

Para evitar que exista filtración de agua hacia el interior de la vivienda así como que se acumule agua en el interior del componente aislante sobre todo de la fibra de coco que puede perjudicarlo, se realizará un sellado de las juntas entre placa y placa con una mezcla de mortero cemento-arena 1:4 y posteriormente se sellaran con un producto elasto-plástico (sellador) de aplicación directa (Figura 5.19).

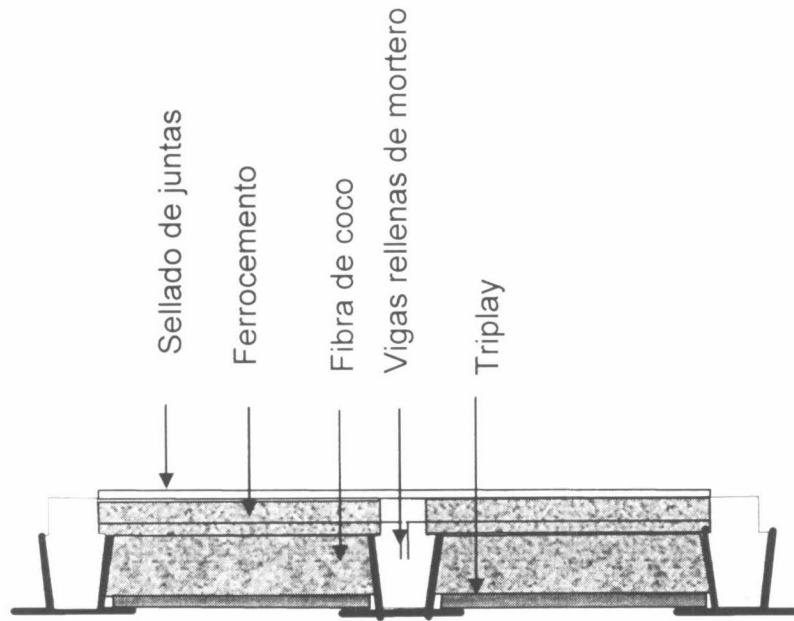


Figura 5.19 Colocación de placas de ferrocemento sobre las estructuras de soporte

### 5. Colocación de las capas de palma real

Selladas las juntas e impermeabilizada el techo de la vivienda, se procede a la colocación de la palma real la cual se sujetará sobre una base de duelas, que se fijaran a la losa de ferrocemento. De esta manera se colocarán 2 capas de palma una sobre la otra (Figura 5.20) con la finalidad de tener un espesor adecuado para que impida el paso de la radiación hacia el interior de la vivienda.

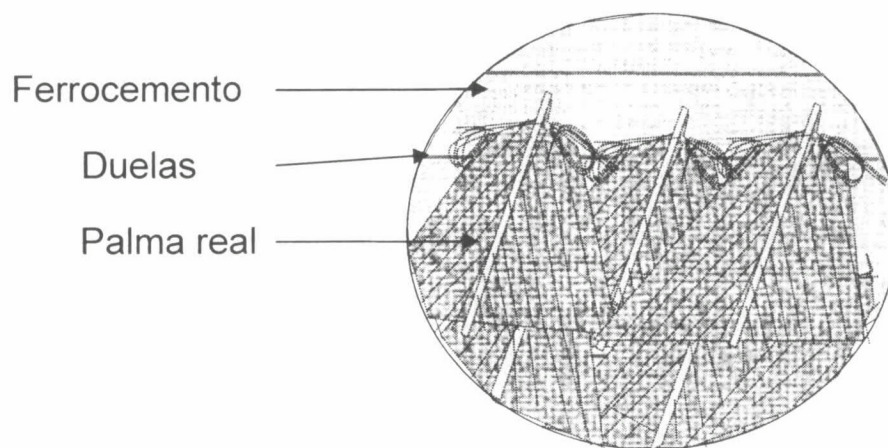


Figura 5.20 Colocación de placas de ferrocemento sobre las estructuras de soporte

### 6.1.3 Costos

Toda obra realizada por el hombre es motivada por una necesidad, ya sea estética, de abrigo, de alimento o de supervivencia, y para satisfacerla, se hace necesaria, una técnica para planearla, un tiempo para construirla, y los recursos necesarios para llevarla a cabo.

Si bien entendemos que tanto la técnica como el tiempo y el costo están intrínsecamente ligados, este último tiene un valor primordial; es decir, que los factores anteriores están en cierta forma, supeditados al tercero. Es más común en la época moderna encontrar la palabra incosteable a la palabra irrealizable o inalcanzable, y en última instancia podemos decir que si el elemento costo de una obra cualquiera, esta dentro de los rangos lógicos acostumbrados, es posible realizar la misma, reduciendo los tiempos de ejecución y aún supliendo en muchos casos la carencia de técnica.

Se puso especial énfasis en la elaboración de los costos del prototipo de techumbre, ya que al ser una estructura atípica a la construcción tradicional fue necesario considerar un catalogo particular del sistema constructivo diseñado. Se realizó un análisis de conceptos de obra y precios unitarios con información histórica de proyectos donde se ha utilizado la tecnología del ferrocemento, así como los datos obtenidos en el recorrido de campo realizado en la zona de estudio, para conocer los

rendimientos de la mano de obra de las personas que se han especializado en la colocación de la palma en los techos de las viviendas tradicionales tipo palapa.

La estimación de costo de esta alternativa de techumbre permitirá:

Proveer una base de la estimación del precio de venta del nuevo producto.

Comparación entre varias técnicas, específicamente la del sistema constructivo tradicional (losa de concreto armado), basados en la determinación de la mano de obra y materiales usados en el proceso de construcción.

Proveer información sobre las ventajas del nuevo tipo de techumbre.

Una base para rediseñar ciertos elementos del componente constructivo para reducir el costo.

Un proyecto de esta naturaleza que se plantea como una alternativa o prototipo que pueda reproducirse a mayor escala en otras zonas del estado y el país, requiere de una etapa de refinamiento del método constructivo, con la finalidad de obtener mayores datos de rendimientos de algunas actividades los cuales permitan elaborar los precios unitarios más apegados a la realidad y a la zona donde se construya.

En la tabla 5.7 se muestra el precio unitario por m<sup>2</sup> del componente constructivo propuesto y se compara con una losa de concreto tradicional (tabla 5.8).

| Losa ligera térmica de 35 cm de espesor abase de palma real, ferrocemento de 5 cm de esp. habilitada con una capa de malla electrosoldada 6x6-10/10, vrs de refuerzo del No 3 sep. 90 cmx 90 cm ambos sentidos, fibra de coco, triplay de pino de 9mm y mortero cemento arena 1:3 apoyada en monten de fierro de 6"x2", inc: cimbrado, habilitado de acero y mallas de refueRzo,colado, mano de obra y herramienta |                                     |        |        |             |         |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|--------|--------|-------------|---------|--|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                     | UNIDAD | COSTO  | CANTIDAD    | IMPORTE |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | MORTERO CEMENT-ARENA 1:3            | m3     | 891.9  | 0.05        | 44.595  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | POLIN DE PINO DE 3A DE 3.5"X3X8.25" | pza    | 40     | 0.05        | 2       |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Triplay de pino de 5 mm             | m2     | 21     | 1           | 21      |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Clavos de 2 a 4"                    | kg     | 13     | 0.01        | 0.13    |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Malla electrosoldada 6x6-10/10      | m2     | 15     | 1.05        | 15.75   |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Monten 4X2"                         | ml     | 39.06  | 2           | 78.12   |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Palma real                          | pza    | 1      | 3           | 3       |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Bagazo de coco                      | m3     | 20     | 0.15        | 3       |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Cuadnlla No 5 (1 ALBAÑIL+1 PEON)    | jor    | 480.17 | 0.17        | 81.63   |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Ayudante                            | jor    | 180    | 0.05        | 9.00    |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Herramienta menor                   | %      | 90.63  | 0.03        | 2.72    |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                     |        |        |             |         |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                     |        |        | P. Unitario | 260.94  |  |

Tabla 5.7 precio unitario por m<sup>2</sup> para la techumbre propuesta

|                                                                                                                                                                                                          |                                          |      |        |            |   |          | Unidad       | m2     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|------|--------|------------|---|----------|--------------|--------|
| Losa de 10 cm. de espesor de concreto F'c=200 kg/cm2, armada con varilla del No. 3 a cada 20 cm. en ambos sentidos, incluye: cimbrado acabado comun, armado, colado, mano de obra, equipo y herramienta. |                                          |      |        |            |   |          |              |        |
| Código                                                                                                                                                                                                   | Descripción                              | Tipo | Unidad | Costo M.N. | / | Cantidad | Importe M.N. |        |
| DUELA                                                                                                                                                                                                    | DUELA DE PINO DE 3a DE 3/4"x3.5"x8.25"   | 1    | PZA    | 16 *       |   | 1.2      | 19.2         |        |
| BARROTE                                                                                                                                                                                                  | BARROTE DE PINO DE 3a DE 1.5"x3.5"x8.25' | 1    | PZA    | 35 *       |   | 0.2      | 7            |        |
| POLIN                                                                                                                                                                                                    | POLIN DE PINO DE 3a DE 3.5"x3."x8.25"    | 1    | PZA    | 40 *       |   | 0.2      | 8            |        |
| DIESEL                                                                                                                                                                                                   | DIESEL                                   | 1    | LTO    | 4.5 *      |   | 0.3      | 1.35         |        |
| CLAVO4                                                                                                                                                                                                   | CLAVOS DE 2 A 4"                         | 1    | KG     | 13 *       |   | 0.3      | 3.9          |        |
| AGUA                                                                                                                                                                                                     | AGUA ( MANEJO)                           | 1    | M3     | 25 *       |   | 0.008    | 0.2          |        |
| 3                                                                                                                                                                                                        | VARILLA DE 3/8" 9.5 MM                   | 1    | KG     | 10 *       |   | 8.025    | 80.25        |        |
| 1                                                                                                                                                                                                        | ALAMBRE RECOCIDO                         | 1    | KG     | 13 *       |   | 0.4      | 5.2          |        |
| 1C1A                                                                                                                                                                                                     | CUADRILLA No 7 (1 CARP. O.N. + AYUDANTE  | 2    | JOR    | 504.24 /   |   | 9        | 56.03        |        |
| 1A5P                                                                                                                                                                                                     | CUADRILLA No 22 (1 ALBAÑIL + 5 PEONES)   | 2    | JOR    | 1284.21 /  |   | 35       | 36.69        |        |
| 1A1P                                                                                                                                                                                                     | CUADRILLA No 5 (1 ALBAÑIL+1 PEON)        | 2    | JOR    | 480.17 /   |   | 35       | 13.72        |        |
| 1F1A                                                                                                                                                                                                     | CUADRILLA No 6 (1 FIERRERO + 1 AYUDANTE  | 2    | JOR    | 504.24 /   |   | 20       | 25.21        |        |
| %MO1                                                                                                                                                                                                     | HERRAMIENTA MENOR                        | 3    | %      | 131.65 *   |   | 0.03     | 3.95         |        |
| %MO2                                                                                                                                                                                                     | ANDAMIOS                                 | 3    | %      | 131.65 *   |   | 0.05     | 6.58         |        |
| 200                                                                                                                                                                                                      | CONCRETO DE F'c=200 KG/CM2               | 4    | M3     | 907.72 *   |   | 0.102    | 92.59        |        |
|                                                                                                                                                                                                          |                                          |      |        |            |   |          | Punitario    | 359.87 |

Tabla 5.8 precio unitario por m2 para la losa de concreto

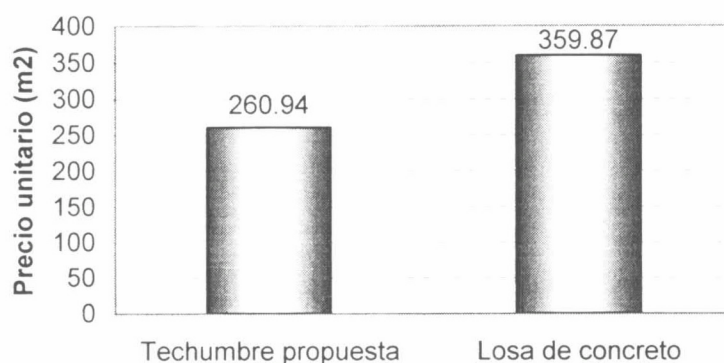


Figura 5.21 Costos por m2 para la techumbre propuesta y la losa de concreto

Desde el punto de vista económico la construcción de la techumbre de forma prefabricada es viable, teniendo un costo total estimado de \$ 260.94 por m2 construido comparado con el costo de 359.87 de una losa de concreto armado.

De esta manera la techumbre propuesta representa un ahorro del 28% respecto a la losa de concreto (Figura 5.21).

Si bien se dan reducciones en los costos de mano de obra y un incremento de las eficiencias al producir los prefabricados en una planta, la inversión que se requiere para montar una planta es considerable. Por ello no se deberá de perder de vista el carácter masivo de la propuesta constructiva.

Al proponerse la técnica prefabricada en la fabricación de placas de ferrocemento que representan una de los componentes principales de la techumbre bioclimática, se puede decir que tiene muchas ventajas ya que se tiene un mejor control de materiales y mejor rendimiento de la mano de obra, así como menores tiempos de ejecución. Sin embargo por la facilidad del sistema de construcción es posible la fabricación en el sitio de la obra por personal con mínimos conocimientos de albañilería que disminuyen los costos de la mano de obra trayendo beneficios importantes en los costos totales de la techumbre de la vivienda.



## CAPITULO 7. CONCLUSIONES

Con base en el análisis de los resultados obtenidos en el programa experimental se obtuvieron las siguientes conclusiones:

1. De las muestras de materiales evaluados en el CENIDET, se encontró que los valores de conductividad térmica en materiales vegetales son un 33 % más bajo que los valores de conductividad térmica de los materiales industrializados.
2. Bajo las condiciones estudiadas de los materiales medidos en el conductivímetro del CENIDET comparados con los valores medidos en la UAM para un mismo material, como se esperaba, se encontró que existen diferencias importantes en los valores de conductividad térmica ya que los materiales caracterizados en componentes constructivos en la UAM, representan condiciones físicas reales, afectando la densidad de las muestras para un mismo material.
3. De los cuatro componentes constructivos, analizados las muestras 3 y 4 obtuvieron el valor más bajo de conductividad que la muestra 1 y 2, esto se debió a que la muestra de Bagazo de coco utilizada en las muestras 1 y 2 fue sustituida en la muestra 3 por cartón (conos de huevo) y en la muestra 4 por fibra de coco, los cuales tienen valores de conductividad más bajos que el bagazo de coco colocado tal cual.
4. El coeficiente global de transferencia de calor de la muestra 4 resultó mejor que aquel de una losa de concreto. Al aumentar el espesor de la capa de palma se obtuvo una reducción aún mayor de dicho coeficiente debido a que opone mayor resistencia al flujo del calor.

5. Las ganancias por radiación solar en la losa de concreto respecto a la techumbre propuesta (muestra 4 mejorada) representan un incremento del 63%.
6. Las ganancias por conducción en la losa de concreto respecto a la techumbre propuesta representan un 62%, esto indica que el componente constructivo propuesto contribuye de manera significativa en la reducción de las cargas térmicas en los elementos horizontales.
7. La comparación del resumen del balance térmico de la techumbre propuesta comparada con la losa de concreto indican que el incremento de la losa de concreto fue del 35% respecto a la techumbre propuesta.
8. La comparación de costos de la techumbre propuesta contra la losa de concreto indican que la techumbre propuesta representó un ahorro del 28% respecto a la losa de concreto.

#### **Recomendaciones:**

Se recomienda el uso de materiales vegetales, utilizados como aislante térmico, tal es el caso de los materiales estudiados (palma real y fibra de coco), la distribución de estos materiales deberá ser compacta ya que las burbujas de aire al confinarse retienen el paso del calor.

Se recomienda la exploración de conductividad térmica en muestras constructivas debido a que estas presentan condiciones físicas reales de operación, así mismo para las mediciones conviene se realicen en elementos de dimensiones reales, por lo tanto para su medición es importante colocar el mayor número de termopares para asegurar un estudio exitoso.



Debido a las buenas características obtenidas en el componente constructivo, se sugiere se industrialice el sistema. De esta manera el ferrocemento como elemento base, se propone sea construido como elementos prefabricados asegurando al mismo tiempo un mejor control de calidad en los elementos, por otra parte se mejoran las condiciones de trabajo y existen menos riesgos de accidentes.

Respecto a la viga monten utilizado en el componente constructivo, se sugiere que estas tengan su recubrimiento con pintura anticorrosivo, sobre todo en las zonas expuestas a la brisa marina, así mismo se cuenta con la alternativa del uso con vigas huecas de ferrocemento.

### **RECONOCIMIENTOS:**

AL INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL Y AL CIIDIR IPN UNIDAD OAXACA por el apoyo para la realización de este trabajo.

### **BIBLIOGRAFÍA:**

- 1.-NORMA Oficial Mexicana NOM-008-ENER-2001, Eficiencia energética en edificaciones, envoltorio de edificios no residenciales, Diario Oficial Pág.88
- 2.- Maria Elena Hobaica, Maria Eugenia Sosa y Luis Rosales, Revista Interciencia, Vol. 25 No. 3 Año 2000, Pág. 136-142
- 3.- Revista UNAM HOY, Usan techos como escudos contra la radiación solar, Vol. 4 No. 17 año 1995 Pág. 31-36.
- 4.- Boletín Institucional, Avances y resultados en Investigación y desarrollo tecnológico 1997, Centro Interdisciplinario de Investigación para el desarrollo Integral regional IPN (Instituto Politécnico Nacional).
- 5.- Koenigsberger, Ingersoll, Mayhew, Szokolay, Viviendas y edificios en zonas cálidas y tropicales, Pág. 216
- 6.- S.A.R.H. Atlas del Agua de República Mexicana, México DF. 1976

7.- Anuario estadístico municipal de Puerto Ángel Oax. 1997

8.- Victor Olgay, Arquitectura y Clima, Manual de Diseño Bioclimático para Arquitectos y Urbanistas. Pág. 3

9.- Comisión nacional del agua, Servicio Meteorológico nacional.  
<http://www.cna.gob.mx/SMN.html>

10.- José Luis Fernández Sayas, Vicente Estrada-Cajigal Cálculo de la Radiación solar instantánea en la Republica Mexicana

11.-Fuentes Freixanet Víctor A, Metodología de Diseño Bioclimático, Tesis Maestría UAM Azc. Pág 247.

12.- Evans, John Martín Técnicas Bioclimáticas de diseño: Las tables de confort y los triángulos de confort. Memorias de Cotedi 2000. ( Conferencia Internacional sobre confort y Comportamiento Térmico de Edificaciones). Maracaibo Venezuela Junio 2000

13.- cf. Koenigsberger, et al Viviendas y edificios en zonas cálidas y tropicales. Editorial Paraninfo, Madrid España 1977

14.- Olgay, Victor. Design With Climate. Princeton University Press. USA. 1963

15.- Giovoni. Baruch. Man Climate and Architecture Applied Science Publishers London, England 1981

16.-Moya, Rubio José V. La vivienda indígena de México y del mundo, Pág. 101.

17.-Guerrero Vaca Luis Fernando, Anuario de Estudios de Arquitectura 2001 Pág. 160.

18.-Achille Petrignani, Tecnología de la arquitectura, Pág. 387

- 19.-Universidad de la salle, Materiales y procedimientos de Construcción, Tomo II, 13ava Impresión, México, Editorial Diana, 1994, 7.p.
- 20.- Beltrán Aguirre Gonzalo, Obra Antropológica V11 Cuijla ESBOZO Etnográfico de un pueblo negro. Pág. 93.
- 21.- SAHOP, Vivienda Campesina en México, Secretaría de asentamientos humanos y obras públicas, México 1978. Pág. 219.
- 22.- Moya, Rubio, Op. Cit. Pág. 144
- 23.- Aguirre Beltrán Gonzalo, Obra Antropológica VII, Cuijla, Esbozo etnográfico de un pueblo negro, Universidad Veracruzana Instituto Nacional Indigenista, Gobierno del Estado de Veracruz; Fondo de Cultura económica. Pág. 94.
- 24.- Terriquez Sámano, Ernesto. "La del coco una cultura transterrada".  
Memorias del Segundo Foro Interamericano: Las culturas populares y la educación Superior, p. 122.
- 25.- Gómez Amador Adolfo, Palapa: historia de condena y refugio, Universidad de Colima, Programa historia de la Arquitectura y el Urbanismo, Mexicanos UNAM, Pág. 202.
- 26.- López Morales Francisco Javier, Arquitectura Vernácula en México, Pág. 190.
- 27.- Nervi, Pier L (1953) "Precast Concrete Open New Possibilities For Design of Shell Structure", ACI, vol.25.
- 28.- Pama,R.P. (1972) Machanical Propierties of Ferrocement, Seminar on the Design and Construcción of Ferrocement, Wellington, New Zealand, 9-13 octubre.
- 29.- Naaman, A.E. (1979) Performances Criteria of ferrocement, Journal of Ferrocement, Vol. 9, No.2.
- 30.- Olvera, A. (1985) El ferrocemento y sus aplicaciones, Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México.

- 31.- Fernandez A. (1996) Ferrocement Research and Develoment in Oaxaca, México, Journal of Ferrocement, vol. 26, No 4,pp. 259-66
- 32.- Piña Jaime, experto en el estudio del cocotero, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícola y Pecuarias (INIFAP) <http://www.inifap.conacyt.mx>
- 33.-S V Szokolay ENVIROMENTAL SCIENCE HANDBOOK for Architects and Builders, Ed. The construction press, ltd Lancaster, England 1980, Pág. 299

## LISTA DE TABLAS

|                                                                                        |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 2.1 Temperaturas horarias (°C).....                                              | 24  |
| Tabla 2.2 Humedades Horarias (%).....                                                  | 24  |
| Tabla 2.3 Temperaturas y humedades horarias (°C) .....                                 | 25  |
| Tabla 2.4 Dirección del viento y velocidad (m/s).....                                  | 28  |
| Tabla 2.5 Resumen de velocidad (m/s) y frecuencia del viento para cada mes (%). ....   | 29  |
| Tabla 2.6 Velocidad y frecuencia anual de vientos (%) .....                            | 29  |
| Tabla 2.7 Dirección, velocidad media, máxima y frecuencia para cada mes.....           | 30  |
| Tabla 2.8 Cálculo de días grado general de enfriamiento .....                          | 36  |
| Tabla 2.9 Cálculo de días grado local de enfriamiento .....                            | 37  |
| Tabla 2.10 Tablas de Mahoney.....                                                      | 44  |
| Tabla 4.1 Determinación de resistencia y conductividad térmica de materiales .....     | 68  |
| Tabla 4.2 Determinación de la conductividad térmica en el Polietileno flexible.....    | 78  |
| Tabla 4.3 Determinación de conductividad térmica en muestra 1 .....                    | 91  |
| Tabla 4.4 Determinación de conductividad térmica en muestra 2 .....                    | 92  |
| Tabla 4.5 Determinación de conductividad térmica en muestra 3 .....                    | 93  |
| Tabla 4.6 Determinación de conductividad térmica en muestra 4 .....                    | 94  |
| Tabla 4.7 Conductividad térmica de las cuatro muestras constructivas .....             | 95  |
| Tabla 4.8 Coeficiente global de transferencia de calor en muestra 4.....               | 98  |
| Tabla 4.9 Coeficiente global de transferencia de calor en losa de concreto .....       | 99  |
| Tabla 4.10 Coeficiente global de transferencia de calor en nueva propuesta de techo    | 100 |
| Tabla 4.11 Comprobación de valores del método gráfico .....                            | 103 |
| Tabla 5.1 Condiciones climáticas para Puerto Ángel Oax. ....                           | 108 |
| Tabla 5.2 Áreas en sombra y con sol de los diferentes elementos constructivos .....    | 114 |
| Tabla 5.3 Características de los materiales constructivos en techumbre propuesta ..... | 115 |
| Tabla 5.4 Características de los materiales constructivos en losa de concreto.....     | 116 |
| Tabla 5.5 Cargas térmicas en techumbre propuesta .....                                 | 117 |
| Tabla 5.6 Cargas térmicas en losa de concreto.....                                     | 118 |
| Tabla 5.7 precio unitario por m2 para la techumbre propuesta .....                     | 136 |
| Tabla 5.8 precio unitario por m2 para la losa de concreto.....                         | 137 |

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1.1 Diagrama de flujo del desarrollo del proyecto. ....              | 10 |
| Figura 2.1 Carta topográfica Puerto Ángel, Oaxaca.....                      | 14 |
| Figura 2.2 Carta edafológica Puerto Ángel, Oaxaca.....                      | 14 |
| Figura 2.3 Carta de climas Puerto Ángel, Oaxaca.....                        | 14 |
| Figura 2.4 Carta Geológica Puerto Ángel, Oaxaca.....                        | 15 |
| Figura 2.5 Carta de precipitación Puerto Ángel, Oaxaca. ....                | 15 |
| Figura 2.6 Carta turística Puerto Ángel, Oaxaca.....                        | 15 |
| Figura 2.7 Carta de uso del suelo Puerto Ángel, Oaxaca. ....                | 16 |
| Figura 2.8 Mapa de la república mexicana .....                              | 22 |
| Figura 2.9 Mapa del Estado de Oaxaca .....                                  | 23 |
| Figura 2.10 Gráfica solar estereográfica para Puerto Ángel Oaxaca.....      | 27 |
| Figura 2.11 Temperatura para Puerto Ángel Oaxaca .....                      | 31 |
| Figura 2.12 Humedad relativa .....                                          | 32 |
| Figura 2.13 Precipitación (mm) .....                                        | 33 |
| Figura 2.14 Radiación solar.....                                            | 34 |
| Figura 2.15 Requerimiento de enfriamiento todo el año.....                  | 38 |
| Figura 2.16 Rosa anual de los vientos para Puerto Ángel Oaxaca. ....        | 39 |
| Figura 2.17 Rosa mensual de los vientos de Puerto Ángel, Oaxaca. ....       | 40 |
| Figura 2.18 Triángulos de Confort.....                                      | 42 |
| Figura 2.19 Estrategias bioclimáticas.....                                  | 42 |
| Figura 2.20 Diagrama bioclimático de Puerto Ángel Oaxaca. ....              | 46 |
| Figura 2.21 Carta Psicrométrica .....                                       | 47 |
| Figura 3.1 Estado de Oaxaca.....                                            | 48 |
| Figura 3.2 El Redondo, Xicaltepec, Oax.....                                 | 50 |
| Figura 3.3 Sistema Constructivo del el Redondo.....                         | 53 |
| Figura 3.4 Techumbre de Palma real, Zapotalito Oaxaca.....                  | 54 |
| Figura 3.5 Sistema constructivo de la palapa hecho a base de vigas.....     | 56 |
| Figura 3.6 Techumbre de Teja de Barro, Zapotalito y Xicaltepec Oaxaca. .... | 57 |
| Figura 3.7 Techumbre de Teja de Barro, Río grande Oaxaca. ....              | 57 |
| Figura 4.1 Equipo para medición .....                                       | 61 |

|                                                                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 4.2 Diagrama esquemático del aparato de guarda construido en el CENIDET ...                                   | 62 |
| A continuación se describen brevemente las diferentes partes del conductivímetro denominado "Aparato de Guarda"..... |    |
| Figura 4.3 Muestras de palma real .....                                                                              | 64 |
| Figura 4.4 Muestras de fibra de coco.....                                                                            | 64 |
| Figura 4.5 Muestras de ferrocemento .....                                                                            | 65 |
| Figura 4.6 Muestras de Tepetzil.....                                                                                 | 65 |
| Figura 4.7 Placa fría y caliente.....                                                                                | 65 |
| Figura 4.8 Aislante en muestra .....                                                                                 | 66 |
| Figura 4.9 Muestra preparada para medición.....                                                                      | 66 |
| Figura 4.10 Vista frontal de muestra preparada con aislamiento para medición.....                                    | 66 |
| Figura 4.11 Conductividad térmica de materiales medidos en el CENIDET .....                                          | 69 |
| Figura 4.12 Diseño del conductivímetro .....                                                                         | 71 |
| Figura 4.13 Base hecha con triplay .....                                                                             | 71 |
| Figura 4.14 Sección del marco.....                                                                                   | 72 |
| Figura 4.15 Colocación de material aislante .....                                                                    | 72 |
| Figura 4.16 Resistencia y placa metálica .....                                                                       | 73 |
| Figura 4.17 Diagrama esquemático del Conductivímetro e instrumentación .....                                         | 73 |
| Figura 4.18 Diagrama de flujo .....                                                                                  | 74 |
| Figura 4.19 Instrumentación y equipo utilizado .....                                                                 | 74 |
| Figura 4.20 Colocación del polietileno flexible.....                                                                 | 75 |
| Figura 4.21 Muestra del polietileno instalada en el instrumento.....                                                 | 76 |
| Figura 4.22 Establecimiento del estado estable.....                                                                  | 77 |
| Figura 4.23 Placa de ferrocemento .....                                                                              | 79 |
| Figura 4.24 Prototipos para la construcción de viviendas con ferrocemento .....                                      | 81 |
| Figura 4.25 Placa de Tepetzil.....                                                                                   | 81 |
| Figura 4.26 Placa de palma real .....                                                                                | 82 |
| Figura 4.27 Placa de fibra de coco .....                                                                             | 83 |
| Figura 4.28 Muestra No.1.....                                                                                        | 83 |
| Figura 4.29 Muestra No.2.....                                                                                        | 84 |
| Figura 4.30 Muestra No.3.....                                                                                        | 84 |

|                                                                                      |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 4.31 Muestra No.4.....                                                        | 84  |
| Figura 4.32 Procedimiento constructivo de la placa de ferrocemento.....              | 85  |
| Figura 4.33 Colocación de la copra de coco para su medición .....                    | 86  |
| Figura 4.34 Colocación de copra de coco confinada para su medición .....             | 87  |
| Figura 4.35 Colocación del cartón (conos de huevo) para su medición .....            | 87  |
| Figura 4.36 Colocación de la fibra de coco para su medición .....                    | 88  |
| Figura 4.37 Módulo Adam y termopar.....                                              | 89  |
| Figura 4.38 Establecimiento de estado permanente térmico para la Muestra No.1 .....  | 90  |
| Figura 4.39 Establecimiento de estado permanente térmico para la muestra No. 2 ..... | 91  |
| Figura 4.40 Establecimiento de estado permanente térmico para la muestra No. 3 ..... | 92  |
| Figura 4.41 Establecimiento del estado permanente térmico para la muestra No.4 ..... | 93  |
| Figura 4.42 Conductividad térmica de componentes constructivos medidos en la UAM     | 95  |
| Figura 4.43 Comparación de valores de Conductividad respecto a diferentes aparatos   | 97  |
| Figura 4.44 Sección de la muestra 4.....                                             | 98  |
| Figura 4.45 Sección de la losa de concreto.....                                      | 99  |
| Figura 4.46 Comparación de valores entre muestra 4 y losa de concreto. ....          | 99  |
| Figura 4.47 Propuesta de techumbre.....                                              | 100 |
| Figura 4.48 comparación de valores entre techumbre propuesta y losa de concreto ...  | 101 |
| Figura 4.49 Cálculo de gradiente térmico utilizando el método gráfico.....           | 102 |
| Figura 4.50 Gradiente térmico en techumbre propuesta .....                           | 103 |
| Figura 5.1 Cargas térmicas en una edificación .....                                  | 105 |
| Figura 5.2 Vivienda Rio grande Oax.....                                              | 109 |
| Planta Arquitectónica .....                                                          | 109 |
| Figura 5.3 Dimensiones de la vivienda .....                                          | 109 |
| Sección.....                                                                         | 110 |
| Figura 5.4 Dimensiones de la vivienda .....                                          | 110 |
| Figura 5.5 Gráfica solar para el día 21 de agosto a las 15 hrs.....                  | 111 |
| Figura 5.6 Estudio de sombras en alzado norte.....                                   | 112 |
| Figura 5.7 Estudio de sombras en alzado oeste .....                                  | 113 |
| Figura 5.8 Ganancias solares (qs) con techumbre propuesta y losa de concreto.....    | 119 |
| Figura 5.9 Ganancias por conducción en techumbre propuesta y losa de concreto .....  | 120 |



|                                                                                            |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 5.10 Resumen de balance térmico en techumbre propuesta y losa de concreto.<br>..... | 122 |
| Figura 5.11 Etapas de la construcción de la techumbre Bioclimática .....                   | 128 |
| Figura 5.12 Fabricación de las placas de ferrocemento.....                                 | 129 |
| Figura 5.13 Vigas sección “v” para el soporte de las placas.....                           | 130 |
| Prefabricadas de ferrocemento.....                                                         | 130 |
| Figura 5.14 Secciones de viga monten y viga hueca de ferrocemento.....                     | 131 |
| Figura 5.15 Colocación del triplay y la fibra de coco en el componente constructivo....    | 132 |
| Figura 5.16 Montaje de placas de ferrocemento en vigas sección canal “v” .....             | 132 |
| Figura 5.17 Placa de ferrocemento con tornillos.....                                       | 133 |
| Figura 5.18 Sección de montaje de placa de ferrocemento.....                               | 133 |
| Figura 5.19 Colocación de placas de ferrocemento sobre las estructuras de soporte..        | 134 |
| Figura 5.20 Colocación de placas de ferrocemento sobre las estructuras de soporte..        | 135 |
| Figura 5.21 Costos por m2 para la techumbre propuesta y la losa de concreto .....          | 137 |

## ANEXOS DEL CAPÍTULO II

### TEMPERATURA Y HUMEDADES HORARIAS, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DEL CLIMA.

#### Temperaturas horarias de la población de Puerto Ángel Oaxaca

TABLA HORARIA ANUAL DE TEMPERATURA (1991)

|            | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   | 19   | 20   | 21   | 22   | 23   | 24   |
|------------|---|---|---|---|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| ENERO      |   |   |   |   |   | 22.6 | 22.8 | 25.2 | 27.6 | 29.0 | 30.2 | 30.4 | 30.8 | 31   | 31.0 | 31.2 | 30.4 | 29.0 | 26.8 | 26.0 | 25.4 | 25.2 | 24.8 | 24.6 |
| FEBRERO    |   |   |   |   |   | 24.3 | 25.8 | 27.2 | 28.8 | 30.8 | 30.2 | 30.6 | 30.6 | 30.8 | 31.0 | 31.6 | 30.6 | 29.8 | 28.4 | 27.6 | 27.2 | 26.7 | 26.4 | 26.2 |
| MARZO      |   |   |   |   |   | 22.6 | 22.0 | 25.1 | 26.1 | 28.8 | 30.2 | 30.0 | 31.4 | 31.2 | 31.2 | 31.6 | 31.0 | 30.4 | 29.2 | 27.8 | 27.4 | 26.0 | 25.4 | 24.9 |
| ABRIL      |   |   |   |   |   | 25.0 | 25.2 | 27.7 | 29.6 | 31.1 | 31.4 | 31.7 | 30.7 | 30.3 | 30.3 | 30.5 | 30.3 | 29.7 | 28.6 | 28.4 | 27.6 | 27.2 | 27.0 | 27.0 |
| MAYO       |   |   |   |   |   | 26.7 | 27.3 | 28.8 | 29.1 | 29.8 | 30.6 | 31.0 | 31.5 | 31.1 | 30.7 | 30.4 | 30.1 | 29.7 | 28.9 | 28.5 | 28.1 | 27.8 | 27.3 | 22.0 |
| JUNIO      |   |   |   |   |   | 25.2 | 25.7 | 27.5 | 28.0 | 29.7 | 29.0 | 28.1 | 27.7 | 27.2 | 28.0 | 28.2 | 28.6 | 28.4 | 28.0 | 28.0 | 25.2 | 26.2 | 25.6 | 28.0 |
| JULIO      |   |   |   |   |   | 25.1 | 25.2 | 27.0 | 28.9 | 32.3 | 33.3 | 33.5 | 33.7 | 33.6 | 34.1 | 32.0 | 31.8 | 31.7 | 30.0 | 28.3 | 28.0 | 27.4 | 27.0 | 26.6 |
| AGOSTO     |   |   |   |   |   | 24.0 | 24.8 | 25.6 | 27.6 | 30.4 | 31.6 | 32.0 | 33.0 | 34.2 | 34.0 | 32.8 | 32.2 | 31.8 | 29.8 | 29.2 | 28.8 | 28.2 | 28.0 | 27.8 |
| SEPTIEMBRE |   |   |   |   |   | 26.0 | 26.0 | 27.6 | 29.8 | 31.8 | 32.0 | 33.0 | 33.0 | 33   | 33.4 | 32.9 | 31.2 | 30.4 | 29.5 | 28.8 | 28.5 | 28.2 | 27.8 | 27.6 |
| OCTUBRE    |   |   |   |   |   | 23.7 | 23.8 | 25.6 | 27.4 | 28.2 | 31.3 | 32.0 | 32.2 | 32.4 | 32.6 | 31.8 | 30.6 | 30.2 | 30.0 | 25.4 | 29.0 | 28.6 | 28.2 | 27.6 |
| NOVIEMBRE  |   |   |   |   |   | 23.0 | 23.0 | 24.6 | 26.8 | 29.8 | 30.4 | 30.8 | 31.2 | 31.3 | 31.1 | 30.3 | 29.5 | 28.7 | 27.1 | 26.4 | 26.0 | 25.4 | 25.2 | 24.8 |
| DICIEMBRE  |   |   |   |   |   | 22.6 | 22.4 | 24.0 | 25.4 | 29.4 | 30.0 | 30.8 | 30.8 | 31.4 | 31.8 | 31.2 | 30.8 | 30.4 | 30.0 | 29.6 | 29.2 | 28.6 | 28.0 | 27.4 |

TABLA HORARIA ANUAL DE TEMPERATURA (1992)

|            | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   | 19   | 20   | 21   | 22   | 23   | 24   |
|------------|---|---|---|---|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| ENERO      |   |   |   |   |   | 23.4 | 23.4 | 23.4 | 25.6 | 27.0 | 27.2 | 28.4 | 29.0 | 29.0 | 29.5 | 28.8 | 28.4 | 28.0 | 26.8 | 26.5 | 25.9 | 25.8 | 25.0 | 24.5 |
| FEBRERO    |   |   |   |   |   | 25.6 | 25.4 | 26.3 | 27.5 | 29.6 | 30.1 | 30.0 | 30.2 | 30.4 | 30.8 | 30.4 | 30.0 | 29.8 | 29.0 | 27.6 | 27.0 | 26.0 | 26.0 | 25.8 |
| MARZO      |   |   |   |   |   | 23.8 | 24.3 | 26.0 | 27.6 | 29.9 | 30.8 | 31.4 | 31.8 | 31.6 | 31.4 | 30.7 | 30.6 | 29.7 |      |      |      |      |      |      |
| ABRIL      |   |   |   |   |   | 26.2 | 26.8 | 27.6 | 28.4 | 29.4 | 31.0 | 31.6 | 31.4 | 31.3 | 31.1 | 30.8 | 30.3 | 29.5 | 29.1 | 29.2 | 29.0 | 29.0 | 28.5 | 28.5 |
| MAYO       |   |   |   |   |   | 27.8 | 28.2 | 30.0 | 31.4 | 31.6 | 32.2 | 32.4 | 32.8 | 32.6 | 32.1 | 31.5 | 30.0 | 30.0 | 31.0 | 29.4 | 29.5 | 29.1 | 28.9 | 28.5 |
| JUNIO      |   |   |   |   |   | 27.7 | 28.0 | 29.6 | 31.1 | 31.2 | 32.4 | 33.6 | 32.6 | 32.1 | 32.6 | 38.8 | 30.5 | 30.3 | 30.0 | 29.0 | 28.0 | 27.5 | 28.0 | 27.5 |
| JULIO      |   |   |   |   |   | 25.2 | 25.8 | 27.4 | 27.6 | 29.4 | 31.1 | 32.1 | 31.8 | 31.4 | 31.6 | 32.0 | 29.6 | 29.0 | 27.7 | 27.0 | 26.4 | 26.2 | 26.0 | 26.2 |
| AGOSTO     |   |   |   |   |   | 24.5 | 24.4 | 26.4 | 27.6 | 30.0 | 32.3 | 33.6 | 33.0 | 33.0 | 33.0 | 32.8 | 32.4 | 31.8 | 30.0 | 29.8 | 29.2 | 28.8 | 28.2 | 27.9 |
| SEPTIEMBRE |   |   |   |   |   | 25.5 | 25.8 | 25.6 | 25.4 | 24.0 |      |      | 24.6 | 24.4 | 25.0 | 26.2 | 25.6 | 25.2 | 25.1 | 24.6 | 24.2 | 24   | 24.0 | 26.0 |
| OCTUBRE    |   |   |   |   |   | 23.0 | 23.6 | 26.6 | 29.6 | 32.8 | 34.0 | 34.4 | 34.4 | 34.0 | 33.4 | 32.8 | 31.0 | 30.0 | 29.2 | 28.0 | 27.4 | 26.8 | 26.4 |      |
| NOVIEMBRE  |   |   |   |   |   | 21.3 | 21.4 | 25.4 | 27.2 | 29.7 | 30.3 | 31.2 | 31.3 | 31.0 | 30.3 | 29.7 | 28.8 | 28.0 | 27.2 | 26.2 | 25.9 | 25.3 | 25.0 | 24.9 |
| DICIEMBRE  |   |   |   |   |   | 21.6 | 22.6 | 24.6 | 26.1 | 29.8 | 30.9 | 30.8 | 31.0 | 31.2 | 31.8 | 31.4 | 30.8 | 30.0 | 29.4 | 28.0 | 26.6 | 25.9 | 25.5 | 25.0 |

TABLA HORARIA ANUAL DE TEMPERATURA (1993)

|            | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   | 19   | 20   | 21   | 22   | 23   | 24   |
|------------|---|---|---|---|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| ENERO      |   |   |   |   |   | 22.4 | 22.2 | 23.6 | 26.6 | 28.1 | 29.6 | 30.1 | 31.2 | 30.4 | 30.2 | 30.6 | 29.7 | 29.0 |      |      |      |      |      |      |
| FEBRERO    |   |   |   |   |   | 25.5 | 25.5 | 27.2 | 28.0 | 29.6 | 30.4 | 31.2 | 31.6 | 31.2 | 31.0 | 30.6 | 29.7 | 39.2 | 28.8 | 28.0 |      |      |      |      |
| MARZO      |   |   |   |   |   | 22.4 | 22.6 | 24.9 | 26.2 | 29.6 | 29.2 | 29.1 | 30.4 | 30.2 | 30.0 | 27.6 | 29.0 | 28.2 | 27.0 | 26.6 | 26.1 | 25.9 | 26.4 | 25.1 |
| ABRIL      |   |   |   |   |   | 22.7 | 24.7 | 27.6 | 29.2 | 30.1 | 31.1 | 31.6 | 31.9 | 32.1 | 31.6 | 31.2 | 30.2 | 29.6 | 28.5 | 28.2 | 28.0 | 28.0 | 27.7 | 27.5 |
| MAYO       |   |   |   |   |   | 25.2 | 25.7 | 28.4 | 29.1 | 29.9 | 30.7 | 32.2 | 32.5 | 31.9 | 32.1 | 31.4 | 30.9 | 30.6 | 29.2 | 28.6 | 28.1 | 25.7 | 27.0 | 26.7 |
| JUNIO      |   |   |   |   |   | 25.4 | 25.3 | 26.9 | 28.4 | 29.1 | 28.8 | 28.8 | 29.9 | 30.2 | 30.2 | 29.6 | 28.8 | 28.8 |      |      |      |      |      |      |
| JULIO      |   |   |   |   |   | 25.4 | 26.4 | 28.4 | 29.8 | 32.4 | 32.4 | 32.0 | 33.1 | 33.2 | 33.2 | 32.8 | 32.4 | 31.6 | 30.5 | 28.7 | 28.0 | 27.4 | 27.0 | 26.8 |
| AGOSTO     |   |   |   |   |   | 24.8 | 24.8 | 25.4 | 26.2 | 29.0 | 30.6 | 31.0 | 31.6 | 32.2 | 32.6 | 30.1 | 30.7 | 29.4 |      |      |      |      |      |      |
| SEPTIEMBRE |   |   |   |   |   | 23.2 | 23.0 | 23.0 | 23.2 | 24.4 | 25.3 | 26.4 | 26.6 | 26.6 | 26.6 | 26.2 | 25.6 | 25.5 |      |      |      |      |      |      |
| OCTUBRE    |   |   |   |   |   | 23.4 | 23.6 | 24.8 | 26.4 | 29.8 | 33.2 | 32.8 | 34.0 | 33.8 | 33.6 | 33.0 | 32.4 | 31.6 | 30.6 | 29.6 | 29.0 | 28.6 | 28.0 | 27.6 |
| NOVIEMBRE  |   |   |   |   |   | 22.8 | 23.9 | 24.5 | 25.2 | 30.2 | 31.4 | 31.9 | 32.3 | 32.0 | 31.8 | 31.4 | 30.3 | 29.6 | 28.7 | 28.2 | 27.5 | 26.8 | 25.8 | 25.5 |
| DICIEMBRE  |   |   |   |   |   | 22.6 | 23.8 | 24.7 | 25.8 | 30.2 | 30.1 | 30.9 | 32.0 | 32.2 | 32.4 | 31.0 | 30.4 | 29.6 |      |      |      |      |      |      |

TABLA HORARIA ANUAL DE TEMPERATURA (1994)

|            | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   | 19   | 20   | 21   | 22   | 23   | 24   |
|------------|---|---|---|---|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| ENERO      |   |   |   |   |   | 22.4 | 22.0 | 23.4 | 25.6 | 27.4 | 29.2 | 31.1 | 30.6 | 31.6 | 31.4 | 31.8 | 29.8 | 29.2 | 29.2 | 27.8 | 27.1 | 26.8 | 26.0 | 25.0 |
| FEBRERO    |   |   |   |   |   | 24.4 | 24.0 | 24.5 | 26.7 | 28.6 | 30.5 | 31.3 | 31.8 | 31.4 | 31.0 | 31.4 | 31.0 | 30.4 | 29.6 | 29.0 | 28.6 | 28.0 | 27.6 | 27.0 |
| MARZO      |   |   |   |   |   | 23.6 | 23.4 | 25.6 | 26.8 | 28.4 | 29.4 | 29.5 | 29.8 | 30.0 | 30.2 | 30.0 | 30.0 | 30.0 | 28.8 | 28.0 | 27.6 | 27.0 | 26.6 | 26.0 |
| ABRIL      |   |   |   |   |   | 24.8 | 25.7 | 29.2 | 29.7 | 30.4 | 31.1 | 31.2 | 31.6 | 32.0 | 32.8 | 32.0 | 31.6 | 31.0 | 30.0 | 29.6 | 29.0 | 28.4 | 27.8 | 27.2 |
| MAYO       |   |   |   |   |   | 26.4 | 26.8 | 29.5 | 30.9 | 31.2 | 31.6 | 29.2 | 31.0 | 32.4 | 32.5 | 32   | 31.2 | 30.8 |      |      |      |      |      |      |
| JUNIO      |   |   |   |   |   | 26.6 | 27.2 | 28.8 | 30.2 | 31.0 | 31.8 | 32.4 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| JULIO      |   |   |   |   |   | 24.2 | 25.0 | 26.6 | 27.8 | 30.0 | 29.8 | 30.2 | 30.0 | 31.0 | 30.8 | 30.6 | 28.0 | 26.0 | 24.6 | 24.0 | 24.2 | 24.0 | 23.6 | 23.0 |
| AGOSTO     |   |   |   |   |   | 24.3 | 26.4 | 27.4 | 28.2 | 30.8 | 31.8 | 31.8 | 32.0 | 32.9 | 32.0 | 31.2 | 30.0 | 29.4 |      |      |      |      |      |      |
| SEPTIEMBRE |   |   |   |   |   | 24.6 | 26.7 | 28.8 | 30.3 | 31.8 | 33.4 | 33.4 | 34.0 | 34.8 | 33.8 | 33.4 | 31.8 | 30.0 | 29.0 | 28.2 | 27.6 | 27.6 | 26.4 |      |
| OCTUBRE    |   |   |   |   |   | 24.2 | 24.4 | 27.6 | 29.6 | 30.2 | 31.0 | 31.4 | 32.0 | 31.8 | 31.6 | 31.0 | 29.4 | 28.0 | 27.4 |      |      |      |      |      |
| NOVIEMBRE  |   |   |   |   |   | 25.6 | 25.8 | 27.6 | 29.4 | 31.2 | 33.0 | 33.0 | 32.6 | 33.4 | 33.0 | 32.6 | 32.0 | 31.0 | 30.0 |      |      |      |      |      |
| DICIEMBRE  |   |   |   |   |   | 24.4 | 24.8 | 25.0 | 27.0 | 29.8 | 31.0 | 32.0 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |

TABLA HORARIA ANUAL DE TEMPERATURA (1995)

|            | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   | 19   | 20   | 21   | 22   | 23   | 24   |
|------------|---|---|---|---|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| ENERO      |   |   |   |   |   | 23.0 | 23.8 | 25.2 | 27.2 | 29.8 | 30.8 | 30.8 | 31.0 | 30.8 | 29.8 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| FEBRERO    |   |   |   |   |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| MARZO      |   |   |   |   |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| ABRIL      |   |   |   |   |   | 24.2 | 26.2 | 28.2 | 29.8 | 30.6 | 30.6 | 31.8 | 32.6 | 33.0 | 32.8 | 32.2 | 31.6 | 31.0 | 27.4 | 26.8 | 26.5 | 26.2 | 25.8 | 25.5 |
| MAYO       |   |   |   |   |   | 25.8 | 26.3 | 28.1 | 29.0 | 30.4 | 30.4 | 31.4 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| JUNIO      |   |   |   |   |   | 27.0 | 27.2 | 28.8 | 30.4 | 32.8 | 32.6 | 32.8 | 33.6 | 33.4 | 33.4 | 33.0 | 31.4 | 30.0 | 27.8 | 26.4 | 25.8 | 26.8 | 27.2 | 27.3 |
| JULIO      |   |   |   |   |   | 24.8 | 25.0 | 26.2 | 27.0 | 30.6 | 31.2 | 31.2 | 32.4 | 32.8 | 33.0 | 33.2 | 32.8 | 31.8 | 27.0 | 26.3 | 25.3 | 25.3 | 25.0 | 24.6 |
| AGOSTO     |   |   |   |   |   | 25.0 | 25.2 | 26.0 | 26.6 | 27.8 | 29.0 | 29.8 | 30.0 | 30.6 | 31.0 | 31.8 | 32.0 | 31.4 | 30.8 | 30.0 | 29.4 | 29.0 | 28.6 | 28.0 |
| SEPTIEMBRE |   |   |   |   |   | 25.0 | 25.4 | 27.4 | 28.8 | 30.6 | 30.8 | 31.0 | 32.0 | 32.4 | 32.6 | 32.4 | 32.0 | 31.6 | 30.2 | 30.4 | 30.0 | 29.5 | 29.0 | 28.4 |
| OCTUBRE    |   |   |   |   |   | 25.0 | 26.0 | 27.2 | 27.0 | 28.4 | 29.5 | 30.6 | 31.2 | 31.6 | 31.6 | 31.0 | 30.4 | 29.9 |      |      |      |      |      |      |
| NOVIEMBRE  |   |   |   |   |   | 24.4 | 25.2 | 26.8 | 28.4 | 25.4 | 31.0 | 32.0 | 33.0 | 33.6 | 34.0 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| DICIEMBRE  |   |   |   |   |   | 21.8 | 22.0 | 22.4 | 23.6 | 27.6 | 29.4 | 30.4 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |

TABLA HORARIA ANUAL DE TEMPERATURA (1996)

|            | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   | 19   | 20   | 21   | 22   | 23   | 24   |
|------------|---|---|---|---|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| ENERO      |   |   |   |   |   | 22.0 | 22.3 | 22.7 | 23.8 | 28.7 | 29.6 | 30.5 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| FEBRERO    |   |   |   |   |   | 22.6 | 22.2 | 25.4 | 27.4 | 28.3 | 29.2 | 30.2 | 31.3 | 31.5 | 31.6 | 31.4 | 30.7 | 30.0 | 27.2 | 26.3 | 25.7 | 25.1 | 23.8 | 24.5 |
| MARZO      |   |   |   |   |   | 25.4 | 25.5 | 26.2 | 26.8 | 29.6 | 29.0 | 29.2 | 30.2 | 31.0 | 30.6 | 31.0 | 30.6 | 30.0 | 28.0 | 27.6 | 27.0 | 26.4 | 26.0 | 25.4 |
| ABRIL      |   |   |   |   |   | 24.4 | 24.8 | 26.4 | 28.0 | 30.4 | 31.0 | 31.8 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| MAYO       |   |   |   |   |   | 25.2 | 26.8 | 29.4 | 30.4 | 30.8 | 31.4 | 31.4 | 32.0 | 32.4 | 32.8 | 32.4 | 31.8 | 30.8 |      |      |      |      |      |      |
| JUNIO      |   |   |   |   |   | 25.4 | 26.4 | 28.6 | 29.6 | 31.8 | 32.0 | 31.2 | 33.1 | 32.6 | 31.3 | 30.5 | 31.0 | 31.3 |      |      |      |      |      |      |
| JULIO      |   |   |   |   |   | 24.2 | 24.6 | 26.5 | 27.2 | 28.9 | 30.2 | 30.4 | 31.6 | 31.8 | 32.0 | 31.7 | 31.2 | 30.8 |      |      |      |      |      |      |
| AGOSTO     |   |   |   |   |   | 25.0 | 24.8 | 27.0 | 29.4 | 30.6 | 30.8 | 31.8 | 32.4 | 32.7 | 31.6 | 29.9 | 27.6 | 26.3 | 25.3 | 25.0 | 24.8 | 24.5 | 24.4 | 24.6 |
| SEPTIEMBRE |   |   |   |   |   | 23.3 | 23.3 | 23.1 | 23.3 | 24.8 | 26.1 | 26.8 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| OCTUBRE    |   |   |   |   |   | 24.4 | 24.6 | 27.0 | 28.8 | 31.0 | 30.2 | 30.6 | 31.0 | 31.4 | 31.0 | 30.6 | 29.6 | 28.4 | 28.0 | 27.0 | 26.6 | 26.0 | 20.4 |      |
| NOVIEMBRE  |   |   |   |   |   | 23.0 | 23.2 | 26.6 | 28.0 | 29.5 | 30.6 | 31.4 | 31.8 | 31.4 | 31.0 | 30.4 | 29.8 | 29.0 | 28.2 | 27.6 | 27.2 | 26.8 | 26.4 |      |
| DICIEMBRE  |   |   |   |   |   | 24.2 | 25.2 | 25.6 | 28.4 | 30.0 | 30.6 | 30.4 | 30.6 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |

TABLA HORARIA ANUAL DE TEMPERATURA (1997)

|            | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   | 19   | 20   | 21   | 22   | 23   | 24   |
|------------|---|---|---|---|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| ENERO      |   |   |   |   |   | 21.7 | 21.7 | 21.6 | 23.5 | 26.3 | 28.3 | 30.0 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| FEBRERO    |   |   |   |   |   | 24.4 | 24.6 | 26.0 | 27.6 | 27.6 | 29.0 | 30.2 | 31.0 | 31.4 | 32.0 | 31.6 | 30.8 | 29.8 |      |      |      |      |      |      |
| MARZO      |   |   |   |   |   | 25.0 | 25.2 | 26.6 | 27.4 | 29.0 | 28.8 | 29.8 | 30.0 | 29.8 | 30.0 | 30.2 | 29.6 | 29.0 |      |      |      |      |      |      |
| ABRIL      |   |   |   |   |   | 26.6 | 27.4 | 27.4 | 27.4 | 30.4 | 30.4 | 31.0 | 31.6 | 31.0 | 31.4 | 30.8 | 30.4 | 30.0 | 29.2 | 28.8 | 28.0 | 27.6 | 27.0 |      |
| MAYO       |   |   |   |   |   | 25.8 | 27.2 | 30.4 | 30.4 | 30.4 | 30.8 | 30.6 | 32.0 | 32.2 | 32.2 | 31.3 | 31.2 | 30.5 | 29.1 | 28.3 | 27.6 | 27.4 | 27.0 | 26.7 |
| JUNIO      |   |   |   |   |   | 23.8 | 24.4 | 26.8 | 29.8 | 31.4 | 31.4 | 31.8 | 31.6 | 31.9 | 31.2 | 30.8 | 30.3 | 29.7 |      |      |      |      |      |      |
| JULIO      |   |   |   |   |   | 25.2 | 25.6 | 27.8 | 29.2 | 29.8 | 28.6 | 30.2 | 31.0 | 31.6 | 32.0 | 32.4 | 32.8 | 32.0 | 31.0 | 30.0 | 29.0 | 28.4 | 27.8 |      |
| AGOSTO     |   |   |   |   |   | 25.2 | 25.0 | 26.6 | 29.4 | 32.2 | 33.4 | 33.4 | 34.0 | 34.4 | 35.0 | 35.0 | 34.0 | 33.0 | 32.4 | 31.4 | 30.8 | 29.8 | 29.0 |      |
| SEPTIEMBRE |   |   |   |   |   | 25.1 | 25.3 | 26.1 | 27.2 | 30.8 | 31.8 | 32.7 | 33.4 | 33.5 | 31.0 | 30.3 | 29.5 | 27.4 |      |      |      |      |      |      |
| OCTUBRE    |   |   |   |   |   | 25.4 | 26.2 | 27.4 | 28.2 | 29.0 | 30.0 | 30.4 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| NOVIEMBRE  |   |   |   |   |   | 24.8 | 24.0 | 26.0 | 28.0 | 30.4 | 31.0 | 31.4 | 31.8 | 32.2 | 32.6 | 32.0 | 31.6 | 30.8 | 28.0 | 26.7 | 26.1 | 25.4 | 25.0 | 24.6 |
| DICIEMBRE  |   |   |   |   |   | 22.0 | 21.7 | 22.3 | 24.3 | 29.0 | 30.4 | 31.3 | 31.7 | 31.8 | 32.0 | 31.3 | 30.4 | 29.7 |      |      |      |      |      |      |

TABLA HORARIA ANUAL DE TEMPERATURA (1998)

|            | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   | 19   | 20   | 21   | 22   | 23   | 24   |
|------------|---|---|---|---|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| ENERO      |   |   |   |   |   | 23.4 | 23.5 | 23.8 | 27.4 | 29.4 | 30.6 | 31.4 | 32.0 | 32.6 | 33.0 | 32.4 | 31.7 | 30.9 | 27.6 | 27.1 | 26.7 | 25.7 | 25.3 | 25.0 |
| FEBRERO    |   |   |   |   |   | 22.4 | 22.4 | 23.4 | 25.2 | 28.2 | 29.4 | 31.4 | 30.5 | 30.8 | 31.0 | 31.3 |      |      |      |      |      |      |      |      |
| MARZO      |   |   |   |   |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| ABRIL      |   |   |   |   |   | 24.4 | 26.8 | 26.2 | 25.6 | 27.4 | 28.6 | 29.4 | 31.0 | 31.6 | 32.0 | 31.6 | 31.2 | 30.6 |      |      |      |      |      |      |
| MAYO       |   |   |   |   |   | 22.2 | 22.7 | 23.2 | 24.0 | 28.4 | 28.8 | 29.6 | 30.0 | 30.6 | 31.4 | 32.2 | 31.8 | 31.0 | 30.0 | 29.6 | 29.0 | 28.6 | 28.0 |      |
| JUNIO      |   |   |   |   |   | 26.9 | 27.1 | 27.8 | 28.5 | 29.8 | 30.9 | 31.5 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| JULIO      |   |   |   |   |   | 24.0 | 24.4 | 25.0 | 28.0 | 29.6 | 30.0 | 31.0 | 32.4 | 32.8 | 32.4 | 29.8 | 29.8 | 29.0 | 28.2 | 27.4 |      |      |      |      |
| AGOSTO     |   |   |   |   |   | 25.8 | 26.2 | 29.4 | 31.0 | 32.6 |      |      | 33.4 | 33.8 | 34.0 | 33.6 | 33.2 | 32.6 | 29.7 | 29.2 | 28.7 | 24.6 | 24.0 | 23.8 |
| SEPTIEMBRE |   |   |   |   |   | 23.0 | 23.0 | 25.2 | 27.0 | 30.6 | 30.2 | 30.0 | 30.4 | 30.8 | 31.0 | 30.6 | 30.0 | 29.6 | 29.4 | 29.0 | 28.6 | 27.8 | 27.0 |      |
| OCTUBRE    |   |   |   |   |   | 23.4 | 23.8 | 25.4 | 29.0 | 32.0 | 33.2 | 33.6 | 34.6 | 34.7 | 34.3 | 33.7 | 31.9 | 30.8 | 28.8 | 28.5 | 28.3 | 27.4 | 26.8 | 25.3 |
| NOVIEMBRE  |   |   |   |   |   | 26.2 | 26.8 | 27.8 | 28.8 | 33.0 | 33.8 | 33.4 | 33.4 | 33.7 | 34.5 | 32.9 | 29.4 | 27.2 |      |      |      |      |      |      |
| DICIEMBRE  |   |   |   |   |   | 23.2 | 23.0 | 24.4 | 26.0 | 28.0 | 30.0 | 31.0 | 31.4 | 31.6 | 31.2 | 31.0 | 31.6 | 30.0 |      |      |      |      |      |      |



TABLA HORARIA ANUAL DE TEMPERATURA (1999)

|            | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   | 19   | 20   | 21   | 22   | 23   | 24   |
|------------|---|---|---|---|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| ENERO      |   |   |   |   |   | 21.6 | 21.6 | 24.0 | 26.2 | 28.0 | 29.0 | 24.4 | 29.6 | 29.2 | 29.0 | 29.6 | 29.2 | 28.6 | 27.8 | 27.0 | 26.4 | 26.0 | 24.6 | 24.0 |
| FEBRERO    |   |   |   |   |   | 20.2 | 19.7 | 23.0 | 24.9 | 28.4 | 29.0 | 29.8 | 30.5 | 30.8 | 30.5 | 30.1 | 29.7 | 29.1 |      |      |      |      |      |      |
| MARZO      |   |   |   |   |   | 21.8 | 21.8 | 23.5 | 25.1 | 28.0 | 28.7 | 29.1 | 29.3 | 29.7 | 30.0 | 30.2 | 29.6 | 29   |      |      |      |      |      |      |
| ABRIL      |   |   |   |   |   | 25.8 | 26.0 | 27.6 | 30.0 | 30.0 | 32.6 | 29.0 | 31.8 | 32.0 | 31.8 | 30.7 | 30.0 | 29.7 |      |      |      |      |      |      |
| MAYO       |   |   |   |   |   | 26.0 | 27.8 | 30.2 | 31.2 | 31.4 | 31.4 | 29.4 | 31.0 | 30.6 | 30.0 | 30.6 | 28.4 | 28.8 |      |      |      |      |      |      |
| JUNIO      |   |   |   |   |   | 25.8 | 26.8 | 28.6 | 29.9 | 29.6 | 27.6 | 28.6 | 29.0 | 27.8 | 27.8 | 27.0 | 26.6 | 26.2 | 26.0 | 25.6 | 25.2 | 25.6 | 25.4 |      |
| JULIO      |   |   |   |   |   | 25.2 | 25.6 | 26.8 | 28.6 | 30.6 | 31.4 | 31.6 | 32.2 | 22.5 | 32.0 | 31.2 | 30.6 | 30.0 | 29.2 | 28.4 |      |      |      |      |
| AGOSTO     |   |   |   |   |   | 25.0 | 25.2 | 25.4 | 25.8 | 27.6 | 28.4 | 29.4 | 30.5 | 31.0 | 31.0 | 30.3 | 29.7 | 29.2 | 28.2 | 27.3 | 26.7 |      |      |      |
| SEPTIEMBRE |   |   |   |   |   | 23.6 | 23.8 | 25.0 | 27.8 | 30.2 | 29.8 | 29.6 | 30.4 | 30.2 | 30.3 | 30.6 | 30.4 | 30.0 |      |      |      |      |      |      |
| OCTUBRE    |   |   |   |   |   | 24.8 | 25.8 | 27.2 | 29.4 | 29.2 | 28.2 | 28.8 | 29.6 | 29.8 | 29.4 | 29.2 | 29.0 | 28.0 | 27.6 | 27.2 | 26.4 | 26.0 | 25.6 |      |
| NOVIEMBRE  |   |   |   |   |   | 23.6 | 24.8 | 25.0 | 26.2 | 29.6 | 29.6 | 29.6 | 30.0 | 30.2 | 30.0 | 29.6 | 29.4 | 29.0 | 28.0 | 27.4 | 26.6 | 26.0 |      |      |
| DICIEMBRE  |   |   |   |   |   | 23.6 | 23.2 | 25.4 | 26.5 | 28.4 | 29.8 | 30.0 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |

TABLA HORARIA ANUAL DE TEMPERATURA (2000)

|            | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   | 19   | 20   | 21   | 22   | 23   | 24   |
|------------|---|---|---|---|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| ENERO      |   |   |   |   |   | 20.2 | 20.4 | 23.8 | 26.6 | 28.4 | 28.3 | 28.2 | 29.6 | 29.8 | 30.0 | 29.6 | 29.0 | 28.4 | 26.1 | 24.2 | 23.6 |      |      |      |
| FEBRERO    |   |   |   |   |   | 21.2 | 21.4 | 25.0 | 28.4 | 29.2 | 29.6 | 29.8 | 30.8 | 31.2 | 31.0 | 31.0 | 30.6 | 30.0 | 29.6 | 29.0 | 28.0 | 27.6 | 27.0 | 26.0 |
| MARZO      |   |   |   |   |   | 21.4 | 21.4 | 25.8 | 28.4 | 29.6 | 29.2 | 30.4 | 30.8 | 30.6 | 30.2 | 30.6 | 30.0 | 29.4 | 28.4 | 28.0 | 27.4 |      |      |      |
| ABRIL      |   |   |   |   |   | 24.0 | 24.4 | 26.0 | 29.0 | 30.6 | 31.0 | 31.4 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| MAYO       |   |   |   |   |   | 27.0 | 26.8 | 27.3 | 28.2 | 28.9 | 29.3 | 29.0 | 29.6 | 30.0 | 29.5 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| JUNIO      |   |   |   |   |   | 22.8 | 23.4 | 24.8 | 25.4 | 26.8 | 28.2 | 29.0 | 29.1 | 29.6 | 29.9 | 29.4 | 28.8 | 28.5 | 27.3 | 26.8 | 26.2 | 23.7 | 25.6 | 25.4 |
| JULIO      |   |   |   |   |   | 25.4 | 26.4 | 27.6 | 28.4 | 30.2 | 31.6 | 31.4 | 32.4 | 31.8 | 31.0 | 31.6 | 32.0 | 30.8 | 28.7 | 28.3 | 27.9 | 27.4 | 27.2 | 27.0 |
| AGOSTO     |   |   |   |   |   | 25.8 | 26.2 | 28.7 | 25.8 | 32.4 | 33.6 | 32.8 | 33.0 | 32.2 | 33.6 | 32.6 | 32.4 | 32.0 | 30.8 | 29.6 | 28.6 |      |      |      |
| SEPTIEMBRE |   |   |   |   |   | 24.6 | 25.0 | 26.8 | 28.2 | 29.6 | 30.6 | 30.6 | 30.6 | 31.0 | 30.8 | 31.0 | 30.8 | 31.0 | 29.5 | 28.0 | 27.6 |      |      |      |
| OCTUBRE    |   |   |   |   |   | 23.4 | 25.4 | 27.4 | 28.4 | 30.4 | 31.8 | 31.2 | 32.6 | 33.8 | 33.8 | 32.4 |      |      |      |      |      |      |      |      |
| NOVIEMBRE  |   |   |   |   |   | 24.2 | 25.1 | 26.0 | 30.2 | 31.6 | 32.8 | 33.2 | 33.6 | 33.8 | 34.0 | 33.6 | 32.8 | 30.6 | 30.0 | 29.4 | 28.6 | 28.0 |      |      |
| DICIEMBRE  |   |   |   |   |   | 22.2 | 22.2 | 24.8 | 27.4 | 28.2 | 29.0 | 29.8 | 30.6 | 31.0 | 30.6 | 30   | 29.6 | 29.0 | 28.4 | 27.4 | 26.6 |      |      |      |

TABLA HORARIA ANUAL DE TEMPERATURA (resumen)

|            | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   | 19   | 20   | 21   | 22   | 23   | 24   | TPM  |
|------------|---|---|---|---|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| ENERO      |   |   |   |   |   | 22.3 | 22.4 | 23.7 | 26.0 | 28.2 | 29.3 | 29.5 | 30.5 | 30.6 | 30.5 | 30.6 | 29.7 | 29.0 | 27.4 | 26.4 | 25.9 | 25.9 | 25.2 | 24.6 | 27.2 |
| FEBRERO    |   |   |   |   |   | 23.4 | 23.4 | 25.3 | 27.2 | 26.0 | 26.7 | 30.5 | 30.9 | 31.1 | 31.1 | 31.0 | 30.4 | 31.0 | 28.8 | 27.9 | 27.3 | 26.7 | 26.2 | 25.9 | 27.9 |
| MARZO      |   |   |   |   |   | 23.3 | 23.3 | 25.5 | 26.8 | 29.1 | 29.4 | 29.8 | 30.5 | 30.5 | 30.5 | 30.2 | 30.1 | 29.6 | 28.3 | 27.6 | 27.1 | 26.3 | 26.1 | 25.4 | 27.8 |
| ABRIL      |   |   |   |   |   | 24.8 | 25.8 | 27.3 | 28.7 | 29.8 | 30.9 | 31.1 | 31.6 | 31.7 | 31.7 | 31.2 | 30.7 | 30.0 | 28.8 | 28.5 | 28.0 | 27.7 | 27.3 | 27.1 | 29.1 |
| MAYO       |   |   |   |   |   | 25.8 | 26.6 | 28.5 | 29.4 | 30.5 | 30.7 | 30.6 | 31.4 | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 30.7 | 30.0 | 29.6 | 28.9 | 28.5 | 27.7 | 27.6 | 26.0 | 29.3 |
| JUNIO      |   |   |   |   |   | 25.7 | 26.2 | 27.8 | 29.1 | 30.5 | 30.5 | 30.8 | 30.8 | 30.6 | 30.6 | 31.2 | 29.5 | 29.6 | 27.8 | 27.2 | 26.1 | 26.0 | 26.4 | 27.1 | 28.6 |
| JULIO      |   |   |   |   |   | 24.9 | 25.4 | 26.9 | 28.3 | 29.9 | 30.8 | 31.3 | 31.9 | 31.2 | 32.2 | 31.8 | 31.2 | 30.2 | 28.5 | 27.6 | 27.0 | 26.6 | 26.2 | 25.7 | 28.8 |
| AGOSTO     |   |   |   |   |   | 24.9 | 25.3 | 26.8 | 27.8 | 30.1 | 31.3 | 31.7 | 32.3 | 32.7 | 32.8 | 31.8 | 31.4 | 30.8 | 29.6 | 28.9 | 28.4 | 27.5 | 27.0 | 26.4 | 29.3 |
| SEPTIEMBRE |   |   |   |   |   | 24.4 | 24.7 | 25.9 | 27.1 | 29.1 | 30.0 | 30.4 | 30.8 | 30.7 | 30.6 | 30.6 | 29.8 | 28.9 | 29.0 | 28.3 | 27.9 | 27.4 | 27.1 | 27.1 | 28.4 |
| OCTUBRE    |   |   |   |   |   | 24.1 | 24.8 | 26.8 | 28.7 | 30.4 | 31.2 | 31.7 | 32.2 | 32.6 | 32.4 | 31.9 | 30.8 | 29.6 | 28.8 | 27.7 | 27.8 | 27.2 | 25.9 | 26.7 | 29.0 |
| NOVIEMBRE  |   |   |   |   |   | 23.9 | 24.3 | 26.0 | 27.8 | 29.9 | 31.4 | 31.8 | 32.0 | 32.3 | 32.2 | 31.4 | 30.0 | 29.3 | 28.4 | 27.4 | 26.8 | 26.2 | 25.5 | 25.0 | 28.5 |
| DICIEMBRE  |   |   |   |   |   | 22.7 | 23.0 | 24.3 | 26.1 | 29.4 | 30.1 | 30.7 | 31.2 | 31.5 | 31.6 | 31.0 | 30.6 | 29.8 | 29.3 | 28.3 | 27.5 | 27.3 | 26.8 | 26.2 | 28.3 |
| ANUAL      |   |   |   |   |   | 24.2 | 24.6 | 26.2 | 27.7 | 29.4 | 30.2 | 30.8 | 31.3 | 31.4 | 31.5 | 31.2 | 30.4 | 29.8 | 28.7 | 27.9 | 27.3 | 26.9 | 26.4 | 26.1 | 28.5 |

# Humedades horarias de la población de Puerto Ángel Oaxaca

TABLA HORARIA ANUAL DE HUMEDAD RELATIVA (1991)

|            | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
|------------|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| ENERO      |   |   |   |   |   | 77 | 79 | 74 | 69 | 65 | 61 | 65 | 63 | 61 | 65 | 63 | 67 | 72 | 78 | 82 | 82 | 79 | 80 | 80 |
| FEBRERO    |   |   |   |   |   | 80 | 77 | 71 | 68 | 65 | 66 | 65 | 66 | 70 | 59 | 55 | 62 | 70 | 72 | 74 | 75 | 79 | 79 | 80 |
| MARZO      |   |   |   |   |   | 89 | 81 | 76 | 78 | 76 | 71 | 72 | 69 | 69 | 67 | 66 | 67 | 70 | 65 | 69 | 71 | 84 | 78 | 77 |
| ABRIL      |   |   |   |   |   | 94 | 93 | 82 | 95 | 65 | 62 | 59 | 71 | 84 | 81 | 73 | 75 | 79 | 81 | 82 | 85 | 87 | 88 | 83 |
| MAYO       |   |   |   |   |   | 85 | 81 | 72 | 68 | 68 | 66 | 66 | 64 | 65 | 69 | 71 | 72 | 73 | 76 | 77 | 78 | 81 | 81 | 81 |
| JUNIO      |   |   |   |   |   | 85 | 83 | 80 | 78 | 77 | 80 | 83 |    | 82 | 86 | 81 | 81 | 78 | 81 | 78 | 92 | 90 | 89 | 89 |
| JULIO      |   |   |   |   |   | 82 | 85 | 79 | 74 | 68 | 63 | 63 | 61 | 61 | 59 | 67 | 68 | 68 | 69 | 83 | 81 | 83 | 84 | 86 |
| AGOSTO     |   |   |   |   |   | 87 | 86 | 80 | 76 | 66 | 64 | 62 | 61 | 60 | 57 | 58 | 63 | 64 | 71 | 72 | 74 | 76 | 76 | 77 |
| SEPTIEMBRE |   |   |   |   |   | 78 | 76 | 73 | 62 | 62 | 62 | 64 | 66 | 68 | 65 | 68 | 72 | 77 | 79 | 80 | 81 | 79 | 80 | 78 |
| OCTUBRE    |   |   |   |   |   | 92 | 89 | 85 | 80 | 67 | 67 | 66 | 67 | 69 | 68 | 64 | 71 | 69 | 70 | 74 | 74 | 76 | 80 | 82 |
| NOVIEMBRE  |   |   |   |   |   | 91 | 91 | 86 | 85 | 71 | 71 | 71 | 70 | 70 | 70 | 72 | 75 | 73 | 78 | 82 | 82 | 87 | 86 | 89 |
| DICIEMBRE  |   |   |   |   |   | 87 | 87 | 85 | 79 | 70 | 71 | 69 | 74 | 76 | 78 | 82 | 84 | 86 | 88 | 82 | 80 | 84 | 88 | 88 |

TABLA HORARIA ANUAL DE HUMEDAD RELATIVA (1992)

|            | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
|------------|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| ENERO      |   |   |   |   |   | 93 | 90 | 92 | 89 | 81 | 80 | 77 | 73 | 70 | 74 | 74 | 76 | 78 | 89 | 90 | 84 | 87 | 91 | 91 |
| FEBRERO    |   |   |   |   |   | 69 | 79 | 81 | 77 | 78 | 78 | 69 | 67 | 68 | 66 | 66 | 68 | 68 | 71 | 79 | 81 | 85 | 81 | 79 |
| MARZO      |   |   |   |   |   | 89 | 82 | 73 | 69 | 73 | 71 | 72 | 73 | 66 | 67 | 68 | 70 | 75 |    |    |    |    |    |    |
| ABRIL      |   |   |   |   |   | 81 | 82 | 81 | 80 | 76 | 70 | 70 | 72 | 73 | 76 | 74 | 74 | 75 | 78 | 73 | 75 | 75 | 76 | 78 |
| MAYO       |   |   |   |   |   | 72 | 71 | 64 | 66 | 68 | 67 | 66 | 72 | 69 | 69 | 72 | 64 | 61 | 60 | 56 | 58 | 65 | 66 | 68 |
| JUNIO      |   |   |   |   |   | 85 | 83 | 73 | 72 | 69 | 68 | 69 | 77 | 73 | 75 | 80 | 82 | 83 | 84 | 91 | 91 | 91 | 94 | 94 |
| JULIO      |   |   |   |   |   | 85 | 86 | 86 | 87 | 82 | 77 | 79 | 77 | 77 | 73 | 72 | 80 | 82 | 79 | 79 | 79 | 83 | 87 | 87 |
| AGOSTO     |   |   |   |   |   | 84 | 84 | 85 | 81 | 75 | 70 | 70 |    |    |    |    |    |    | 88 | 90 | 92 | 92 | 93 | 93 |
| SEPTIEMBRE |   |   |   |   |   | 91 | 91 | 92 | 92 |    |    |    | 95 | 97 | 94 | 91 | 89 | 92 | 95 | 94 | 95 | 94 | 94 | 92 |
| OCTUBRE    |   |   |   |   |   | 85 | 85 | 76 | 68 | 60 | 62 | 60 | 60 | 63 | 65 | 64 | 65 | 70 | 75 | 77 | 79 | 80 | 79 | 82 |
| NOVIEMBRE  |   |   |   |   |   | 93 | 91 | 83 | 74 | 70 | 67 | 62 | 66 | 64 | 68 | 71 | 75 | 78 | 81 | 86 | 87 | 89 | 89 | 87 |
| DICIEMBRE  |   |   |   |   |   | 82 | 77 | 72 | 74 | 75 | 70 | 73 | 69 | 72 | 68 | 69 | 72 | 72 | 80 | 89 | 91 | 91 | 91 | 94 |

TABLA HORARIA ANUAL DE HUMEDAD RELATIVA (1993)

|            | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
|------------|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| ENERO      |   |   |   |   |   | 93 | 90 | 89 | 79 | 77 | 76 | 81 | 69 | 70 | 69 | 69 | 70 | 72 |    |    |    |    |    |    |
| FEBRERO    |   |   |   |   |   | 82 | 81 | 75 | 74 | 66 | 66 | 65 | 64 | 69 | 70 | 69 | 73 | 73 | 89 | 90 | 91 | 91 | 90 | 94 |
| MARZO      |   |   |   |   |   | 93 | 90 | 84 | 83 | 72 | 78 | 76 | 73 | 70 | 70 | 75 | 79 | 81 | 84 | 89 |    |    |    |    |
| ABRIL      |   |   |   |   |   | 78 | 73 | 77 | 72 | 70 | 68 | 74 | 80 | 72 | 68 | 70 | 72 | 75 | 79 | 79 | 77 | 77 | 77 | 78 |
| MAYO       |   |   |   |   |   | 89 | 83 | 83 | 82 | 79 | 76 | 75 | 73 | 72 | 70 | 77 | 79 | 76 | 78 | 79 | 82 | 83 | 85 | 85 |
| JUNIO      |   |   |   |   |   | 93 | 93 | 86 | 81 | 80 | 81 | 80 | 77 | 78 | 78 | 79 | 81 | 83 |    |    |    |    |    |    |
| JULIO      |   |   |   |   |   | 93 | 90 | 81 | 81 | 73 | 73 | 67 | 65 | 64 | 65 | 68 | 70 | 72 | 78 | 83 | 85 | 88 | 89 | 89 |
| AGOSTO     |   |   |   |   |   | 94 | 90 | 93 | 89 | 82 | 83 | 92 | 84 | 76 | 75 | 83 | 78 | 82 |    |    |    |    |    |    |
| SEPTIEMBRE |   |   |   |   |   | 97 | 98 | 98 | 98 | 92 | 89 | 84 | 87 | 87 | 87 | 90 | 92 | 92 |    |    |    |    |    |    |
| OCTUBRE    |   |   |   |   |   | 84 | 81 | 84 | 77 | 68 | 61 | 61 | 63 | 62 | 63 | 63 | 64 | 65 | 69 | 72 | 73 | 74 | 75 | 74 |
| NOVIEMBRE  |   |   |   |   |   | 88 | 85 | 86 | 85 | 64 | 62 | 64 | 66 | 66 | 68 | 71 | 74 | 74 | 78 | 79 | 82 |    |    |    |
| DICIEMBRE  |   |   |   |   |   | 91 | 87 | 87 | 85 | 67 | 67 | 62 | 63 | 63 | 62 | 73 | 70 | 78 |    |    |    |    |    |    |

TABLA HORARIA ANUAL DE HUMEDAD RELATIVA (1994)

|            | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
|------------|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| ENERO      |   |   |   |   |   | 88 | 88 | 84 | 83 | 78 | 73 | 69 | 73 | 70 | 71 | 74 | 73 | 73 |    |    |    |    |    |    |
| FEBRERO    |   |   |   |   |   | 81 | 77 | 88 | 64 | 64 | 64 | 63 | 68 | 68 | 68 | 71 | 70 | 70 | 72 | 72 | 72 | 71 | 71 | 71 |
| MARZO      |   |   |   |   |   | 84 | 77 | 68 | 68 | 60 | 62 | 65 | 67 | 67 | 68 | 66 | 65 | 69 | 71 | 71 | 71 | 71 | 71 | 72 |
| ABRIL      |   |   |   |   |   | 59 | 61 | 54 | 53 | 54 | 55 | 60 | 58 | 59 | 58 | 59 | 59 | 61 | 63 | 64 | 66 | 66 | 69 | 70 |
| MAYO       |   |   |   |   |   | 70 | 70 | 66 | 60 | 62 | 65 | 76 | 70 | 64 | 62 | 64 | 59 | 60 |    |    |    |    |    |    |
| JUNIO      |   |   |   |   |   | 69 | 72 | 69 | 65 | 63 | 68 | 64 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| JULIO      |   |   |   |   |   | 93 | 87 | 88 | 75 | 72 | 76 | 73 | 77 | 68 | 68 | 71 | 71 | 73 | 79 | 84 | 84 | 84 | 84 | 84 |
| AGOSTO     |   |   |   |   |   | 84 | 88 | 73 | 72 | 78 | 67 | 67 | 62 | 61 | 64 | 71 | 74 | 72 |    |    |    |    |    |    |
| SEPTIEMBRE |   |   |   |   |   | 82 | 74 | 67 | 65 | 64 | 65 | 64 | 59 | 60 | 59 | 62 | 61 | 64 | 72 | 72 | 75 | 73 | 75 | 76 |
| OCTUBRE    |   |   |   |   |   | 91 | 88 | 77 | 76 | 78 | 75 | 74 | 73 | 73 | 70 | 73 | 76 | 83 | 84 |    |    |    |    |    |
| NOVIEMBRE  |   |   |   |   |   | 92 | 92 | 85 | 84 | 88 | 74 | 74 | 74 | 72 | 71 | 70 | 71 | 73 | 71 |    |    |    |    |    |
| DICIEMBRE  |   |   |   |   |   | 87 | 88 | 86 | 80 | 74 | 70 | 70 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |



TABLA HORARIA ANUAL DE HUMEDAD RELATIVA (1995)

|            | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
|------------|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| ENERO      |   |   |   |   |   | 80 | 78 | 75 | 75 | 72 | 69 | 67 | 69 | 67 | 74 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| FEBRERO    |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| MARZO      |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| ABRIL      |   |   |   |   |   | 91 | 83 | 75 | 79 | 79 | 76 | 72 | 64 | 65 | 64 | 66 | 67 | 67 | 87 | 82 | 82 | 82 | 83 | 82 |
| MAYO       |   |   |   |   |   | 85 | 83 | 76 | 76 | 72 | 71 | 70 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| JUNIO      |   |   |   |   |   | 83 | 83 | 81 | 76 | 71 | 77 | 77 | 63 | 62 | 62 | 63 | 67 | 75 | 75 | 80 | 81 | 81 | 82 | 82 |
| JULIO      |   |   |   |   |   | 93 | 93 | 89 | 86 | 75 | 75 | 75 | 71 | 71 | 71 | 70 | 69 | 71 | 70 | 73 | 78 | 80 | 80 | 81 |
| AGOSTO     |   |   |   |   |   | 84 | 83 | 84 | 84 | 85 | 85 | 83 | 79 | 79 | 77 | 74 | 73 | 73 | 73 | 72 | 73 | 73 | 74 | 74 |
| SEPTIEMBRE |   |   |   |   |   | 90 | 81 | 82 | 82 | 75 | 75 | 75 | 73 | 72 | 72 | 72 | 73 | 73 | 73 | 74 | 74 | 75 | 76 | 75 |
| OCTUBRE    |   |   |   |   |   | 81 | 84 | 82 | 83 | 81 | 88 | 75 | 72 | 69 | 68 | 70 | 72 | 72 |    |    |    |    |    |    |
| NOVIEMBRE  |   |   |   |   |   | 93 | 92 | 90 | 88 | 83 | 75 | 71 | 68 | 67 | 66 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| DICIEMBRE  |   |   |   |   |   | 98 | 99 | 90 | 87 | 74 | 76 | 74 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |

TABLA HORARIA ANUAL DE HUMEDAD RELATIVA (1996)

|            | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
|------------|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| ENERO      |   |   |   |   |   | 75 | 77 | 78 | 76 | 68 | 68 | 67 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| FEBRERO    |   |   |   |   |   | 82 | 85 | 71 | 62 | 60 | 59 | 57 | 58 | 59 | 59 | 58 | 58 | 60 | 73 | 77 | 79 | 83 | 84 | 85 |
| MARZO      |   |   |   |   |   | 84 | 84 | 81 | 80 | 66 | 67 | 69 | 69 | 67 | 67 | 67 | 66 | 71 | 71 | 71 | 72 | 72 | 74 |    |
| ABRIL      |   |   |   |   |   | 81 | 81 | 75 | 71 | 66 | 67 | 66 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| MAYO       |   |   |   |   |   | 86 | 83 | 73 | 70 | 72 | 68 | 67 | 67 | 66 | 66 | 66 | 66 | 68 |    |    |    |    |    |    |
| JUNIO      |   |   |   |   |   | 87 | 92 | 80 | 80 | 73 | 69 | 74 | 60 | 62 | 66 | 70 | 70 | 70 |    |    |    |    |    |    |
| JULIO      |   |   |   |   |   | 85 | 83 | 79 | 76 | 75 | 72 | 71 | 70 | 70 | 70 | 67 | 68 | 68 |    |    |    |    |    |    |
| AGOSTO     |   |   |   |   |   | 89 | 85 | 83 | 75 | 70 | 72 | 70 | 65 | 65 | 72 | 83 | 84 | 84 | 90 | 92 | 93 | 94 | 95 | 95 |
| SEPTIEMBRE |   |   |   |   |   | 92 | 92 | 96 | 95 | 90 | 92 | 87 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| OCTUBRE    |   |   |   |   |   | 96 | 95 | 87 | 84 | 78 | 73 | 74 | 74 | 73 | 73 | 74 | 77 | 82 | 82 | 85 | 87 | 87 | 89 |    |
| NOVIEMBRE  |   |   |   |   |   | 85 | 87 | 79 | 75 | 73 | 71 | 68 | 68 | 68 | 67 | 68 | 67 | 72 | 73 | 74 | 76 | 76 | 76 |    |
| DICIEMBRE  |   |   |   |   |   | 0  | 91 | 84 | 77 | 70 | 70 | 73 | 70 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |

TABLA HORARIA ANUAL DE HUMEDAD RELATIVA (1997)

|            | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
|------------|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| ENERO      |   |   |   |   |   | 89 | 89 | 83 | 73 | 74 | 65 | 69 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| FEBRERO    |   |   |   |   |   | 91 | 91 | 81 | 83 | 83 | 76 | 80 | 73 | 72 | 70 | 70 | 72 | 73 |    |    |    |    |    |    |
| MARZO      |   |   |   |   |   | 92 | 92 | 90 | 91 | 89 | 89 | 87 | 85 | 85 | 85 | 84 | 85 | 85 |    |    |    |    |    |    |
| ABRIL      |   |   |   |   |   | 87 | 85 | 86 | 86 | 66 | 66 | 75 | 73 | 73 | 73 | 73 | 75 | 76 | 75 | 77 | 78 | 78 | 78 |    |
| MAYO       |   |   |   |   |   | 89 | 80 | 69 | 71 | 75 | 74 | 73 | 71 | 68 | 67 | 75 | 74 | 76 | 81 | 84 | 87 | 87 | 86 | 87 |
| JUNIO      |   |   |   |   |   | 93 | 88 | 80 | 66 | 58 | 66 | 66 | 66 | 67 | 66 | 68 | 70 | 71 |    |    |    |    |    |    |
| JULIO      |   |   |   |   |   | 90 | 90 | 83 | 77 | 79 | 85 | 78 | 75 | 74 | 73 | 72 | 72 | 73 | 74 | 76 | 78 | 79 | 79 |    |
| AGOSTO     |   |   |   |   |   | 80 | 85 | 90 | 80 | 71 | 64 | 73 | 71 | 70 | 67 | 67 | 68 | 69 | 71 | 74 | 74 | 77 | 78 |    |
| SEPTIEMBRE |   |   |   |   |   | 88 | 88 | 86 | 81 | 70 | 68 | 67 | 65 | 65 | 70 | 71 | 75 | 87 |    |    |    |    |    |    |
| OCTUBRE    |   |   |   |   |   | 87 | 83 | 76 | 78 | 80 | 74 | 74 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| NOVIEMBRE  |   |   |   |   |   | 87 | 92 | 87 | 81 | 74 | 70 | 73 | 73 | 72 | 72 | 73 | 73 | 74 | 80 | 85 | 88 | 90 | 92 | 92 |
| DICIEMBRE  |   |   |   |   |   | 84 | 82 | 86 | 81 | 74 | 67 | 67 | 63 | 63 | 63 | 63 | 64 | 64 |    |    |    |    |    |    |

TABLA HORARIA ANUAL DE HUMEDAD RELATIVA (1998)

|            | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
|------------|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| ENERO      |   |   |   |   |   | 96 | 98 | 95 | 79 | 75 | 71 | 68 | 66 | 64 | 63 | 66 | 69 | 72 | 85 | 86 | 87 | 89 | 90 | 90 |
| FEBRERO    |   |   |   |   |   | 93 | 94 | 95 | 90 | 85 | 85 | 79 | 68 | 68 | 69 | 69 |    |    |    |    |    |    |    |    |
| MARZO      |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| ABRIL      |   |   |   |   |   | 65 | 63 | 74 | 87 | 86 | 84 | 84 | 77 | 74 | 73 | 73 | 73 | 74 |    |    |    |    |    |    |
| MAYO       |   |   |   |   |   | 94 | 92 | 90 | 96 | 69 | 69 | 68 | 69 | 69 | 67 | 66 | 66 | 67 | 69 | 68 | 72 | 72 | 71 |    |
| JUNIO      |   |   |   |   |   | 86 | 85 | 84 | 84 | 78 | 74 | 74 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| JULIO      |   |   |   |   |   | 91 | 90 | 89 | 71 | 68 | 72 | 73 | 72 | 82 | 86 | 92 | 91 | 88 | 95 | 96 |    |    |    |    |
| AGOSTO     |   |   |   |   |   | 90 | 89 | 81 | 76 | 72 |    |    | 69 | 69 | 70 | 68 | 68 | 68 | 81 | 82 | 81 | 96 | 97 | 98 |
| SEPTIEMBRE |   |   |   |   |   | 96 | 98 | 93 | 90 | 78 | 76 | 79 | 79 | 78 | 79 | 79 | 79 | 79 | 79 | 78 | 78 | 79 | 82 |    |
| OCTUBRE    |   |   |   |   |   | 93 | 93 | 93 | 81 | 70 | 76 | 67 | 63 | 62 | 63 | 64 | 74 | 75 | 85 | 85 | 85 | 84 | 86 | 91 |
| NOVIEMBRE  |   |   |   |   |   | 79 | 79 | 75 | 70 | 70 | 70 | 70 | 64 | 63 | 63 | 63 | 74 | 84 |    |    |    |    |    |    |
| DICIEMBRE  |   |   |   |   |   | 91 | 91 | 88 | 84 | 78 | 72 | 73 | 73 | 73 | 73 | 73 | 73 | 72 |    |    |    |    |    |    |

TABLA HORARIA ANUAL DE HUMEDAD RELATIVA (1999)

|            | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
|------------|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| ENERO      |   |   |   |   |   | 98 | 96 | 84 | 77 | 82 | 80 | 80 | 79 | 78 | 78 | 79 | 78 | 78 | 79 | 82 | 83 | 84 | 84 | 84 |
| FEBRERO    |   |   |   |   |   | 89 | 90 | 81 | 76 | 67 | 71 | 72 | 72 | 73 | 75 | 77 | 76 | 78 |    |    |    |    |    |    |
| MARZO      |   |   |   |   |   | 83 | 79 | 74 | 73 | 72 | 72 | 70 | 74 | 75 | 73 | 74 | 75 | 76 |    |    |    |    |    |    |
| ABRIL      |   |   |   |   |   | 89 | 77 | 83 | 74 | 79 | 71 | 97 | 72 | 71 | 71 | 75 | 77 | 78 |    |    |    |    |    |    |
| MAYO       |   |   |   |   |   | 90 | 78 | 71 | 74 | 73 | 73 | 87 | 79 | 79 | 77 | 79 | 82 | 82 |    |    |    |    |    |    |
| JUNIO      |   |   |   |   |   | 85 | 86 | 81 | 77 | 80 | 84 | 82 | 81 | 83 | 83 | 85 | 84 | 84 | 84 | 84 | 83 | 83 | 84 |    |
| JULIO      |   |   |   |   |   | 90 | 87 | 88 | 85 | 80 | 82 | 84 | 69 | 68 | 68 | 69 | 71 | 70 | 72 | 75 | 75 |    |    |    |
| AGOSTO     |   |   |   |   |   | 92 | 92 | 92 | 82 | 89 | 89 | 76 | 75 | 75 | 79 | 76 | 78 | 80 | 84 | 84 | 84 |    |    |    |
| SEPTIEMBRE |   |   |   |   |   | 90 | 91 | 89 | 82 | 81 | 84 | 87 | 83 | 84 | 85 | 84 | 84 | 85 |    |    |    |    |    |    |
| OCTUBRE    |   |   |   |   |   | 96 | 89 | 90 | 87 | 85 | 94 | 87 | 89 | 84 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 84 | 84 | 84 |    |
| NOVIEMBRE  |   |   |   |   |   | 80 | 87 | 87 | 79 | 86 | 84 | 87 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 84 |    |
| DICIEMBRE  |   |   |   |   |   | 79 | 80 | 73 | 72 | 73 | 70 | 70 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |

TABLA HORARIA ANUAL DE HUMEDAD RELATIVA (2000)

|            | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
|------------|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| ENERO      |   |   |   |   |   | 94 | 91 | 79 | 76 | 85 | 87 | 89 | 81 | 81 | 81 | 81 | 82 | 83 | 82 | 77 | 76 |    |    |    |
| FEBRERO    |   |   |   |   |   | 91 | 91 | 88 | 82 | 91 | 94 | 94 | 86 | 84 | 84 | 84 | 84 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 84 |
| MARZO      |   |   |   |   |   | 98 | 96 | 77 | 82 | 92 | 94 | 94 | 91 | 91 | 91 | 91 | 92 | 90 | 90 |    |    |    |    |    |
| ABRIL      |   |   |   |   |   | 91 | 90 | 84 | 78 | 75 | 75 | 74 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| MAYO       |   |   |   |   |   | 75 | 75 | 75 | 73 | 72 | 71 | 72 | 71 | 69 | 68 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| JUNIO      |   |   |   |   |   | 88 | 90 | 84 | 75 | 79 | 77 | 69 | 67 | 67 | 69 | 72 | 73 | 79 | 85 | 84 | 86 | 88 | 88 | 89 |
| JULIO      |   |   |   |   |   | 89 | 84 | 81 | 78 | 69 | 64 | 67 | 62 | 63 | 63 | 64 | 64 | 66 | 73 | 73 | 74 | 75 | 77 | 78 |
| AGOSTO     |   |   |   |   |   | 87 | 90 | 78 | 87 | 66 | 65 | 56 | 60 | 60 | 61 | 62 | 62 | 62 | 63 | 66 | 68 |    |    |    |
| SEPTIEMBRE |   |   |   |   |   | 91 | 89 | 83 | 84 | 79 | 78 | 79 | 78 | 77 | 76 | 77 | 76 | 76 | 76 | 78 | 78 |    |    |    |
| OCTUBRE    |   |   |   |   |   | 87 | 80 | 74 | 70 | 71 | 67 | 72 | 70 | 64 | 63 | 64 |    |    |    |    |    |    |    |    |
| NOVIEMBRE  |   |   |   |   |   | 90 | 87 | 84 | 72 | 67 | 70 | 61 | 63 | 63 | 63 | 63 | 63 | 69 | 66 | 66 | 68 | 69 |    |    |
| DICIEMBRE  |   |   |   |   |   | 86 | 85 | 77 | 68 | 70 | 73 | 71 | 67 | 67 | 67 | 66 | 66 | 66 | 66 | 70 | 72 |    |    |    |

TABLA HORARIA ANUAL DE HUMEDAD RELATIVA (resumen)

| TABLA HORARIA ANUAL DE HUMEDAD RELATIVA (resumen) |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     | HPM |
|---------------------------------------------------|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|
|                                                   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |     |     |
| ENERO                                             | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 88 | 88 | 83 | 78 | 76 | 73 | 73 | 72 | 70 | 72 | 72 | 74 | 75 | 83 | 83 | 82 | 85 | 85 | 86 | 79  |     |
| FEBRERO                                           | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 84 | 85 | 81 | 75 | 73 | 73 | 72 | 69 | 70 | 69 | 69 | 70 | 72 | 77 | 80 | 81 | 82 | 82 | 82 | 76  |     |
| MARZO                                             | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 89 | 85 | 78 | 78 | 75 | 76 | 76 | 75 | 73 | 74 | 73 | 75 | 76 | 76 | 78 | 76 | 76 | 74 | 74 | 77  |     |
| ABRIL                                             | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 85 | 82 | 79 | 78 | 78 | 75 | 72 | 70 | 71 | 70 | 70 | 71 | 72 | 76 | 76 | 77 | 78 | 79 | 78 | 75  |     |
| MAYO                                              | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 84 | 80 | 74 | 74 | 71 | 70 | 72 | 71 | 69 | 68 | 71 | 70 | 70 | 73 | 73 | 75 | 78 | 78 | 80 | 74  |     |
| JUNIO                                             | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 85 | 86 | 80 | 75 | 73 | 74 | 74 | 70 | 72 | 73 | 75 | 76 | 78 | 82 | 83 | 87 | 87 | 87 | 89 | 79  |     |
| JULIO                                             | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 89 | 88 | 84 | 79 | 74 | 74 | 73 | 70 | 70 | 70 | 71 | 72 | 73 | 76 | 80 | 79 | 81 | 83 | 84 | 77  |     |
| AGOSTO                                            | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 87 | 88 | 84 | 82 | 76 | 74 | 73 | 70 | 70 | 70 | 72 | 73 | 74 | 77 | 79 | 80 | 85 | 86 | 87 | 78  |     |
| SEPTIEMBRE                                        | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 88 | 86 | 85 | 81 | 74 | 73 | 74 | 73 | 74 | 72 | 74 | 75 | 78 | 79 | 79 | 80 | 79 | 81 | 80 | 78  |     |
| OCTUBRE                                           | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 90 | 87 | 83 | 79 | 74 | 74 | 71 | 70 | 69 | 71 | 70 | 74 | 76 | 79 | 80 | 81 | 81 | 82 | 85 | 78  |     |
| NOVIEMBRE                                         | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 88 | 88 | 84 | 79 | 75 | 71 | 70 | 70 | 69 | 69 | 71 | 73 | 76 | 77 | 80 | 81 | 83 | 85 | 89 | 78  |     |
| DICIEMBRE                                         | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 87 | 87 | 83 | 79 | 73 | 71 | 70 | 68 | 68 | 68 | 71 | 72 | 73 | 78 | 80 | 81 | 88 | 90 | 91 | 78  |     |
|                                                   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | HPA | 77  |

## Análisis e interpretación del clima

### FACTORES DEL CLIMA

Los factores climáticos son las condiciones físicas que identifican a una región o lugar específico.

El globo terrestre tiene dos movimientos importantes: uno de rotación, sobre su eje imaginario y otro de traslación alrededor del sol. Ambos movimientos son de vital importancia para la formación de los distintos climas del mundo.

#### Latitud.

Es el ángulo que se mide en grados a partir del Ecuador y este es el punto que se mueve con mayor radio respecto a la rotación.

## **El Ecuador**

Es el punto de partida para medir la latitud, por lo cual, ahí se consideran los 0°. Además, como entre el eje de la tierra y el ecuador hay 90° debido a la perpendicularidad existente, sólo habrá como latitud máxima 90° que invariablemente puede ser norte o sur.

De esta manera, la latitud es la que determina la incidencia de los rayos solares sobre la superficie de la tierra en un punto determinado.

La incidencia de los rayos solares determina la temperatura y depende de las condiciones del cielo la cantidad de radiación que recibe un sitio en particular. Por lo tanto, así se definen los factores térmicos que condicionan la forma, color, textura proporción y relación de vanos y muros. La relación entre latitud y la trayectoria solar es la que determina el asoleamiento de las losas, muros y ventanas. El cual es muy importante para el diseño de estrategias bioclimáticas.

## **Altitud**

Es la distancia vertical de un plano horizontal hasta el nivel del mar. Este factor determina el clima de un lugar. Por que al aumentar la latitud, desciende la temperatura de la atmósfera. De tal forma que los lugares con mayor altitud son más fríos. La temperatura disminuye a razón de 0.56 grados por cada 100.6 mts de altitud en verano y 122 mts en invierno.

## **Relieve**

Es la configuración superficial de la tierra. Determina las corrientes de aire, insolación, vegetación y contenido de humedad en el aire. Una superficie plana tendrá máxima exposición a la radiación solar y a los vientos del lugar. Mientras que un lugar con relieve de montaña genera dos zonas de asoleamiento dependiendo de la orientación y la conformación de las elevaciones la cual ocasionará dos zonas de diferentes temperaturas, dos zonas de exposición a los vientos y adaptación de especies en cada zona.



## **ELEMENTOS DEL CLIMA**

Son las propiedades físicas de la atmósfera. La alteración de una de ellas afecta a todas las demás. Estos elementos son: temperatura, humedad, viento, precipitación, presión atmosférica, nubosidad, radiación, visibilidad y fenómenos especiales.

### **Temperatura**

La temperatura mínima mensual corresponde al promedio de todas las temperaturas mínimas registradas cada día durante el mes, y de igual forma se obtiene la temperatura máxima.

La temperatura media es el promedio de las temperaturas en un periodo determinado de tiempo (mensual, anual o diario), estos datos deben ser normalizados para que tengan valor. Esta permite evaluar el confort térmico de los usuarios.

### **Humedad**

El termino humedad se refiere a la cantidad de vapor de agua contenida en el aire. Esta cantidad varia con el tiempo y de lugar a lugar, la humedad difícilmente llega al 5% con respecto a un volumen dado de aire. Generalmente es menor al 2%.

La cantidad de vapor contenido en la atmósfera es muy importante desde el punto de vista climático ya que este vapor representa la acumulación de energía en forma de calor latente de condensación, el cual se libera al formarse las nubes y es transportado de un lugar a otro por el efecto de viento.

Así también, el vapor de agua absorbe energía radiante de la tierra influyendo así al efecto atmosférico de invernadero.

A una presión y temperatura específica la cantidad de humedad que puede contener el aire tiene un límite definido, el cual es llamado cantidad o humedad de saturación (HS), mientras que a la temperatura en el cual el aire se satura durante un proceso de enfriamiento, se le denomina punto de rocío.

La humedad se expresa en diversas formas:

**Humedad Absoluta (HA).** Es la cantidad de vapor de agua que contiene un volumen dado de aire y se expresa en peso por unidad de volumen (gr./m<sup>3</sup>).

**Humedad Específica (HE).** Es la masa de vapor de agua que contiene una masa de aire (gr/kg).

La humedad específica se usa generalmente para describir las características de humedad de grandes masas de aire.

**Humedad Relativa (HR).** Es la relación que existe entre la cantidad de vapor de agua y la cantidad de saturación del aire a una determinada presión y temperatura; quiere decir que un aire totalmente saturado tendrá una humedad relativa del 100%.

La humedad está íntimamente relacionada con la temperatura. Al calentarse, el aire se dilata o expande y por lo tanto, su capacidad para contener vapor de agua aumenta; por el contrario, si el aire se enfría, se contrae y su humedad de saturación disminuye. Si la temperatura del aire desciende por debajo del punto de rocío; pero arriba de los 0 °C, el vapor de agua se condensa en forma de agua (rocío o niebla), pero si el punto de saturación se da a una temperatura de 0 °C o menor, el vapor de agua se sublima en forma de escarcha, nieve o granizo.

### **Precipitación**

Se denomina precipitación a la caída de humedad atmosférica, ya sea condensada en gotas de agua o congelada en forma de cristales.

La precipitación puede ser de cuatro tipos: Lluvia, escarcha, nieve y granizo.

Un milímetro de precipitación es un litro por metro cuadrado. La precipitación determina la forma, extensión y materiales de la cubierta.

### **Viento**

El viento es uno de los parámetros más importantes a considerar en el proyecto, ya sea para captarlo, evitarlo y controlarlo.

La ventilación es la principal estrategia a tomar en cuenta en los climas cálidos, tanto secos como húmedos así como en climas fríos para controlar las infiltraciones.

El viento se forma por corrientes de aire producidas en la atmósfera. Tiene tres atributos que lo caracterizan: dirección, frecuencia y velocidad.

### **Dirección**

Es la orientación de la que proviene. El viento tiene cambios de dirección y periodos de calma. Se entiende por vientos dominantes la dirección que tiene el viento con mayor frecuencia.

### **Frecuencia**

Es el porcentaje en que se presentó el viento de cada una de las orientaciones más los porcentajes de calma suman el 100%.

Velocidad: Es la distancia recorrida por el flujo de viento en una unidad de tiempo.

Los atributos del viento se representan en la rosa de vientos.

### **Presión atmosférica**

Es el peso del aire dado por unidad de superficie, su unidad es milibar (1 milibar = 10000din/cm<sup>2</sup>).

Las diferencias de presión atmosférica dependen de la temperatura del aire y altitud del lugar. Así, las bajas temperaturas conducen a altas presiones, mientras más frío sea el ambiente más denso es el aire y; a altas temperaturas bajas presiones. A mayor altitud menor presión atmosférica y a menor altitud mayor presión atmosférica.

### **Radiación**

La radiación global es la cantidad total de energía solar que alcanza una fracción de superficie terrestre en un plano horizontal. La cantidad de radiación solar depende de la constante solar, de la latitud de la localidad, del periodo estacional, de las partículas suspendidas en la atmósfera, del albedo de la superficie terrestre y del clima. La radiación global se forma de la radiación directa y de la radiación difusa.

### **Nubosidad**

Se conforma por un conjunto de partículas de agua líquida suspendida en la atmósfera en forma de masa (nubes). El origen se debe a dos aspectos: la condensación del vapor de agua contenida en el aire hasta alcanzar su saturación, descendiendo la temperatura hasta el punto de rocío; por otro lado la presencia de núcleos de condensación de origen natural y orgánico alrededor de los cuales se realiza el paso de vapor de agua líquida en forma de gotas.

### **Visibilidad**

Es la distancia de percepción visual que se alcanza dado el grado de pureza o turbiedad del aire. La claridad con que se determina visualmente un objeto depende del estado de la atmósfera y de la cantidad de luz.

## **CURRICULUM VITAE Del Arq. Rafael Alavéz Ramírez**

### **Arq. Rafael Alavéz Ramírez.**

Nace en Puerto Escondido Oaxaca el 7 de Noviembre de 1971. Cursó sus estudios de Bachillerato en la preparatoria Autónoma Benito Juárez de Oaxaca, en el periodo 1989-1991. Realiza los estudios de Arquitectura en la Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca en el periodo 1992-1996, obteniendo mención honorífica en la tesis de grado.

Cursó la Especialización en Arquitectura Bioclimática en la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, en el periodo Septiembre de 2001 a octubre del 2002, con un promedio de 9.77.

Actualmente ha terminado los créditos de la maestría en diseño en la Universidad Autónoma Metropolitana periodo 2003-2004.

En el ámbito profesional, se ha desarrollado como profesor investigador del CIIDIR-IPN, Unidad Oaxaca.

### **PUBLICACIONES:**

FERNÁNDEZ A. ALAVÉZ R. (1997) "Diseño y Construcción de un aula magna muy económica", Avances y resultados de investigación. CIIDIR IPN Oaxaca. Pág. 5-7.

A. FERNÁNDEZ, R. ALAVÉZ AND P. MONTES.

"Small, Resistant, Durable and low cost houses", Ferro-7, Proceeding of the Seventh International Symposium On Ferrocement and Thin Reinforced Cement Composites. National University of Singapore June 27-29, 2001. Pág. 307-315.

A. RAMIREZ, L. LIRA, V. FUENTES, B. GUSTAVO

Comportamiento termofísico de materiales como alternativa de construcción; presentado en la XXVII Semana Nacional de Energía Solar, Chihuahua del 6 la 10 de octubre, 2003.

A. FERNÁNDEZ, P. MONTES, T. CABALLERO Y R. ALAVÉZ.

Ferrocemento: una alternativa para la educación. "Revista construcción y Tecnología" Pág. 14-20