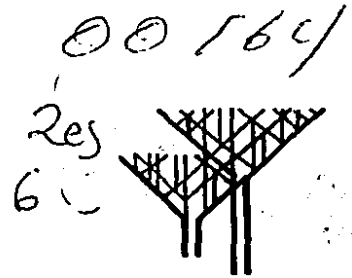




UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO



FACULTAD
DE
ARQUITECTURA



DIVISION DE
ESTUDIOS DE
POSGRADO

CLIMATIZACION DE EDIFICIOS EN CLIMA CALIDO
TESIS DE MAESTRIA PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN ARQUITECTURA CON ESPECIALIDAD EN TECNOLOGIA

POR

JOSE DIEGO MORALES RAMIREZ

1989



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

TESIS DE MAESTRIA
" CLIMATIZACION NATURAL DE EDIFICIOS EN CLIMA CALIDO "

SUSTENTADA POR:
ARQ. JOSE DIEGO MORALES RAMIREZ

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

PROLOGO

La presente tesis fue elaborada dentro del Laboratorio de Energía Solar, en Temixco, Morelos dependiente del Instituto de Investigaciones en Materiales de la Universidad Nacional Autónoma de México. Esta dependencia universitaria, al igual que muchas otras, brinda asesorías a diversas instituciones tanto públicas como privadas en las áreas de su especialidad. El autor de la presente tesis colaboró y es coautor del Informe Final de un convenio de transferencia de Tecnología del L.E.S. a la Secretaría de Salud, y cuya finalidad fue la de climatizar de manera natural el Edificio de Oficinas y Gobierno del Instituto Nacional de Salud, que dicha Secretaría está construyendo en la parte alta de la Ciudad de Cuernavaca, Mor.

Parte del material que se generó para el informe citado, sirvió para conformar la parte medular de la presente tesis, con la aclaración de que esto se hizo con el conocimiento y consentimiento de la comisión técnica bipartita que condujo los trabajos del mencionado convenio. El Arq. Orso Núñez Ruiz Velasco autor del proyecto arquitectónico del edificio mencionado; formó parte por la Secretaría de Salubridad de la comisión.

INDICE

| | PAG. |
|--|------|
| I.-Introducción | 1 |
| 1.1.-Reseña Histórica del uso de la Energía | 1 |
| 1.2.-Descripción General del Sol | 10 |
| 1.3.-Potencialidad de Insolación y Zonas de Nubosidad en Promedio con que Cuenta el País | 12 |
| II.-Aplicaciones de la Energía Solar en la Arquitectur- ra | 16 |
| 2.1.-Importancia de los Elementos Arquitectónicos Adecuados para el aprovechamiento de la Energía Solar | 16 |
| 2.2.-Sistemas de Calentamiento y Refrigeración de Fluidos por Energía Solar | 21 |
| 2.3.-Perspectivas para el Uso de las Celdas Fotovoltai- cas | 39 |
| III.-Ejemplo Específico de Climatización Natural | 43 |
| 3.1.-Propuesta de Climatización Natural para el Edifi- cio de Oficinas y Gobierno del INS en Cuernavaca | 43 |
| 3.2.- Memoria de Cálculo para la Simulación en Compur- tadora de las Respuestas Climáticas del Edificio con las Recomendaciones Efectuadas | 71 |
| IV.-Análisis del Edificio con Diseño Convencional | 112 |
| 4.1.-Simulación en Computadora de las Respuestas Climáticas del Edificio con Diseño Convencional | 115 |
| 4.2.-Comparación Económica del Consumo de Energía entre el Edificio Convencional y el Climatizado de manera Natural | 141 |
| V.- Discusión de los Resultados | 146 |
| VI.-Glosario de Terminos | 148 |
| VII.-Bibliografía | 152 |

1. INTRODUCCION.

1.1. -Reseña histórica del uso de la Energía.

En las primeras etapas de la prehistoria (paleolítico inferior -2000,000 a -150,000) el hombre primitivo (Neanderthal) disponía exclusivamente de su propia energía muscular, como fuerza motora, para desarrollar todas sus actividades. esta situación prevaleció aún en el paleolítico medio (-150,000 a -40,000) durante la cual se atestigua el uso del fuego que proporciona al hombre: luz, calor, protección y la posibilidad de mejorar su alimentación y su morada ya que pudieron empezar a climatizarla artificialmente.

Al final del periodo paleolítico superior -40,000 a -9,500, etapa durante la cual el hombre de Neanderthal desaparece bruscamente y su lugar es ocupado por los hombres modernos), la humanidad realizó grandes progresos culturales y empezó a desarrollar mejores instrumentos para la caza, inventando entre otras cosas el arco y proyectiles equilibrados y perforantes, con lo cual el hombre aumentó la eficiencia para lanzar armas. La era mesolítica (-9,500 a -6,000) constituyó una etapa de transición que transcurrió después de la última glaciación, durante esta etapa se adaptó la caza y la pesca a las nuevas condiciones climáticas.

A partir del periodo neolítico (-6,000 a -3,000) la humanidad experimentó grandes avances, ya que por una parte domesticó animales y aprovecha la energía mecánica de éstos para: carga de mercancías y tiro de arado, con lo que se propicia el desarrollo de la transportación terrestre, además de que la transportación de grandes mercancías a través del mar se pudo lograr también gracias a la invención de la vela para impulsar embarcaciones.

El siguiente avance que tuvo el hombre en el aprovechamiento de la energía se llevó a cabo durante la edad de bronce de -3,000 a -1,100; al darle al fuego un uso más racional aplicándolo al trabajo de metales. Durante este periodo, la concentración humana en poblados grandes obligó a desarrollar acueductos para su abastecimiento, con lo cual se aprovechaba la energía potencial del agua en función a su posición.

En el último periodo de la prehistoria, edad de hierro -1,100 a tiempos históricos, el hombre comienza a usar el carbón vegetal como combustible para trabajar el hierro a baja temperatura, y le da otra aplicación a la energía hidráulica a través de la rueda hidráulica

inventado en el medio oriente.

A finales de esta época (siglo V a.c.), los griegos empiezan a tomar en cuenta la energía solar desde el punto de vista de su influencia en las edificaciones, lo que constituyó los orígenes de la helioarquitectura: posteriormente desarrollaron técnicas para el aprovechamiento de la energía solar en colectores con seguimiento o de enfoque (siglo IV a.c.); y para el siglo I de nuestra era, retomaron nuevamente el interés para la helioarquitectura enfatizando la importancia de la orientación en las edificaciones para el aprovechamiento de la energía solar.

Los romanos contribuyeron también en el desarrollo de estas aplicaciones por medio del uso de cristales en las ventanas con el objeto de captar y almacenar el calor proporcionado por el Sol, según consta en el derecho romano del siglo II d.c.

Por otra parte las diferentes civilizaciones que se habían desarrollado hasta entonces, pudieron llegar a obtener viviendas que estaban perfectamente adecuadas al clima del lugar donde se ubicaron, gracias a un largo periodo en el que

por medio de prueba y error, desechaban lo que no funcionaba y conservaban los elementos apropiados, de esto ha quedado constancia en una serie de ejemplos en todo el mundo de la arquitectura vernácula que propicia, además de la comodidad de sus ocupantes, ahorros significativos de energéticos, al quedar resueltos de manera natural la climatización de las viviendas.

En los inicios de la era cristiana existen indicios de que se empezó a dar un nuevo aprovechamiento a la energía eólica por medio de molinos de viento descubiertos en Persia, posteriormente, en el siglo II d.c. se inventan los molinos de agua que llegan a perfeccionarse en el siglo IX, con lo que su aplicación se extiende a una gran variedad de industrias como la molienda de granos, pulverización de minerales para fabricar colorantes, prensado de aceitunas y fabricación de papel, entre otras.

Por otra parte, los molinos de viento no llegaron a perfeccionarse sino hasta el siglo XIV, cuando en Francia se desarrollan los molinos de viento de torre, la aplicación de estos dos tipos de molinos llegó a extenderse por toda Europa un siglo después, convirtiéndose en el principal complemento de la fuerza humana y animal.

Durante todo este lapso el aprovechamiento de la energía solar no tuvo un desarrollo significativo, y únicamente se llegó a aplicar para fines de diversión como la pequeña fuente inventada por De Caus en 1615; esto se debía en gran parte a que el carbón representaba un combustible fácil de obtener y aplicar para fundir el hierro, y aunque para finales de ese siglo se produjo una crisis de madera por la gran cantidad de carbón vegetal empleado, se pudo resolver gracias a que este combustible se sustituyó por la hulla.

Un siglo después, en 1774, se empiezan a desarrollar las primeras aplicaciones de la energía solar en experimentos

científicos: Joseph Priestley calienta óxido de mercurio por medio de los rayos solares y almacena el gas que se produce para estudiar sus características, esto lo llevó a descubrir el oxígeno, en este mismo año, Lavoisier experimenta con unos hornos solares que están compuestos de lentes especiales de 130 cms de diámetro, llenos de alcohol para incrementar su refractividad, permitiéndole así obtener muy altas temperaturas y poder llegar a fundir platino a 1,780 C.

Por otra parte, durante este mismo período se empieza a gestar un cambio de gran importancia en el modo de producción ya que de los pequeños centros dispersos de industrias artesanales se pasó a una industria mecanizada que se tuvo que establecer desde un principio junto a las minas de carbón, este cambio constituyó una total transformación del panorama económico, político y social por lo que se le conoce como la revolución industrial.

Una de las principales industrias que se desarrolló en esta época fue la de los textiles, que en un principio utilizó la energía hidráulica de los ríos en el abatanado de las fibras, y la de la hulla en el lavado y teñido de las telas. Los países nórdicos como Inglaterra comenzaron trabajando la lana; sin embargo, en 1750 se introdujo una nueva fibra procedente de la india: el algodón, que por ser un material fresco propició una demanda creciente en los mercados de los países cálidos, y se llegó a desarrollar esta industria a tal escala que hizo insuficiente la energía hidráulica proporcionada por los ríos próximos a las fábricas textiles, por lo que buscando como resolver este problema se llegó a adaptar la máquina de vapor de Watt para mover los telares, en 1785. Este invento revolucionó también los transportes marítimo y terrestre con el barco de vapor y la locomotora.

La vivienda se vio afectada también por estos cambios ya que la concentración de la población alrededor de las fábricas, propició una alteración del clima en estas zonas, por el

calor generado tanto por las fábricas como por los pavimentos de las calles y la masa de las casas agrupadas cada vez en mayor cantidad. Este aumento en la temperatura de las ciudades no es únicamente durante el día sino que se mantiene durante varias horas de la noche debido al almacenamiento térmico de los materiales de construcción.

De manera paralela a los avances en el aprovechamiento de la energía hidráulica, desde el siglo XVI Sir William Gilbert había estado investigando sobre las interacciones magnéticas de los imanes y el magnetismo terrestre de donde concluye que la tierra puede considerarse como un imán gigantesco con sus polos situados cerca del norte y el sur geográficos, esto marca el inicio de las investigaciones acerca del conjunto de fenómenos físicos producidos por las cargas eléctricas. Desde un punto de vista histórico puede considerarse que se empezó por estudiar la electricidad de las cargas en reposo, la electricidad en equilibrio o electrostática y el magnetismo creado por imanes naturales y agujas magnéticas o magnetostáticas (Coulomb, Cavendish, principios del s. XVIII a principios del s. XIX), o siguió el estudio de la corriente eléctrica (leyes de Ohm finales del s. XVIII y mediados del s. XIX), o electrocinética, es decir el tratado de la electricidad en movimiento. El estudio, durante la primera mitad del s. XIX, de las acciones recíprocas entre imanes y corrientes dio lugar al electromagnetismo algunas de cuyas aplicaciones fueron el dinamo y la transmisión telegráfica a distancias cortas. El estudio, ya en el siglo XX, del movimiento de las partículas electrizadas y de su aplicación técnica, forma la electrónica que ha tenido una gran variedad de aplicaciones, empezando por las telecomunicaciones que utilizan señales de radio frecuencia, hasta las comunicaciones mediante rayos laser, la televisión a color y las computadoras.

A la energía solar, mientras tanto, se le había comenzado a dar, desde el siglo XIX una aplicación en aparatos que

reportaban alguna utilidad como fue el caso del horno solar diseñado por el científico suizo Nicolás de Saussure, este horno consistía en unas láminas de vidrio colocadas sobre una superficie negra, cercada por una caja de aislamiento. Los rayos solares entraban a la caja a través del cristal y eran absorbidos por la superficie negra por medio de un revestimiento químico en las caras exteriores del cristal, de esta manera se pudo conseguir temperaturas tan altas como 150°C.

Las aplicaciones de la energía solar se hicieron muy variadas como en el caso de la imprenta que funcionaba conectada a una máquina de vapor solar, exhibida en París en 1878, y al mismo tiempo, se empezó a extender su uso hasta lugares como Chile en Sudamérica donde se construyó una destiladora solar que proporcionaba agua fresca a una mina de nitrato.

Al comenzar el presente siglo, el uso de ese tipo de energía se hace extensivo a nivel mundial a través, fundamentalmente, de su aplicación en bombas solares para agua, desarrolladas en lugares como: París, Francia; California, Nuevo México y Filadelfia en los Estados Unidos, en el Cairo, Egipto y en Tashkent en la Unión Soviética; o en otro tipo de aplicaciones como las cocinas solares fabricadas en Bombay, India a fines del siglo pasado.

No fue, sin embargo, sino hasta la tercera década del siglo que se empezó a experimentar el uso de este tipo de energía para el acondicionamiento climático de las viviendas en clima frío con los trabajos desarrollados en el Instituto Tecnológico de Zurich. Estos experimentos consistieron en aprovechar la radiación solar incidental por medio de colectores, con agua o aire como medio de transferencia, montados en el lado sur de techos o paredes.

Suecia, Francia y Estados Unidos han sido hasta el momento los tres países donde se ha desarrollado ampliamente la

investigación para el uso de la energía solar aplicada a la vivienda. Sin embargo, el problema que han enfrentado estos países que están ubicados en latitudes muy elevadas es el de que su consumo de energéticos para vivienda es mayor durante el invierno, y es en esta época en la que a pesar de tener días con sol, éste no da el calor necesario; pero sin embargo, se aprovecha por esta razón se ha estado tratando también de encontrar un medio para almacenar la energía solar y poderla usar después, en el momento en que se necesite.

Los primeros logros dentro de este campo se obtuvieron a partir de los años 50 por medio de los trabajos de Chapin, Fuller y Pearson que desarrollaron la primera celda solar para conversión directa de radiación solar incidental a electricidad.

Por otra parte, durante el siglo XIX se inventó el motor de combustión interna que se aplica entre otras cosas, en las plantas de luz, los vehículos de motor y posteriormente el aeroplano, en esta misma época se inventó la turbina que permitió el desarrollo de los buques gigantescos y las generación de energía eléctrica fácilmente distribuible, entre otras aplicaciones. Sin embargo, la aplicación de todos estos descubrimientos se realizó hasta el s. XX, actualmente las turbinas accionan alrededor el 95% de los generadores eléctricos del mundo entero y se emplean también para otros innumerables accionamientos mecánicos.

Como se ha visto, durante mucho tiempo las únicas fuentes de energía fueron la fuerza muscular del hombre o de los animales, y la fuerza del viento o de las aguas y algunas fuentes de biomasa. En el s. VII se añadió a éstos el carbón mineral, y en el s. XIX, la hulla, el petróleo, el gas natural y la energía hidroeléctrica, finalmente, en la segunda mitad del presente siglo la energía nuclear.

Actualmente el panorama nacional respecto a las fuentes de

energía es el siguiente: en hidrocarburos se dispone de reservas probadas, según el ritmo de producción y de consumo en 1982, para 50 años aproximadamente. En cuanto al carbón, se considera que las reservas son poco importantes, las reservas probadas de carbón representan un 10% de las de hidrocarburos y las potenciales apenas superan el 5% de las de hidrocarburos.

Respecto al uranio, se contaba con 1,474 toneladas de U_{3O_8} a mediados de 1981 de reservas probadas que alcanzarían cuando mucho para alimentar a una planta como la de Laguna Verde durante su vida útil. La recuperación del Uranio como subproducto de la roca fosfórica con que cuenta el país podría alimentar una planta nucleoelectrónica adicional de 1,200 MWe. Las reservas de este energético, sin embargo, no han sido suficientemente exploradas y se estima que casi la mitad del territorio nacional presenta características geológicas y geofísicas favorables con lo cual las reservas probadas podrían tener un crecimiento importante.

En cuanto a la energía hidroeléctrica en 1981 la capacidad instalada alcanzó una cifra de 6,500 MW. Sin embargo se estima que actualmente se aprovecha sólo cerca del 15% del potencial hidroeléctrico identificado.

Otra fuente energética (en este caso no convencional) que está siendo empleada en el país es la geotermia que se tiene actualmente en exploración en Cerro Prieto, Baja California y en los Azules en Michoacán. A finales de 1981 la capacidad instalada para generación de energía eléctrica era de 180 MW. (concentrada en Cerro Prieto, con otros 440 MW en proceso de construcción). A pesar de que este recurso ha sido poco explorado se considera que por las características geológicas del país (zonas de vulcanismo reciente, áreas de debilidad cortical y manifestaciones termales) las posibilidades de la geotermia como fuente energética parecen muy favorables.

A pesar de que actualmente el país es autosuficiente en energéticos, dado que en un tiempo relativamente corto (50 años) los no renovables tienden a agotarse, es necesario tener prevista la manera de sustituirlos; a este respecto, en 1980, la Secretaría de Patrimonio y Fomento industrial dio a conocer un programa de Energía para el País con metas a 1990 y proyecciones al año 2000.

De las fuentes objeto del estudio, sólo la energía solar se tomó en cuenta en el programa de energía de SEPAFIN, de lo cual dice lo siguiente:

"Su utilización en gran escala es ... un evento del futuro. A corto y mediano plazos su aportación al balance energético será marginal. No obstante puede ayudar a mejorar las condiciones de vida y la producción en comunidades rurales no integrales al sistema nacional".

"Asimismo, tiene aplicaciones de gran importancia, como la llamada energía solar pasiva... A más largo plazo, si los esfuerzos tecnológicos en este campo tienen éxito, dicha fuente contribuirá a sentar las bases para el desarrollo de sistemas eléctricos descentralizados..." (1)

Con este programa descrito aquí brevemente se puede concluir que la única alternativa viable, desde el punto de vista económico, de aprovechamiento de la energía solar es lo que se conoce como energía solar pasiva, ya que con el diseño térmico de edificios para cualquier tipo de clima se obtiene un ahorro significativo de energéticos, en algunos casos, este tipo de diseño resuelve completamente el problema de comodidad de elementos mecánicos de climatización, todo esto mediante dispositivos muy simples y usando los materiales regionales, con lo cual el costo de este tipo de edificaciones resulta prácticamente el mismo que el de edificios tradicionales en lo que a materiales de construcción se refiere.

En el Capítulo III de la presente tesis se plantea el manejo de clima como un medio de controlar de manera natural la temperatura interior de un edificio; y en este caso, al tratarse de un clima cálido, lo que se requiere es evitar que la radiación solar penetre al edificio como un medio de mantener la comodidad de los ocupantes, por lo tanto en este caso en lugar de aprovechar la energía solar para climatizar edificios, lo que se requiere es evitar la radiación solar, logrando esto se obtienen también, como se verá, ahorros significativos de energéticos.

1.2 Descripción General del Sol. (2)

El Sol está situado a una distancia un poco menor de 150 millones de kilómetros respecto de la Tierra; es una vasta esfera de gas de aproximadamente 1,400 000 kilómetros de circunferencia; su volumen es 1.3 millones del de la Tierra; sin embargo, su densidad es aproximadamente la cuarta parte de ésta, su masa total es cerca de 330 000 veces la de la Tierra.

Recientemente se ha encontrado que el Sol es una estrella magnética casi invariable, su escasa variabilidad surge del hecho de que su diámetro (y en consecuencia, su brillantez) cambia periódicamente. La presión total del campo magnético también varía. Se puede tomar como un hecho establecido que la brillantez total del Sol no excede 0.3% para periodos de 2.5 minutos a 22 años.

Si se considera que el Sol radia como un cuerpo negro, entonces su temperatura efectiva, de acuerdo a las últimas determinaciones es de 5.770°K . Tomando el valor de la constante solar de $1,370 \text{ Wm}^{-2}$, la brillantez del Sol será de $3.85 \times 10^{26} \text{ W}$ y el flujo de radiación desde la superficie del Sol será $6.33 \times 10^7 \text{ W}^{-2}$. De esta enorme cantidad de energía

vertida desde el Sol al espacio, sólo cerca de $1.1 \times 10^{-7} W$ se absorbe por la Tierra.

La composición química que presenta el Sol es de un 90% de hidrógeno, 9% de helio y 1% de otros elementos: genera energía por fusiones nucleares en su denso y caliente núcleo central (10 a 16 millones de grados centígrados). Cuatro átomos de hidrógeno se fusionan para convertirse en un átomo de helio en tres fases de reacción protón-protón, el núcleo de helio resultante tiene un poco de menos masa (0.7%) que los originales cuatro átomos de hidrógeno. Esta conversión de masa a energía es lo que da poder al Sol e ilumina a la Tierra.

Hasta el momento se calcula que el Sol tiene una edad de aproximadamente 5 billones de años, ésta representa la mitad de la vida que se puede considerar de utilidad para nuestro planeta, ya que después de otros 5 billones de años, el Sol habrá consumido todo su hidrógeno y empezará a quemar helio, con lo que el ritmo de quemado se incrementará en un factor de 10 a 100, elevando la temperatura de la estrella y causando su expansión hacia la superficie donde los gases son fríos. La luz que emiten estos gases es de un color rojizo, con lo que el Sol pasaría, dentro de la evolución estelar, a la etapa conocida con el nombre de "gigante roja". El Sol aumentará en tamaño y radiará al exterior grandes cantidades de energía con resultados catastróficos para cualquier planeta cercano. A partir de este momento, obviamente, la vida en la Tierra terminaría, aunque el lapso para que esto suceda comparado con la vida humana es prácticamente infinito, por lo tanto, es muy justificable aprovechar este enorme recurso por medio del desarrollo futuro de la tecnología.

1.3 Potencialidad de Insolación y Zonas de Nubosidad en Promedio con que cuenta el País.

"Desde el punto de vista geográfico, México está situado en una posición ventajosa para el aprovechamiento de la Energía Solar, la disponibilidad de este recurso se ha cuantificado en diversos estudios, en los que se han utilizado métodos con los que se obtienen valores de irradiación global diaria promedio mensual (modelos empíricos). Estos trabajos son los siguientes: Almanza y López usaron la ecuación propuesta por Reddy para calcular la irradiación global en 38 localidades de la República Mexicana, utilizando la información meteorológica publicada por el servicio meteorológico nacional (SMN). Con los resultados obtenidos elaboraron mapas de isoirradiación, cuya precisión, según los autores, es de $\pm 10\%$ ellos señalan que la aplicación de las relaciones tipo Ångström se ve limitada en nuestro país debido a que "México tiene regiones montañosas que causan variación sustancial en la nubosidad entre localidades relativamente cercanas; además existen zonas donde la topografía y el clima cambian abruptamente".

"Hernández usó una versión no lineal de la ecuación de Ångström. La información de horas de insolación fue obtenida a partir de imágenes de Satélite para 98 localidades durante el periodo de 1969 a 1971. El hecho de calcular indirectamente los valores de heliofania relativa, incrementan más la incertidumbre de los resultados obtenidos".

"Galindo y Chávez aplicaron la ecuación propuesta por Ångström para calcular la irradiación global diaria promedio mensual en 136 localidades del país. En 38 de ellas, los datos de horas de insolación fueron obtenidos del SMN y en 98 se estimaron a partir de fotografías de satélites meteorológicos. Se argumenta que la selección de las constantes a y b se hizo tomando en cuenta el clima del lugar

y la vegetación, sin embargo, no se especifica cual fue el criterio que se siguió para asignar dichos valores. Es probable que siguieran el criterio de Löf y colaboradores a pesar de que al ser comparado con los datos de Veracruz, Chihuahua, Orizabita y Ciudad Universitaria se encontraron discrepancias significativas".

"Jauregui, por su parte, usó una versión modificada de la ecuación de Ångström en la que aplica una corrección por latitud. Con esta ecuación calculó la irradiación global en 32 estaciones equipadas con registradores de horas de insolación del tipo Campbell-Stokes. Usó entonces esta red para trazar mapas de irradiación global, por interpolación a mano libre en los meses de enero y julio".

"Comparando en mapas correspondientes a un mes obtenidos en los trabajos anteriores, se observa que existen diferencias de hasta un 20% en los valores anotados para un mismo lugar geográfico".

"Un modelo que proporciona valores medios horarios es el desarrollado por Collares-Pereira y Raib. Estrada-Cajigal y Fernández proponen un sencillo algoritmo que permite calcular la magnitud de la irradiación solar directa y difusa en cualquier parte de la República Mexicana. Tal modelo es impreciso en no más del 15%, según se observa al comparar los resultados con los datos experimentales de Farber y Morrison". (3)

Los datos presentes no son confiables como lo muestra Vicente Estrada-Cajigal, y debido a que dentro del Laboratorio de Energía Solar, para los estudios que realizan los diferentes grupos, se necesita tener datos confiables, el grupo de Sistemas Pasivos, del mismo Laboratorio, ha abierto una línea de investigación en radiación solar que tiende a obtener modelos confiables que estimen la radiación solar. Como un primer paso se realizó un trabajo en el cual se revisaron los

modelos para el cálculo de la radiación instantánea en días despejados, así como los modelos que estiman la radiación promedio diario mensual.

NOTAS

¹Antonio Alonso Concheiro y Luis Rodriguez Viqueira
Alternativas Energéticas, CONACYT, México 1982 (p. 55)

²Material Traducido del Libro de Kendrik, Frazier Our
Turbulent Sun. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs N.J.
07632, 1982 (p. 4 y 5).

³Ignacio Galindo, 1er Curso de Actualización en Energía
Solar, "Curso de Radiación Solar Para Usuarios de la Energía
Solar", Unidad Académica de los Ciclos Profesional y de
Posgrado del CCH IIM UNAM México 1983 (p. 1 y 2)

⁴Material Traducido del Libro de David K Mc Daniels, The
Sun, Our Future Energy Source, John Wiley and Sons New York
1979 (p. 91).

⁵Galvan Rodriguez, Antonio y Velazquez Alvarez, Jaime.
"Comparación de Modelos que Estiman la Radiación Solar
y Procesador de Radiación" Universidad Nacional Autónoma de
Chapingo, Departamento de Irrigación, Chapingo, México 1988
(p.16 y 17).

II. APLICACIONES DE LA ENERGIA SOLAR EN LA ARQUITECTURA.

2.1 Importancia de los Elementos Arquitectónicos Adecuados para el Aprovechamiento de la Energía Solar.

El medio ambiente que envuelve a la Tierra se presenta para el ser humano de manera generalmente hostil, debido a que el hombre tiene poca adaptabilidad biológica y, por lo tanto, se ve obligado a buscar algún tipo de protección: cubriéndose con más ropa en invierno, despojándose de la mayor parte de ella en verano y construyendo refugios que, cuando corresponden a una tradición popular basada en una larga experiencia, proporcionan una protección adecuada contra el medio ambiente.

Las experiencias que han quedado plasmadas en la arquitectura vernácula, constituyen por lo tanto una primera herramienta que se debe aplicar junto con la teoría de transferencia de calor y la teoría de la mecánica de fluidos, para tratar de lograr que los edificios consuman un mínimo de energía en la obtención de las condiciones de comodidad térmica. El sistema ideal en este sentido es el edificio cuyo consumo de energía sea nulo. Esto último se puede llevar a cabo en muchos casos con el empleo del clima como recurso: las técnicas que aplican esta idea se conocen como "sistemas pasivos de climatización".

2.1.1 Sistemas Pasivos.

Los edificios se construyen en un medio ambiente cambiante a lo largo del año y también durante las 24 horas del día. De tal forma que al cambiar uno de los parámetros del clima como es la temperatura y exponerse a la radiación solar el edificio, se establecen en él flujos de energía en forma de calor que pueden condicionar el microclima que se obtiene en

su interior.

El término pasivo significa que en todos los casos el intercambio de energía entre el edificio y el medio ambiente se hace a través de un proceso natural, por conducción, convección y radiación, tratando de que la intervención de sistemas mecánicos externos sea mínima, como son: ventiladores, bombas, compresores, etc., y de esta manera lograr que en el interior del edificio se den las condiciones de comodidad para sus ocupantes.

Es decir, si bien el clima puede presentar un problema de incomodidad para el ser humano es posible utilizar lo cambiante del mismo para usarlo como recurso y así lograr comodidad en el interior de las edificaciones. Esto es posible, gracias a que los flujos de energía que tienen lugar en un edificio, no son instantáneos y por lo tanto un edificio puede estar fresco durante la parte cálida del día, y tibio durante la parte fría del día, etc.

Los sistemas pasivos aplicados a la edificación pueden ser de dos tipos: De calentamiento y de enfriamiento. Los sistemas pasivos de calentamiento usan elementos de la edificación para coleccionar, almacenar y distribuir la energía captada, solar o de alguna otra fuente de calor; a su vez un sistema pasivo de enfriamiento utiliza elementos de la edificación para almacenar y distribuir energía, y, cuando las condiciones del medio ambiente son adecuadas, descargan calor a las partes más frías del exterior.

El diseño de un sistema pasivo, tomando en cuenta lo anterior, intenta dentro de ciertas restricciones económicas, aprovechar al máximo los recursos ambientales de que se dispone y minimizar la dependencia en combustibles derivados del petróleo o de otras fuentes de energía así como el equipo mecánico, como por ejemplo un sistema de aire acondicionado.

Un sistema pasivo de calentamiento del espacio contiene los siguientes elementos (fig. 1):

- El espacio que va a ser calentado.
- Un colector donde la radiación solar sea admitida dentro del sistema y convertida a calor por un absorbedor (éste puede ser sólo la envoltura de la edificación). Por lo tanto, es la fuente de calor.
- Un almacén de calor, que puede ser la capacidad de almacenamiento térmico de la masa en la edificación.

Los posibles intercambios de energía durante el funcionamiento del sistema existen entre:

- La fuente de calor y el almacén.
- La fuente de calor y el espacio.
- El almacén y el espacio.

Un sistema pasivo de enfriamiento del espacio contiene los siguientes elementos (fig. 2):

- Un espacio que va a ser enfriado.
- Un enfriador o sumidero de calor, (cielo, atmósfera, o suelo), hacia el cual el calor es descargado.
- Un almacén térmico, que puede ser la capacidad de almacenamiento térmico de la masa en la edificación.

Los posibles intercambios de energía existen entre:

- El enfriador y el almacén.
- El enfriador y el espacio.
- El almacén y el espacio.

Cuando no es posible obtener condiciones de comodidad con el uso de las técnicas descritas, se puede aumentar el flujo natural por medio de equipo mecánico (como por ejemplo: las turbinas eólicas); si el costo y la energía de operación de

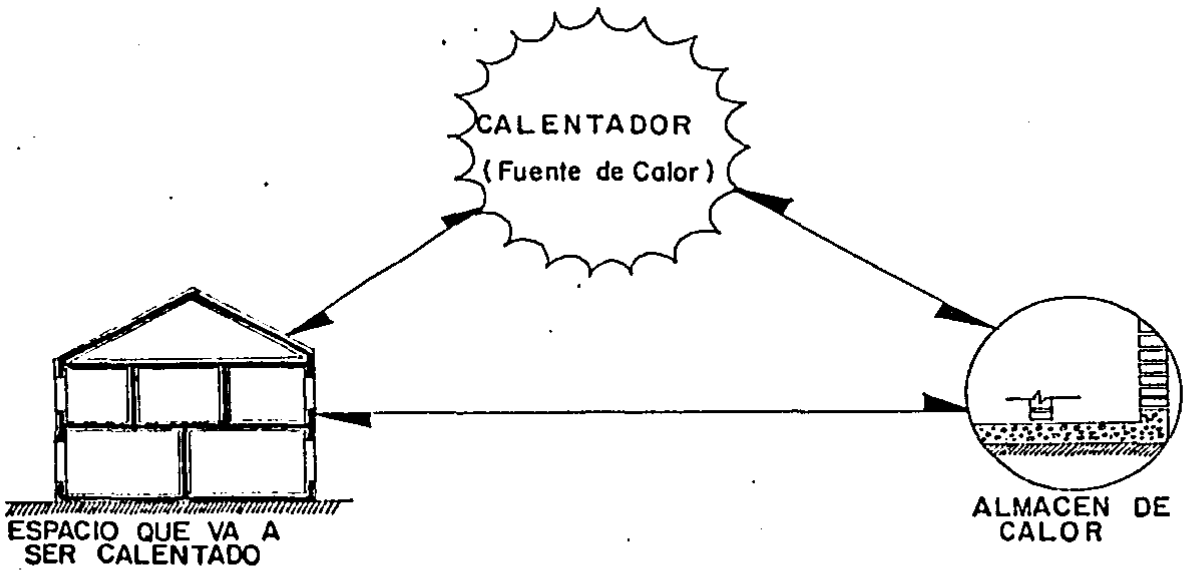


FIGURA 1. SISTEMA PASIVO DE CALENTAMIENTO.

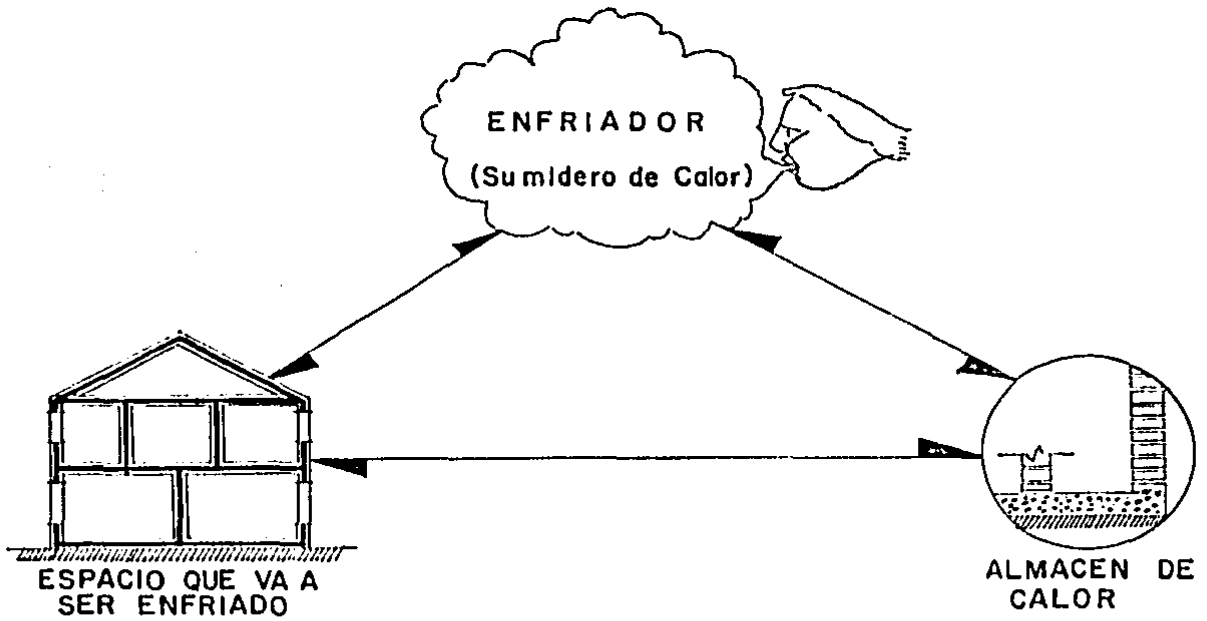


FIGURA 2. SISTEMA PASIVO DE ENFRIAMIENTO.

estos equipos se justifica al mejorar el funcionamiento del sistema.

En contraposición con los sistemas pasivos que pretenden utilizar únicamente el medio ambiente como recurso de diseño, existen edificios equipados con sistemas mecánicos completos de los cuales se depende para que en su interior se obtengan las condiciones de comodidad. Estos últimos se conocen como sistemas activos.

El término "pasivo" y el término "activo" en los sistemas de energía solar representan los extremos en el empleo de sistemas mecánicos.

Para saber cómo diferenciar entre un sistema pasivo y uno activo, se tiene una clasificación de los intercambios de energía que se llevan a cabo en el interior de un edificio y entre éste y el medio ambiente, en dos tipos:

- a) Forzados (utilizando ventiladores, bombas, compresores).
- b) Naturales (involucrando, conducción, convección y radiación todos ellos en forma natural).

El flujo de energía en forma natural se puede modificar por la presencia de una compuerta (ventilador) o un muro aislante que se cambie de lugar (dependiendo de la época del año), teniendo en cuenta que ese cambio en la dirección del flujo no debe provenir de elementos mecánicos; pero si todos los intercambios de energía relacionados con los tres tipos de transmisión de calor se obtienen por un flujo forzado el sistema es activo, y por el contrario si todos los intercambios de energía (conducción, convección, radiación) se obtienen debido a un flujo natural, el sistema será pasivo.

También puede existir una mezcla de flujo forzado con flujo natural lo que formará un sistema híbrido.

2.2 Sistemas de Calentamiento y Refrigeración de Fluidos por Energía Solar.

2.2.1 Sistemas Pasivos de Calentamiento.

El calentamiento en un sistema pasivo implica el aprovechamiento de una fuente de energía natural que pueda proveer el calor necesario. Esta fuente puede ser cualquiera que se tenga presente cercana a la construcción, por ejemplo geotérmica o solar. Para los fines de la presente tesis se toma como fuente de calentamiento al Sol.

Existen dos factores particularmente importantes que se deben considerar para cualquier esquema de caracterización de un sistema pasivo de calentamiento:

I) Las características de la apertura de colección de la radiación solar, tomando en cuenta:

- Orientación con respecto al sur y a la vertical.
- La localización relativa para el resto de la estructura de la edificación.

II) El método en el que se está entregando la energía, tomando en cuenta para el espacio acondicionado:

- Mecanismos de transporte de energía.
- Graduación esencial del control térmico.

I) Características de la apertura de colección:

Es necesario conocer la trayectoria del Sol para poder estimar con exactitud el valor de la ganancia de la radiación solar, sobre superficies horizontales y verticales, y determinar la posición óptima de las aperturas de colección.

El movimiento aparente del Sol en la bóveda celeste, a lo largo del día describe un arco, con un punto máximo al medio día, y por la inclinación del eje terrestre, al paso de las estaciones, el lugar del alba y el ocaso se desplaza hacia el norte en el verano y hacia el sur en el invierno (fig. 3).

Se puede estimar la cantidad de radiación solar; sea difusa o directa, sobre un plano con cualquier inclinación, que esté sobre la superficie de la Tierra, por medio de relaciones geométricas y ángulos en función de su orientación relativa a la Tierra y el Sol.

Para cualquier lugar al norte del ecuador, el aprovechamiento del Sol de invierno se lleva a cabo colocando ventanales en la fachada sur, para obtener una ganancia de calor máxima al recibir los rayos del Sol durante la mayor parte del día. Además se puede evitar, en verano, la entrada directa de la radiación solar (debido a la inclinación con que incide sobre la superficie de la Tierra en esa época del año), colocando elementos sombreadores sobre las ventanas (fig. 4).

Por otra parte, si se toma en cuenta que el ángulo de incidencia de la radiación solar sobre la fachada sur, (para propósitos de transmisión de calor) no es favorable en verano (fig. 5); la solución sería colocar vidrios en posición horizontal para obtener así un mayor flujo de calor hacia el interior, flujo que podría ser regulado por medio de aislantes móviles que permitan el paso de la radiación en invierno y la obstruyan en el verano. Para esto las superficies receptoras podrían ser el muro sur y/o el techo; utilizando el techo cuando la superficie sur esté obstruida por sombras de edificios aledaños (por ejemplo) o si la orientación del edificio está restringida. Para el hemisferio norte, en zonas cercanas al ecuador, aún en invierno, el techo es la mejor superficie receptora.

Los sistemas de calentamiento de la pared sur tienen la

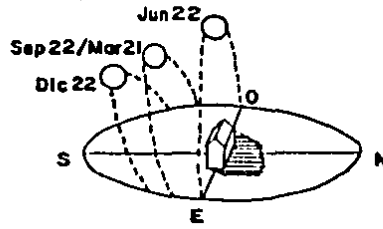


FIGURA 3. DESPLAZAMIENTO DE LA ORBITA DEL SOL.

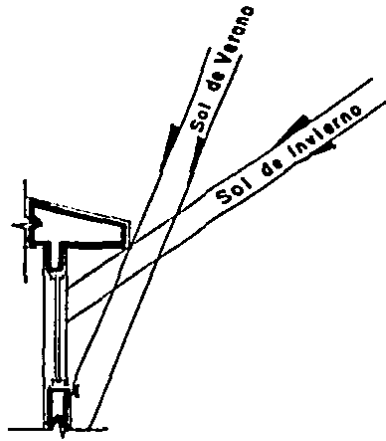


FIGURA 4. RADIACION SOLAR VERANO E INVIERNO.

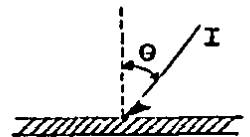
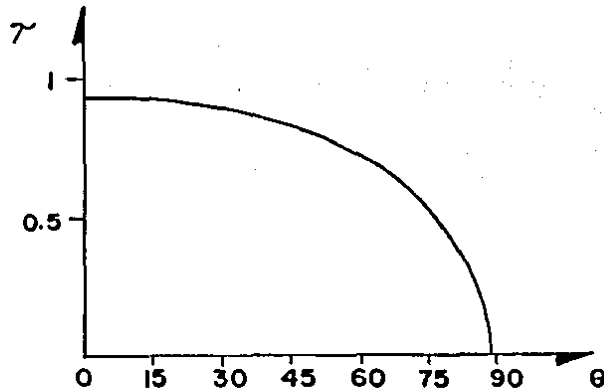


FIGURA 5. RADIACION SOLAR, ANGULO DE INCIDENCIA Y TRANSMITANCIA.

ventaja de ser simples y económicos. Por otra parte, también se puede tener una superficie colectora que esté alejada de la envoltura propia del edificio, con la ventaja de proporcionar un área de colección adicional que aumente la energía colectada a través de la envoltura de la edificación.

En la fig. 6 se pueden ver las combinaciones ventajosas de la orientación y localización de las aperturas, para un sistema pasivo de calentamiento como son:

- Una apertura sur.
- Una apertura en el techo sombreada.
- Una apertura en el techo.
- Una apertura remota.

11) Método de la Energía entregada:

La manera en que la energía es entregada tiene gran impacto en el grado de uniformidad térmica, que requiere el lugar que va a ser acondicionado, tanto en espacio como en tiempo.

A continuación se describen tres tipos de sistemas pasivos de calentamiento, basados en el método de la energía entregada para el espacio:

-Calentamiento directo: la radiación solar incide directamente en el espacio donde se convierte en calor por absorción en las superficies internas y sobre el contenido del espacio. La temperatura del aire en el espacio "oscila" debido a las superficies absorbentes y/o el almacenamiento.

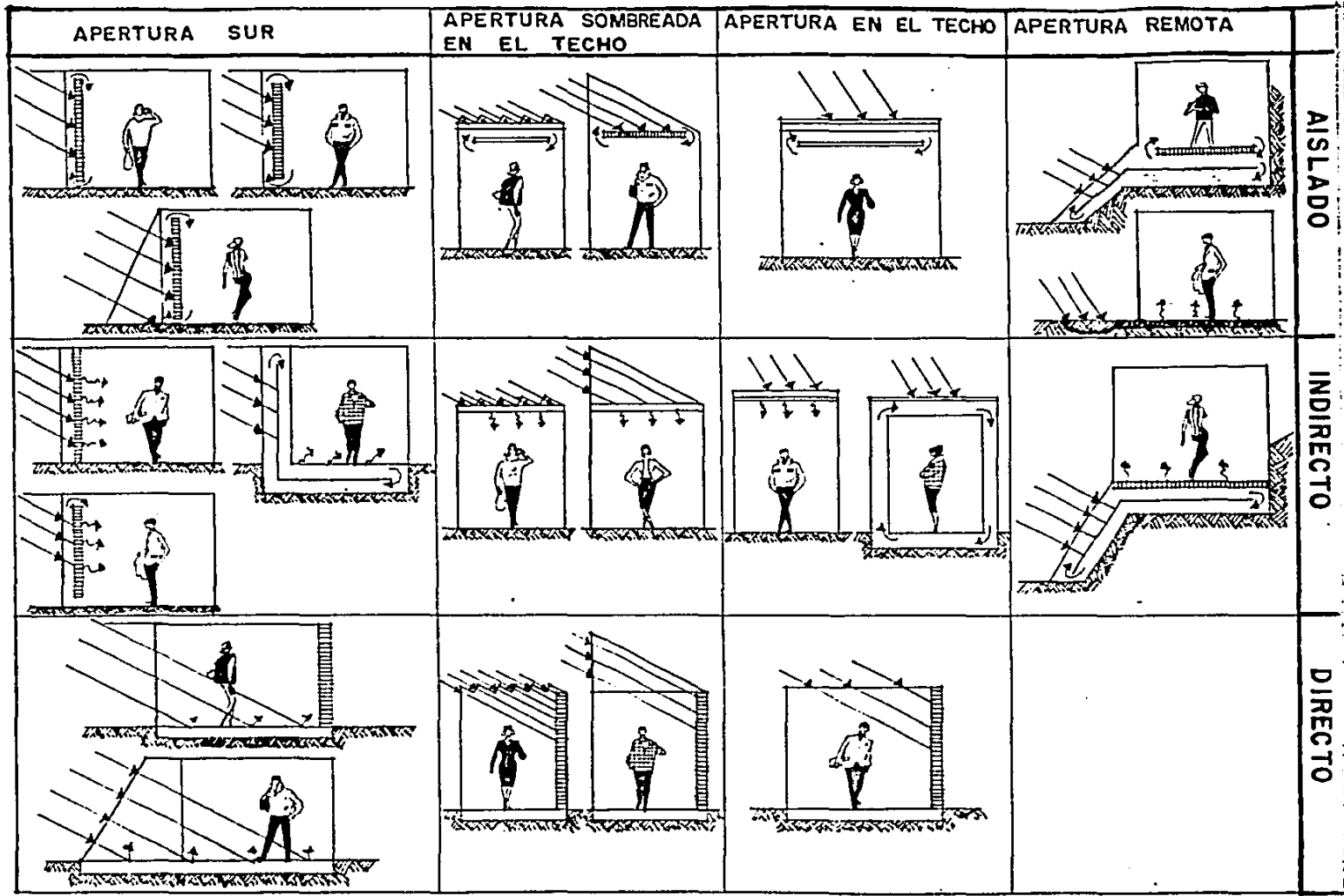
-Calentamiento indirecto: la radiación solar se convierte en calor por absorción en una superficie externa al espacio. El contenido del espacio no está expuesto a la radiación directa del sol. La temperatura del aire en el espacio "oscila" debido al absorbedor y/o el almacenamiento.

-Calentamiento aislado: la radiación solar se convierte en calor por absorción en una superficie externa al espacio. El contenido del espacio no está expuesto a la radiación directa del Sol, la temperatura del aire en el espacio puede regularse independientemente del absorbador y/o el almacenamiento.

En la fig. 6 se muestran varias combinaciones de localización de aperturas y mecanismos para transferir energía hacia el espacio ocupado. Estas combinaciones de ningún modo agotan la lista de posibilidades y en algunas ocasiones la combinación de los tres sistemas es de gran utilidad para calentar un espacio.

La clasificación se dificulta mucho cuando se trata de edificios de varios pisos. En estos casos los procesos de transmisión se complican, o también en lugares donde existan procesos industriales que requieran de rangos de alta ventilación. Por lo tanto en estos casos son más apropiados los sistemas híbridos que incluyan elementos mecánicos en la transferencia de calor.

FIGURA 6. SISTEMAS PASIVOS DE CALENTAMIENTO.



2.2.2 Sistemas Pasivos de Enfriamiento.

El enfriamiento implica la descarga de energía por la interacción del edificio con las partes más frías del medio ambiente, buscando que ese flujo de energía se dé por mecanismos naturales. Los posibles enfriadores o sumideros de calor del medio ambiente son el cielo, la atmósfera y el suelo.

En el enfriamiento al cielo, la radiación del sistema pasa a través de la atmósfera y se disipa al espacio exterior.

El enfriamiento radiativo al cielo funciona bien en condiciones ambientales de cielos claros, y puede enfriar el sistema por debajo de la temperatura del aire ambiente. El límite primario para este tipo de enfriamiento es la ganancia de calor convectiva y radiativa proveniente de la atmósfera circunvecina.

La energía del sistema puede descargarse también a la atmósfera durante aquellos momentos cuando las condiciones del ambiente son favorables para tal intercambio. El calor puede disiparse por una elevación de la energía de calor sensible del aire circunvecino (por ejemplo el aire frío de la noche) o por elevación de la energía de calor latente (por ejemplo: el enfriamiento evaporativo). En cada caso, la transferencia de energía al aire puede mejorarse por el movimiento del aire. El manejo de la energía para este movimiento puede provenir del viento, utilizando turbinas eólicas o mecanismos convectivos especiales. En climas secos, existe el enfriamiento por radiación al cielo, para reducir la temperatura del sistema, así como buen enfriamiento evaporativo. Los climas húmedos dificultan ambos mecanismos y sólo tienen disponible el enfriamiento cuando el aire es más frío.

Cuando las temperaturas del suelo son considerablemente más

bajas que la temperatura del aire del medio ambiente, se puede utilizar este medio para desprenderse de una fracción de la carga de enfriamiento normal. Sin embargo, en general en México no se da este fenómeno y no se puede aprovechar este sumidero de calor.

A continuación se da una clasificación de los procesos de enfriamiento directo, indirecto o aislado:

-Enfriamiento directo: Ocurre cuando las superficies y el contenido del espacio están expuestas directamente a el (los) medio (os) de enfriamiento del ambiente (sumideros).

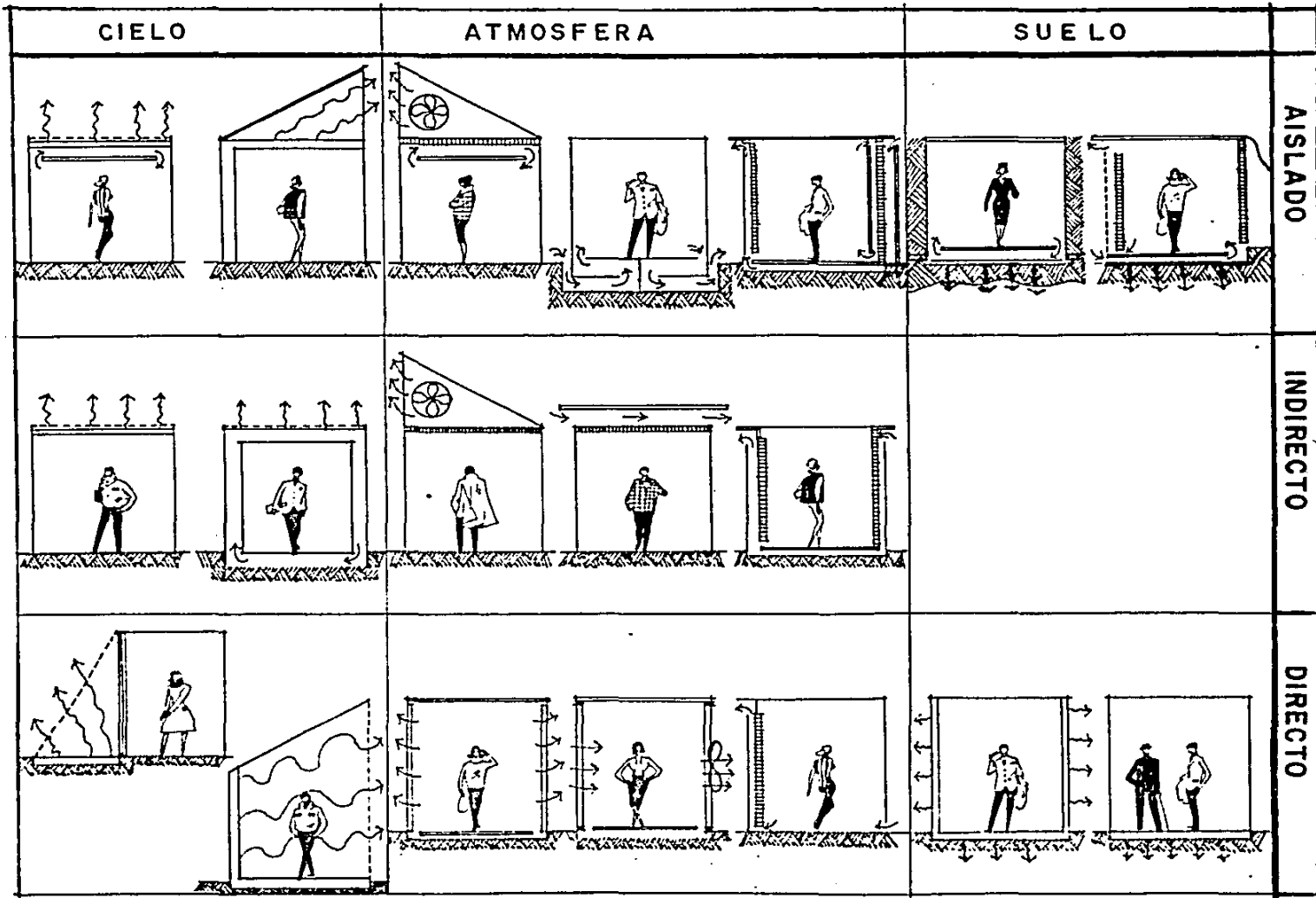
-Enfriamiento indirecto: Ocurre cuando el lugar se enfría por radiación no controlada al almacén (o alguna superficie de intercambio) que está frío en ese momento por exposición al (los) sumidero (s) de energía del ambiente.

-Enfriamiento aislado: Ocurre cuando el espacio se enfría por un fluido controlado o transferencia radiativa al almacén (o alguna superficie de intercambio), que está fría en ese momento por exposición a el (los) sumidero (s) de energía del ambiente.

En la fig. 7 se muestran las combinaciones de los sumideros de energía térmicos del medio ambiente y mecanismos para transferir energía del espacio ocupado. Estas combinaciones de ningún modo agotan la lista de posibilidades y es importante tener presente a los sistemas cuyos elementos puedan servir tanto al calentamiento como al enfriamiento.

Otro recurso de climas cálidos es la ventilación. En este caso, el movimiento del aire no se usa para enfriar la estructura solamente, sino que la función principal es la de aumentar la descarga de calor del cuerpo humano. Por lo que el diseño de las aperturas (ventanas) para proveer de viento al interior del edificio debe planearse en función de que las

FIGURA 7. SISTEMAS PASIVOS DE ENFRIAMIENTO



corrientes de aire incidan sobre los ocupantes y no solamente sobre las estructuras.

En el diseño de un sistema de ventilación se pueden identificar cuatro pasos: Primero, es importante tener datos confiables del rango direccional del viento en el lugar, durante todo el ciclo anual. Segundo, es necesario hacer una determinación de las necesidades de enfriamiento por ventilación (diurno y estacional) para la comodidad térmica. Tercero, es necesario evaluar la obstrucción de las estructuras o topografías vecinas que alteran el flujo del viento, tanto en magnitud como en dirección. Y cuarto, es vital escoger un sistema de ventanas cuyas características funcionales correspondan tanto al viento como a la comodidad térmica requerida.

En el diseño de las ventanas se debe aprovechar al máximo las posibilidades de ventilación, aunque no necesariamente orientándolas en la dirección del máximo flujo; ya que se pueda conseguir mayor efectividad considerando un rango en los cambios de dirección horarios, diarios o estacionales.

Se deberá procurar siempre generar una ventilación cruzada para aumentar la convección sobre los ocupantes y proporcionar una comodidad mayor a los mismos. Para un óptimo enfriamiento ventilativo, se requiere un área efectiva suficiente, tanto para la entrada como para la salida del aire, con la entrada localizada en una zona de presión positiva y la salida en una zona de presión negativa.

Cuando un cuarto, por restricciones de espacio, puede tener sólo apertura de entrada, se deben buscar los vientos oblicuos y normales, ya que de esa manera la apertura funciona como entrada y salida. Como los tamaños de las ventanas no se diseñan solamente en función de la ventilación, sino que también se toman en cuenta otros factores arquitectónicos como iluminación, privacidad,

seguridad y control solar, puede resultar conveniente entonces, en algunos casos, separar aperturas que sólo sirvan para ventilación (ventilas).

En relación al diseño del área disponible para ventana, las más recomendables son las ventanas corredizas, ya que son las que presentan una resistencia menor al paso del aire, y deben ser colocadas de tal forma que el aire incida sobre los ocupantes para aprovechar el enfriamiento evaporativo sobre el cuerpo humano. Las ventanas de persiana son muy ineficientes, por lo que no se recomienda su uso. Asimismo se debe evitar colocar aberturas de entrada y salida pegadas a las paredes o techo debido a que el flujo de aire tendería a pegarse a estas superficies y el efecto del enfriamiento evaporativo quedaría nulificado. Por otra parte el sombreado se utiliza para reducir la cantidad de radiación solar que incide sobre paredes y ventanas.

En climas extremos, el uso de un sistema pasivo está muy limitado, por lo que se deberán complementar con medios mecánicos si fuera necesario. Estos equipos pueden reducirse al mínimo mediante el uso de algunos dispositivos pasivos como son:

-El uso del vidrio doble en las ventanas, para disminuir pérdidas o ganancias excesivas según sea el caso.

-El uso de cristales de buena calidad con bajo contenido de hierro para aumentar la ganancia de radiación solar.

-El empleo de muros y techos masivos para retardar la transferencia de calor.

-El uso de materiales altamente higroscópicos que permitan tomar humedad del aire durante la noche y evaporarlo durante el día, para obtener un enfriamiento evaporativo.

-Descarga de calor recibido de la radiación solar a la atmósfera, mediante el empleo de un sistema de escudo en el techo. Por ejemplo, un techo inclinado con ductos en la dirección de la ventilación, que evacúe el calor al aire fuera del edificio por convección natural.

-Construcción de muros dobles con un espacio de aire intermedio, para reducir la transferencia de calor en ambos sentidos (1).

Por otra parte, se han estado desarrollando también, desde fines del siglo pasado, otros sistemas que aprovechan la energía calorífica del Sol, como es el caso de los colectores de placa plana. Los niveles de temperatura que puede alcanzar un colector solar están en función de las propiedades ópticas del absorbente solar, del aislamiento térmico y la intensidad de la radiación solar que se puede incrementar considerablemente por medio de la concentración, aunque también se incrementan los costos y los problemas técnicos.

Los colectores de placa plana cubren un rango de temperaturas de hasta 100°C , y son útiles para el calentamiento de agua, secado de granos, calefacción y aire acondicionado. Estos colectores constan de una, dos o hasta tres placas de vidrio o plástico que cierran una de las caras de una caja que queda totalmente sellada, con lo que se produce el efecto invernadero; este efecto se aprovecha para calentar una placa absorbente de energía térmica que es transmitida por la placa a una serie de tubos que contienen algún medio intercambiador de calor, agua o aire; pasando de ahí a un tanque termo de almacenamiento en el caso del agua, o a ductos que recorran la habitación en el caso del aire, finalmente para mantener la ganancia de temperatura adquirida, se coloca una capa de algún material aislante entre los tubos y la base de la caja (fig. 8).

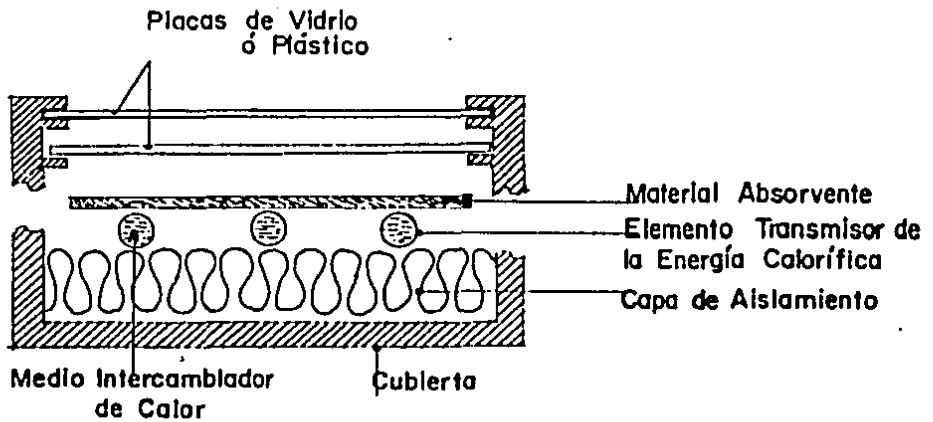


FIGURA 8. COLECTOR SOLAR PLANO.

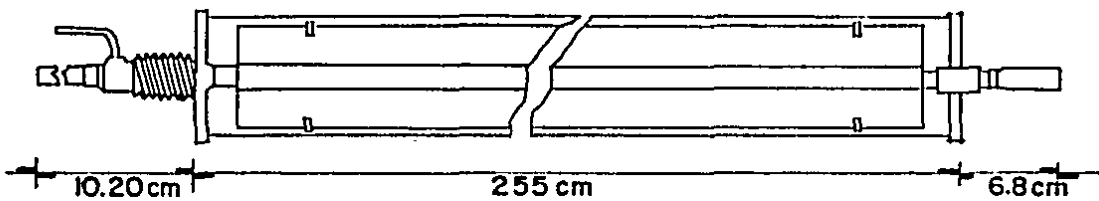
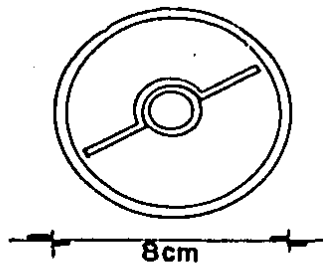


FIGURA 9. COLECTOR SOLAR EVACUADO SANYO.

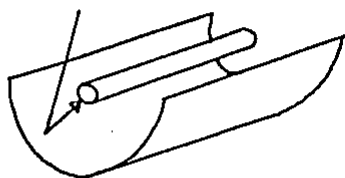
La eficiencia de este tipo de colectores será reducida por pérdidas de calor de tipo convectivo y radiativo. las pérdidas por radiación se dan en función de la emisividad que experimente la placa absorbente dentro de las longitudes de onda de la radiación solar visible, y pueden ser controladas mediante el uso de superficies selectivas que tienen una absorptividad máxima en la región del visible y cerca del no infrarrojo y un mínimo de emisividad en la región del lejano infrarrojo. En la naturaleza existen sustancias con propiedades similares a las descritas que pueden ser depositadas sobre la placa absorbente para que adquiera las mismas propiedades y disminuyan considerablemente las pérdidas de calor por radiación. Algunas de estas sustancias son: el níquel negro que es una aleación de níquel, zinc y azufre, depositadas sobre una superficie metálica, el cobre negro que es óxido de cobre negro sobre sustratos de cobre o aluminio y el cromo negro que es un depósito en el que los átomos de cromo están dispersos en una capa de óxido de cromo, este depósito se puede obtener empleando el sustrato como cátodo inmerso en un baño electrolítico y como ánodo una placa de plomo.

Al reducir considerablemente las pérdidas por radiación mediante las superficies selectivas, quedan entonces por reducir las pérdidas por convección: ésto se puede lograr introduciendo en el colector una cubierta de vidrio adicional (con base en un colector de una sola cubierta), con lo que se reducen también las pérdidas radiativas. Sin embargo, esta medida también reduce el valor de transmitancia-absorbancia efectivas del sistema cubierta y disminuye la eficiencia del colector cuando trabaja a temperaturas cercanas al ambiente. Para eliminar completamente las pérdidas por convección y conducción se debe rodear a la placa absorbente con un vacío, aunque aplicar este vacío a un colector plano requeriría soportes adicionales y un diseño más robusto. Así que lo que se llegó a desarrollar fue un diseño de colector tubular con mayor fuerza compresiva y resistencia a la implosión, estos

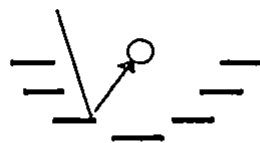
colectores son conocidos con el nombre de tubos evacuados y permiten extender el rango de operación hasta 150°C . Uno de los diseños de este tipo de colectores se puede apreciar en la fig. 9.

Cuando se requieren obtener rangos de temperaturas más elevadas se tiene que recurrir a los convertidores con enfoque lineal de la radiación solar directa por medio de espejos cilíndricos, que alcanzan temperaturas del orden de 200 a 500°C que son adecuadas para operar turbinas de vapor.

El rango de temperaturas se pueden ampliar más si se utilizan convertidores con enfoque puntual que alcanzan temperaturas de 1500°C ó más que no sólo tiene interés científico sino que se utilizan para la disociación del H_2O , para producción de H_2 , para generadores termoiónicos o magneto-hidrodinámicos o también para producción de electricidad. En la fig. (10) se presentan ejemplos esquemáticos de estos últimos dos tipos de captadores solares.

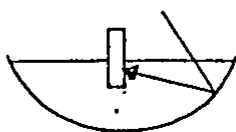


Concentrador Parabólico

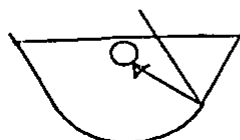


Espejos Fijos

CONCENTRADORES LINEALES



Plato Esférico



Plato Parabólico Puntual

CONCENTRADORES PUNTALES

FIGURA IQ. EJEMPLOS ESQUEMATICOS DE CONCENTRADORES PUNTALES Y LINEALES.

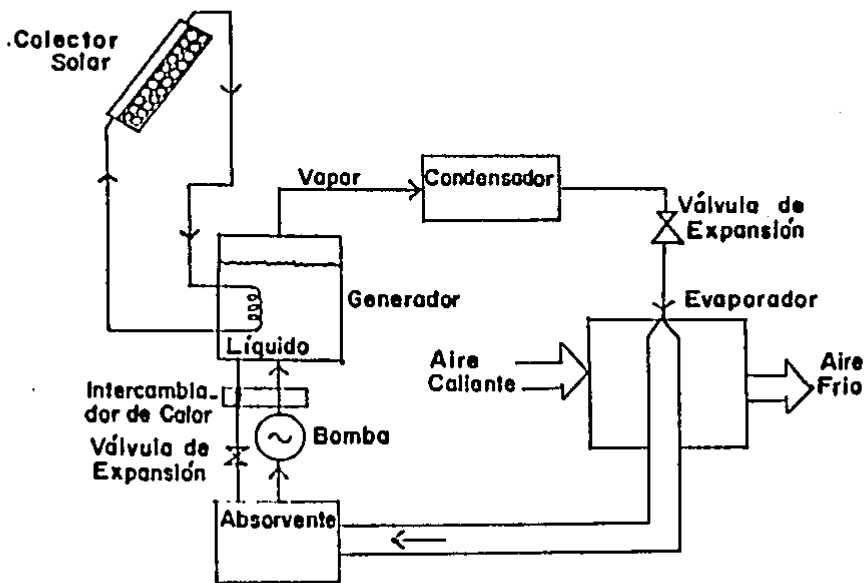


FIGURA II. DIAGRAMA DE UN SISTEMA DE REFRIGERACION SOLAR POR ABSORCION

2.2.3 Sistemas de Refrigeración de Fluidos por Energía Solar.

Hasta aquí se ha visto el aprovechamiento de la energía solar como fuente de calor; sin embargo, aunque resulte paradójico, se puede emplear esta misma energía para sistemas de enfriamiento para aire o agua. Existen dos sistemas que se usan más comúnmente en este sentido y son el de bromuro de litio-agua y el de amoníaco-agua; en el sistema de agua amoníaco, el agua actúa como absorbente; a bajas temperaturas el agua puede absorber grandes cantidades de amoníaco. Cuando se calienta a alta presión, el amoníaco se gasifica y puede entonces ser recondensado en forma de líquido, permitiendo su expansión a través de una válvula; parte del amoníaco se evaporará y enfriará el residuo que pasa por el evaporador; el agua fría resultante es la que se usa para proveer el aire acondicionado requerido. En todo este proceso, el único trabajo mecánico externo necesario es el que se requiere para elevar la presión del sistema agua-amoníaco.

En el sistema litio-bromuro es el agua la que se usa como refrigerante. El litio-bromuro absorbe grandes cantidades de agua cuando se enfría y libera vapor de agua cuando se calienta. Independientemente del tipo de calor actuante que el proceso de refrigeración usa, la temperatura de operación está en función de ese calor cuando se acopla un colector solar a una unidad de refrigeración; esto se debe al hecho de que la eficiencia de un colector solar decrece cuando baja la temperatura, mientras que la eficiencia de la unidad de refrigeración se incrementa con la generación de temperatura. Un sistema comercial litio-bromuro proporciona con una temperatura de colector de 110°C , cuatro veces la cantidad de refrigeración que la que se conseguiría con una temperatura de colector de 30°C .

En la fig. 11 se puede apreciar el esquema de funcionamiento de una unidad de refrigeración por absorción mediante el uso de la energía solar.

En este sistema de refrigeración el funcionamiento es el siguiente:

Una solución de amoníaco agua al 50% de concentración en peso es calentada en el generador, siendo la fuente térmica el agua calentada en los colectores solares.

Dado que el punto de ebullición de NH_3 es inferior al de H_2O ; el amoníaco fluye fuera del generador en forma de vapor puro. Posteriormente este amoníaco llega al condensador donde es enfriado y por lo tanto licuado.

En forma líquida continúa hacia la válvula de expansión, donde básicamente existe una caída de presión y así ingresa al evaporador donde dicho amoníaco "absorbe" calor del ambiente produciéndose así el efecto de refrigeración.

El refrigerante en estado gaseoso posteriormente pasará al absorbedor donde se mezclará con una solución pobre (baja en contenido de NH_3) y de esta forma la solución se enriquece, para así enviarlo (a través de una bomba) nuevamente al generador y repetir el ciclo.

Deber agregarse que tanto en el generador así como en el absorbedor, se requiere de un sistema de enfriamiento.

Para completar el panorama de las aplicaciones de la energía solar en la construcción, se verá en la parte final de este Capítulo su aprovechamiento en la producción directa de la electricidad.

2.3 Perspectivas para el uso de las Celdas Fotovoltaicas.

Las celdas solares destinadas a la producción de electricidad dependen del efecto fotovoltaico para su operación, ese efecto fue reportado inicialmente en 1839 por Becquerel, quien observó una dependencia de luz y voltaje entre electrodos inmersos en un electrolito. En 1876 se observó este mismo efecto en un sistema en estado sólido: en el selenio. Esto continuó con el desarrollo de las fotoceldas con ambos materiales y óxido cúprico. Aunque en 1941 se reportó una celda de silicio, no fue sino hasta 1954 que el precursor de las actuales celdas de silicio se dio a conocer.

Las investigaciones desarrolladas hasta la fecha, se han concentrado principalmente en el estudio del silicio amorfo como material principal de las celdas fotovoltaicas debido a los bajos costos de elaboración y a las altas eficiencias que se pueden alcanzar.

Como cada celda solar sólo genera una pequeña cantidad de energía eléctrica, hay necesidad de interconectarlas en serie y paralelo para obtener la cantidad adecuada de energía eléctrica. Por lo tanto, un grupo de celdas se monta en un elemento de soporte que simultáneamente sirve para proteger a las celdas de condiciones climáticas adversas formando lo que se llama un módulo FV (fotovoltaico). Debido a las restricciones impuestas por la producción en serie, en el mercado sólo existe una reducida variedad de módulos cuyas potencias de salida varían entre 10 y 60 Watts pico.

La eficiencia de los módulos, en general, es siempre menor que la eficiencia de las celdas, por varias razones: no toda el área del módulo está cubierta por celdas, existen pérdidas en la cubierta anterior y relleno de una celda, y variaciones en las características de celda a celda.

En módulos comerciales la eficiencia del módulo es aproximadamente de 80% a 98% la de las celdas.

Por otra parte, dado que la conversión directa de energía eléctrica sólo es posible realizarla durante el día, si se requiere energía eléctrica en las horas en que no hay Sol o su intensidad es muy baja por ser temprano en la mañana, tarde en el día o estar nublado, es necesario almacenar la energía de alguna manera. Existen distintas tecnologías para efectuar este almacenamiento: baterías, producción de hidrógeno, mecanismos inerciales e hidrobombeo. De todos ellos, las baterías son las más familiares, y de más fácil empleo; sin embargo, el costo de las baterías se ha elevado de tal manera que ahora este costo representa un alto porcentaje del costo total de un sistema FV.

La última parte que complementa a un sistema fotovoltaico es el subsistema de acondicionamiento de energía (sistemas auxiliares AC y DC), estos subsistemas auxiliares pueden ser muy variados y dependen de la aplicación. El más sencillo es un diódo que se recomienda colocar a la salida del arreglo FV para evitar la posibilidad de que fluya una corriente en sentido contrario a través de las celdas solares y las degrade. Algunos módulos ya lo traen integrado.

Otro tipo de sistema auxiliar muy común son los inversores. Un inversor es un dispositivo que convierte voltaje DC en AC los hay de varias clases: mecánicos y electrónicos. Los electrónicos tienen las siguientes ventajas sobre los mecánicos: poco mantenimiento, confiabilidad, larga vida, tamaño pequeño, operación silenciosa, alta eficiencia y bajo costo, entre otras.

El reto que enfrentan actualmente las celdas fotovoltaicas es el de aumentar su eficiencia y reducir sus costos, en los últimos años ha habido un gran incremento en la investigación en celdas, dirigido principalmente hacia la reducción de sus

costos de producción.

Varios países han establecido metas, por ejemplo, en Estados Unidos se espera que para 1990 el costo de la celda esté entre 0.15 y 0.40 US \$/WP, el proyecto sunshine de Japón establece una reducción en este costo para la misma fecha de 1/100 del costo que tenía en 1974.

Existe una posibilidad muy alta de que las metas que se han propuesto estos países las lleguen a alcanzar, debido a que le dedican suficientes recursos a la investigación básica y al desarrollo tecnológico. En nuestro país, sin embargo, la situación es distinta, pues aunque se está desarrollando investigación al respecto, los recursos con los que cuenta son muy escasos. Esta situación podría mejorar sustancialmente si el gobierno reenforcara sus políticas en el sector energético y en lugar de gastar miles de millones en una planta de energía nuclear, cuya eficiencia de producción es dudosa, destinara los recursos suficientes para el desarrollo de investigación del aprovechamiento de la energía solar, se podría en algunos años igualar, en este aspecto, el nivel de los países desarrollados y disfrutar de sus beneficios.

NOTAS

¹Diego Alfonso Sámano y Bernardo Vazquez, Notas del Curso de Actualización en Energía Solar, "Sistemas Pasivos de Climatización" Unidad Académica de los Ciclos Profesional y de Posgrado del CCH, LES-IIM-UNAM, México 1987 (p.137 a 153).

²Roberto Best Notas del 1er Curso de Actualización en Energía Solar "Conversión Fototérmica de la Energía Solar", Unidad Académica de los Ciclos Profesional y de Posgrado del CCH -IIM-UNAM México 1983 (p. 1,4,6,7,10,12,13 y 14).

³Material Traducido del Libro de David K Mc Daniels, The Sun, Our Future Energy Source. John Wiley and Sons, N W 1979 (p. 178 y 179).

⁴Luis Enrique Sansores, Notas del 1er Curso de Actualización en Energía Solar "Sistemas Fotovoltaicos", Unidad Académica de los Ciclos Profesional y de Posgrado del CCH -IIM-UNAM México 1983 (p. 1 a 5).

III. EJEMPLO ESPECIFICO DE CLIMATIZACION NATURAL.

3.1 Propuesta de Climatización Natural para el Edificio de Oficinas y Gobierno del Instituto Nacional de la Salud en Cuernavaca, Morelos.

Localización del Sitio.

El terreno donde será construido el Instituto Nacional de la Salud está ubicado en la parte alta de la ciudad de Cuernavaca. A él corresponden las cotas. 99° grados, 14' minutos, 45'' segundos de longitud oeste y 18° grados, 58' minutos y 45'' segundos de latitud norte según la carta de detenal número E14A59-12.

La altitud del sitio sobre el nivel del mar está marcada entre las cotas 1850 y 1900 metros, en las cartas de DEIENAL referidas. El terreno ubicado en una ladera que se eleva hacia el norte, favorece el uso del viento en los sistemas pasivos, ya que el viento dominante proviene del sureste, como se describirá líneas adelante..

La ladera forma parte del macizo montañoso de la sierra del Ajusco, y actualmente el predio referido, forma parte de los límites de la zona urbana de la Ciudad de Cuernavaca. Al sur está la zona urbana, y al norte una zona boscosa, lo cual como se mencionará en el clima del sitio, impone un microclima especial.

Descripción del Clima del Sitio.

Los parámetros de clima en el lugar relevantes para el presente estudio de confort, son: temperatura, humedad, velocidad y dirección del viento, así como la radiación solar.

Los datos de clima del archivo del Servicio Meteorológico Nacional, fueron corroborados por las mediciones propias realizadas en un año en el sitio donde se construiría el Laboratorio de Energía Solar en Temixco, Morelos.. Se construyó un archivo de temperaturas horarias que corresponden a la temperatura de bulbo seco a la sombra del lugar. El archivo se alimentó a la computadora y se organizó en 365 renglones que corresponden a la fecha y veinticuatro columnas en las que cada valor es la temperatura promedio de cada hora, partiendo de la 1:00 y hasta las 24:00 Hrs. Los valores de cada temperatura corresponden al promedio estadístico para cada hora (los valores donde aparece un cero corresponden a valores no tomados o valores poco confiables). En el lugar no es común que se presente el cero grado centigrado ($^{\circ}\text{C}$). Los 8760 valores de temperatura horaria, se procesan en un programa de computadora para indicar gráficamente el confort térmico, y que queda impreso en la tabla anexa. En la tabla de temperaturas se marcaron con signos menos (--) donde se tenía una condición de temperatura menor a la mínima de comodidad térmica, y un signo más (++) donde se tenía una temperatura mayor a la máxima de comodidad, y se dejó el espacio en blanco para indicar las temperaturas dentro de las condiciones de confort para el cuerpo humano, según la American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, y que corresponden al rango comprendido entre 22 y 28 $^{\circ}\text{C}$.

Como puede observarse en la tabla, las temperaturas por encima de las de confort, se presentan desde finales de febrero, y hasta fines de mayo, siendo las más intensas

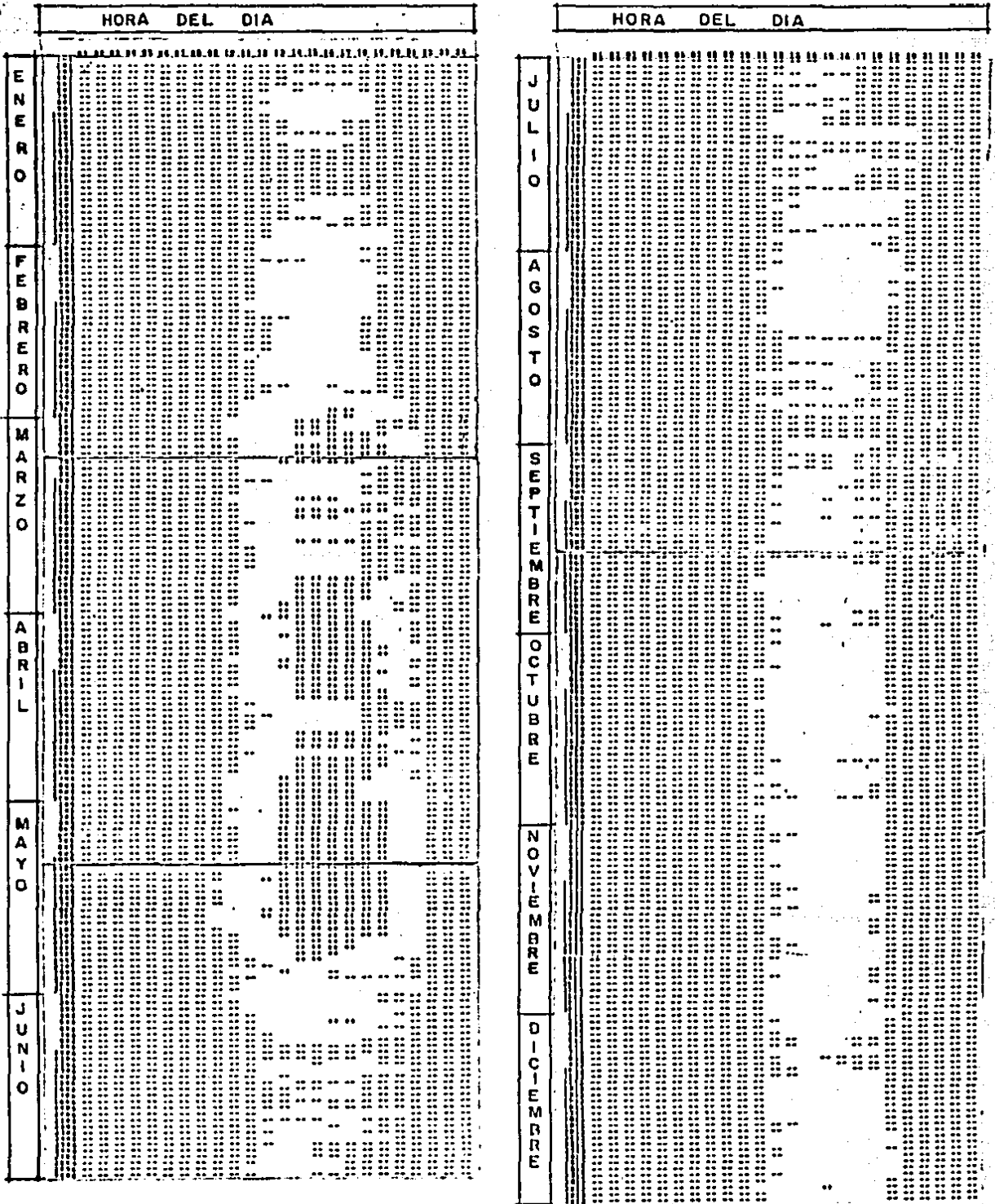


FIGURA 12. GRAFICA ANUAL DE COMODIDAD.

durante la primavera. Aunque durante las mañanas y después del anochecer las temperaturas regresan al rango de confort. El resto del año, se presentan las condiciones de confort prácticamente todos los días, aunque por las noches y la madrugada, la temperatura suele ir por debajo del confort, sin frío severo, de tal manera que es posible soportar el fresco cambiando el vestido a uno más abrigador (mayor a U.é CLÚ).

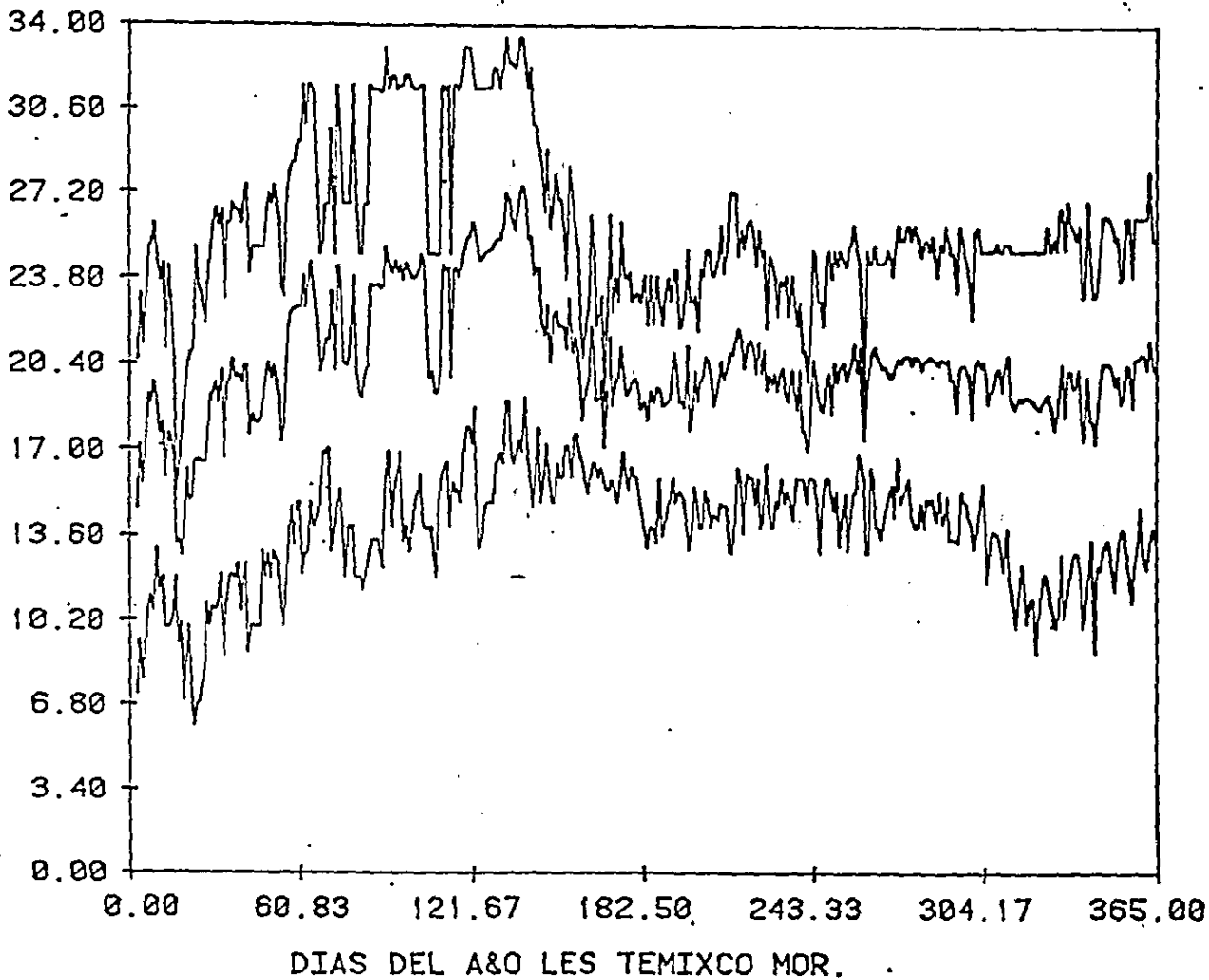
El problema principal en cuanto a la temperatura, que fija de manera principal la comodidad térmica del ser humano, lo representan las altas temperaturas que rebasan la comodidad, así como los días en los que la temperatura se presenta en el rango de confort, pero debido a la presencia de la radiación solar que es importante todo el año existen periodos en los que la temperatura aparente puede ir por encima de la de confort. (o sea que se incrementa la sensación de bochorno que las personas pueden sentir).

La radiación solar, es intensa durante todo el año aún en la época de lluvia, debido a que ésta se presenta al anochecer y los días son soleados, de aquí la importancia de cuidar la radiación transmitida a través de la envolvente del edificio que puede incidir de manera directa e instantánea sobre el disconfort de los ocupantes. La radiación se estima mediante cálculos en un procesador de radiación que ha sido probado contra datos reportados por los Institutos de Geofísica e Ingeniería de la UNAM.

La gráfica de temperaturas máxima, media y mínima, para cada día a lo largo del año, muestra de manera global el clima de la región. Además de las temperaturas, muestra la humedad relativa del aire. Durante los meses de mayor amplitud en la variación de la temperatura, los días son de baja humedad, y la mínima amplitud corresponden a una alta humedad y coincide con la época de lluvias. Esto se corroboró con los datos de clima tomados en la zona.

TEMPERATURAS MINIMA, PROMEDIO, MAXIMA

FIGURA 13 GRAFICA DE TEMPERATURAS.



El viento se presenta con regularidad tanto en dirección como en intensidad. Durante la parte diurna, que es la parte donde el viento cobra importancia como recurso en la climatización natural, el viento proviene del sur sudeste con una intensidad que varía entre 0.5 a 2.5 metros por segundo, aunque ocasionalmente por periodos de tiempo pequeños, se presenta la calma o vientos de mayor velocidad, pero el rango anotado es el de mayor frecuencia de aparición.

Problemas de Comodidad.

Debido a que el ser humano genera calor y necesita descargarlo al medio circundante de manera continua, para poder cumplir con las funciones metabólicas básicas, requiere de ciertas condiciones de temperatura en el aire y de radiación proveniente del medio ambiente para sentir condiciones de confort. En los edificios, con el clima descrito en el punto anterior, se presentarían problemas de desconfort por altas temperaturas y por la presencia de radiación del medio circundante que provoca problemas en la descarga del calor del cuerpo humano (clima cálido). También aunque menos importante es el problema de los días frescos en la parte vespertina y nocturna. Sólo que debido a los horarios de trabajo de un centro de investigación, los problemas de menor temperatura quedan fuera.

Para días cálidos.

Los días más cálidos, que se presentan al final del invierno y principios de la primavera, se caracterizan por la presencia de una alta intensidad en la radiación solar, por una baja humedad y la presencia de viento.

Otros días cálidos no menos importantes, son los días lluviosos con temperaturas cercanas al límite superior del rango de comodidad, pero con una alta humedad que limita a

los ocupantes del empleo de la sudoración como medio de descarga de calor. La radiación solar es menos intensa que en los días secos, pero causa incomodidad si la temperatura está cercana a la máxima de confort.

Para días frescos.

Estos días la temperatura de confort se logra al medio día, sin embargo, éstos resultan con temperaturas por debajo del límite inferior del rango de confort durante la noche y la madrugada, hora en la que no es posible tomar ventaja del sol para calentar. Pero no son temperaturas muy alejadas del confort, por lo que su manejo se facilita. Se presentan durante el otoño y al principio del invierno.

Revisión de las Condiciones de Comodidad debajo de la Techumbre de Vidrio.

Debido a que el diseño arquitectónico original del edificio plantea una techumbre de vidrio en la zona de patio, el primer aspecto que se cuidó fue el de seguridad, por lo que se trató en principio conseguir un vidrio tipo emparedado, que sería el más recomendable al respecto, ya que cuenta con malla de acero para protección al impacto, al centro del emparedado; sin embargo, no se encontró disponible en el mercado mexicano, y se optó por vidrio templado que es comercial. A pesar de esto no se pudo obtener en el mercado de Cuernavaca, por lo que se recurrió al D.F. para obtener muestras.

Resuelto el primer problema, se continuó con el estudio de los aspectos térmicos, para lo cual se buscó que las propiedades ópticas del vidrio templado seleccionado fueran las mejores de entre los disponibles en el mercado. El ideal sería aquel que evitara (reflejando) la entrada de la radiación solar directa fuera del espectro visible, para que dejará pasar iluminación de manera natural al local y se evite encender luz artificial durante el día, ya que de lo contrario; además del gasto de energía eléctrica que esto representa, se tendría también el aporte de radiación calorífica de las lámparas como un problema extra de sobrecalentamiento que necesitaría ser contrarrestado.

Los tipos de vidrio templado que se encontraron en el mercado fueron los siguientes:

- 1) El filtrasol, con una pigmentación gris inmersa en el vidrio.
- 2) El bronce, con una pigmentación café; y,
- 3) El claro sin ninguna pigmentación.

A cada uno de ellos se le puede también recubrir en una de sus caras con un depósito de material metálico (llamado comercialmente plata), que forma una película delgada parcialmente translúcida.

De las seis opciones posibles, la que se acerca al tipo ideal planteado es la del vidrio claro con el recubrimiento plata. Por lo tanto, fue este tipo de vidrio el que se seleccionó para instalarse en el techo del patio central.

Esto se apoyó en un estudio de la temperatura equivalente que sentiría una persona debajo de la techumbre sujeta a las condiciones del micro-clima en el patio, incluyendo la alteración de la radiación solar por las propiedades ópticas de cada uno de los vidrios.

El estudio se hizo para cuatro vidrios templados diferentes, calculándose la temperatura equivalente cada hora durante los días seleccionados en el punto 9 del presente informe. Como se observa en estos resultados, ^{FIGURA 13} el vidrio plata es el idóneo de los cuatro. Las propiedades ópticas de los vidrios fueron estudiadas en un espectrorotómetro Shimadzu UV-365. En este estudio se descartó el vidrio entintado con depósito plata, ya que la transmitancia total a la radiación solar de estos vidrios, es igual a la del vidrio claro con recubrimiento plata, sin embargo, la transmitancia en el visible era menor en los vidrios entintados. Esto significa que dejan pasar la misma cantidad de calor por radiación, con lo que no existe ganancia, pero además los vidrios entintados oscurecen el patio.

TEMPERATURA EQUIVALENTE DEBAJO DE UN TECHO DE VIDRIO
EDIFICIO DE GOBIERNO DEL INS-SS

DIA 24 (24 DE ENERO)

| HR | TAMB | RADHT | TVIE | TEM. EQUIV. CON LOS EFECTOS COMBINADOS DE RAD. Y CONVECCION | | | |
|----|------|-------|------|--|--------|----------|--------|
| | | | | V. CL. | V. BR. | V. F. S. | V. PL. |
| 1 | 9.1 | .0 | 9.1 | 9.1 | 9.1 | 9.1 | 9.1 |
| 2 | 9.1 | .0 | 9.1 | 9.1 | 9.1 | 9.1 | 9.1 |
| 3 | 8.3 | .0 | 8.3 | 8.3 | 8.3 | 8.3 | 8.3 |
| 4 | 7.8 | .0 | 7.8 | 7.8 | 7.8 | 7.8 | 7.8 |
| 5 | 7.5 | .0 | 7.5 | 7.5 | 7.5 | 7.5 | 7.5 |
| 6 | 6.0 | .0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 |
| 7 | 6.6 | .0 | 3.8 | 3.8 | 3.8 | 3.8 | 3.8 |
| 8 | 10.9 | 68.6 | 9.8 | 12.7 | 11.9 | 11.7 | 10.0 |
| 9 | 13.6 | 231.9 | 9.1 | 16.1 | 14.1 | 13.6 | 9.6 |
| 10 | 15.9 | 394.7 | 15.1 | 31.7 | 27.1 | 25.9 | 16.3 |
| 11 | 17.9 | 530.0 | 17.2 | 39.5 | 33.2 | 31.6 | 18.7 |
| 12 | 19.8 | 618.9 | 17.7 | 39.0 | 33.0 | 31.5 | 19.2 |
| 13 | 21.3 | 650.0 | 19.4 | 41.9 | 35.6 | 34.0 | 21.0 |
| 14 | 23.3 | 618.9 | 21.7 | 43.1 | 37.1 | 35.6 | 23.2 |
| 15 | 24.3 | 530.0 | 22.0 | 37.2 | 33.0 | 31.9 | 23.1 |
| 16 | 25.1 | 394.7 | 23.0 | 34.3 | 31.1 | 30.3 | 23.8 |
| 17 | 24.3 | 231.9 | 22.3 | 29.3 | 27.3 | 26.8 | 22.8 |
| 18 | 23.1 | 68.6 | 21.5 | 23.8 | 23.1 | 23.0 | 21.6 |
| 19 | 20.8 | .0 | 18.9 | 18.9 | 18.9 | 18.9 | 18.9 |
| 20 | 18.2 | .0 | 15.2 | 15.2 | 15.2 | 15.2 | 15.2 |
| 21 | 16.7 | .0 | 14.1 | 14.1 | 14.1 | 14.1 | 14.1 |
| 22 | 15.2 | .0 | 15.2 | 15.2 | 15.2 | 15.2 | 15.2 |
| 23 | 13.6 | .0 | 13.6 | 13.6 | 13.6 | 13.6 | 13.6 |
| 24 | 11.3 | .0 | 11.3 | 11.3 | 11.3 | 11.3 | 11.3 |

TAMB. - Temperatura Ambiente

RADHT. - Radiación Solar

HR. - Hora

TVIE. - Temperatura Equivalente

Debido al Efecto del
Viento

V. CL. - Vidrio Claro

V. BR. - Vidrio Bronce

V. F. S. - Vidrio Filtro Sol

V. PL. - Vidrio Plata

FIGURA 14.1 TEM. EQUIV. DEBAJO DE UN TECHO DE VIDRIO.

TEMPERATURA EQUIVALENTE DEBAJO DE UN TECHO DE VIDRIO
EDIFICIO DE GOBIERNO DEL INS-SS

DIA 133 (13 DE MAYO)

| HR | TAMB | RADHT | TVIE | TEM. EQUIV. CON LOS EFECTOS COMBINADOS DE RAD. Y CONVECCION | | | |
|----|------|-------|------|--|--------|----------|--------|
| | | | | V. CL. | V. BR. | V. F. S. | V. PL. |
| 1 | 21.3 | .0 | 21.3 | 21.3 | 21.3 | 21.3 | 21.3 |
| 2 | 21.3 | .0 | 21.3 | 21.3 | 21.3 | 21.3 | 21.3 |
| 3 | 20.7 | .0 | 20.7 | 20.7 | 20.7 | 20.7 | 20.7 |
| 4 | 20.4 | .0 | 20.4 | 20.4 | 20.4 | 20.4 | 20.4 |
| 5 | 20.2 | .0 | 20.2 | 20.2 | 20.2 | 20.2 | 20.2 |
| 6 | 19.0 | .0 | 19.7 | 19.7 | 19.7 | 19.7 | 19.7 |
| 7 | 19.5 | 48.2 | 20.2 | 22.6 | 21.9 | 21.7 | 20.3 |
| 8 | 22.7 | 201.1 | 23.2 | 33.5 | 30.6 | 29.9 | 24.0 |
| 9 | 24.8 | 363.1 | 24.6 | 40.5 | 36.1 | 34.9 | 25.7 |
| 10 | 26.5 | 511.1 | 26.2 | 47.8 | 41.7 | 40.2 | 27.7 |
| 11 | 28.0 | 628.6 | 26.8 | 45.2 | 40.0 | 38.7 | 28.1 |
| 12 | 29.4 | 703.9 | 29.3 | 58.9 | 50.6 | 48.5 | 31.4 |
| 13 | 30.6 | 730.0 | 30.6 | 65.0 | 55.4 | 52.9 | 33.1 |
| 14 | 32.1 | 703.9 | 32.1 | 63.0 | 54.3 | 52.1 | 34.3 |
| 15 | 32.9 | 628.6 | 32.9 | 58.4 | 51.2 | 49.4 | 34.7 |
| 16 | 33.5 | 511.1 | 33.5 | 53.5 | 47.9 | 46.5 | 35.0 |
| 17 | 32.9 | 363.1 | 32.9 | 48.9 | 44.4 | 43.3 | 34.0 |
| 18 | 32.0 | 201.1 | 31.9 | 40.4 | 38.0 | 37.4 | 32.5 |
| 19 | 30.2 | .0 | 30.0 | 30.0 | 30.0 | 30.0 | 30.0 |
| 20 | 28.3 | .0 | 27.7 | 27.7 | 27.7 | 27.7 | 27.7 |
| 21 | 27.1 | .0 | 26.4 | 26.4 | 26.4 | 26.4 | 26.4 |
| 22 | 26.0 | .0 | 26.0 | 26.0 | 26.0 | 26.0 | 26.0 |
| 23 | 24.8 | .0 | 24.8 | 24.8 | 24.8 | 24.8 | 24.8 |
| 24 | 23.1 | .0 | 23.1 | 23.1 | 23.1 | 23.1 | 23.1 |

TAMB. - Temperatura Ambiente

RADHT. - Radiación Solar

HR. - Hora

TVIE. - Temperatura Equivalente

Debido al Efecto del

Viento

V. CL. - Vidrio Claro

V. BR. - Vidrio Bronce

V. F. S. - Vidrio Filtro Sol

V. PL. - Vidrio Plata

FIGURA 14.2 TEM. EQUIV. DEBAJO DE UN TECHO DE VIDRIO

TEMPERATURA EQUIVALENTE DEBAJO DE UN TECHO DE VIDRIO
EDIFICIO DE GOBIERNO DEL INS-SS

DIA 138 (18 DE MAYO)

| HR | TAMB | RADHT | TVIE | TEM. EQUIV. CON LOS EFECTOS COMBINADOS DE RAD. Y CONVECCION | | | |
|----|------|-------|------|--|--------|----------|--------|
| | | | | V. CL. | V. BR. | V. F. S. | V. PL. |
| 1 | 20.1 | .0 | 20.1 | 20.1 | 20.1 | 20.1 | 20.1 |
| 2 | 20.1 | .0 | 20.1 | 20.1 | 20.1 | 20.1 | 20.1 |
| 3 | 19.4 | .0 | 19.4 | 19.4 | 19.4 | 19.4 | 19.4 |
| 4 | 19.0 | .0 | 19.0 | 19.0 | 19.0 | 19.0 | 19.0 |
| 5 | 18.8 | .0 | 18.8 | 18.8 | 18.8 | 18.8 | 18.8 |
| 6 | 17.5 | .0 | 15.6 | 15.6 | 15.6 | 15.6 | 15.6 |
| 7 | 18.0 | 52.0 | 16.0 | 17.9 | 17.3 | 17.2 | 16.1 |
| 8 | 21.6 | 204.9 | 20.3 | 27.9 | 25.7 | 25.2 | 20.8 |
| 9 | 23.9 | 366.1 | 22.9 | 36.8 | 32.9 | 31.9 | 23.9 |
| 10 | 25.8 | 512.8 | 24.5 | 41.3 | 36.5 | 35.3 | 25.7 |
| 11 | 27.5 | 629.4 | 26.7 | 49.1 | 42.8 | 41.2 | 28.3 |
| 12 | 29.0 | 704.2 | 28.3 | 52.0 | 45.3 | 43.7 | 30.0 |
| 13 | 30.3 | 730.0 | 30.0 | 57.6 | 49.8 | 47.9 | 32.0 |
| 14 | 32.0 | 704.2 | 31.9 | 59.9 | 52.0 | 50.0 | 33.9 |
| 15 | 32.9 | 629.4 | 32.9 | 60.5 | 52.7 | 50.8 | 34.8 |
| 16 | 33.5 | 512.8 | 33.5 | 55.1 | 49.1 | 47.5 | 35.0 |
| 17 | 32.9 | 366.1 | 32.9 | 48.9 | 44.4 | 43.3 | 34.0 |
| 18 | 31.8 | 204.9 | 31.8 | 41.5 | 38.8 | 38.1 | 32.5 |
| 19 | 29.9 | 52.0 | 29.6 | 31.5 | 31.0 | 30.8 | 29.7 |
| 20 | 27.7 | .0 | 27.1 | 27.1 | 27.1 | 27.1 | 27.1 |
| 21 | 26.5 | .0 | 25.9 | 25.9 | 25.9 | 25.9 | 25.9 |
| 22 | 25.2 | .0 | 25.2 | 25.2 | 25.2 | 25.2 | 25.2 |
| 23 | 23.9 | .0 | 23.9 | 23.9 | 23.9 | 23.9 | 23.9 |
| 24 | 22.0 | .0 | 22.0 | 22.0 | 22.0 | 22.0 | 22.0 |

TAMB. - Temperatura Ambiente

RADHT. - Radiación Solar

HR. - Hora

TVIE. - Temperatura Equivalente

Debido al Efecto del
Viento

V. CL. - Vidrio Claro

V. BR. - Vidrio Bronce

V. F. S. - Vidrio Filtro Sol

V. PL. - Vidrio Plata

FIGURA 14.3 TEM. EQUIV. DEBAJO DE UN TECHO DE VIDRIO

TEMPERATURA EQUIVALENTE DEBAJO DE UN TECHO DE VIDRIO
EDIFICIO DE GOBIERNO DEL INS-SS

DIA 213 (1 DE AGOSTO)

| HR | TAMB | RADHT | TVIE | TEM. EQUIV. CON LOS EFECTOS COMBINADOS DE RAD. Y CONVECCION | | | |
|----|------|-------|------|--|--------|----------|--------|
| | | | | V. CL. | V. BR. | V. F. S. | V. PL. |
| 1 | 15.3 | .0 | 15.3 | 15.3 | 15.3 | 15.3 | 15.3 |
| 2 | 15.3 | .0 | 15.3 | 15.3 | 15.3 | 15.3 | 15.3 |
| 3 | 14.7 | .0 | 14.7 | 14.7 | 14.7 | 14.7 | 14.7 |
| 4 | 14.4 | .0 | 14.4 | 14.4 | 14.4 | 14.4 | 14.4 |
| 5 | 14.1 | .0 | 14.1 | 14.1 | 14.1 | 14.1 | 14.1 |
| 6 | 13.0 | .0 | 13.0 | 13.0 | 13.0 | 13.0 | 13.0 |
| 7 | 13.4 | 41.8 | 15.4 | 17.7 | 17.1 | 16.9 | 15.5 |
| 8 | 16.7 | 178.0 | 18.3 | 28.3 | 25.5 | 24.8 | 19.0 |
| 9 | 18.7 | 322.5 | 18.0 | 31.6 | 27.8 | 26.8 | 19.0 |
| 10 | 20.4 | 454.4 | 19.4 | 37.5 | 32.4 | 31.1 | 20.7 |
| 11 | 21.9 | 559.4 | 21.0 | 43.3 | 37.0 | 35.5 | 22.6 |
| 12 | 23.3 | 626.7 | 23.8 | 55.8 | 46.8 | 44.5 | 26.0 |
| 13 | 24.4 | 650.0 | 24.5 | 55.2 | 46.5 | 44.4 | 26.7 |
| 14 | 25.8 | 626.7 | 25.4 | 50.3 | 43.3 | 41.5 | 27.1 |
| 15 | 26.7 | 559.4 | 25.6 | 44.4 | 39.1 | 37.8 | 27.0 |
| 16 | 27.3 | 454.4 | 26.3 | 41.6 | 37.3 | 36.2 | 27.4 |
| 17 | 26.7 | 322.5 | 25.6 | 36.5 | 33.4 | 32.7 | 26.4 |
| 18 | 25.8 | 178.0 | 25.0 | 31.8 | 29.9 | 29.4 | 25.5 |
| 19 | 24.1 | 41.8 | 24.1 | 30.8 | 28.9 | 28.5 | 24.6 |
| 20 | 22.1 | .0 | 22.3 | 22.3 | 22.3 | 22.3 | 22.3 |
| 21 | 21.0 | .0 | 19.4 | 19.4 | 19.4 | 19.4 | 19.4 |
| 22 | 19.9 | .0 | 19.9 | 19.9 | 19.9 | 19.9 | 19.9 |
| 23 | 18.7 | .0 | 18.7 | 18.7 | 18.7 | 18.7 | 18.7 |
| 24 | 17.0 | .0 | 17.0 | 17.0 | 17.0 | 17.0 | 17.0 |

TAMB. - Temperatura Ambiente

RADHT. - Radiación Solar

HR. - Horas

TVIE. - Temperatura Equivalente

Debido al efecto del

Viento

V. CL. - Vidrio Claro

V. BR. - Vidrio Bronce

V. F. S. - Vidrio Filtro Sol

V. PL. - Vidrio Plata

FIGURA 14.4 TEM. EQUIV. DEBAJO DE UN TECHO DE VIDRIO

TEMPERATURA EQUIVALENTE DEBAJO DE UN TECHO DE VIDRIO
EDIFICIO DE GOBIERNO DEL INS-SS

DIA 323 (19 DE NOVIEMBRE)

| HR | TAMB | RADHT | TVIE | TEM. EQUIV. CON LOS EFECTOS COMBINADOS DE RAD. Y CONVECCION | | | |
|----|------|-------|------|--|--------|----------|--------|
| | | | | V. CL. | V. BR. | V. F. S. | V. PL. |
| 1 | 11.6 | .0 | 11.6 | 11.6 | 11.6 | 11.6 | 11.6 |
| 2 | 11.6 | .0 | 11.6 | 11.6 | 11.6 | 11.6 | 11.6 |
| 3 | 10.9 | .0 | 10.9 | 10.9 | 10.9 | 10.9 | 10.9 |
| 4 | 10.5 | .0 | 10.5 | 10.5 | 10.5 | 10.5 | 10.5 |
| 5 | 10.3 | .0 | 10.3 | 10.3 | 10.3 | 10.3 | 10.3 |
| 6 | 9.0 | .0 | 6.4 | 6.4 | 6.4 | 6.4 | 6.4 |
| 7 | 9.5 | .0 | 5.8 | 5.8 | 5.8 | 5.8 | 5.8 |
| 8 | 13.1 | 66.2 | 10.9 | 13.4 | 12.7 | 12.6 | 11.1 |
| 9 | 15.4 | 228.5 | 14.5 | 24.2 | 21.5 | 20.8 | 15.2 |
| 10 | 17.3 | 390.6 | 16.6 | 33.0 | 28.4 | 27.2 | 17.7 |
| 11 | 19.0 | 525.3 | 18.3 | 40.4 | 34.2 | 32.6 | 19.9 |
| 12 | 20.5 | 614.2 | 18.1 | 38.0 | 32.4 | 31.0 | 19.5 |
| 13 | 21.8 | 645.0 | 21.9 | 52.3 | 43.8 | 41.6 | 24.1 |
| 14 | 23.5 | 614.2 | 23.9 | 55.3 | 46.5 | 44.3 | 26.2 |
| 15 | 24.4 | 525.3 | 23.9 | 46.1 | 39.8 | 38.3 | 25.5 |
| 16 | 25.0 | 390.6 | 25.4 | 45.4 | 39.8 | 38.3 | 26.8 |
| 17 | 24.4 | 228.5 | 23.7 | 32.8 | 30.2 | 29.6 | 24.3 |
| 18 | 23.3 | 66.2 | 23.1 | 26.0 | 25.2 | 25.0 | 23.3 |
| 19 | 21.4 | .0 | 21.5 | 21.5 | 21.5 | 21.5 | 21.5 |
| 20 | 19.2 | .0 | 18.6 | 18.6 | 18.6 | 18.6 | 18.6 |
| 21 | 18.0 | .0 | 16.3 | 16.3 | 16.3 | 16.3 | 16.3 |
| 22 | 16.7 | .0 | 16.7 | 16.7 | 16.7 | 16.7 | 16.7 |
| 23 | 15.4 | .0 | 15.4 | 15.4 | 15.4 | 15.4 | 15.4 |
| 24 | 13.5 | .0 | 13.5 | 13.5 | 13.5 | 13.5 | 13.5 |

TAMB. - Temperatura Ambiente

RADHT. - Radiación Solar

HR. - Horas

TVIE. - Temperatura Equivalente

Debido al efecto del
Viento

V. CL. - Vidrio Claro

V. BR. - Vidrio Bronce

V. F. S. - Vidrio Filtro Sol

V. PL. - Vidrio Plata

FIGURA 14.5 TEM. EQUIV. DEBAJO DE UN TECHO DE VIDRIO

Planteamiento de la Estrategia de Simulación en Computadora. (1).

La diferencia que presenta el cálculo sin almacenamiento de calor y el cálculo en estado transitorio, se debe sobre todo al efecto de difusión de calor cuando existe almacenamiento en el material de construcción del edificio; el almacenamiento de energía se lleva también a cabo en capas de material no expuestas al aire, también la conductividad térmica del material juega un papel importante, ya que mide la rapidez con que el flujo de calor se transmite en el material. También es importante el coeficiente de convección, que mide a su vez la rapidez con que el calor se transmite del aire a la cara expuesta del material o viceversa.

Para calcular la carga de enfriamiento o calefacción necesarias para obtener una temperatura deseada de comodidad dentro del edificio de Gobierno del I.N.S. tomando en cuenta el almacenamiento térmico, se utilizó un programa de simulación llamado TRNSYS. Este fue una herramienta muy útil en el análisis de los sistemas termodinámicos formado por los dos cuerpos "A" y "B" del edificio de Gobierno. Por medio de este programa, un diseñador y analista puede, rápidamente y a bajo costo, determinar los efectos de modificar varios parámetros en el edificio o su funcionamiento y el control (por medio de una simulación) el funcionamiento de un sistema dado.

El programa TRNSYS (a Transient System Simulation Program), elaborado por el Laboratorio de Energía Solar de la Universidad de Wisconsin, ha sido diseñado para el análisis de sistemas de enfriamiento y calentamiento solar. Consiste en una serie de subrutinas que modelan los componentes del sistema y un programa ejecutor que etiqueta el usuario para simular el funcionamiento de un sistema completo.

Para aplicar TRNSYS a la simulación de un sistema particular de energía solar, el usuario debe identificar primero los componentes del programa y colocarlos en un diagrama de flujo, este diagrama identifica los componentes, el tipo de información y la dirección de flujo de esa información entre los componentes del sistema. Así como la información que sale de un componente y que será alimentada a otro componente dentro del programa de simulación.

Esta simulación es entonces de tipo modular; cada componente representa un módulo. Esta técnica de simulación modular reduce en gran parte la dificultad de simulación de sistemas, esencialmente reduce los problemas grandes en varios problemas pequeños, los cuales son resueltos con mayor facilidad, independientemente, el uno del otro.

TRNSYS reconoce la posición de cada componente dentro del diagrama de flujo, porque el usuario asigna a cada componente un número llamado UNIT y su valor estará entre 1 y 50. Este número UNIT no deberá ser confundido con el TYPE, etiqueta que será explicada más adelante. Los dos no tienen relación. El número UNIT no es más que el número de referencia del componente dentro del diagrama de flujo del sistema, para ser identificado por TRNSYS; con una única restricción, que ese valor no se repita en la información.

Ahora bien, la etiqueta TYPE se refiere a la subrutina que modela un tipo de componente del sistema. El número de TYPE fijado de manera arbitraria se relaciona con el nombre de la subrutina en fortran que modela el componente. Por ejemplo, para el cálculo del flujo de calor que pasa por conducción a través de una pared (véase la figura ¹⁴ que muestra el diagrama de flujo), la subrutina está etiquetada como TYPE 17.

Con base en el diagrama de flujo de la figura, se analizará uno a uno cada TYPE utilizado en la simulación del edificio de Gobierno del I.N.S., en ambos sistemas termodinámicos definidos como edificio "A" y edificio "B".

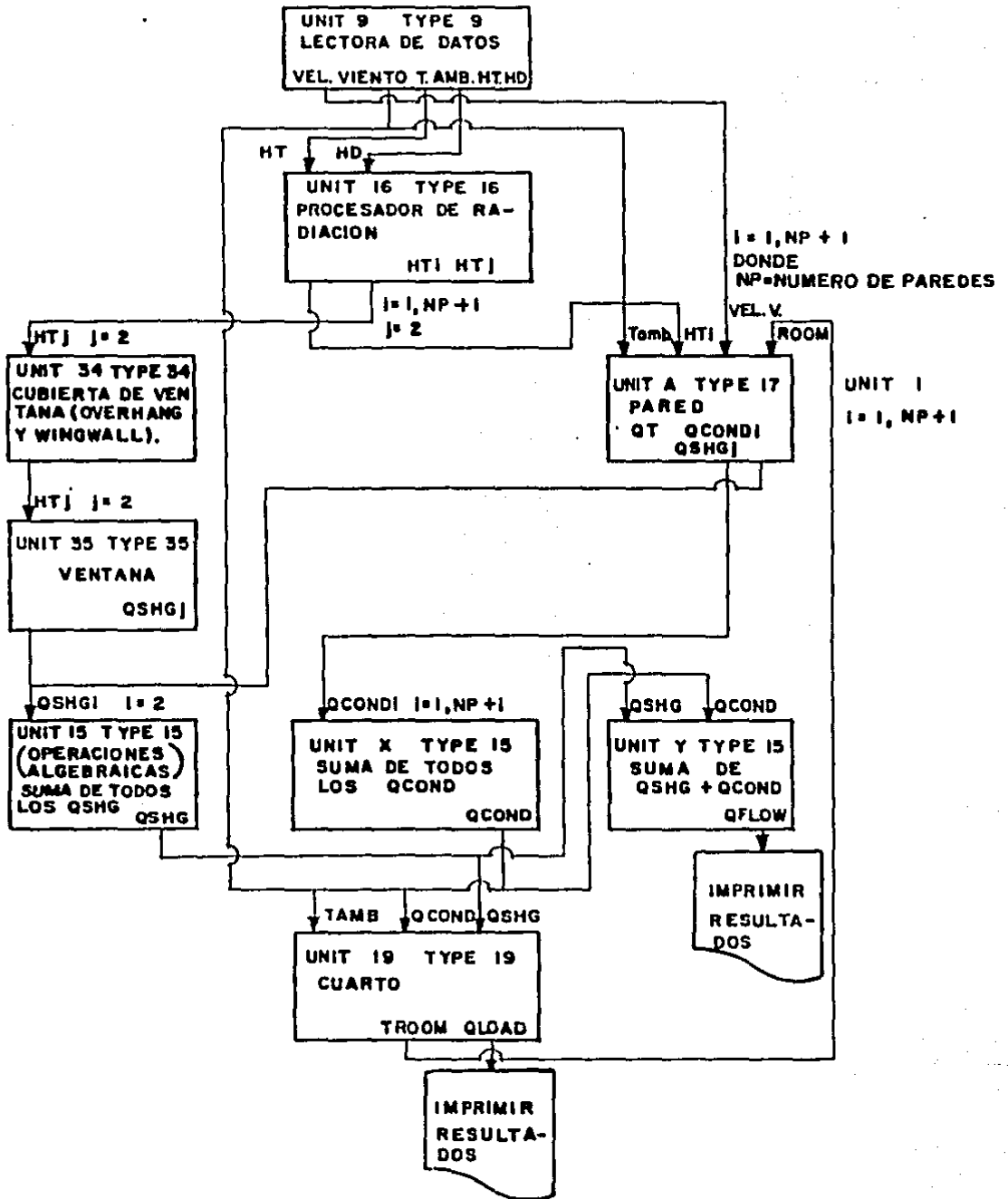


FIGURA 15. DIAGRAMA DE FLUJO TRNSYS.

Unit 1 Type 9 Lectora de Datos.

Este componente sirve con el propósito de leer datos, que provienen de una unidad de memoria (archivo), los datos pueden leerse en el sistema de unidades requerido, o modificarlos por medio de factores de conversión. En cada simulación se proporcionaron los datos meteorológicos (temperatura, velocidad del viento, radiación, etc.) a intervalos de tiempo regulares seleccionados con anterioridad, y referidos en la memoria de cálculo. También los datos, relativos a la composición del edificio y que fueron calculados en la memoria respectiva.

Unit 2 Type 16 Procesador de Radiación.

Este componente interpola datos de radiación, calculando varias cantidades relacionadas con la inclinación del sol y estimando la radiación solar incidente sobre superficies de orientación fija o variable.

Existe varios métodos para la interpolación de datos de radiación, uno muy simple sería interpolar linealmente para intervalos cortos de tiempo lo que traería como consecuencia ciertos errores de redondeo. Por lo que TRNSYS utiliza la curva de radiación extraterrestre para interpolar datos de radiación, lo que parece resolver los problemas que aparecen con una interpolación lineal.

Los datos de radiación solar son generalmente tomados a intervalos de una hora y sobre una superficie horizontal, durante la simulación.

En casi todas las simulaciones de TRNSYS es necesaria la estimación de la radiación que incide sobre una superficie, la cual presenta una inclinación determinada.

Dado un valor estimado de la radiación total sobre una

superficie horizontal, la radiación sobre una superficie inclinada se calcula en dos pasos: primero: la radiación total se separa en sus componentes: directa y difusa. Segundo: las radiaciones directa y difusa horizontales, se transforman en radiaciones directa y difusa sobre la superficie no horizontal.

El TYPE 16 proporciona varias opciones para separar la radiación solar total en sus componentes y utiliza un algoritmo establecido para transformar la radiación horizontal a la de una superficie inclinada.

Unit 34 Type 34 Cubierta de Ventana (Sombreadores).

Los edificios calentados directamente por radiación solar durante el invierno, frecuentemente incluyen un accesorio sombreador para proteger a la superficie receptora (ventana) de la radiación directa en los meses de verano. Este es el caso del edificio de Gobierno del I.N.S., que incluye sombreadores en la fachada sur y poniente, principalmente, en los que además, se cuidó que las superficies que forman el dispositivo sombreador, -y que pudieran calentarse por la incidencia de radiación,- tengan un factor de forma pequeño en la ecuación de radiación. En las otras dos fachadas se dispusieron todos los ventanales con una inclinación de 45° en dirección nororienta, con lo cual se evita la entrada directa de sol durante la mañana. El algoritmo que se emplea para tomar en cuenta este tipo de accesorios, calcula radiación solar incidente sobre una superficie receptora, parcialmente cubierta.

Unit 35 Type 35 Ventana.

Este componente calcula la energía transmitida al cuarto por radiación solar a través de la cubierta de la ventana (vidrio, etc.) que podemos dividir en dos, la cantidad directa de radiación solar que es detenida por la radiación

En esta parte del programa se toma en cuenta la energía que incide sobre la ventana (Hf), información que proviene del TYPE 34, debida a la cubierta que cubre a la superficie receptora.

El cálculo de la radiación solar transmitida a través de la ventana se calcula por:

$$QSHG = I * A * Ht ,$$

y el cálculo por conducción:

$$QCONDV = U * A * (TAMB - TROOM)$$

Donde I, U y A son la transmitancia, el coeficiente global de transferencia de calor y el área de la ventana, TROOM y TAMB las temperaturas del cuarto y del ambiente respectivamente.

Unit 17 Type 17 Pared y Techo.

Este componente simula la operación térmica de una pared o un techo plano, o bien un conjunto de cuatro paredes con las mismas características térmicas. Para tomar en cuenta el almacenamiento de calor en la envolvente del edificio, utiliza el método de función de transferencia para el cálculo de la ganancia de calor por conducción a través de muros y techos desarrollado en ASHRAE.

Debido a que estos cálculos son algebraicos, no iterativos, los costos de computación son muy reducidos en comparación con aquellos que usan aproximaciones para la pared de diferencias finitas. Sin embargo, se empleó para este caso a otro método basado en diferencia finita para corroborar los valores obtenidos por este componente, debido a que la mayor carga al equipo de aire acondicionado es por la transferencia de calor a través de la envolvente.

El flujo de calor q_0'' entrado o abandonado al cuarto puede ser calculado como sigue: .

$$q_0'' = \sum_{n=0} b_n (t_{sa,n} - T_{ROOM}) - \sum_{n=1} d_n q_n'' \quad (\text{Kj/hr m}^2)$$

donde:

b_n = son coeficientes de función de transferencia en términos de temperatura

d_n = los coeficientes de función de transferencia en términos de flujo de calor.

$t_{sa,n}$ = temperatura sol-aire de la pared o de la superficie del techo al tiempo n .

T_{ROOM} = temperatura del cuarto

q_n'' = son los valores del flujo de calor al tiempo n .

Los valores de los coeficientes b y d varían con el tipo de pared. La ganancia de calor por conducción a través de paredes y el techo se calcula por:

$$Q_{COND} = A t q_0'' \quad (\text{Kj/hr})$$

Esta subrutina presentó problemas en el cálculo de la transferencia de calor a través de paredes masivas con variaciones de temperatura diarias grandes. Esto fue detectado al simular la operación térmica del auditorio del Laboratorio de Energía Solar, el cual fue monitoreado y se contaba con una amplia base de datos para comparar resultados.

Unit 15 Type 15 Operaciones Algebraicas.

Debido a que algunas de las bases matemáticas del algoritmo empírico que se seleccionó no están definidas en las subrutinas con las que viene equipado THERS, se usa este TYPE para generarlas.

operaciones algebraicas (suma, resta, multiplicación, etc.) de los datos provenientes de otros componentes (TYPES); este TYPE es muy útil cuando la suma de las salidas de uno o varios componentes es de vital interés, como sucede en esta simulación.

Unit 19 Type 19 Cuarto.

Este componente fue desarrollado para trabajar siempre con el TYPE 17 (pared), y generar una carga de enfriamiento o calentamiento precisa y razonable para el sistema termodinámico que se esté simulando (en este caso, los sistemas definidos para el edificio "A" y "B" respectivamente).

El modelo definido en ambos sistemas termodinámicos calcula cargas sensibles y latentes basadas en las ganancias o pérdidas de calor y humedad, las cuales son independientes de la operación del sistema de enfriamiento o calentamiento.

El flujo de energía entrante o saliente del cuarto proviene del TYPE 17 (pared). Un número arbitrario de otras pérdidas o ganancias de calor, pueden provenir de fuentes tales como pérdidas o ganancias por almacenaje, o cargas cíclicas de aparatos luminosos, aparatos eléctricos, estufas u otros dispositivos.

El modelo que contiene el TYPE calcula flujos de energía a través del sótano o piso plano, pérdidas por infiltración o generación interna de ocupantes, luces, accesorios. También se hacen cálculos de la carga por ventilación y por infiltración.

De las ganancias de calor que penetran o salen del cuarto, una parte afecta la temperatura del aire en el mismo instante y son convertidas inmediatamente en carga de enfriamiento o calentamiento para mantener la temperatura deseada. La carga sensible se almacena en la masa del

mobiliario y los materiales que componen el edificio, y de éstos pasa al aire del cuarto en un tiempo mayor que en el caso anterior. Por ejemplo, la ganancia de calor solar a través de la ventana debe calentar, donde incide, el alfombrado, muebles o paredes, después éstos (muebles, etc.) pueden calentar el espacio. Retrasos similares se asocian con ganancias de calor por iluminación y equipo eléctrico, maquinaria y gente.

El tiempo de distribución de las ganancias de calor del cuarto, se construye por el método presentado en ASHRAE de la función de transferencia, siguiendo este método se obtiene el valor de la carga total llamada QLOAD y representa el valor de la carga que el equipo de calentamiento o enfriamiento debe proveer o remover del cuarto para obtener la temperatura de comodidad deseada.

Una vez que el valor de la carga total QLOAD (si el valor obtenido tiene signo positivo será carga de enfriamiento, si el signo es negativo se tratará de carga de calentamiento) ha sido encontrado por el método de la función de transferencia, la temperatura nodo (o sea la temperatura del cuarto) TRQND se calcula con los valores especificados, por el usuario, de la capacitancia térmica del cuarto y la temperatura del cuarto en el tiempo de cálculo anterior de la siguiente manera:

$$TRQND = TRQND^* \int_0^t \frac{LOAD}{CAPAC} dt$$

donde CAPAC = es la capacitancia térmica del cuarto.

El valor de la temperatura del aire en el cuarto, se puede permitir variar libremente entre los límites TRIN y TRON. En los presentes simulaciones, se tomará la temperatura de operación del edificio de gobierno del U.S. en los días de diseño seleccionados.

Al armar y conectar como se muestra en la figura, las diferentes subrutinas (TYPES), se establece el flujo de la información dentro del programa de simulación, así como la salida que son los resultados.

Estrategias de Diseño Térmico.

La geometría de diseño que se propone para el edificio de oficinas del INS, presenta un patio interior abierto y oficinas parcialmente comunicadas con el espacio abierto, con el empleo de ventilación natural, lo que conforma una envolvente no tradicional. En ésta, en la transferencia de calor con el exterior juega un papel importante la infiltración del exterior al patio interior y de éste a las dos secciones del edificio, como no sucede con los edificios tradicionales. Por esta razón, no puede hablarse de microclima cerrado con temperatura controlada en el interior, a la cual están sujetos los ocupantes del mismo; y por lo tanto el tratamiento de la ingeniería térmica, será también diferente al tradicional descrito en los manuales de aire acondicionado, pero contenido y apoyado en las investigaciones publicadas en la literatura internacional. En el caso presente, se contará con un filtro térmico a la radiación en la parte superior del patio interior, por lo que, lo que condicionará la comodidad térmica de los ocupantes será la temperatura del medio ambiente amortiguada por la presencia de algunos humidificadores y la presencia de la masa de paredes, la losa del piso y otras estructuras masivas del edificio, e influenciada por la velocidad del aire dentro del local, así como la radiación, tanto la solar directa, como la emitida y absorbida por las superficies cercanas a la edificación.

Criterio para la Revisión del Confort Térmico.

El criterio que se seleccionó para verificar la comodidad térmica de los ocupantes del edificio de oficinas del INS, es el de temperatura equivalente que aparece en las normas ASHRAE. La ecuación utilizada para estos cálculos es,

$$\Delta T \text{ (aparente)} = T \text{ (aire)} + \Delta T \text{ (evaporativa)} + \Delta T \text{ (radiación)}$$

donde,

t (aire) - es la temperatura de bulbo seco del aire ambiente medida a la sombra

ΔT (evaporativa) - es el incremento aparente en la temperatura del aire debido al enfriamiento evaporativo sobre la piel. El incremento es siempre negativo. El cálculo se hace horario, con datos de temperatura y humedad del aire, así como con la velocidad del viento en el sitio, y datos fisiológicos internacionalmente aceptados del metabolismo del humano (para una persona en reposo el calor que debe disipar es de un MET), y suponiendo que la persona viste ropa ligera durante la parte cálida del día (0.6 CLO) y ropa de mediano abrigo para la parte fría (1.0 CLO). Para hacer el cálculo se toma un programa de computadora, propiedad del grupo de sistemas pasivos que lo hace de acuerdo a la definición de enfriamiento del viento enfriador (WCI).

ΔT (radiación) - es el incremento de la temperatura aparente en el aire, debido a la incidencia de radiación sobre la piel, la cual es altamente absorbente de las ondas largas de radiación. El cálculo se hace horario y se toma en cuenta la radiación solar que atraviesa la cubierta translúcida y la radiación infrarroja emitida por superficies calientes u otras fuentes, así como la radiación infrarroja absorbida por superficies frías. El cálculo se hace horario en un programa de computadora (propiedad del grupo de sistemas pasivos), suponiendo que todo el calor de la radiación solar o infrarroja captada por la piel, se pudiera disipar al medio ambiente.

Soluciones. Planteamiento General.

Si bien el clima representa el principio del problema, lo cambiante de éste, provee de posibles recursos para obtener en él la solución total o parcial al problema de comodidad térmica. A continuación se describirá la estrategia que se plantea para obtener ventaja del clima, durante los días cálidos y los frescos. Y que deben incorporarse al proyecto

del edificio de Gobierno del I.N.S.

Para días cálidos.

De acuerdo a la descripción del clima en el sitio para la obtención de la solución de comodidad se plantea la siguiente estrategia:

a) Empleo del almacenamiento térmico en los materiales de construcción del edificio. En este sentido, la losa del piso resulta ser un almacén de gran tamaño, así como las jardineras y otras estructuras de concreto que se proponen.

b) Protección a la radiación solar directa en fachadas

c) Minimización de la radiación solar transmitida al patio interior por el techo de vidrio. Para esto se propone la colocación de plantas trepadoras que se encarguen de captar parte de la radiación que atraviesa el techo; asimismo, la colocación de un sumidero de calor en la parte central del patio central del edificio, compuesta por una estructura de concreto que sirva de respaldo a una fuente de película descendente.

d) Defensas a la radiación reflejada y emitida por el suelo y superficies vecinas a través de las aberturas laterales del edificio, así como la colocación de sombradores a la radiación solar directa al atardecer en ventanas de la fachada poniente.

e) Uso de la energía del viento para mover el aire del interior hacia fuera del edificio, lograr ventilación cruzada en el patio y el enfriamiento del techo.

f) Uso del enfriamiento evaporativo en jardinería y fuentes para disminuir la temperatura del aire y obtener sumideros interiores a la radiación emitida por la techumbre y los ocupantes y la iluminación interior.

Para días frescos.

Como se discute en la descripción del clima, los días frescos no presentan un problema importante. Primero, porque el horario de labores del INS, excluye el tiempo del día donde se presentan las mínimas temperaturas. Segundo, las temperaturas que se encuentran por debajo del confort, en el horario de trabajo, no se encuentran muy alejadas de este, como se observa en la tabla de temperaturas, y basta con evitar la ventilación del exterior e iluminar las áreas de trabajo con focos que contengan una parte importante en el infrarrojo, para que la temperatura equivalente sobre la piel, sea la de confort.

3.2 Memoria de Cálculo para la Simulación en Computadora de la Respuesta Climática del Edificio con los Recomendaciones Efectivas.

Cargas térmicas en el edificio de Gobierno del Instituto Nacional de Salud.

Los parámetros que determinan la sensación de comodidad térmica para el ser humano están influidos por una serie de factores de tipo individual, como son: la salud, edad, actividad, ropa, sexo, alimentación y aclimatación. El clima juega un papel importante en la comodidad, dado que el ser humano necesita disipar calor que se genera como subproducto de las funciones metabólicas, y el cuerpo cuenta con mecanismos de regulación térmica que le permiten mantener su temperatura en un valor prácticamente constante, así como mecanismos propios para aumentar o disminuir la salida de calor al medio ambiente; por ello, el ser humano siente condiciones óptimas para desarrollar las funciones, cuando el calor que genera es igual al que disipa con el mínimo esfuerzo fisiológico. Esto lo determinan la temperatura y la humedad del aire circundante, así como la radiación procedente de los cuerpos que conforman el entorno. Por lo anterior, es conveniente aproximar las condiciones en las cuales la mayoría de las personas que ocupan una habitación se sientan cómodas, en el presente trabajo se consideran como bases de la comodidad térmica las normas emitidas por la A.S.H.R.A.E.

Cualquier espacio que se tenga que acondicionar recibe calor de diferentes fuentes: muros, techos, ventanas, personas, alumbrado eléctrico, motores y otros equipos. La cantidad de calor que proporciona cada fuente se deberá conocer con la mayor precisión posible para poder predecir el comportamiento del local y seleccionar el equipo de acondicionamiento que convenga emplearse; estos valores están reportados en la literatura como valores medios estadísticos.

La base del cálculo de cargas térmicas se sostiene en la

evaluación de esas ganancias de calor. Los cálculos deberán ser hechos con sumo cuidado evitando obtener un sobrediseño (para el caso, por ejemplo, de que el cálculo sea utilizado para el dimensionamiento de un sistema de aire acondicionado), que afectaría los costos de instalación, operación y mantenimiento, así como la comodidad de las personas.

Para calcular la carga de calefacción o enfriamiento necesaria para obtener una temperatura de comodidad deseada dentro del edificio de gobierno del I.N.S., se utilizó un programa de computadora que es capaz de simular los períodos transitorios, debido a lo cambiante del clima; así como de tomar en cuenta el almacenamiento de calor que existe en los materiales de la construcción sujetos a lo cambiante del clima. Para lograr la simulación se debe preparar la información relacionada con las propiedades físicas de los materiales que forman la envolvente de la edificación (muros, techos y pisos), la geometría de la envolvente, las diversas cargas internas y los parámetros del clima. Las siguientes secciones estarán dedicadas al cálculo de esas propiedades físicas, la geometría y cargas internas, con las cuales se alimentará a la computadora para la simulación.

Envolvente del Edificio.

Para la simulación se tomó en cuenta que la geometría de diseño del edificio de oficinas representa una envolvente no tradicional, como se mencionó anteriormente. Por lo que es necesario estudiar su comportamiento térmico por zonas independientes aunque considerándolas a todas como parte de un mismo sistema.

El criterio que se siguió para separar las áreas de estudio es el de que conformen un espacio continuo en donde pueda considerarse que existe un microclima establecido en él; de esta manera se plantean tres zonas que cumplen con este requisito y se delimitan de la siguiente forma:

i) La zona de cubículos con fachadas norte y oriente al exterior y sur poniente al patio interior (edificio "A").

ii) La zona de patio interior en la parte central del edificio como plaza techada pero abierta en los extremos nor poniente y suroriente (patio).

iii) la zona de oficinas y auditorio con fachadas oriente, sur y poniente al exterior y norte y oriente al patio interior (edificio "B").

En la zona del patio interior, además de calcular la temperatura aparente bajo la cubierta de cristal y establecer la cantidad de radiación solar directa que pasa a través del cristal e incide en el interior del patio, se cuidó que las aberturas del patio central estuvieran estratégicamente situadas, de tal manera que se aprovechen al máximo los vientos dominantes, que además, pasan previamente por la fuente junto al auditorio antes de cruzar por el edificio. Todo este diseño, está encaminado a lograr condiciones de comodidad óptimas en el patio zona y a compartirlas con las otras dos zonas adyacentes.

Con objeto de tener un control de los datos durante el proceso de simulación, se le denominará edificio "A" a la zona de cubículos y edificio "B" a la zona de oficinas y auditorio.

Para el cálculo de las condiciones térmicas del edificio "A", se tomará en cuenta dentro de la envolvente la zona de cubículos, dejando fuera a las dos esquinas extremas que constituyen las zonas de sanitarios y escaleras, ya que en el cálculo global del edificio "A", la masa que representan estas áreas no interfiere en la operación térmica de la zona; los muros compartidos del área que se dejó fuera del cálculo se van a tomar en cuenta como parte de la envolvente, pero considerando que no están soleados. (FIGURAS)

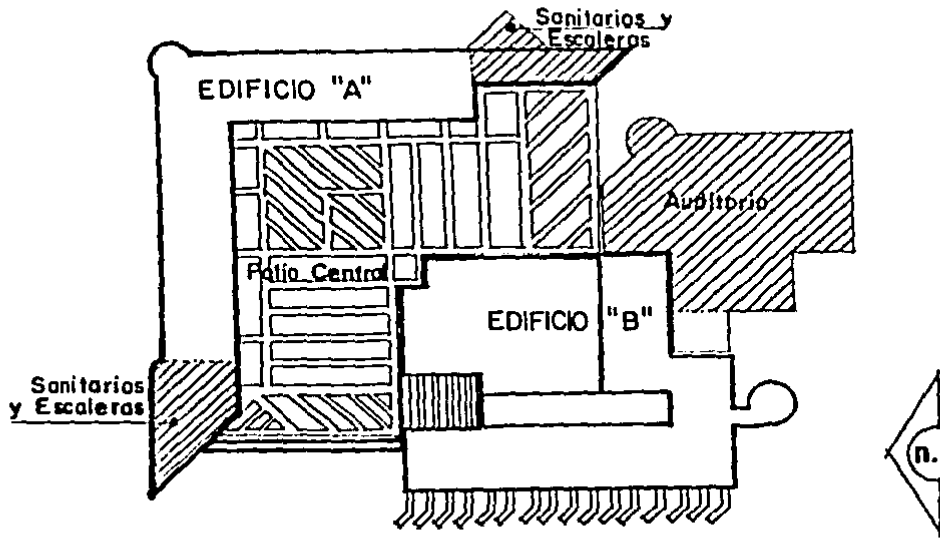


FIGURA 16. PLANTA DE CONJUNTO EDIFICIO DE GOBIERNO I.N.S. CUERNAVACA, MOR.

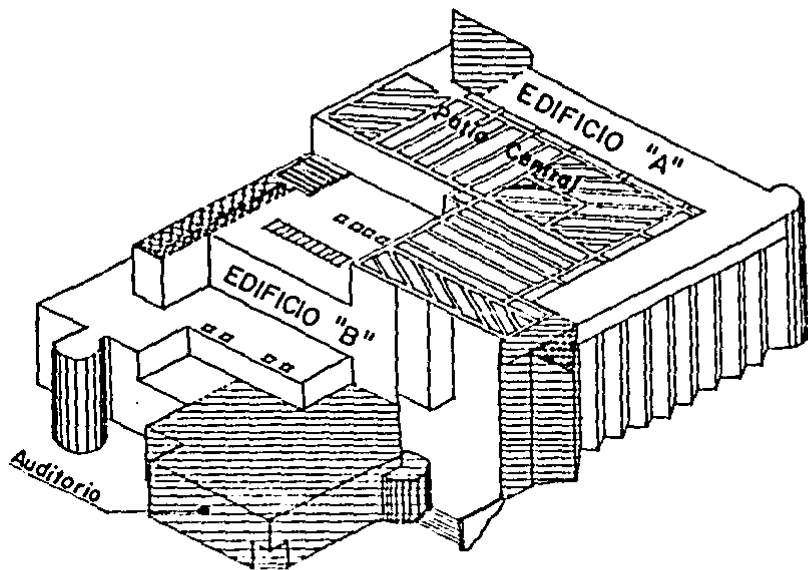


FIGURA 17. ISOMETRICO DE CONJUNTO EDIFICIO DE GOBIERNO I.N.S. CUERNAVACA, MOR.

En el caso del edificio "B", el área que se dejará fuera por razones similares al caso anterior es la del auditorio, debido a que, térmicamente opera de manera independiente. Esto es factible debido a que el auditorio está ubicado en un extremo del edificio "B", sin continuidad vertical con él y con un solo muro compartido entre ambos, el cual no se considerará como envolvente, sino como un muro, sin aislamiento y sin transmisión de calor. (FIGURA 16)

Tipos de Muros y Ventanas.

Una vez establecidos los criterios de análisis del edificio, se procedió a realizar una clasificación a detalle de todos los tipos de muros y ventanas de las áreas que quedaron conformando a los dos cuerpos que lo integran (edificio "A" y "B"), de esta clasificación se tuvo como resultado trece diferentes tipos de muros (interiores y exteriores), dos de ventanas y un tipo de losa de azotea en total para ambos cuerpos, cuyas características se enlistan a continuación:

MURO TIPO I (interior y exterior)

- Block hueco Sta. Julia vidriado, dos caras color bugambilia.

espesor = 0.093 m. (0.19 x 0.093 x 0.089 m)

MURO TIPO II (exterior)

- Concreto aparente con grano de mármol picoteado.

espesor = 0.15 m.

- Cámara de aire.

espesor = 0.30 m

- Celosía de madera de pino.

espesor = 0.10 m

MURO TIPO III (exterior)

- Concreto aparente con grano de mármol picoteado.

espesor = 0.15 m

- Cámara de aire.

espesor = 0.40 m.

- Block hueco Sta. Julia vidriado una cara. color bugambilia.

espesor = 0.093 m. (0.19 x 0.093 x 0.089 m.)

MURO TIPO IV

- Lámina con laca automotiva.

espesor = (calibre 12), 0.00276 m.

- Cámara de aire.

espesor = 0.45 m.

- Lámina con laca automotiva.

espesor = (calibre 12), 0.00276 m.

MURO TIPO V

- Block hueco Sta. Julia vidriado una cara color bugambilia.

espesor = 0.093 m. (0.19 x 0.093 x 0.089 m.)

- Lambrin de madera de pino.

espesor = 0.0254 m.

MURO TIPO VI (interior y exterior)

- Block hueco Sta. Julia vidriado una cara color bugambilia.

espesor = 0.093 m. (0.19 x 0.093 x 0.089 m.)

- Placa de acero inoxidable.

espesor = (calibre 18), 0.001224 m.

MURO TIPO VII (exterior)

- Block hueco Sta. Julia vidriado una cara color bugambilia.

espesor = 0.093 m. (0.19 x 0.093 x 0.089 m.)

- Cámara de aire.

espesor promedio = 0.45m

- Block hueco Sta. Julia vidriado una cara color bugambilia.

espesor = 0.093m (0.19 x 0.093 x 0.089 m.)

MURO TIPO VIII (interior)

- Placas de acero inoxidable.

espesor = (calibre 18), 0.001224 m.

- labique de barro rojo.

espesor = 0.14 m. (0.07 x 0.14 x 0.28 m.)

- Placas de acero inoxidable.
 espesor = (calibre 18), 0.001224 m.

MURO TIPO IX (interior y exterior)

- Block hueco Sta. Julia vidriado una cara color bugambilia.
 espesor = 0.093 m. (0.19 x 0.093 x 0.089 m.)
 - Lambrin de azulejo color azul cobalto.
 espesor = 0.005 m.

MURO TIPO X (interior)

- Lambrin de azulejo color azul cobalto.
 espesor = 0.005 m.
 - Tabique de barro rojo.
 espesor = 0.14 m. (0.07 x 0.14 x 0.28m)
 - Lambrin de azulejo color azul cobalto.
 espesor = 0.005 m.

MURO TIPO XI (interior)

- Block hueco Sta. Julia vidriado una cara color bugambilia.
 espesor = 0.093 m. (0.19 x 0.093 x 0.089 m.)
 - Cámara de aire.
 espesor promedio = 0.25 m.
 - Lambrin de madera de pino zigzagante.
 espesor = 0.025 m.

MURO TIPO XII (interior y exterior)

- Block hueco Sta. Julia vidriado una cara color bugambilia.
 espesor = 0.093 m. (0.19 x 0.093 x 0.089 m.)
 - Cámara de aire.
 espesor = 0.45 m.
 - Tabique de barro rojo.
 espesor = 0.14 m. (0.07 x 0.14 x 0.28 m.)
 - Lambrin de madera de pino.
 espesor = 0.0254 m.

MURO TIPO XIII (exterior)

- Concreto aparente con grano de mármol picoteado.
 espesor = 0.15 m.

- Cámara de aire.

espesor = 0.52 m.

- Concreto aparente con grano de mármol picoteado.

espesor = 0.15 m.

VENTANA TIPO I (exterior)

- Cancel de piso a techo con cristal plata.

espesor = 0.006 m.

VENTANA TIPO II (interior)

- Cancel con cristal flotado.

espesor = 0.006 m.

LOSA DE AZOTEA

- Piedra bola fina suelta

- Impermeabilizante

- Losa de concreto.

espesor = 0.10 m.

- Cámara de aire.

espesor = 0.70m.

- Plafón de tablaroca.

espesor = 0.02 m.

En las tablas anexas se presenta la relación completa de estos muros con la orientación y área en cada caso, para los dos edificios ("A" y "B").

TABLA RESUMEN DE ORIENTACION Y AREA POR TIPO DE MUROS Y VENTANAS

EDIFICIO "A"

| TIPO | AREA | ANGULOS | | LOCALIZACION |
|------------------------|-------------------------|------------------|------------------|---|
| | | INCLINA- CION | ORIENTA- CION | |
| MURO I (SOMBREADO) | 440.00 M ² | 90° | 135° | CUBICULOS FACHADA NORTE 21 - 29 <u>EXTERIOR</u> |
| MURO I | 391.04 M ² | 90° | -45° | CUBICULOS FACHADA ORIENTE 1 - 9 <u>EXTERIOR</u> |
| MURO I (SOMBREADO) | 9.40 M ² | 90° | 90° | FACHADA PONIENTE (INICIO PASILLO) CUBICULOS 10-20 |
| MURO I (SOMBREADO) | 9.40 M ² | 90° | 0° | FACHADA SUR (INICIO PASILLO) PATIO CUBICULOS 30-39 |
| MURO I | 2,246.28 M ² | - | - | <u>INTERIOR</u> |
| MURO II (SOMBREADO) | 94.00 M ² | 90° | 135° | ESQUINA NORORIENTE SECCION NORPONIENTE EXT. AREA SECRETARIAL |
| MURO II (CURVO) | 112.80 M ² | 90° | -135° | ESQ. NORORIENTE SEC. NORORIENTE AREA SECRETARIAL <u>EXTERIOR</u> |
| MURO II | 94.00 M ² | 90° | -45° | ESQ. NORORIENTE SECCION ORIENTE AREA SECRETARIAL <u>EXTERIOR</u> |

ESTA TESIS DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

| | | | | |
|--------------------------|-----------------------|-----|-------|--|
| MURO IX | 170.84 M ² | - | - | <u>INTERIOR</u> |
| VENTANA I (SOMBREADA) | 423.00 M ² | 90° | -135° | FACHADA NORTE CUBICULOS 21-29 <u>EXTERIOR</u> |
| VENTANA I | 417.87 M ² | 90° | -135° | FACHADA ORIENTE CUBICULOS 1-9 <u>EXTERIOR</u> |
| VENTANA I (SOMBREADA) | 573.40 M ² | 90° | 0° | FACHADA SUR CUBICULOS 30-39 Y 20 <u>PATIO</u> |
| VENTANA I (SOMBREADA) | 632.31 M ² | 90° | 90° | FACHADA PONIENTE CUBICULOS 10-20 Y 39 <u>PATIO</u> |
| VENTANA II | 610.56 M ² | - | - | <u>INTERIOR</u> |

TABLA RESUMEN DE ORIENTACION Y AREA POR TIPO DE MUROS Y VENTANAS
EDIFICIO "B"

| TIPO | AREA | ANGULOS | | LOCALIZACION |
|-------------------------|-------------------------|------------------|------------------|---|
| | | INCLINA- CION | ORIENTA- CION | |
| MURO I (SOMBREADO) | 250.40 M ² | 90° | 90° | FACHADA PONIENTE <u>EXTERIOR</u> |
| MURO I | 171.20 M ² | 90° | 0° | FACHADA SUR <u>EXTERIOR</u> |
| MURO I (SOMBREADO) | 30.50 M ² | 90° | 0° | FACHADA SUR <u>EXTERIOR</u> |
| MURO I | 7.00 M ² | 90° | -90° | FACHADA ORIENTE <u>EXTERIOR</u> |
| MURO I (SOMBREADO) | 11.70 M ² | 90° | -90° | 2° NIVEL FACHADA ORIENTE <u>EXTERIOR</u> |
| MURO I (SOMBREADO) | 32.40 M ² | 90° | 135° | PLANTA BAJA <u>PATIO</u> |
| MURO I | 3,218.05 M ² | - | - | <u>INTERIOR</u> |
| MURO III (SOMBREADO) | 62.40 M ² | 90° | 0° | FACHADA SUR ESCALERAS TRIANG. <u>EXTERIOR</u> |
| MURO IV | 92.40 M ² | 90° | 90° | FACHADA PONIENTE ESCALERAS CIRCULARES <u>EXTERIOR</u> |
| MURO IV | 67.50 M ² | 90° | 0° | FACHADA SUR ESCALERAS CIRCULARES <u>EXTERIOR</u> |

| | | | | |
|-------------------------|-----------------------|-----|------|--|
| MURO IV | 67.50 M ² | 90° | -90° | FACHADA ORIENTE ESCALERAS CIRCULARES <u>EXTERIOR</u> |
| MURO IV (SOMBREADO) | 40.50 M ² | 90° | 180° | FACHADA NORTE ESCALERAS CIRCULARES <u>EXTERIOR</u> |
| MURO V | 112.20 M ² | - | - | <u>INTERIOR</u> |
| MURO VI | 8.00 M ² | 90° | 90° | CAMARA FRIA COCINA <u>EXTERIOR</u> |
| MURO VI | 25.35 M ² | - | - | <u>INTERIOR</u> |
| MURO VII | 7.80 M ² | 90° | 0° | COCINA <u>EXTERIOR</u> |
| MURO VII (SOMBREADO) | 25.35 M ² | 90° | -90° | FACHADA ORIENTE <u>EXTERIOR</u> |
| MURO VII (SOMBREADO) | 27.30 M ² | 90° | -90° | SOTANO <u>PATIO</u> |
| MURO VII (SOMBREADO) | 54.60 M ² | 90° | 180° | SOTANO <u>PATIO</u> |
| MURO VIII | 5.00 M ² | - | - | <u>INTERIOR</u> |
| MURO IX | 33.15 M ² | 90° | 0° | 1° NIVEL <u>EXTERIOR</u> |
| MURO IX | 270.40 M ² | - | - | <u>INTERIOR</u> |
| MURO X | 19.20 M ² | - | - | <u>INTERIOR</u> |
| MURO XI | 50.70 M ² | - | - | <u>INTERIOR</u> |
| MURO XII | 37.80 M ² | 90° | 90° | SALA DE CRADACION P.D. <u>EXTERIOR</u> |

| | | | | | | | | |
|--------------------------|--------|----------------|-----|-------|------------------|--------------|----------|---|
| MURO XII | 40.50 | M ² | 90° | 0° | " | " | " | " |
| MURO XIII | 54.60 | M ² | 90° | -135° | ESCALERAS | TRIANGULARES | EXTERIOR | |
| MURO XIII (SOMBREADO) | 27.90 | M ² | 90° | -135° | " | " | PATIO | |
| VENTANA I (SOMBREADA) | 320.10 | M ² | 90° | 90° | FACHADA PONIENTE | EXTERIOR | | |
| VENTANA I | 124.00 | M ² | 90° | 90° | " | " | EXTERIOR | |
| VENTANA I | 99.45 | M ² | 90° | 0° | FACHADA SUR | EXTERIOR | | |
| VENTANA I (SOMBREADA) | 48.40 | M ² | 90° | 0° | FACHADA SUR | EXTERIOR | | |
| VENTANA I | 48.30 | M ² | 90° | -90° | FACHADA ORIENTE | EXTERIOR | | |
| VENTANA I (SOMBREADA) | 226.75 | M ² | 90° | -90° | | | PATIO | |
| VENTANA I (SOMBREADA) | 218.40 | M ² | 90° | 180° | | | PATIO | |
| VENTANA II | 392.00 | M ² | - | - | | | INTERIOR | |

Propiedades Físicas de los Materiales.

BLOCK HUECO STA. JULIA

ESPELOR = 0.093 M.

DENSIDAD = 2.147.00 K/M³ (11)

CONDUCTIVIDAD TERMICA (K) = 1.07 WATTS/M²C (12)

CALOR ESPECIFICO (CP) = 0.84 KJ/Kg²C (12)

CONCRETO APARENTE CON GRANO DE MARMOL PICOLETEADO

ESPELOR = 0.15 M.

DENSIDAD = 2.200.00 K/M³ (11)

CONDUCTIVIDAD TERMICA = 0.5767 WATTS/M²C (13)

CALOR ESPECIFICO = 1.004 KJ/Kg²C (14)

CELOSIA DE MADERA DE PINO

ESPELOR = 0.0254 M

DENSIDAD = 512.00 K/M³ (12)

CONDUCTIVIDAD TERMICA = 0.115 WATTS/M²C (12)

CALOR ESPECIFICO = 1.88 KJ/K²C (12)

LAMINA CON LACA AUTOMOTIVA

ESPELOR = 0.00276 M

DENSIDAD = 7.800.00 K/M³ (12)

CONDUCTIVIDAD TERMICA = 55.36 WATTS/M²C (15)

CALOR ESPECIFICO = 0.5 KJ/K²C (12)

PLACA DE ACERO INOXIDABLE

ESPELOR = 0.001224 M

DENSIDAD = 7.800.00 K/M³ (12)

CONDUCTIVIDAD TERMICA = 55.36 WATTS/M²C (15)

CALOR ESPECIFICO = 0.502 KJ/K²C (12)

TABIQUE DE BARRO ROJO

ESPELOR = 0.14 M

DENSIDAD = 1350.00 K/M³ (11)

CONDUCTIVIDAD TERMICA = 0.7209 WATTS/M²C (14)

CALOR ESPECIFICO = 0.752 KJ/K²C (14)

LADRIN DE AZULEJO

ESPESOR = 0.005 M

DENSIDAD = 10.00 K/M³ (11)CONDUCTIVIDAD TERMICA = 1.07 WATTS/M²°C (12)

CALOR ESPECIFICO = 0.84 KJ/K°C (12)

CRISTAL PLATA

ESPESOR = 0.006 M

DENSIDAD = 2900.00 K/M³ (12)CONDUCTIVIDAD TERMICA = 1.05 WATTS/M²°C (12)

CALOR ESPECIFICO = 0.85 KJ/K°C (12)

CRISTAL FLOTADO

ESPESOR = 0.006 M

DENSIDAD = 2500.00 K/M³ (12)CONDUCTIVIDAD TERMICA = 1.05 WATTS/M²°C (12)

CALOR ESPECIFICO = 0.80 KJ/K°C (12)

PIEDRA BOLA E IMPERMEABILIZACION

(BUILT - UP ROOFING)

CONDUCTANCIA TERMICA = 16.66 WATTS/M²°C (13)**LOSA DE CONCRETO**

ESPESOR = 0.10 M

DENSIDAD = 2,200.00 K/M³ (11)CONDUCTIVIDAD TERMICA = 0.5767 WATTS/M²°C (13)

CALOR ESPECIFICO = 1.004 KJ/K°C (14)

PLAFON DE TABLAROCA

ESPESOR = 0.02 M

DENSIDAD = 850.00 K/M³ (12)CONDUCTIVIDAD TERMICA = 0.43 WATTS/M²°C (12)

CALOR ESPECIFICO = 1.083 KJ/K°C (12)

Emitancia de Superficies.

EMITANCIA Y ABSORTANCIA EN MUROS (SUPERFICIES EXTERIORES)

EMITANCIA SUPERFICIE COLOR BUGAMBILIA = 1.0

ABSORTANCIA SUPERFICIE COLOR BUGAMBILIA = 0.98

TECHO

EMITANCIA= 0.51

ABSORTANCIA= 0.3

Las propiedades ópticas de los materiales de construcción para acabados del edificio de Gobierno del I.N.S., fueron obtenidas en el espectrofotómetro Shimatzu UV-365

Con éstas, además de las empleadas en el presente cálculo, fue posible seleccionar recubrimientos para pisos, considerando el rebote de la iluminación natural.

Cálculo del Coeficiente Global de Transferencia de Calor (U.A.).

El coeficiente global de transferencia de calor puede ser calculado de las propiedades de los materiales que lo forman. El área mayor de envolvente en el edificio de oficinas y gobierno del I.N.S. lo forman los muros, ventanas y techos. En el caso de los muros, el área será la superficie neta de muro sin ventanas, que se consideran aparte. El área de puertas representa un porcentaje infimo respecto a la superficie total envolvente por lo que no se tomará en cuenta.

Otra parte importante de la envoltura está constituida por el techo, pero debido a que esta superficie es horizontal, y la transferencia de calor se evalúa de manera diferente que en superficies verticales se hará una distinción.

El cálculo del coeficiente total de transferencia de calor para los dos cuerpos que conforman al edificio de oficinas

del I.N.S. se hizo de la siguiente forma:

- 1) Para muros y ventanas
- 2) Para el techo:

- 1) Para muros.

U = coeficiente total de transferencia de calor
(watts/M² °C)

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_o} + \frac{e}{K_1} + \frac{1}{h_c} + \frac{e}{K_2} + \frac{1}{h_i}}$$

donde:

h_o = coeficiente de convección del aire exterior
= 34.06 (watts/M²°C)
= 6.0 (BTU/FT² °F)

Para una velocidad del aire exterior de 6.7 M/S [1]

h_i = coeficiente de convección de aire interior
= 9.36 (watts/M²°C)
= 1.65 (BTU/hr Ft²°F)
aire quieto [1]

k = conductividad térmica del material (watts/M²°C)
e = espesor muro o ventana (M) (Ft)

h_c = coeficiente de calor del aire interior por convección
para espacios verticales (watts/M²°C)
(BTU/hr Ft²°F)

- 2) Para el techo

U_t = coeficiente total de transferencia de calor

$$U_t = \frac{1}{\frac{1}{h_o} + \frac{e}{K_1} + \frac{1}{h_c} + \frac{e}{K_2} + \frac{1}{h_i}}$$

donde:

h_o = coeficiente de convección de aire exterior = 17.83
(watts/M²°C) (BTU/hr Ft²°F)

a 6.7 M/S [7]

hi = coeficiente de convección de aire interior = 9.36
(watts/M²°C) 1.65 (BTU/hr Ft²°F)

aire quieto [7]

k = conductividad térmica del material (watts/M²°C)

e = espesor techo y plafón (M) (Ft) (BTU/hr Ft²°F)

hc = coeficiente de calor del aire interior por convección
para espacios de aire horizontales.

Para el cálculo del coeficiente global de transferencia de calor, se recurrirá a la convección establecida anteriormente; denominando edificio "A" la zona de cubículos y edificio "B" a la zona de oficinas.

MURO TIPO I

EDIF. A = 1,047.24 M²

EDIF. B = 503.20M²

DATOS

hi = 9.36 watts/M²°C

hc = 14.06 watts/M²°C

e = 0.093 M

k = 1.07 watts/M²°C

$$U = \frac{1}{\frac{1}{9.36} + \frac{0.093}{1.07} + \frac{1}{14.06}} = \frac{1}{0.02996 + 0.1808411 + 0.1060376}$$

$$= \frac{1}{0.2670007} = 9.7440 \text{ watts/M}^2\text{°C}$$

MURO TIPO II

EDIF. A = 300.0 M²

EDIF. B = 0.0M²

DATOS

sólo se dará el valor de $k=0.5767$ y de $hc=7.37$, este último valor se hace con base en una temperatura promedio; debido a que después de un espesor mayor de $1\frac{1}{2}$ " el valor de hc se hace constante (la curva de espesor de capa de aire contra hc se hace. Asintótica. ASHRAE vol. 35, p.p.443-456, 1929).

$$U = 1.87976 \text{ watts/M}^2\text{°C}$$

MURO TIPO III

$$\text{EDIF. A} = 0.00\text{M}^2$$

$$\text{EDIF. B} = 62.40\text{M}^2$$

DATOS

Están incluidos en las propiedades físicas de los materiales

$$U = 1.5087 \text{ WATTS/M}^2\text{°C}$$

MURO TIPO IV

$$\text{EDIF. A} = 0.00\text{M}^2$$

$$\text{EDIF. B} = 277.00\text{M}^2$$

DATOS

Están incluidos en las propiedades físicas de los materiales sólo se dará el valor del espesor considerado para la laca automotiva $e=0.0005$ y una $k=0.865$, para la lámina se tiene un valor de $k=55.36$.

$$U = 3.66115 \text{ WATTS/M}^2\text{°C}$$

MURO TIPO V

$$\text{EDIF. A} = 0.00\text{M}^2$$

$$\text{EDIF. B} = 8.00\text{M}^2$$

DATOS

Están incluidos en las propiedades físicas de los materiales.

$$U = 3.7445 \text{ WATTS/M}^2\text{°C}$$

MURO TIPO VI

$$\text{EDIF. A} = 67.00\text{M}^2$$

$$\text{EDIF. B} = 115.00\text{M}^2$$

DATOS

Están incluidos en las propiedades físicas de los materiales.

$$U = 1.8742 \text{ watts/M}^{\circ}\text{C}$$

MURO TIPO VII

$$\text{EDIF. A} = 0.00 \text{ m}^2$$

$$\text{EDIF. B} = 33.15 \text{ m}^2$$

DATOS

Están incluidos en las propiedades físicas de los materiales.

$$U = 3.6804 \text{ watts/M}^{\circ}\text{C}$$

MURO TIPO VIII

$$\text{EDIF A} = 0.0 \text{ m}^2$$

$$\text{EDIF B} = 78.30 \text{ m}^2$$

DATOS

Están incluidos en las propiedades físicas de los materiales.

$$U = 1.2228 \text{ watts/M}^{\circ}\text{C}$$

MURO TIPO IX

$$\text{EDIF. A} = 0.00 \text{ m}^2$$

$$\text{EDIF. B} = 62.50 \text{ m}^2$$

DATOS

Están incluidos en las propiedades físicas de los materiales.

$$U = 1.2625 \text{ watts/M}^{\circ}\text{C}$$

VENTANA TIPO I

$$\text{EDIF. A} = 2.046.58 \text{ m}^2$$

$$\text{EDIF. B} = 1.030.40 \text{ m}^2$$

$$U = 7.0406 \text{ watts/M}^{\circ}\text{C}$$

LOSA DE AZOTEA

$$\text{EDIF. A} = 620.00 \text{ m}^2$$

$$\text{EDIF. B} = 1.063.60 \text{ m}^2$$

$$U = 1.700 \text{ watts/M}^{\circ}\text{C}$$

Cálculo de UA.

SUMA DE UA TOTAL

Uno de los datos con que debe alimentarse al programa TRNSYS, para simular la operación térmica del edificio de Gobierno del I.N.S., es la conductancia a través de la envolvente.

El coeficiente total de transferencia de calor, una vez calculado, se multiplica por el valor del área de cada tipo de muro y la suma de todos da como resultado la conductancia (UA) total.

En la tabla que se anexa a continuación se resume los valores de UA para cada tipo de muro descrito, en la primera columna se enlistan las unidades que conforman la envoltura, la segunda y tercera columnas muestran los valores para cada unidad correspondientes a cada uno de los edificios analizados, en la cuarta columna se tiene la suma de los valores por cada unidad para los dos edificios.

Al pie de la tabla se dan los valores de la suma de las conductancias totales que corresponden para cada sistema termodinámico (edificio A y B).

Las unidades son las correspondientes al sistema internacional que se han usado a lo largo del cálculo.

En la tabla resumen puede observarse que el tipo de muro 1 es el predominante en la mayor parte de las fachadas de los dos cuerpos del edificio, aunque también, por otra parte, las áreas de ventanas son considerables también en ambos edificios, sin embargo, debido a que se cuidó que tuvieran la suficiente protección de la radiación solar directa, tanto con elementos constructivos como con orientaciones adecuadas, la transferencia de calor al interior del edificio se logra controlar y mantener regulada en los días de diseño críticos, como se ve en los gráficos de resultados de la simulación.

| | EDIFICIO A | EDIFICIO B | SUMA |
|----------------|------------|------------|-----------|
| MURO I | 3,921.70 | 1,884.38 | 5,806.08 |
| MURO II | 565.43 | - - - | 565.43 |
| MURO III | - - - | 94.14 | 94.14 |
| MURO IV | - - - | 1,014.13 | 1,014.13 |
| MURO V | - - - | 29.95 | 29.95 |
| MURO VI | 126.84 | 215.63 | 342.47 |
| MURO VII | - - - | 122.00 | 122.00 |
| MURO VIII | - - - | 95.74 | 95.74 |
| MURO IX | - - - | 104.15 | 104.15 |
| VENTANA I | 14,421.43 | 7,648.38 | 22,069.81 |
| LOSA DE AZOTEA | 1,083.70 | 1,838.72 | 2,922.42 |
| UA TOTAL | 20,119.10 | 13,047.22 | 33,166.32 |

Cálculo de la Capacitancia Térmica.

La capacitancia térmica es una medida de la capacidad que tiene el edificio de almacenar calor, y está basada en la masa de los materiales involucrados dentro de la envolvente, así como el calor específico de cada material en particular.

Para el cálculo de la capacitancia se estima la masa total de los materiales involucrados. Tomando en cuenta la clasificación hecha para los muros líneas arriba, en el presente estudio, se calculará la masa de la siguiente manera:

MASA = ESPESOR * AREA DEL MURO * DENSIDAD

KG = M * m² * KG/m³

A1 = AREA EN EL EDIFICIO A ; A2 = AREA EN EL EDIFICIO B

MASA1 = MASA EN EL EDIFICIO A

MASA2 = MASA EN EL EDIFICIO B

Los materiales de construcción en el edificio actúan como capacitores térmicos de las fluctuaciones de temperatura del Aire: tanto del Aire interior como del exterior. Los dos cuerpos que componen al edificio de Gobierno del I.N.S. tienen grandes áreas de envolvente, por donde fluye calor hacia y desde el interior, con lo que se propiciarán cambios en la temperatura del Aire interior y de los materiales en contacto con este, a lo largo del día.

Uno de los objetivos de la presente evaluación es conocer la operación térmica en condiciones reales, por lo que en la simulación térmica se incluirá el efecto del almacenamiento de calor en los materiales del edificio. Para esto, cobra importancia la masa de los materiales que están en contacto con el Aire interior, ya que las fluctuaciones de temperatura

Se debe notar que las áreas de los muros utilizadas en esta parte del cálculo son tomadas de aquellos muros que están en contacto con el aire interior, por lo que no se deben relacionar con los valores de las áreas utilizadas, en el cálculo de la conductancia (UA) del edificio

Cálculo de la Masa por Elemento Constructivo.**MURO TIPO I**

A1 = 2,246.28m²
 BLOCK HUECO STA. JULIA
 MASA 1 = 675,186.84 Kg

A2 = 3,218.05m²
 MASA 2 = 967,281.46 Kg

MURO TIPO V

A1 = 0.0m²
 BLOCK HUECO STA. JULIA

A2 = 112.20m²
 MASA 2 = 33,725.07Kg

LAMBRIN DE MADERA

MASA 2 = 1,459.14Kg

MURO TIPO VI

A1 = 0.0m²
 BLOCK HUECO STA. JULIA
 PLACA DE ACERO INOXIDABLE

A2 = 25.35m²
 MASA 2 = 7,619.70Kg
 MASA 2 = 242.02Kg

MURO TIPO VIII

A1 = 0.0m²
 PLACA DE ACERO INOXIDABLE
 TABIQUE DE BARRO ROJO
 PLACA DE ACERO INOXIDABLE

A2 = 5.00m²
 MASA 2 = 47.74 Kg
 MASA 2 = 1,085.00 Kg
 MASA2 = 47.74 Kg

MURO TIPO IX

A1 = 170.84 m²
 BLOCK HUECO STA. JULIA
 MASA1 = 51,356.24 Kg
 LAMBRIN DE AZULEJO
 MASA1 = 1,708.40 Kg

A2 = 273.40 m²
 MASA2 = 82,178.57 Kg
 MASA2 = 2,734.00 Kg

MURO TIPO X

A1 = 0.0 m²

A2 = 19.20 m²

LAMBRIN DE AZULEJO

MASA2 = 192.00 Kg

TABIQUE DE BARRO ROJO

MASA2 = 4,166.40 Kg

LAMBRIN DE AZULEJO

MASA2 = 192.00 Kg

MURO TIPO XI

A1 = 0.0 m²

A2 = 50.70 m²

BLOCK HUECO STA. JULIA

MASA2 = 15,239.40 Kg

LAMBRIN DE MADERA ZIG ZAGUEANTE

MASA2 = 710.06 Kg

VENTANA TIPO II

A1 = 610.56 m²

A2 = 392.00 m²

CRISTAL FLOTADO

MASA1 = 9,158.40 Kg

MASA2 = 5,880.00 Kg

TECHU

FALSO PLAFON (TABLA ROCA)

A1 = 629.84 m²

A2 = 392.07 m²

MASA1 = 10,707.28 Kg

MASA2 = 6,665.19 Kg

FALSO PLAFON DE MADERA

A1 = 0.0 m²

A2 = 160.50 m²

MASA2 = 4,108.80 Kg

PLAFON DE ACERO INOXIDABLE

A1 = 0.0 m²

A2 = 6.24 m²

MASA2 = 59.57 Kg

ENTREPISOS

A1 = 2,519.36 m²

A2 = 4,544.29 m²

LOSA DE CONCRETO

MASA1 = 584,259.20 Kg

MASA2 = 999,746.00 Kg

PISO

A1 = 629.84 m²

A2 = 1,068.65 m²

FIRME DE CONCRETO

MASA1 = 138,564.80 Kg

MASA2 = 235,103.00 Kg

Muros Exteriores en Contacto con el Interior.

MURO TIPO I

A1 = 849.84 m²A2 = 503.20 m²A1 = 197.40 m² (sombreado)

BLOCK HUECO STA. JULIA

MASA1 = 255,444.90 Kg

MASA2 = 151,251.85 Kg

MASA1 = 59,334.49 Kg (sombreado)

MURO TIPO II

A1 = 300.80 m²

A2 = 0.0

CONCRETO APARENTE CON GRANO DE MARMOL PICOLETEADO

MASA1 = 99,246.00 Kg

MURO TIPO III

A1 = 0.0

A2 = 62.40 m²BLOCK HUECO STA. JULIA VIDRIADO UNA CARA. COLOR
BURAMBILIA.

MASA2 = 18,764.78 Kg

MURO TIPO IV

A1 = 0.0

A2 = 277.00 m²

LAPINA CON LACA AUTOPROTECTORA

MASA2 = 5,963.25 Kg

MURO TIPO VI

A1 = 0.0

A2 = 3.00 m²

PLACA DE ALUMINIO BRONCEADO

MASA2 = 76.38 Kg

MURO TIPO VII

A1 = 67.68 m²A2 = 115.05 m²

BLOCK HUECO STA. JULIA VIDRIADO UNA CARA. COLOR

BUGAMBILIA

MASA1 = 20,343.25 Kg

MASA2 = 34,581.73 Kg

MURO TIPO IX

A1 = 0.0

A2 = 33.15 m²BLOCK HUECO STA. JULIA VIDRIADO UNA CARA COLOR
BUGAMBILIA

MASA2 = 9,962.08 Kg

LAMBRIN DE AZULEJO COLOR COBALTO

MASA2 = 331.50 Kg

MURO TIPO XII

A1 = 0.0

A2 = 78.30 m²

TABIQUE DE BARRO ROJO RECOCIDO

MASA2 = 16,988.00 Kg

LAMBRIN DE MADERA

MASA2 = 1,018.27 Kg

MURO TIPO XIII

A1 = 0.0

A2 = 82.50 m²

CONCRETO APARENTE CON GRANO DE MARMOL PICULETEADO

MASA2 = 27,225.00 m²**VENTANA TIPO I**A1 = 2,046.58 m²A2 = 1,085.40 m²

CANCEL DE PISO A TECHU/CRISTAL PLATA

MASA1 = 35,610.49 Kg

MASA2 = 18,885.96 Kg

Masa Total para cada Material.

En el inciso anterior se calculó la masa para cada material, en cada muro en particular, en este inciso se suman los valores obtenidos anteriormente y se obtiene una masa total para cada material.

MASA 1 = MASA DE MATERIAL EDIFICIO A

MASA 2 = MASA DE MATERIAL EDIFICIO B

BLOCK HUECO STA. JULIA

MASA 1 = 1'061,665.72

MASA 2 = 1'320,604.64

LAMBRIN Y PLAFON DE MADERA

MASA 2 = 7,296.24

PLACA DE ACERO INOXIDABLE

MASA 2 = 473.45

TABIQUE DE BARRO ROJO

MASA 2 = 22,239.40

LAMBRIN DE AZULEJO

MASA 1 = 1,708.40

MASA 2 = 3,449.50

CRISTAL FLOTADO

MASA 1 = 9,158.40

MASA 2 = 5,880.00

PLAFON TABLARUCA

MASA 1 = 10,707.28

MASA 2 = 6,665.19

MUROS Y LOSAS DE CONCRETO

MASA 1 = 792,088.00

MASA 2 = 1'262,074.00

LAMINA CON LACA AUTOMOTIVA

MASA 2 = 5,963.25

CRISTAL PLATA

MASA 1 = 35,610.49

MASA 2 = 18,885.96

Capacitancia Térmica Total.

Con el valor obtenido de la masa total para cada material, la capacitancia se calcula multiplicando el valor de la masa total para cada material por el calor específico del mismo como sigue:

$$\text{CAPAC} = \text{MASA} * \text{CP} \\ \text{Kg} * \text{KJ/Kg}^{\circ}\text{C} = \text{KJ/}^{\circ}\text{C}$$

CAPAC 1 = EDIFICIO A

CAPAC 2 = EDIFICIO B

BLOCK HUECO STA. JULIA

CAPAC 1 = 891,799.18

CAPAC 2 = 1'109,307.80

LAMBRIN Y PLAFON DE MADERA

CAPAC 2 = 13,716.93

PLACA DE ACERO INOXIDABLE

CAPAC 2 = 236.72

TABIQUE DE BARRO ROJO RECOCIDO

CAPAC 2 = 17,684.77

LAMBRIN DE AZULEJO

CAPAC 1 = 1,435.05

CAPAC 2 = 2,897.58

CRISTAL FLOTADO

CAPAC 1 = 7,326.72

CAPAC 2 = 4,704.00

PLAFON TABLARUCA

CAPAC 1 = 11,595.98

CAPAC 2 = 7,218.40

MUROS Y LOSAS DE CONCRETO

CAPAC 1 = 795,256.35

CAPAC 2 = 1'267,122.20

LANTERA CON LACA AUTOMATICA

CAPAC 1 = 2,001.72

CRISTAL PLATA

CAPAC 1 = 30,268.92

CAPAC 2 = 16,053.06

Capacitancia Total.

CAPAC 1 = 1'737,682.20

CAPAC 2 = 2'441,923.08

Ventilación.**Volumen de Aire en los Edificios.**

La cantidad de aire que entra a los edificios a través de puertas, ventanas, grietas, ranuras o hendiduras en la estructura, incorpora una cantidad de calor que se define en sensible y latente. Para calcular esta ganancia de calor debemos conocer el volumen de aire en el interior de los edificios, así como establecer el número de cambios de aire que se presentan por hora.

En el caso del Edificio A los cuatro primeros niveles tienen un volumen idéntico, que cambia en el último nivel debido a que cuenta con falso plafón, en el caso del Edificio B el volumen cambia en cada piso en virtud de que las áreas cambian en cada piso.

EDIFICIO "A"

| | | |
|---------------------|---|--------------------------------|
| VOLUMEN SOTANO | - | 2,338.44 m ³ |
| VOLUMEN PLANTA BAJA | - | 2,338.44 m ³ |
| VOLUMEN Ter. NIVEL | - | 2,338.44 m ³ |
| VOLUMEN 2º. NIVEL | - | 2,338.44 m ³ |
| VOLUMEN 3º. NIVEL | - | 1,918.72 m ³ |
| VOLUMEN TOTAL | | <u>11,272.48 m³</u> |

EDIFICIO "B"

| | | |
|---------------------|---|--------------------------------|
| VOLUMEN SOTANO | - | 4,883.42 in ³ |
| VOLUMEN PLANTA BAJA | - | 6,438.85 in ³ |
| VOLUMEN 1er. NIVEL | - | 3,973.50 in ³ |
| VOLUMEN 2o. NIVEL | - | <u>1,238.40 in³</u> |
| VOLUMEN TOTAL | | 16,534.17 in ³ |

Aire Necesario para Ventilación.

Para considerar la cantidad de calor intercambiada entre el aire exterior y el interior del edificio, debido a infiltración, se seguirá el método propuesto en el manual A.S.H.R.A.E. En este caso específico el número de volúmenes del aire del edificio que se renueva es de cinco veces el mismo, durante cada hora.

Carga Generada por Accesorios Eléctricos.

La ganancia de calor debida a equipo eléctrico se suma completa a la carga total. Esta carga proviene de cafeteras, máquinas de escribir, iluminación, etc. y se considera que la potencia eléctrica consumida por éstos, es finalmente incorporada al espacio en forma de calor. Para el caso del edificio de gobierno del I.N.S. se tiene la siguiente distribución en el uso de aparatos eléctricos.

PARA EL EDIFICIO "A"

| FUENTE | CARGA | PERIODO |
|-------------------------|----------|--------------|
| DE ILUMINACION | | |
| 658 TUBOS FLUORESCENTES | 48,692 W | 8:00-15:00 Y |
| 17:00-20:00 | | |
| DE 74 WATTS | | |
| 14 TUBOS FLUORESCENTES | 532 W | 8:00-15:00 Y |
| 17:00-20:00 | | |
| DE 38 WATTS | | |
| 74 SPOTS DE 75 WATTS | 5,500 W | 8:00-15:00 Y |
| 17:00-20:00 | | |
| 10 FOCUS DE 100 WATTS | 1,000 W | 8:00-15:00 Y |
| 17:00-20:00 | | |
| MAQ. DE ESCRIBIR | | |
| 50 MAQ. DE 50 WATTS C/U | 2,500 W | 8:00-15:00 Y |
| 17:00-20:00 | | |
| CAFETERAS | | |
| 25 CAFETERAS DE | 22,500 W | 8:00-15:00 Y |
| 17:00-20:00 | | |
| 900 WATTS C/U | | |

Tomando esta información como base, se estableció un patrón de uso, en el caso de las lámparas, de las la siguiente manera:

| | | | |
|----------|---------------|-----|-----------------------|
| INVIERNO | 0-17:00 hrs. | 10% | de lámparas prendidas |
| | 17-18:00 hrs. | 50% | de lámparas prendidas |
| | 18-20:00 hrs. | 67% | de lámparas prendidas |
| | 20-24:00 hrs. | 10% | de lámparas prendidas |
| VERANO | 0-18:00 hrs. | 10% | 5,577.4 W |
| | 18-19:00 hrs. | 50% | 27,887 W |
| | 19-20:00 hrs. | 67% | 37,668.58 W |
| | 20-24:00 hrs. | 10% | 5,577.4 W |

PARA EL EDIFICIO "B"

| FUENTE DE ILUMINACION | CARGA | PERIODO |
|--------------------------------|---------|--------------------|
| 288 Tubos fluorescentes de 74W | 21,312W | 8-15:00 y 17-20:00 |
| 42 Tubos fluorescentes de 33W | 1,596W | " " " " |
| 68 Spots de 75W | 5,100W | " " " " |
| 48 Reflectores de 100W | 4,800W | " " " " |
| 52 Focos de 100W | 5,200W | " " " " |
| MAQUINAS DE ESCRIBIR | | |
| 50 Máquinas de 50W c/u | 2,500W | " " " " |
| CAFETERAS | | |
| 25 Cafeteras de 90W c/u | 22,500W | " " " " |

El patrón de uso en este caso es idéntico al del edificio "A", y únicamente cambian las cantidades de carga por la diferencia de número de lámparas, por lo que, el esquema queda de la siguiente manera:

| | | | |
|----------|---------------|-----|-----------------------|
| INVIERNO | 0-17:00 hrs. | 10% | de lámparas prendidas |
| | 17-18:00 hrs. | 50% | " " " |
| | 18-20:00 hrs. | 67% | " " " |
| | 20-24:00 hrs. | 10% | " " " |
| VERANO | 0-18:00 hrs. | 10% | 3,800.8 W |
| | 18-19:00 hrs. | 50% | 19,004 W |
| | 19-20:00 hrs. | 67% | 25,465.36 W |

Carga Generada por Ocupantes.

El ser humano como cualquier animal de sangre caliente, puede ser considerado como una bomba de calor, que proporciona al espacio interior del edificio una cantidad de calor como consecuencia de las reacciones exotérmicas llevadas a cabo en las células. Este calor del cuerpo humano desprendido al medio que le rodea, puede ser dividido en dos partes.

La primera, el calor latente, es debido a la humedad que como consecuencia de la respiración y el efecto de la transpiración de la piel, el cuerpo humano incorpora al ambiente. La segunda, es el calor que el aire en contacto con la piel toma de éste, sumado al calor radiante que emite la piel al medio circundante (radiación infrarroja).

La cantidad de calor que el cuerpo desprende depende de diversos factores como: el peso, la edad, el estado nervioso, la actividad desarrollada, etc. Estos montos han sido medidos y tabulados, lo cual simplifica los cálculos para este efecto.

Para los presentes cálculos se tomaron las ecuaciones y las tablas presentadas en el manual ASHRAE, Tabla 4.5:

PARA EL EDIFICIO "A"

8:00 - 15:00 hrs. 250 personas

SENSIBLE

$$q_s = \frac{q_s}{\text{persona}} \cdot \text{No. de personas} = 65W \times 250 = 16,250 \text{ WATTS}$$

LATENTE

$$q_l = \frac{q_l}{\text{persona}} \cdot \text{No. de personas} = 55W \times 250 = 13,750 \text{ WATTS}$$

| | | |
|------------------------|--------------|-------------------|
| TOTAL 8:00-15:00 hrs. | | = 30,000 WATTS |
| 17:00-19:00 hrs. | 65 personas | |
| | | qs = 4,225 WATTS |
| | | qt = 3,575 WATTS |
| TOTAL 17:0-19:00 hrs. | | = 7,800 WATTS |
| PARA EL EDIFICIO "B" | | |
| 8:00-15:00 hrs. | 400 personas | |
| | | qs = 26,000 WATTS |
| | | qt = 22,000 WATTS |
| TOTAL 8:00-15:00 hrs. | | = 48,000 WATTS |
| 17:00-19:00 hrs. | 20 personas | |
| | | qs = 1,300 WATTS |
| | | qt = 1,100 WATTS |
| TOTAL 17:00-19:00 hrs. | | = 2,400 WATTS |

El patrón de uso que se tomó en cuenta para la permanencia de personal en cada edificio, está basado en el horario que se supone tendrá el Instituto, que como puede observarse concentra a la mayor cantidad de ocupantes durante la mañana, ya que por la tarde únicamente se consideró que estarán en los edificios, el personal con puesto de Jefatura y las Secretarías.

En las dos siguientes tablas se hace un resumen de cargas

PROYECTO S. S. EDIFICIO DE GOBIERNO

TABLA RESUMEN CARGAS TERMICAS POR PERSONAS Y APARATOS ELECTRICOS
EDIFICIO "A"

| H O R A | | | | | I N V I E R N O | | V E R A N O | | | | T O T A L E S | |
|----------------|----|----|----|-----|-----------------|------------|-------------|-----------|------------------|------------|-----------------|-------------|
| | | | | | KJ/HR | KJ/HR | KJ/HR | KJ/HR | KJ/HR | KJ/HR | I N V I E R N O | V E R A N O |
| DURANTE 5 DIAS | | | | | PERSONAS | LAMPARAS | PERSONAS | CAFETERAS | MAQ. DE ESCRIBIR | LAMPARAS | KJ/HR | KJ/HR |
| 1 | 25 | 49 | 73 | 97 | 0.0 | 20,078.64 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 20,078.64 | 20,078.64 | 20,078.64 |
| 2 | 26 | 50 | 74 | 98 | 0.0 | 20,078.64 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 20,078.64 | 20,078.64 | 20,078.64 |
| 3 | 27 | 51 | 75 | 99 | 0.0 | 20,078.64 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 20,078.64 | 20,078.64 | 20,078.64 |
| 4 | 28 | 52 | 76 | 100 | 0.0 | 20,078.64 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 20,078.64 | 20,078.64 | 20,078.64 |
| 5 | 29 | 53 | 77 | 101 | 0.0 | 20,078.64 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 20,078.64 | 20,078.64 | 20,078.64 |
| 6 | 30 | 54 | 78 | 102 | 0.0 | 20,078.64 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 20,078.64 | 20,078.64 | 20,078.64 |
| 7 | 31 | 55 | 79 | 103 | 0.0 | 20,078.64 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 20,078.64 | 20,078.64 | 20,078.64 |
| 8 | 32 | 56 | 80 | 104 | 108,000 | 20,078.64 | 108,000 | 81,000 | 9,000 | 20,078.64 | 110,078.64 | 110,078.64 |
| 9 | 33 | 57 | 81 | 105 | 108,000 | 20,078.64 | 108,000 | 81,000 | 9,000 | 20,078.64 | 110,078.64 | 110,078.64 |
| 10 | 34 | 58 | 82 | 106 | 108,000 | 20,078.64 | 108,000 | 81,000 | 9,000 | 20,078.64 | 110,078.64 | 110,078.64 |
| 11 | 35 | 59 | 83 | 107 | 108,000 | 20,078.64 | 108,000 | 81,000 | 9,000 | 20,078.64 | 110,078.64 | 110,078.64 |
| 12 | 36 | 60 | 84 | 108 | 108,000 | 20,078.64 | 108,000 | 81,000 | 9,000 | 20,078.64 | 110,078.64 | 110,078.64 |
| 13 | 37 | 61 | 85 | 109 | 108,000 | 20,078.64 | 108,000 | 81,000 | 9,000 | 20,078.64 | 110,078.64 | 110,078.64 |
| 14 | 38 | 62 | 86 | 110 | 108,000 | 20,078.64 | 108,000 | 81,000 | 9,000 | 20,078.64 | 110,078.64 | 110,078.64 |
| 15 | 39 | 63 | 87 | 111 | 108,000 | 20,078.64 | 108,000 | 81,000 | 9,000 | 20,078.64 | 110,078.64 | 110,078.64 |
| 16 | 40 | 64 | 88 | 112 | 0.0 | 20,078.64 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 20,078.64 | 20,078.64 | 20,078.64 |
| 17 | 41 | 65 | 89 | 113 | 28,080 | 100,393.20 | 28,080 | 54,270 | 4,500 | 20,078.64 | 159,163.20 | 78,848.64 |
| 18 | 42 | 66 | 90 | 114 | 28,080 | 100,393.20 | 28,080 | 54,270 | 4,500 | 100,393.20 | 159,163.20 | 159,163.20 |
| 19 | 43 | 67 | 91 | 115 | 28,080 | 134,526.88 | 28,080 | 54,270 | 4,500 | 134,526.88 | 193,296.88 | 193,296.88 |
| 20 | 44 | 68 | 92 | 116 | 28,080 | 134,526.88 | 28,080 | 54,270 | 4,500 | 134,526.88 | 193,296.88 | 193,296.88 |
| 21 | 45 | 69 | 93 | 117 | 0.0 | 20,078.64 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 20,078.64 | 20,078.64 | 20,078.64 |
| 22 | 46 | 70 | 94 | 118 | 0.0 | 20,078.64 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 20,078.64 | 20,078.64 | 20,078.64 |
| 23 | 47 | 71 | 95 | 119 | 0.0 | 20,078.64 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 20,078.64 | 20,078.64 | 20,078.64 |
| 24 | 48 | 72 | 96 | 120 | 0.0 | 20,078.64 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 20,078.64 | 20,078.64 | 20,078.64 |

PROYECTO S. S. EDIFICIO DE GOBIERNO
 TABLA RESUMEN CARGAS TERMICAS POR PERSONAS Y APARATOS ELECTRICOS
 EDIFICIO " B "

| HORAS | | | | | I N V I E R N O | | V E R A N O | | | | T O T A L E S | |
|----------------|----|----|----|-----|-----------------|-----------|-------------|-----------|------------------|-----------|-----------------|-------------|
| | | | | | KJ/HR | KJ/HR | KJ/HR | KJ/HR | KJ/HR | KJ/HR | I N V I E R N O | V E R A N O |
| DURANTE 5 DIAS | | | | | PERSONAS | LAMPARAS | PERSONAS | CAFETERAS | MAQ. DE ESCRIBIR | LAMPARAS | KJ/HR | KJ/HR |
| 1 | 25 | 49 | 73 | 97 | 0.0 | 13,682.88 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 13,682.88 | 13,682.88 | 13,682.88 |
| 2 | 26 | 50 | 74 | 98 | 0.0 | 13,682.88 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 13,682.88 | 13,682.88 | 13,682.88 |
| 3 | 27 | 51 | 75 | 99 | 0.0 | 13,682.88 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 13,682.88 | 13,682.88 | 13,682.88 |
| 4 | 28 | 52 | 76 | 100 | 0.0 | 13,682.88 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 13,682.88 | 13,682.88 | 13,682.88 |
| 5 | 29 | 53 | 77 | 101 | 0.0 | 13,682.88 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 13,682.88 | 13,682.88 | 13,682.88 |
| 6 | 30 | 54 | 78 | 102 | 0.0 | 13,682.88 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 13,682.88 | 13,682.88 | 13,682.88 |
| 7 | 31 | 55 | 79 | 103 | 0.0 | 13,682.88 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 13,682.88 | 13,682.88 | 13,682.88 |
| 8 | 32 | 56 | 80 | 104 | 172,800 | 13,682.88 | 172,800 | 81,000 | 9,000 | 13,682.88 | 103,682.88 | 103,682.88 |
| 9 | 33 | 57 | 81 | 105 | 172,800 | 13,682.88 | 172,800 | 81,000 | 9,000 | 13,682.88 | 103,682.88 | 103,682.88 |
| 10 | 34 | 58 | 82 | 106 | 172,800 | 13,682.88 | 172,800 | 81,000 | 9,000 | 13,682.88 | 103,682.88 | 103,682.88 |
| 11 | 35 | 59 | 83 | 107 | 172,800 | 13,682.88 | 172,800 | 81,000 | 9,000 | 13,682.88 | 103,682.88 | 103,682.88 |
| 12 | 36 | 60 | 84 | 108 | 172,800 | 13,682.88 | 172,800 | 81,000 | 9,000 | 13,682.88 | 103,682.88 | 103,682.88 |
| 13 | 37 | 61 | 85 | 109 | 172,800 | 13,682.88 | 172,800 | 81,000 | 9,000 | 13,682.88 | 103,682.88 | 103,682.88 |
| 14 | 38 | 62 | 86 | 110 | 172,800 | 13,682.88 | 172,800 | 81,000 | 9,000 | 13,682.88 | 103,682.88 | 103,682.88 |
| 15 | 39 | 63 | 87 | 111 | 172,800 | 13,682.88 | 172,800 | 81,000 | 9,000 | 13,682.88 | 103,682.88 | 103,682.88 |
| 16 | 40 | 64 | 88 | 112 | 0.0 | 13,682.88 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 13,682.88 | 13,682.88 | 13,682.88 |
| 17 | 41 | 65 | 89 | 113 | 8,640 | 68,414.40 | 8,640 | 60,750 | 6,750 | 13,682.88 | 135,914.40 | 81,182.88 |
| 18 | 42 | 66 | 90 | 114 | 8,640 | 68,414.40 | 8,640 | 60,750 | 6,750 | 68,414.40 | 135,914.40 | 135,914.40 |
| 19 | 43 | 67 | 91 | 115 | 8,640 | 91,675.30 | 8,640 | 60,750 | 6,750 | 91,675.30 | 159,175.30 | 159,175.30 |
| 20 | 44 | 68 | 92 | 116 | 8,640 | 91,675.30 | 8,640 | 60,750 | 6,750 | 91,675.30 | 159,175.30 | 159,175.30 |
| 21 | 45 | 69 | 93 | 117 | 0.0 | 13,682.88 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 13,682.88 | 13,682.88 | 13,682.88 |
| 22 | 46 | 70 | 94 | 118 | 0.0 | 13,682.88 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 13,682.88 | 13,682.88 | 13,682.88 |
| 23 | 47 | 71 | 95 | 119 | 0.0 | 13,682.88 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 13,682.88 | 13,682.88 | 13,682.88 |
| 24 | 48 | 72 | 96 | 120 | 0.0 | 13,682.88 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 13,682.88 | 13,682.88 | 13,682.88 |

las generadas por personas como por accesorios eléctricos (las unidades que se manejan en este caso son kilojuls por hora).

Días de Diseño.

Debido a los problemas de comodidad descritos anteriormente, se seleccionaron como días representativos los siguientes:

- | | |
|-------------------|---|
| 24 de enero.- | día frío con amplitud grande en la variación de la temperatura. |
| 13 de mayo.- | día cálido con amplitud mínima en la variación de la temperatura. |
| 18 de mayo.- | día cálido de temperatura máxima del año. |
| 10. de agosto.- | día cálido de temperatura mayor en el verano. |
| 19 de noviembre.- | día frío de temperatura menor en el otoño. |

La fecha marcada para el día, corresponde al archivo de temperatura mostrado en el primer listado de computadora. Sin embargo, no implica que sea exactamente el día en el que sucederá el fenómeno meteorológico marcado, y por el cual se seleccionó como día tipo.

NOTAS

¹Material Traducido del Manual de TRNSYS por Personal del Laboratorio de Energía Solar, LES-IIM-UNAM México 1987

²Dato Medido en el Laboratorio de Energía Solar IIM-UNAM

³Reglamento de Construcciones Para el D.F., Ediciones Andrade, México 1975 (p. 51, 52, y 53).

⁴Ashrae, Handbook Fundamentals, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. Atlanta G.A. 1981 (p. 23.14, 23.16 y 23.17).

⁵Donald Q. Kern Process Heat Transfer, Mc Graw-Hill Book Company Inc N Y 1950 (p. 799).

⁶Kurt Gleck . Manual de Formulas Técnicas, Representaciones y Servicios de Ingeniería S.A. México D.F. 1981 (p. 29).

⁷Carrier Air Conditioning Company, Handbook of Air Conditioning System Design, Mc Graw-Hill Book Company, N.Y. 1965 (p.1-79).

IV. ANALISIS DEL EDIFICIO CON DISEÑO CONVENCIONAL.

Para la elaboración de este capítulo se propuso simular los dos cuerpos que conforman al edificio de Gobierno del INS con base en el diseño que tradicionalmente se emplea para los edificios públicos.

En este sentido existe un extremo que lo constituye el diseño de edificios con base en la caja de cristal, para este caso la comparación con un diseño pasivo resulta altamente contrastante en cuanto al ahorro de energía se refiere, y, aunque la construcción de este tipo de edificios se ha extendido por todo el Distrito Federal e incluso se ha visto por lo menos un caso en la Ciudad de Cuernavaca, no se quiso sin embargo hacer un planteamiento radical y únicamente se cambiaron algunas orientaciones, así como se quitaron las protecciones a la radiación de los cuerpos que conforman al edificio de Gobierno, con el objeto de hacer notar que aun con un diseño conservador existen grandes diferencias en el consumo de energía comparado con el edificio de diseño pasivo.

De acuerdo a lo anterior los cambios planteados fueron los siguientes:

En el edificio "A".

Se cambiaron las orientaciones noreste de todos los cubículos, constituidas por cristales de piso a techo con el recubrimiento plata, por dos fachadas continuas hacia el norte y oriente respectivamente, constituidas por muretes (muro tipo I) hasta un metro de altura en cada piso, cubriendo el resto de la fachada ventanas con vidrios claros convencionales. Este mismo criterio se empleó con las fachadas sur y poniente correspondientes a los tramos cortos de este edificio.

Las otras dos fachadas del edificio "A" (sur y poniente) que dan al patio central, se plantearon conservando el mismo diseño del edificio pasivo, con cristales de piso a techo, y finalmente en el último piso del edificio se eliminó el falso plafón de tablaroca.

En el edificio "B".

Se eliminaron partes de las fachadas poniente y sur y se propuso el diseño de un metro de murete (muro tipo I) en cada piso con vidrio claro cubriendo las ventanas, empleando también este criterio en el caso de los tramos de fachada de este edificio que dan al poniente y que están fuera del patio central.

En el caso de las fachadas de este edificio que dan al patio central quedaron también con el mismo planteamiento del edificio pasivo de cristales de piso a techo, por último, se descartó también en este caso el falso plafón de tablaroca de los últimos pisos de este edificio. (figuras 17 y 18).

El patio central quedó con las mismas proporciones que tiene en el diseño pasivo, pero en este caso se eliminaron las dos fuentes y la cubierta de vidrio en el techo se consideró constituida por domos transparentes convencionales.

En el caso de los muros, el único que se agregó fué el tipo XVI de TABLAROCA, que se propone como muro divisorio para los espacios interiores de los dos edificios "A" y "B", con base en que es uno de los materiales mas comunmente usado para estos fines en edificios públicos, sin embargo los datos de este material estan incluidos en el diseño pasivo, en el falso plafón que ahí si se tiene.

El número de cambios de aire también se modificó, y de 5 cambios por hora que se maneja en el edificio con diseño pasivo (como una de las estrategias importantes en este tipo de diseño) se plantea para el edificio con diseño tradicional 0.5 cambios por hora, dado que en este tipo de diseños se dejan todos los cristales fijos con objeto de que el aire acondicionado funcione adecuadamente.

Finalmente los datos que no se variaron fueron: la cantidad de usuarios, la carga eléctrica generada por lámparas y accesorios y el horario de labores.

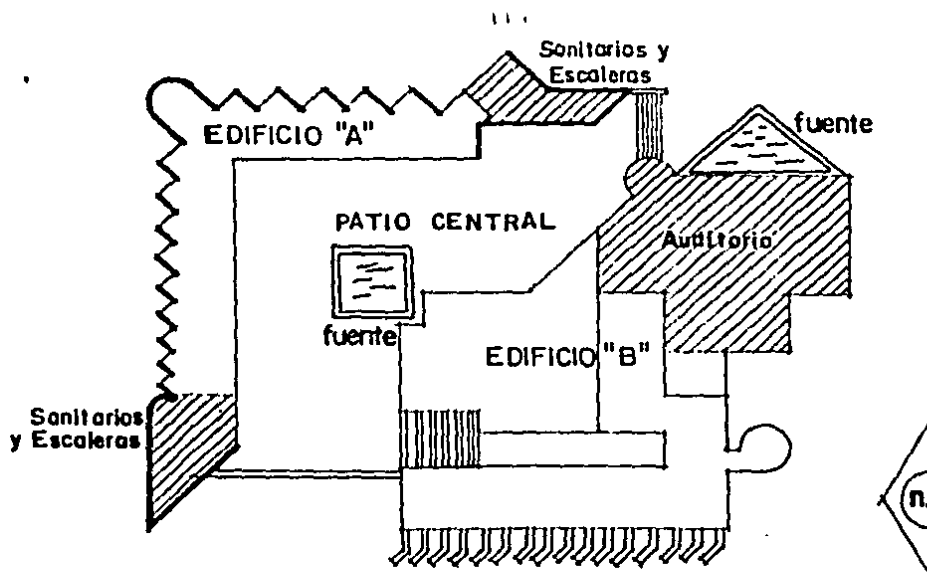


FIGURA 18. PLANTA DE CONJUNTO EDIFICIO DE GOBIERNO I.N.S. DISEÑO PASIVO.

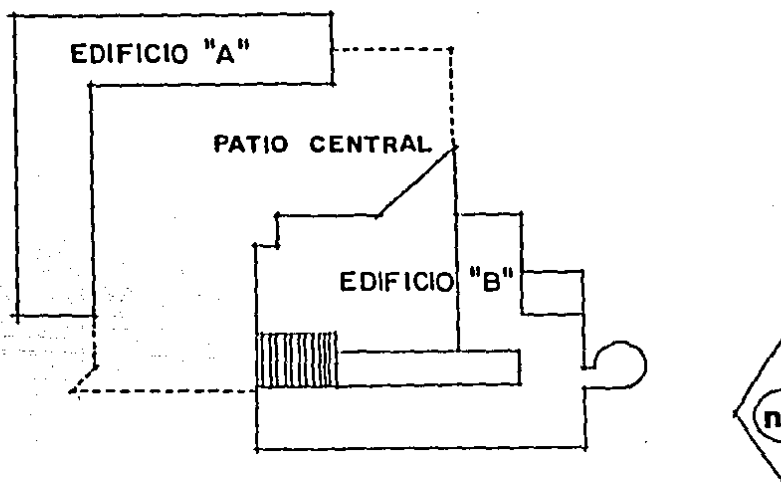


FIGURA 19. PLANTA DE CONJUNTO EDIFICIO DE GOBIERNO I.N.S. DISEÑO TRADICIONAL.

4.1. Simulación en Computadora de las Respuestas Climáticas del Edificio con Diseño Convencional.

En las tablas siguientes se presentan las áreas, así como la referencia de la orientación de cada tipo de muro y ventana en los dos edificios con diseño tradicional, la nomenclatura de estos es la misma que se usó para el edificio con diseño pasivo, donde quedaron ya referidas sus propiedades físicas y dimensionamiento

TABLA RESUMEN DE ORIENTACION Y AREA POR TIPO DE MUROS Y VENTANAS

EDIFICIO 'A' (TRADICIONAL)

| TIPO | AREA | ANGULOS | | LOCALIZACION |
|----------|------------------------|-------------|-------------|----------------------|
| | | inclinación | orientación | |
| MURO I | 210.00 M ² | 90° | 180° | FACHADA NORTE EXT. |
| MURO I | 220.00 M ² | 90° | -90° | FACHADA ORIENTE EXT. |
| MURO I | 52.00 M ² | 90° | 0° | FACHADA SUR EXT. |
| MURO I | 52.00 M ² | 90° | 90° | FACHADA PONIENTE EXT |
| VENT. II | 546.00 M ² | 90° | 180° | FACHADA NORTE EXT. |
| VENT. II | 572.00 M ² | 90° | -90° | FACHADA ORIENTE EXT. |
| VENT. II | 704.00 M ² | 90° | 0° | FACHADA SUR EXT. |
| VENT. II | 740.00 M ² | 90° | 90° | FACHADA PONIENTE EXT |
| MURO XIV | 9439.00 M ² | - | - | INTERIOR |

TABLA RESUMEN DE ORIENTACION Y AREA POR TIPO DE MUROS Y VENTANAS

EDIFICIO 'B' (TRADICIONAL)

| TIPO | AREA | GRADOS | | LOCALIZACION |
|----------|------------------------|------------------|------------------|-------------------------|
| | | inclina- ción | orienta- ción | |
| MURO I | 436.75 M ² | 90° | 90° | FACHADA PONIENTE EXT. |
| MURO IV | 92.40 M ² | 90° | 90° | FACHADA PONIENTE EXT. |
| MURO I | 28.70 M ² | 90° | -135° | FACHADA NORPONIENTE EXT |
| MURO I | 347.30 M ² | 90° | 0° | FACHADA SUR EXT. |
| MURO IV | 67.50 M ² | 90° | 0° | FACHADA SUR EXT. |
| MURO I | 227.40 M ² | 90° | -90° | FACHADA ORIENTE EXT. |
| MURO IV | 67.50 M ² | 90° | -90° | FACHADA ORIENTE EXT. |
| MURO I | 217.70 M ² | 90° | 180° | FACHADA NORTE EXT. |
| MURO IV | 40.50 M ² | 90° | 180° | FACHADA NORTE EXT. |
| VENT. II | 248.00 M ² | 90° | 90° | FACHADA PONIENTE EXT. |
| VENT. II | 7.00 M ² | 90° | -135° | FACHADA NORPONIENTE EXT |
| VENT. II | 130.60 M ² | 90° | 0° | FACHADA SUR EXT. |
| VENT. II | 322.80 M ² | 90° | -90° | FACHADA ORIENTE EXT. |
| VENT. II | 590.35 M ² | 90° | 180° | FACHADA NORTE EXT. |
| MURO XIV | 7407.80 M ² | - | - | INTERIOR |
| VENT. I | 398.00 M ² | - | - | INTERIOR |

En las siguientes tablas se presentan los valores de la conductancia así como la capacitancia para los muros referidos.

CONDUCTANCIA DE LOS EDIFICIOS "A" Y "B" (TRADICIONALES)
Y SUMA DEL UA TOTAL

| TIPO | U | AREA | UA | EDIFICIO |
|----------------|----------|-------------------------|-----------|----------|
| MURO I | 13.48128 | 534.00 M ² | 1 999.72 | A |
| | | 1 257.85 M ² | 4 710.39 | B |
| MURO IV | 13.18 | - | - | A |
| | | 267.90 M ² | 980.92 | B |
| VENTANA II | 25.36776 | 2 562.00 M ² | 18 053.39 | A |
| | | 1 298.75 M ² | 9 151.77 | B |
| LOSA DE AZOTEA | 9.02304 | 786.24 M ² | 1 970.63 | A |
| | | 1 082.11 M ² | 2 712.20 | B |
| DOMOS | 25.36776 | 28.00 M ² | 197.30 | A |
| | | 50.03 M ² | 352.54 | B |
| TOTALES | | | 22 221.04 | A |
| | | | 17 907.72 | B |

Con las unidades que se han usado los valores estan en watts M²°C y para manejar las mismas unidades que se emplean en el resto del cálculo se tienen que multiplicar por un factor de conversión de 3.6 para tener las unidades en KJ h°C. Los valores finales entonces son:

79 995.74 EDIF. A
64 467.79 EDIF. B

CAPACITANCIA TERMICA TOTAL EDIFICIO "A" (TRADICIONAL)

| TIPO | VOLUMEN | DENSIDAD | MASA | CALOR ESP. | CAPACITANCIA |
|-------------------|----------------------|----------|-----------|---------------|--------------|
| MURO I | 74.76 M ³ | 2147.00 | 160509.72 | 0.84 | 134 828.16 |
| VENTANA | 15.37 M ³ | 2900.00 | 44578.80 | 0.85 | 37 891.98 |
| DOMO | 0.168 M ³ | 2900.00 | 487.20 | 0.88 | 414.12 |
| LOSA DE AZOTEA | 78.62 M ³ | 2200.00 | 172972.80 | 1.004 | 173 664.69 |
| MURO XIV | 188.8 M ³ | 850.00 | 160463.00 | 1.083 | 173 781.42 |
| LOSA DE | 314.5 M ³ | 2200.00 | 691891.20 | 1.004 | 694 658.76 |
| TOTAL | | | | 1 215 | 239.13 KJ °C |

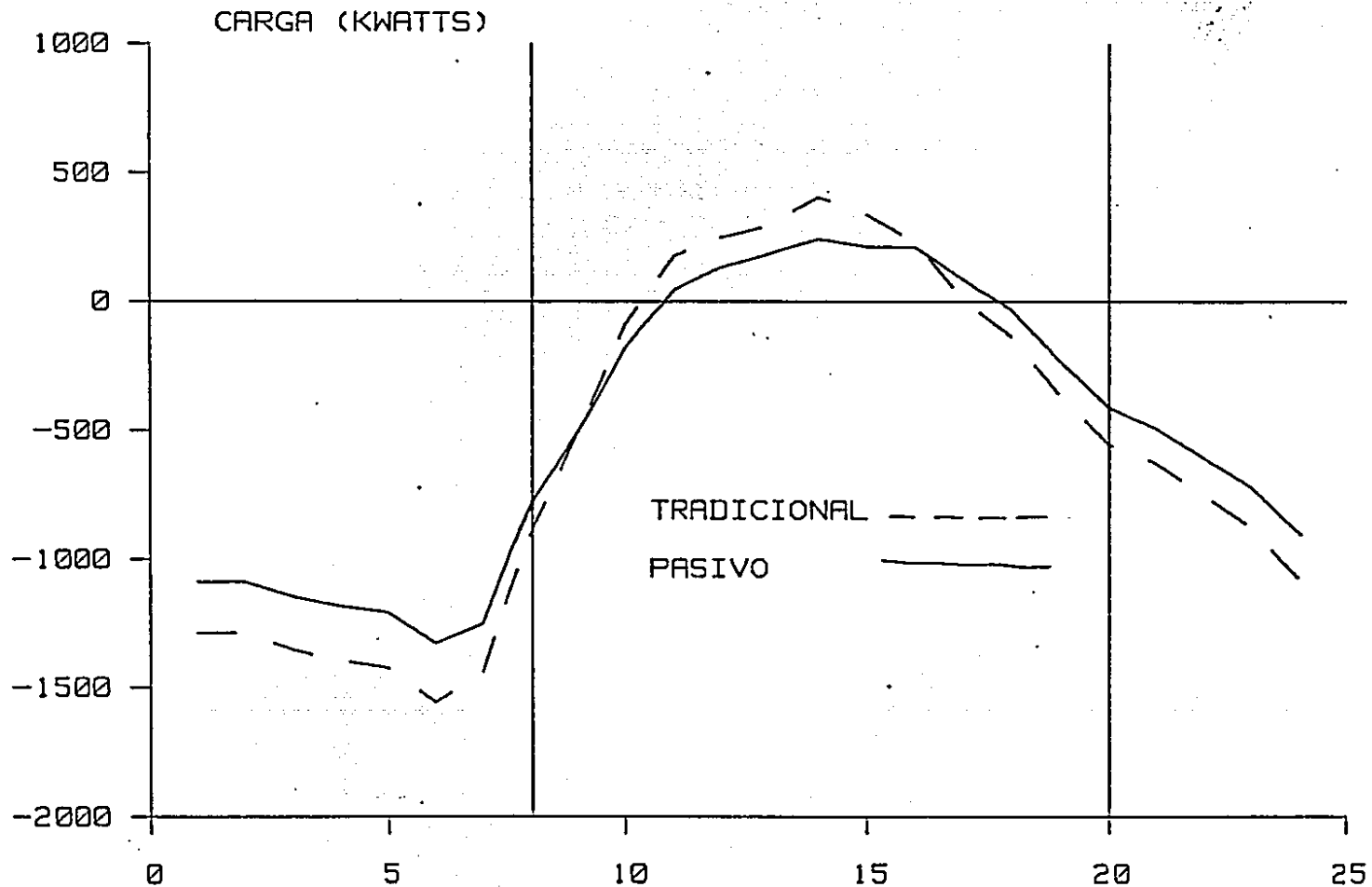
CAPACITANCIA TERMICA TOTAL EDIFICIO "B" (TRADICIONAL)

| TIPO | VOLUMEN | DENSIDAD | MASA | CALOR ESP. | CAPACITANCIA |
|----------------------|----------------------|----------|----------|---------------|--------------------|
| MURO I | 176.1 M ³ | 2147.00 | 378084.5 | 0.84 | 317 591.02 |
| MURO IV | 0.739 M ³ | 7800.00 | 5767.35 | 0.5 | 2 883.67 |
| VENT. II | 7.79 M ³ | 2900.00 | 22598.25 | 0.85 | 19 208.51 |
| DOMO | 0.30 M ³ | 2900.00 | 870.52 | 0.85 | 739.94 |
| LOSA DE AZOTEA | 108.2 M ³ | 2200.00 | 238064.2 | 1.004 | 239 016.45 |
| MURO XIV | 148.1 M ³ | 850.00 | 125932.6 | 1.083 | 136 385.00 |
| VENT. II INTERIOR | 2.35 M ³ | 2900.00 | 6820.8 | 0.85 | 5 797.68 |
| LOSA DE ENTREPISO | 454.4 M ³ | 2200.00 | 999743.8 | 1.004 | 1 003 742.70 |
| TOTAL | | | | | 1 725 364.97 KJ °C |

Con la información completa de los edificios pasivo y tradicional, se alimentó el programa trnsys de acuerdo con las unidades y etiquetas que se detallaron en el capítulo III, los resultados se pueden obtener de manera tabular o gráfica, en este caso se escogió la forma gráfica debido a que de esta manera son fácilmente comparables ambos resultados.

Las primeras 10 gráficas muestran la carga en kilowatts que se tiene que dar a cada tipo de edificio dentro del horario de labores (de las 8 a las 20, hrs). Del cero hacia arriba se debe dar carga de enfriamiento y del cero hacia abajo carga de calentamiento.

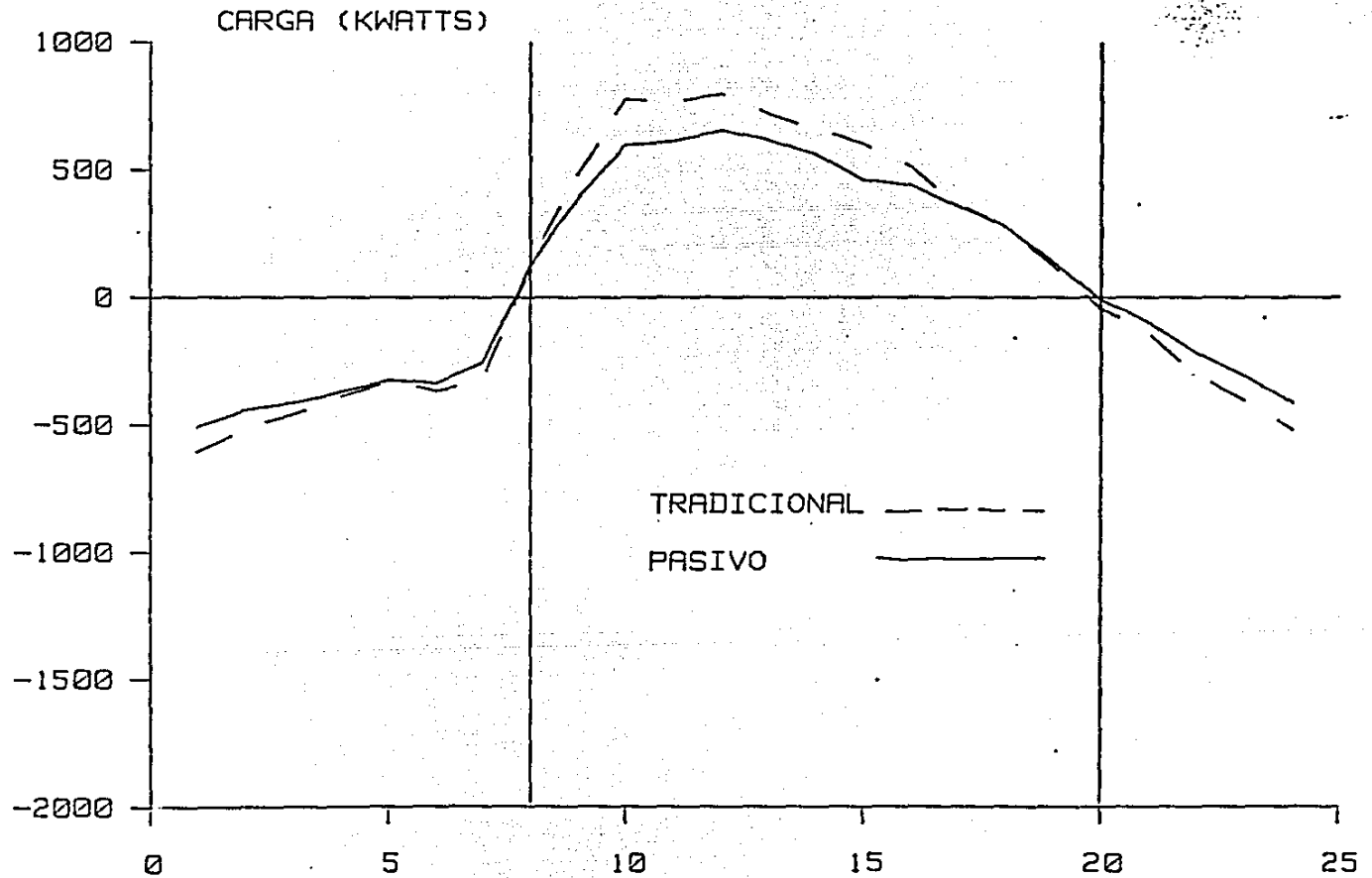
Las gráficas de la 11 a la 20 muestran las temperaturas: ambiente y de cuarto para cada tipo de edificio, en este caso, por la estrategia de simulación que se empleó, las temperaturas del cuarto se fijaron entre los 22 y 28 °C, como se discutió en el capítulo III, son las temperaturas de comodidad para la mayoría de las personas. En este caso también el análisis se hace durante el horario de labores del edificio (8 a 20 hrs) que es cuando tiene objeto controlar las temperaturas del mismo.



GRAFICA 1 EDIF A

DIA 24 (24 de Enero)

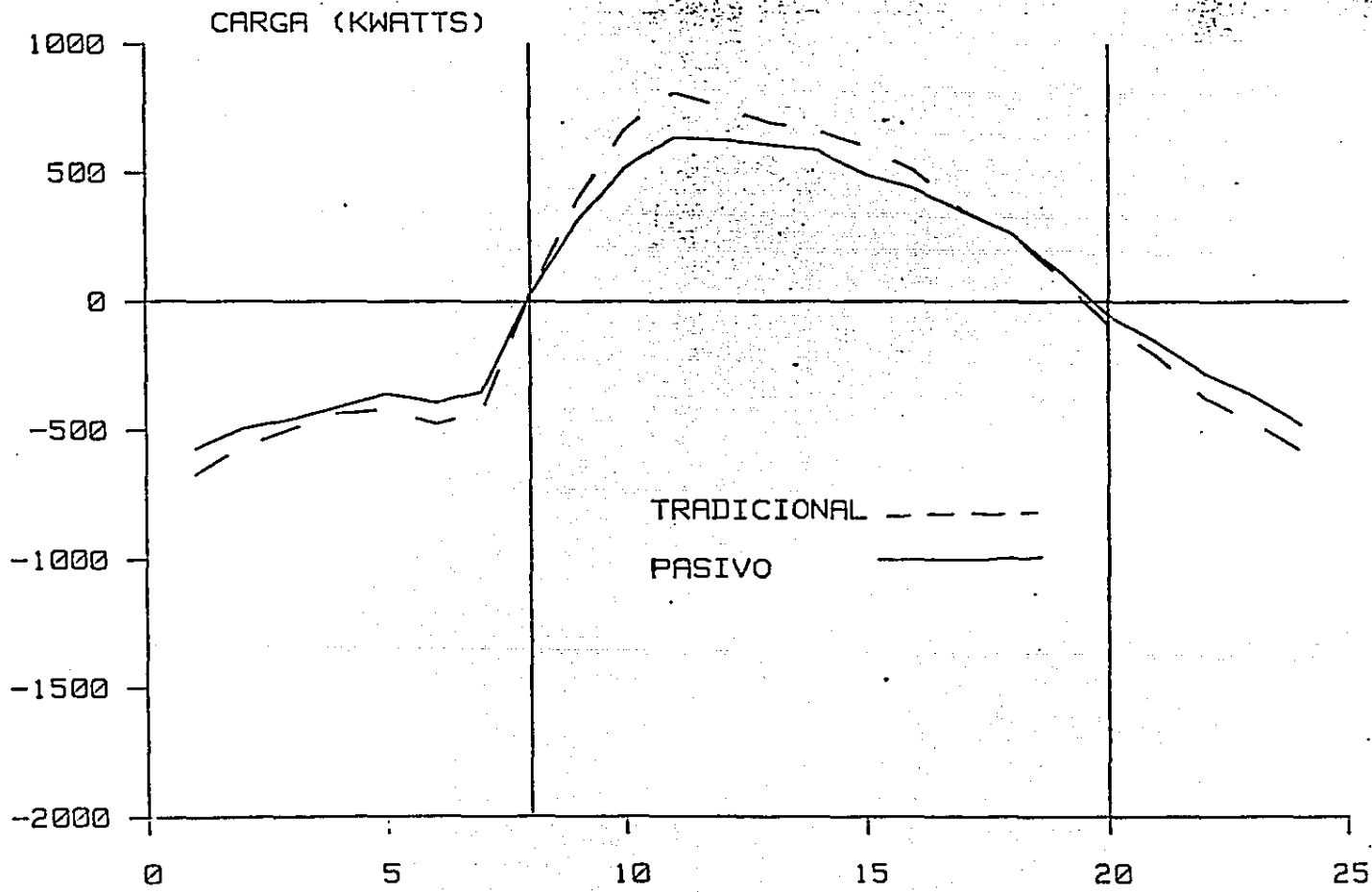
TIEMPO (HR)



GRAFICA 2 EDIF. A.

DIA 133 (13 de Mayo)

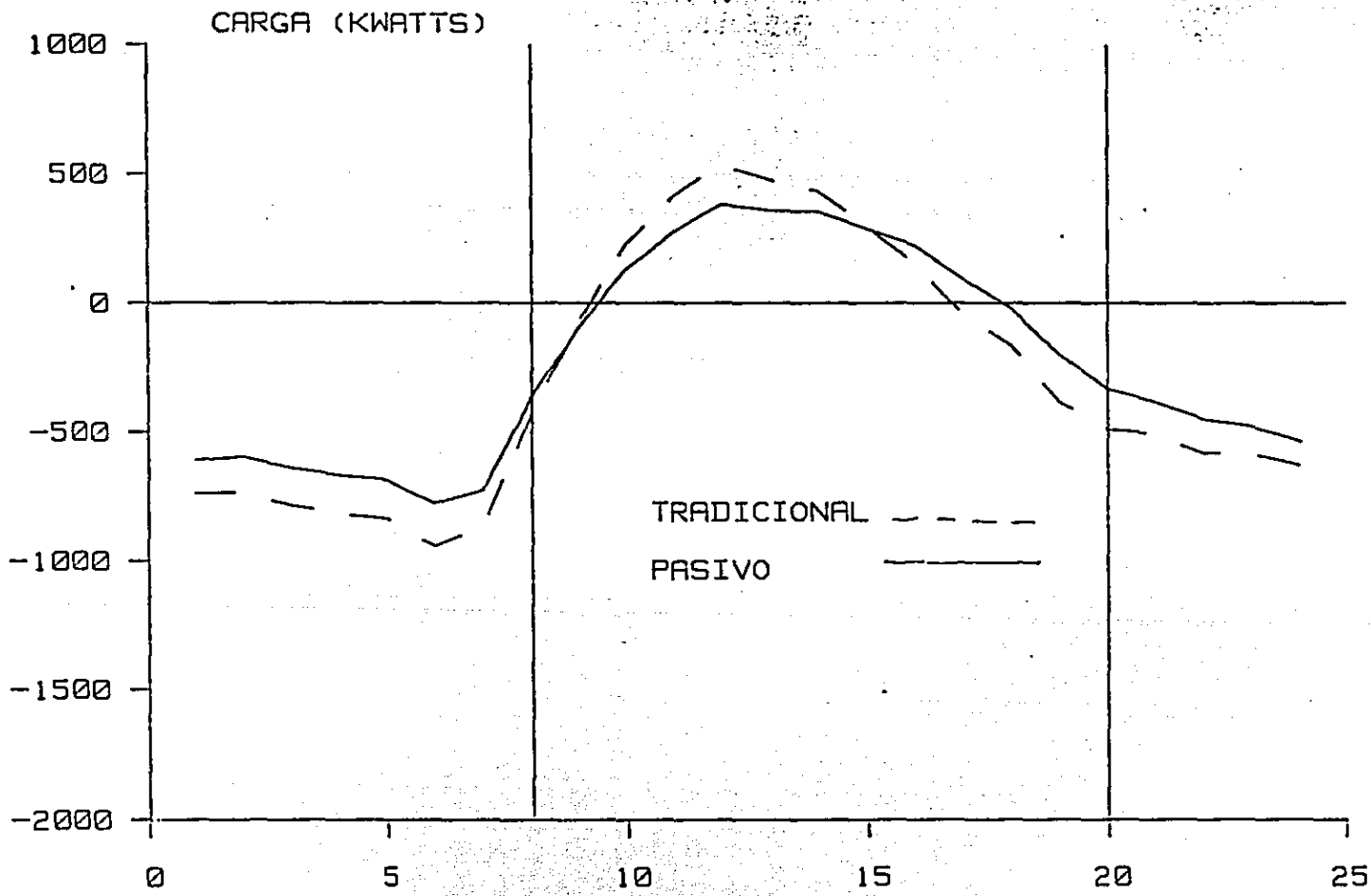
TIEMPO (HR)



GRAFICA 3 EDIF A

DIA 138 (18 de Mayo)

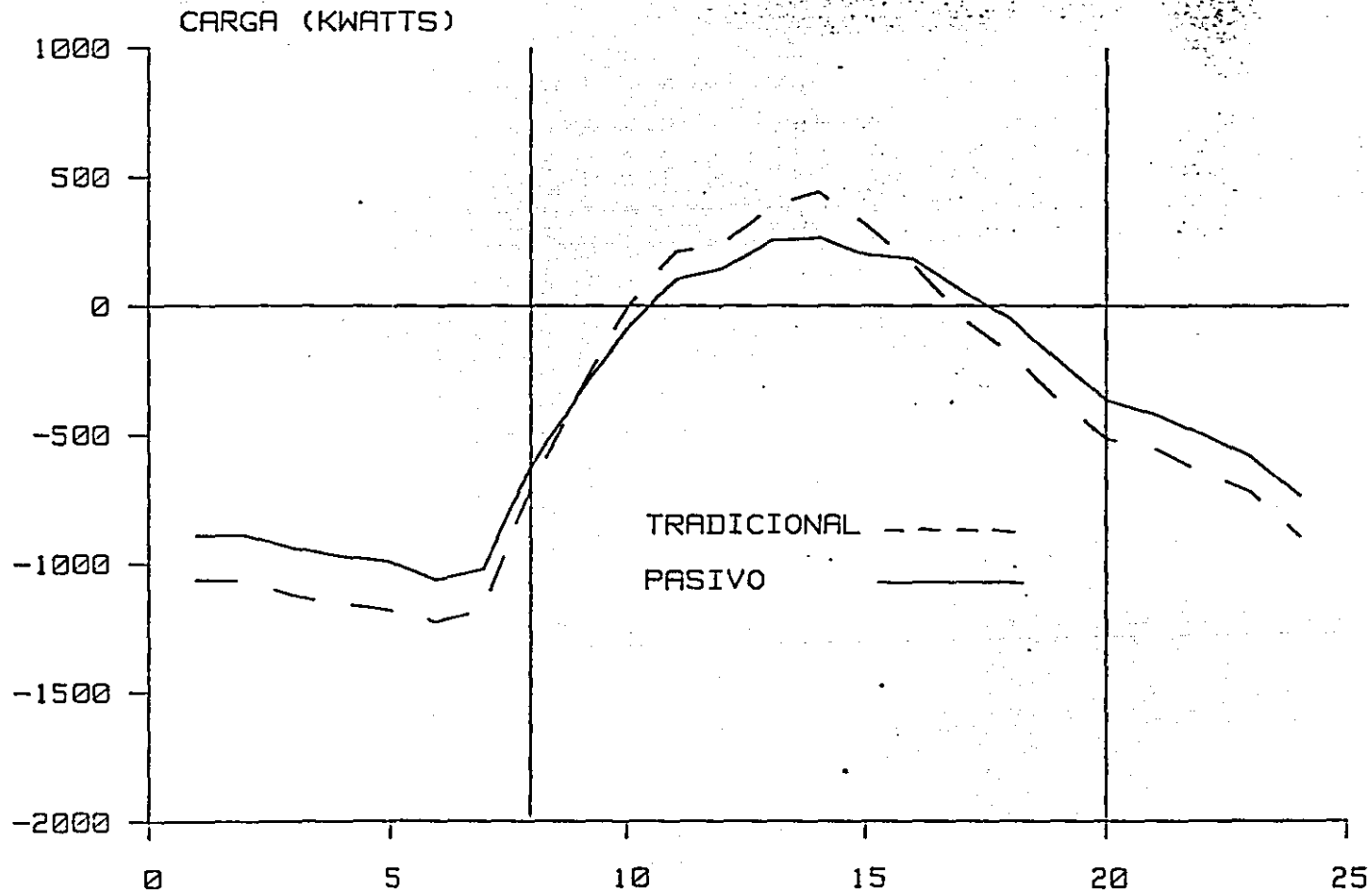
TIEMPO (HR)



GRAFICA 4 EDIF A

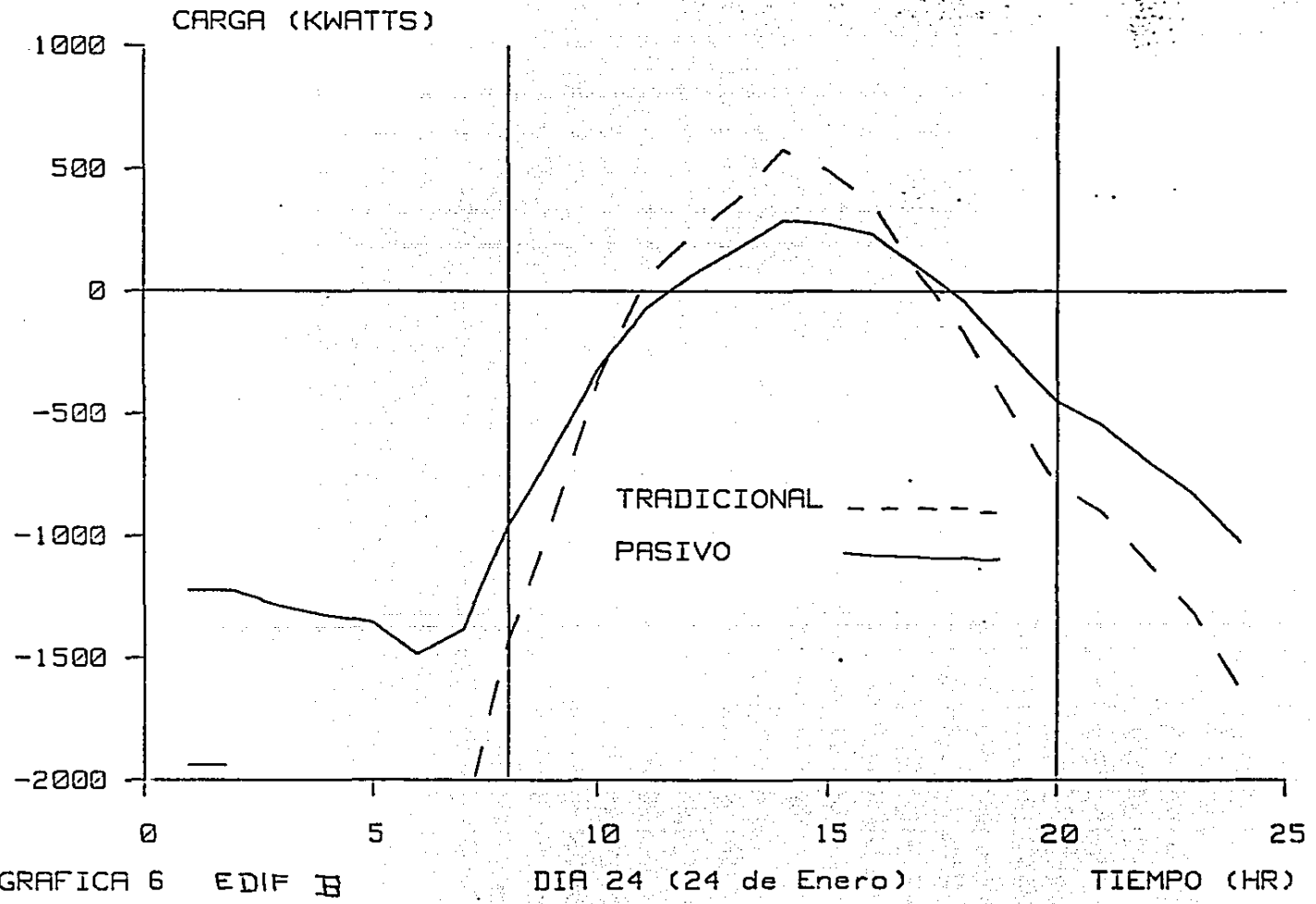
DIA 213 (1 de Agosto)

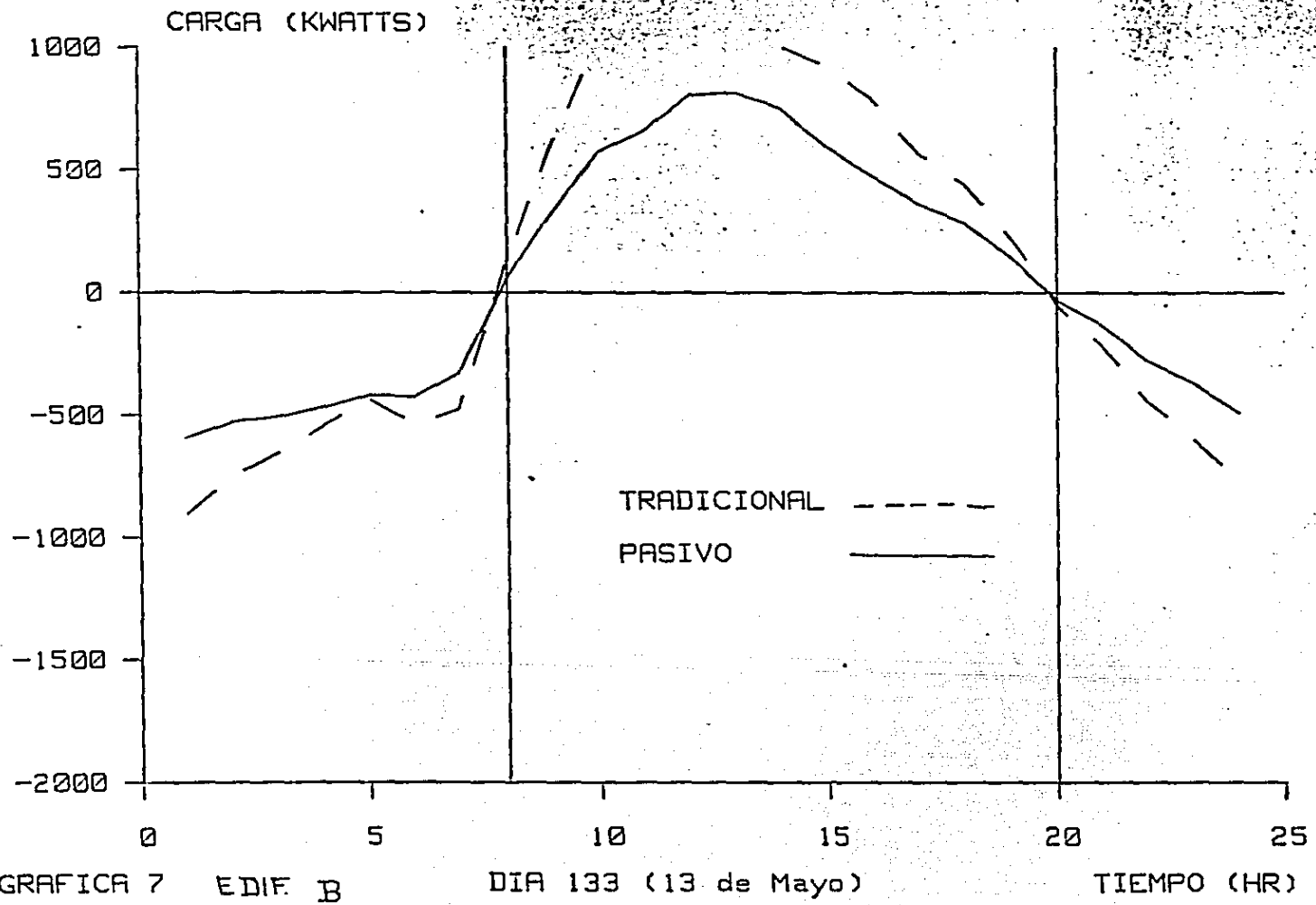
TIEMPO (HR)



GRAFICA 5 EDIF A DIA 323 (19 de Noviembre)

TIEMPO (HR)

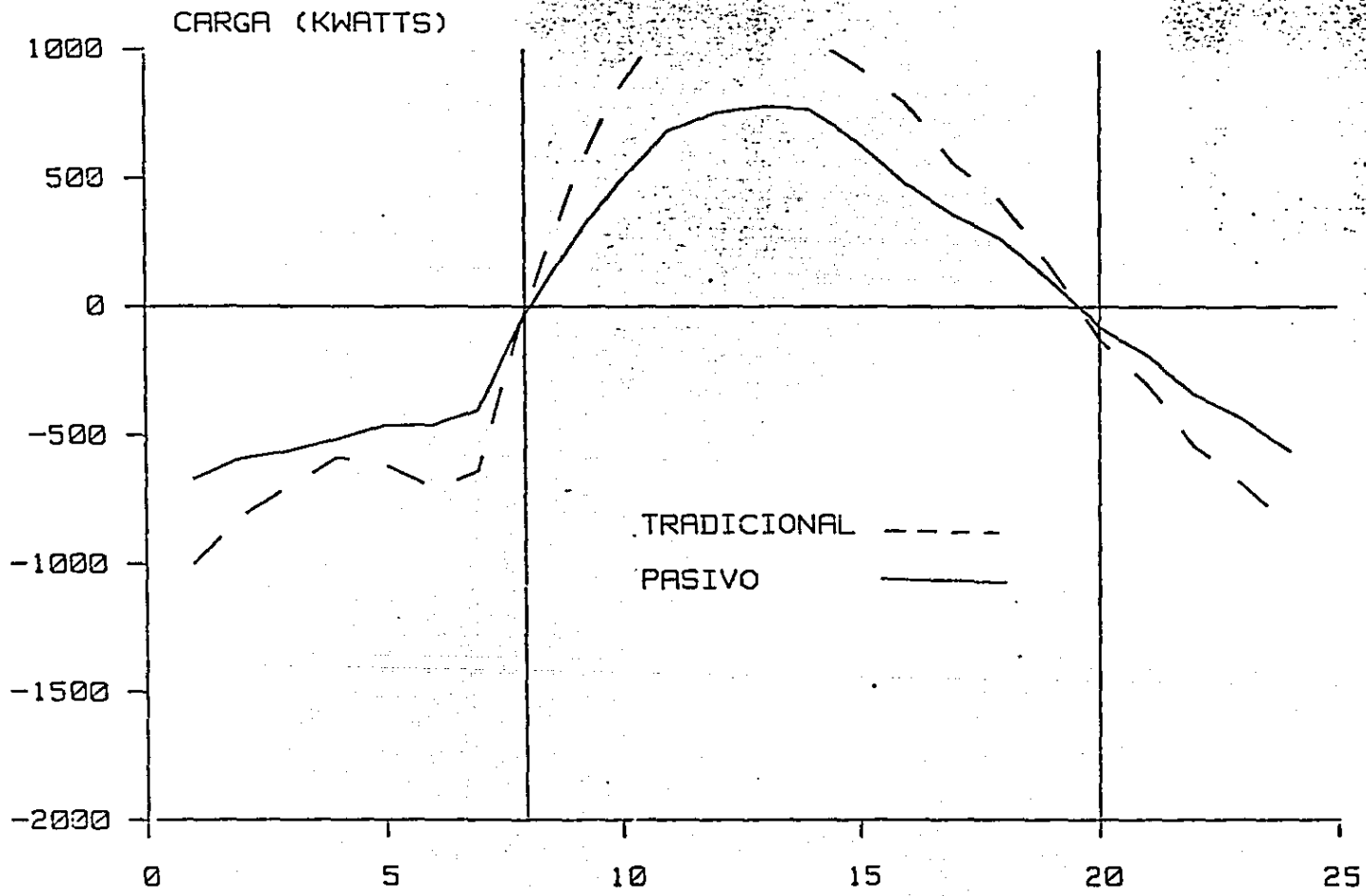




GRAFICA 7 EDIF. B

DIA 133 (13 de Mayo)

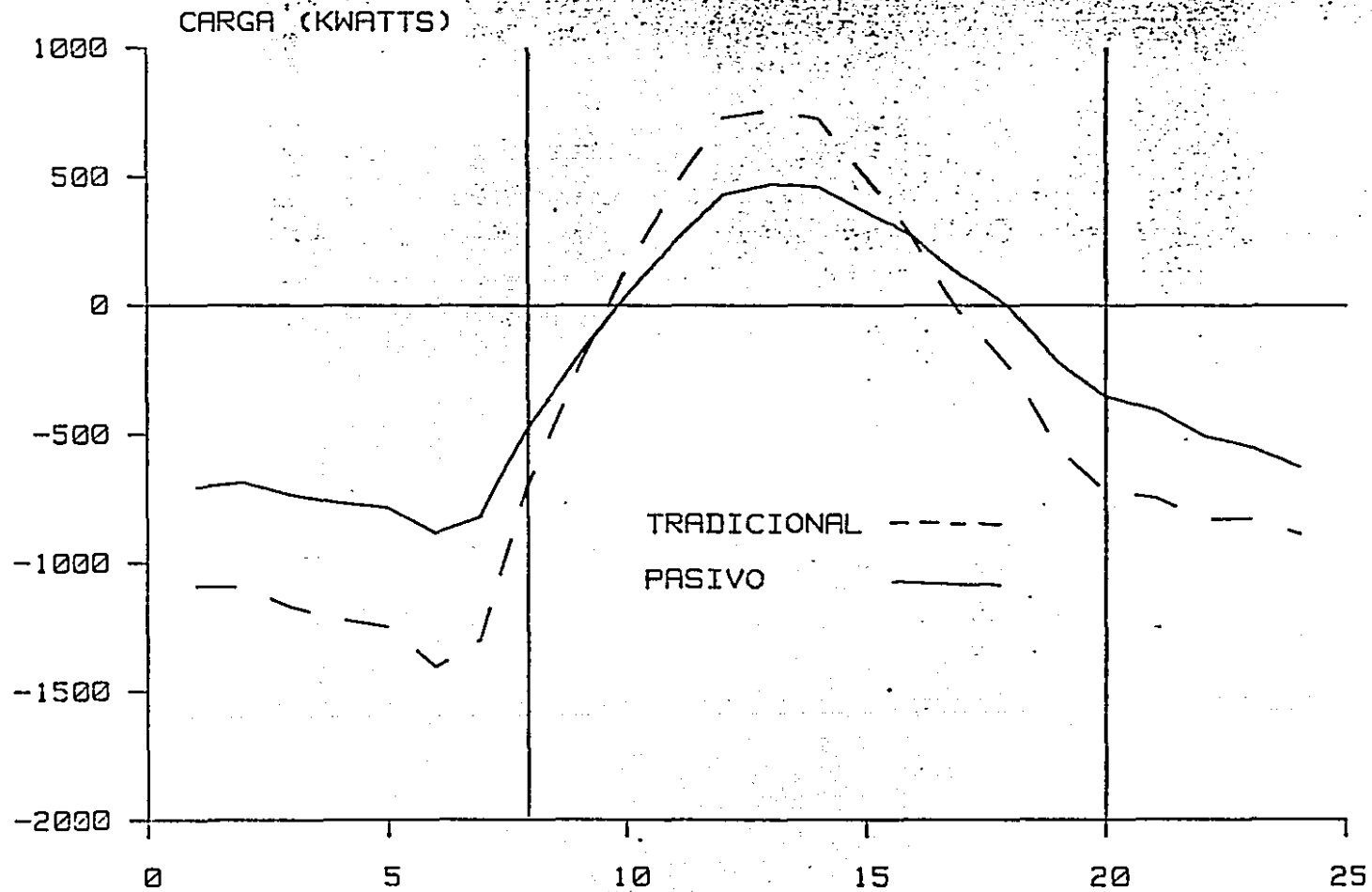
TIEMPO (HR)



GRAFICA 8 EDIF B

DIA 138 (18 de Mayo)

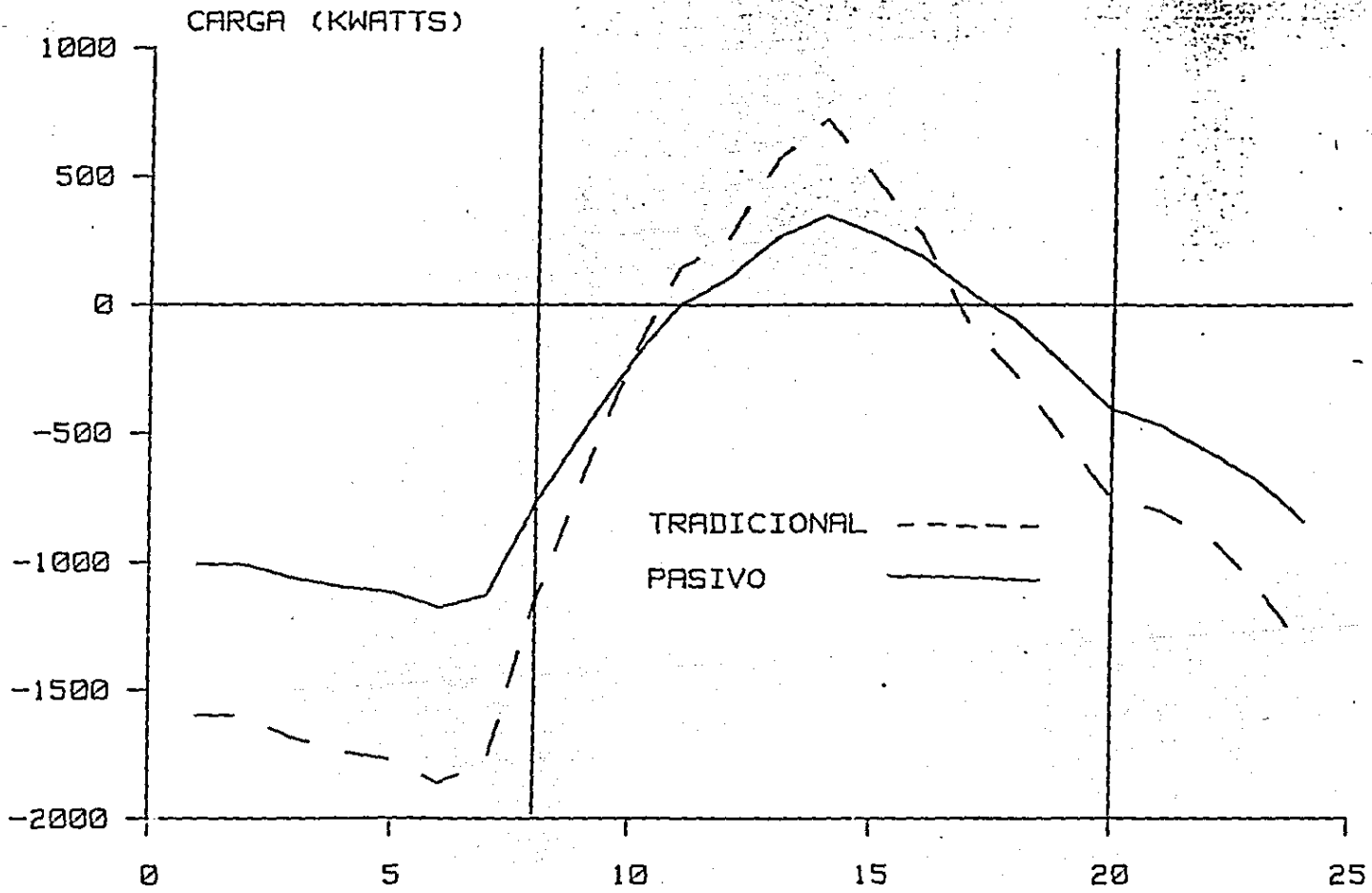
TIEMPO (HR)



GRAFICA 9 EDIF B

DIA 213 (1 de Agosto)

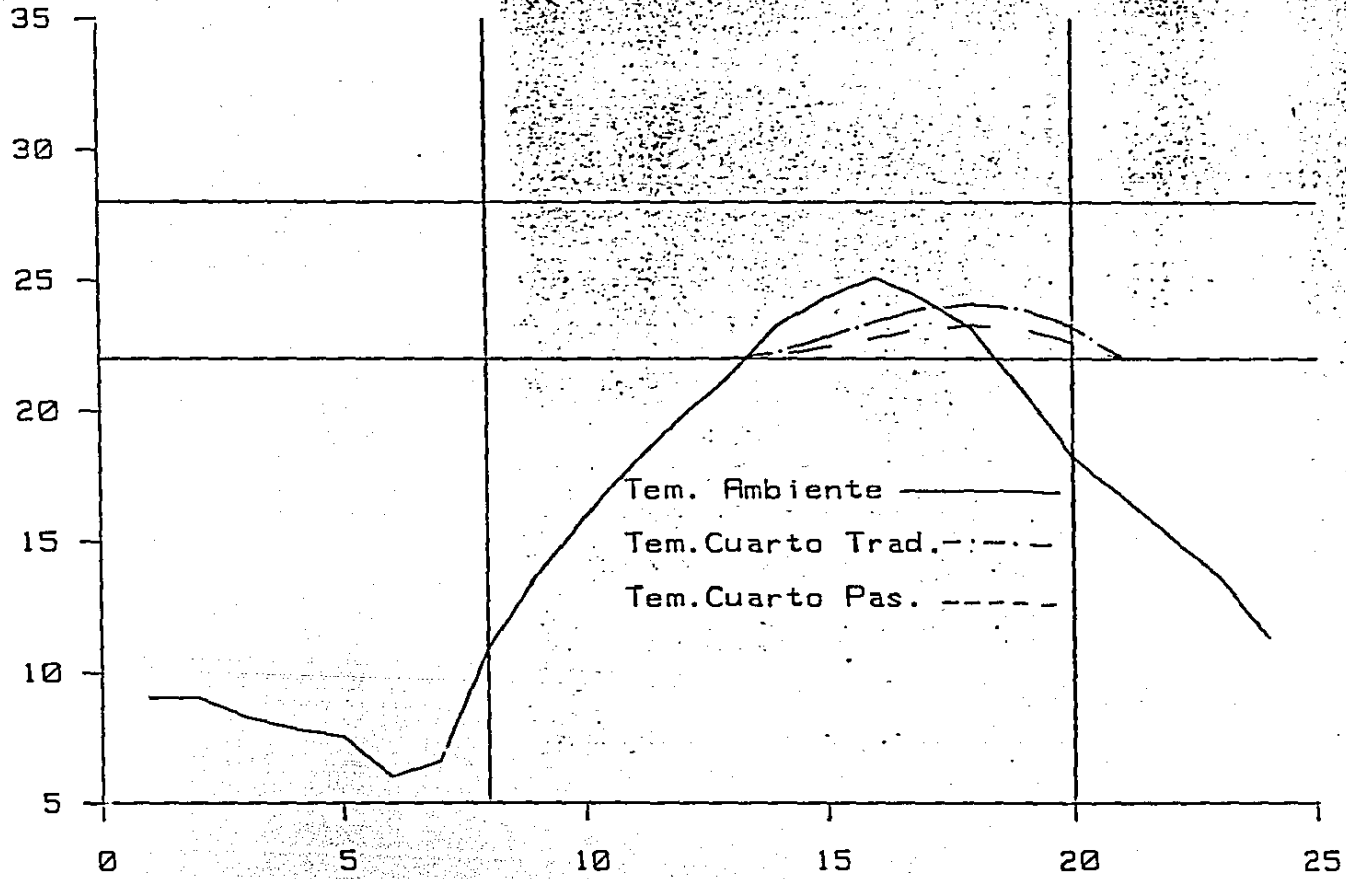
TIEMPO (HR)



GRAFICA 10 EDIF B DIA 323 (19 de Noviembre)

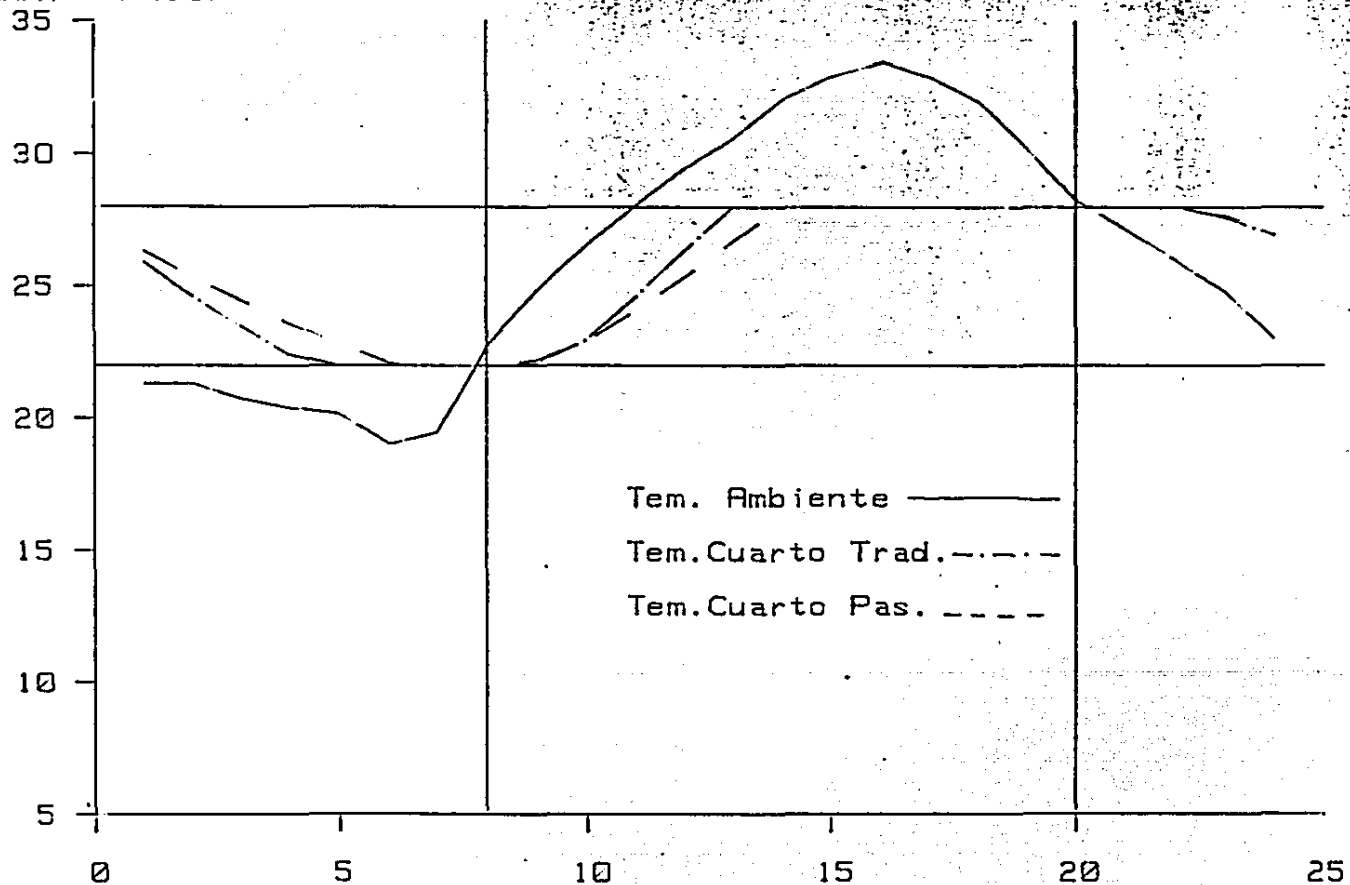
TIEMPO (HR)

TEMPERATURA (oC)



GRAFICA 11 EDIF. A DIA 24 (24 de Enero) TIEMPO (HR)

TEMPERATURA (oC)

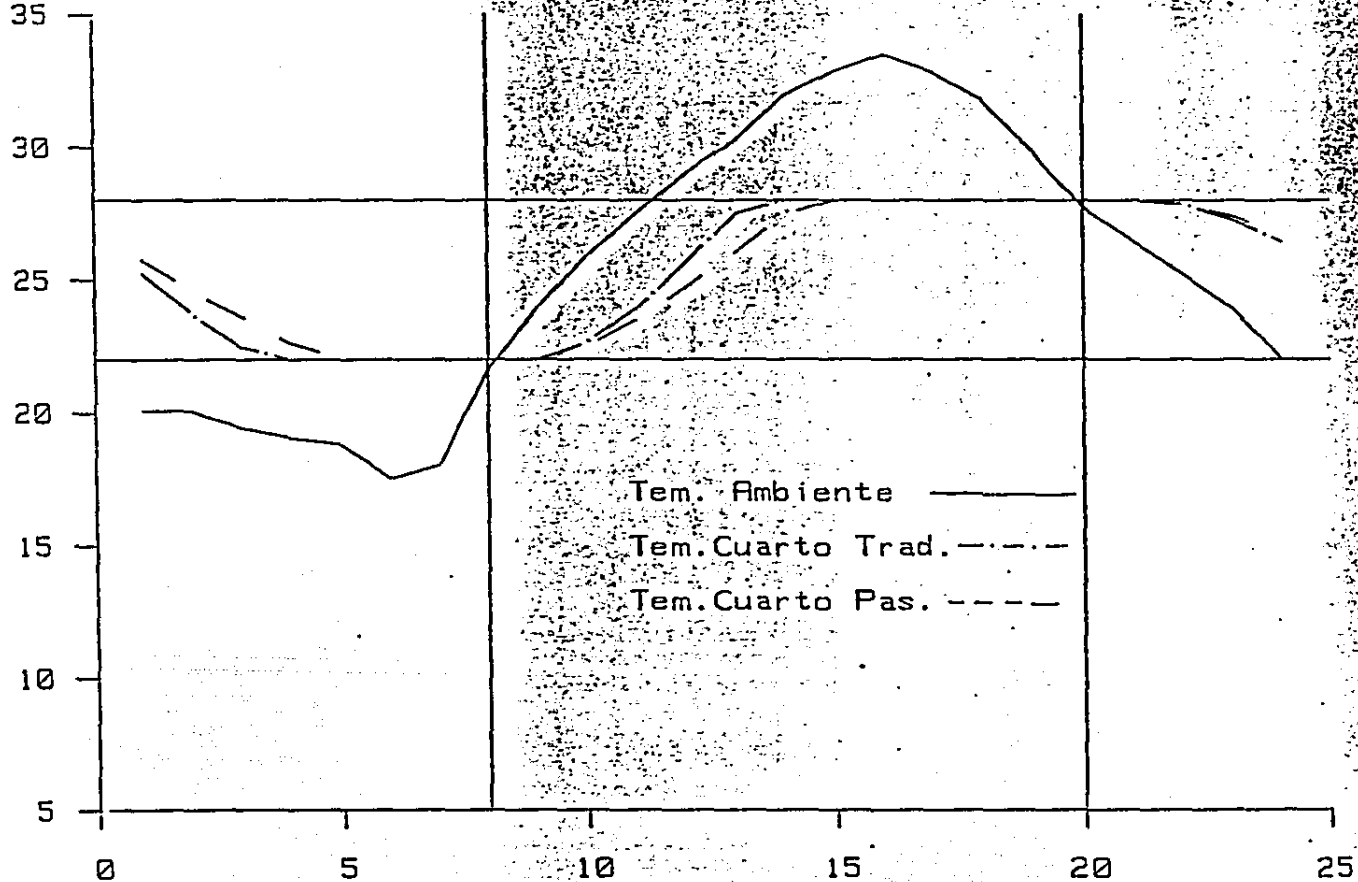


GRAFICA 12 EDIF. A

DIA 133 (13 de Mayo)

TIEMPO (HR)

TEMPERATURA (oC)

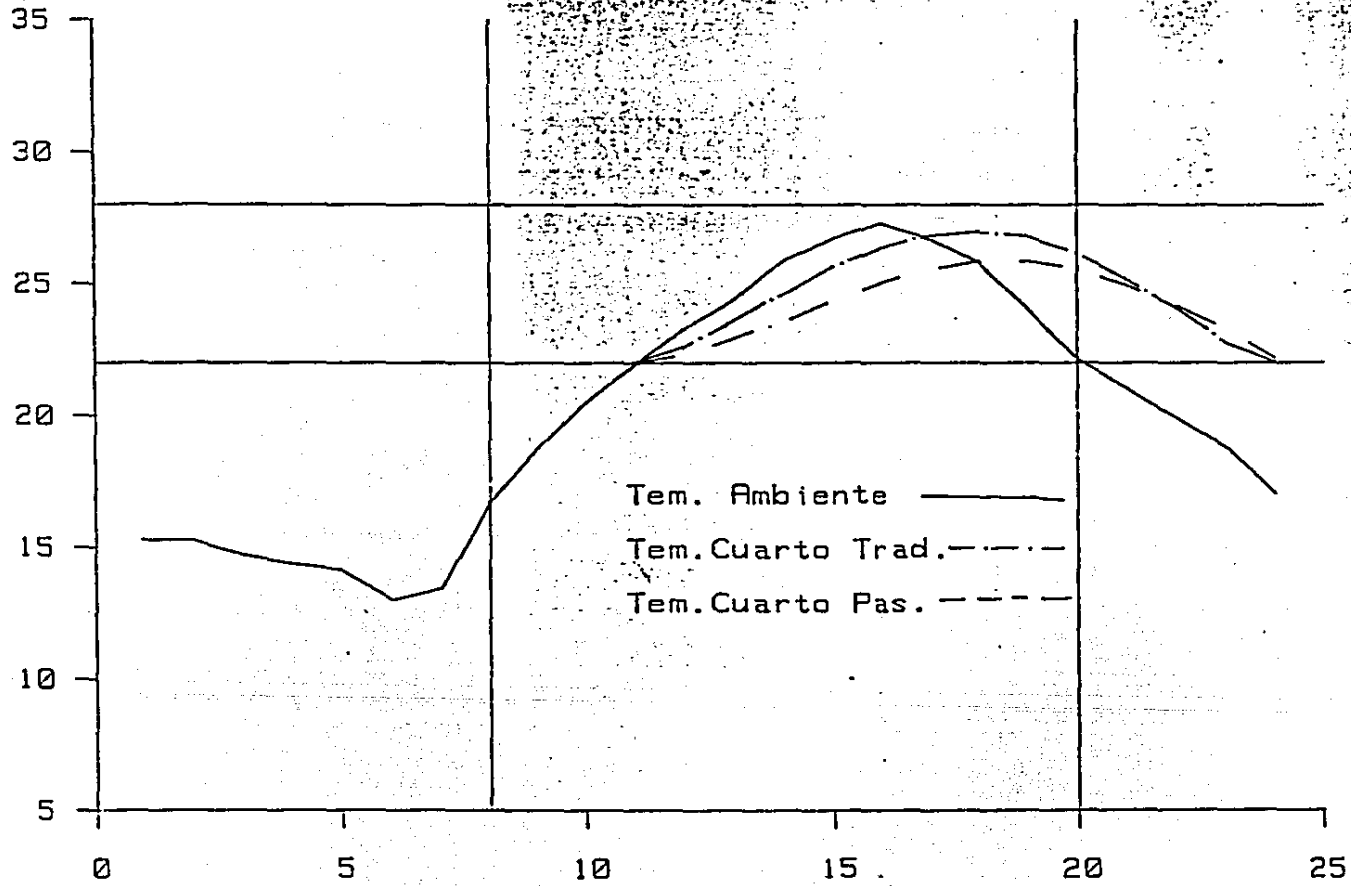


GRAFICA 13 EDIF A

DIA 138 (18 de Mayo)

TIEMPO (HR)

TEMPERATURA (oC)

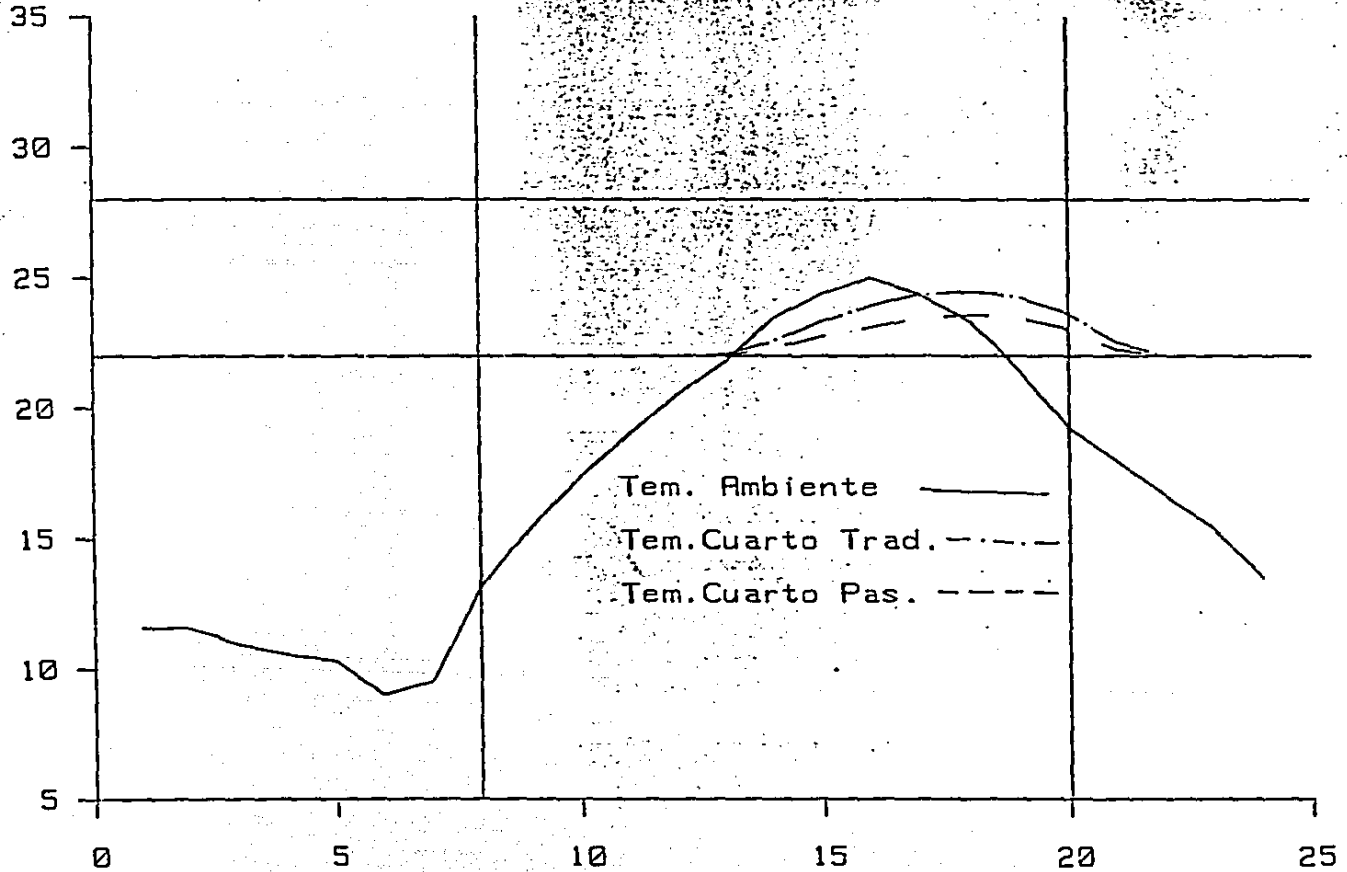


GRAFICA 14 EDIF A

DIA 213 (1 de Agosto)

TIEMPO (HR)

TEMPERATURA (°C)

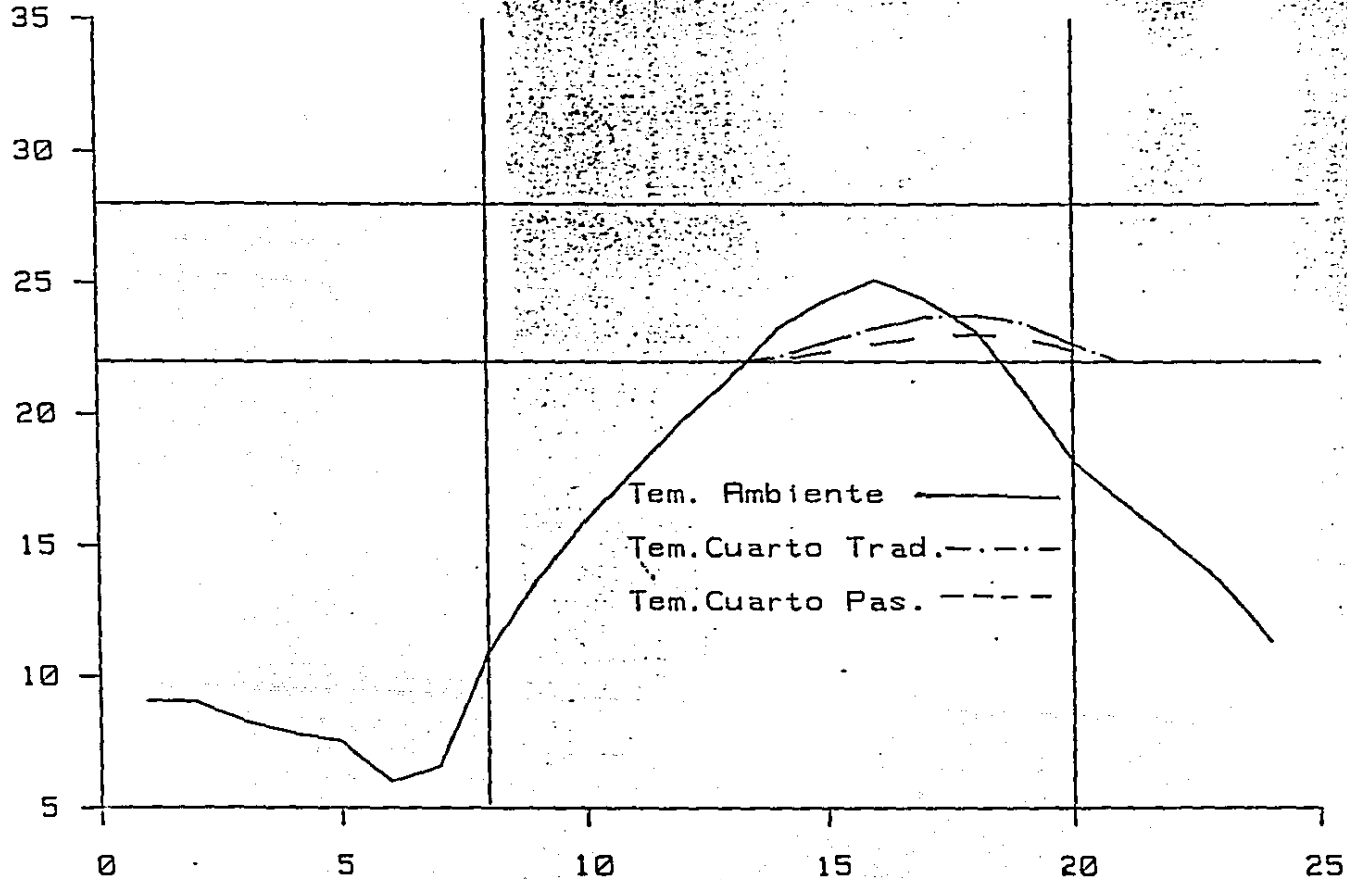


GRAFICA 15 EDIF. A

DIA 323 (19 de Noviembre)

TIEMPO (HR)

TEMPERATURA (oC)

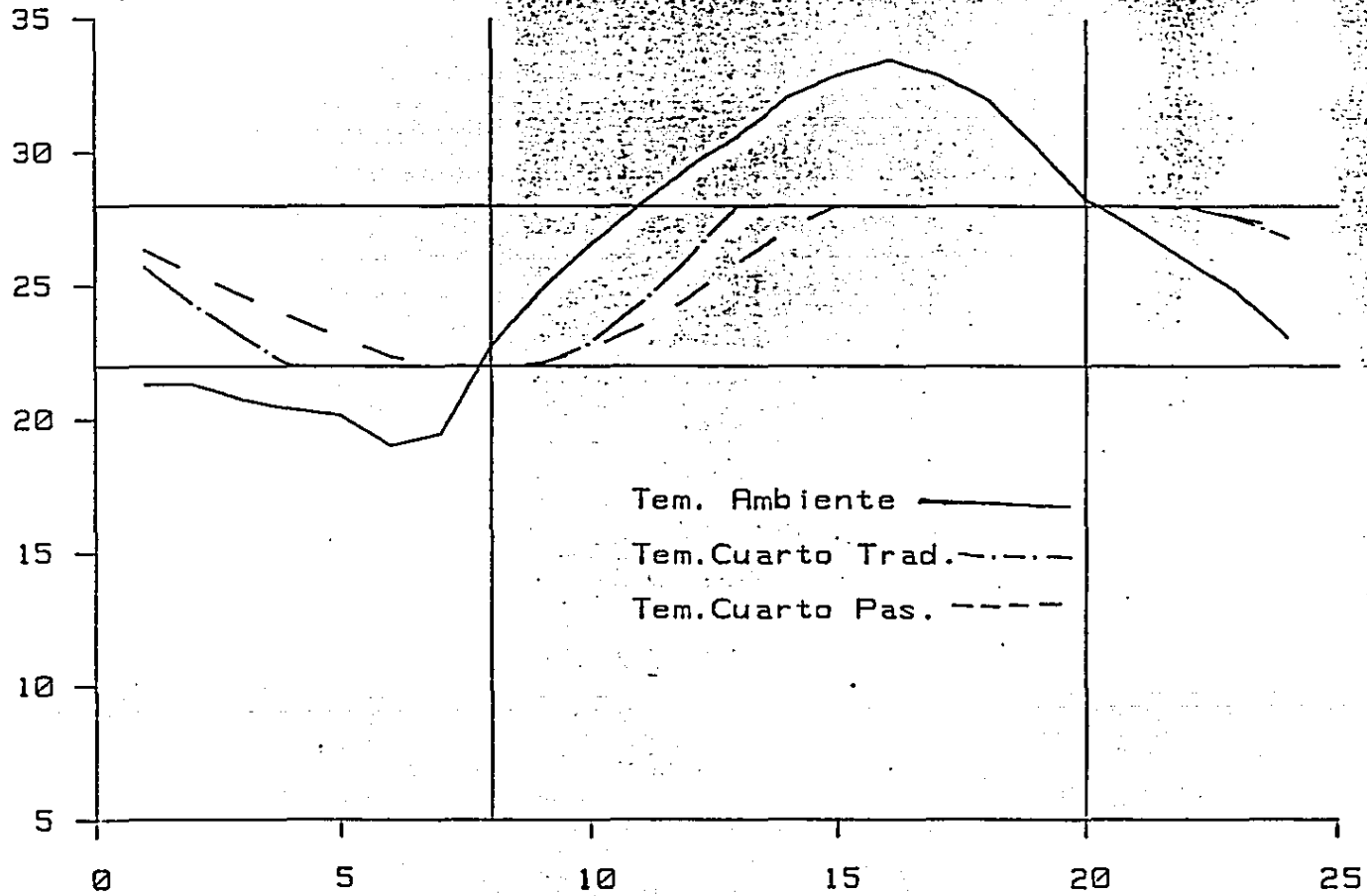


GRAFICA 16 EDIF B

DIA 24 (24 de Enero)

TIEMPO (HR)

TEMPERATURA (oC)

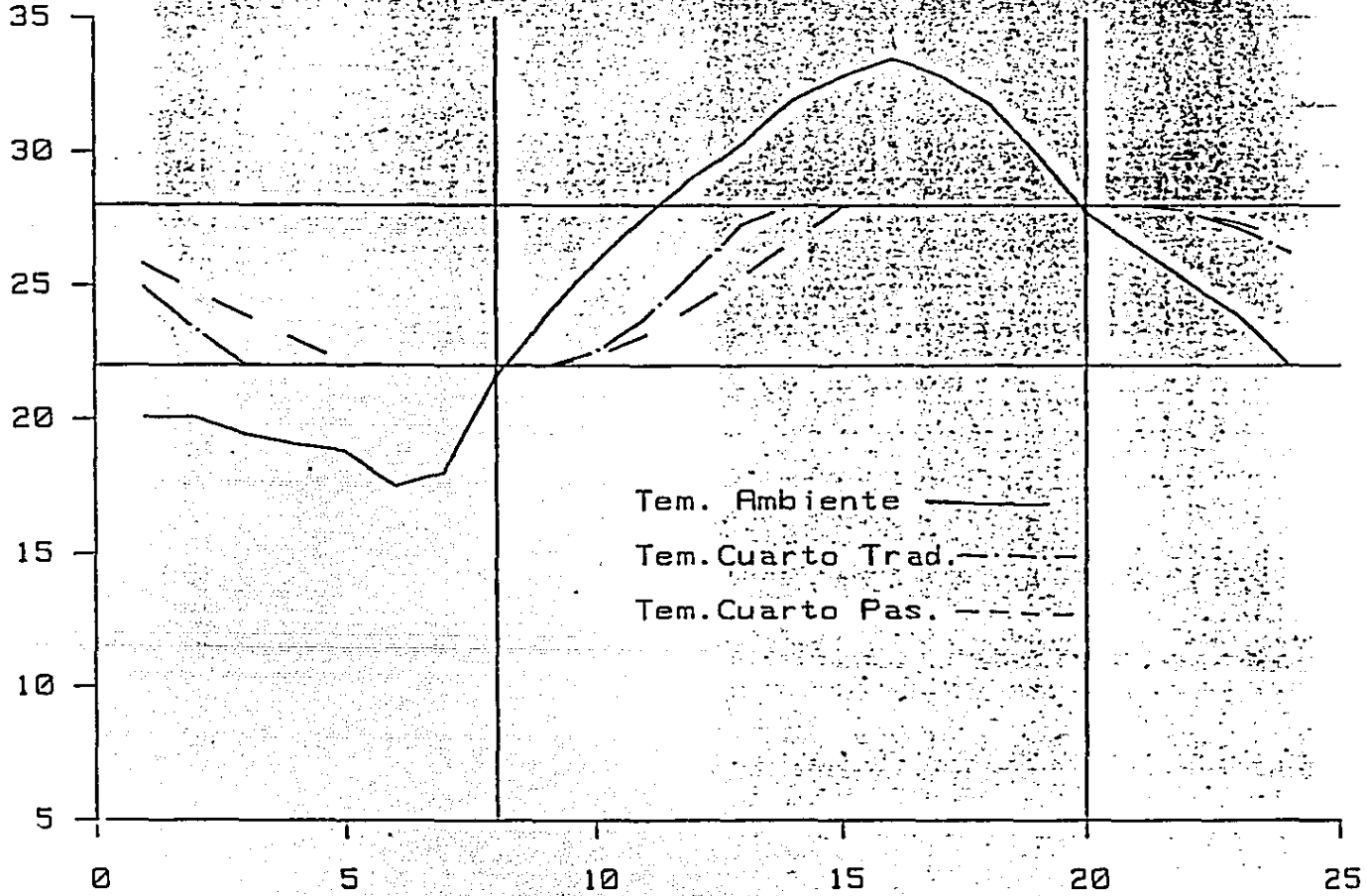


GRAFICA 17 EDIF B

DIA 133 (13 de Mayo)

TIEMPO (HR)

TEMPERATURA (oC)



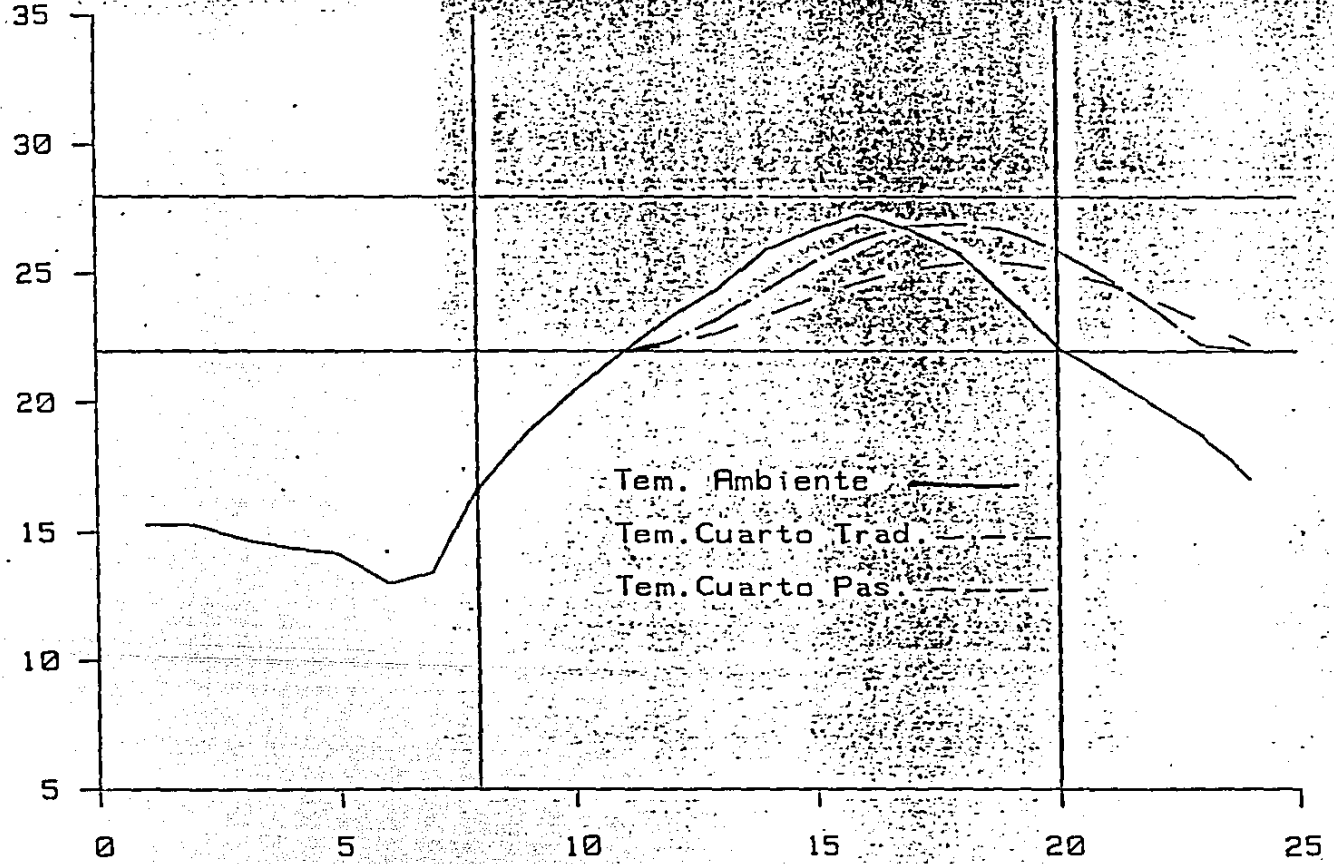
GRAFICA 18

EDIF. B

DIA 138 (18 de Mayo)

TIEMPO (HR)

TEMPERATURA (°C)

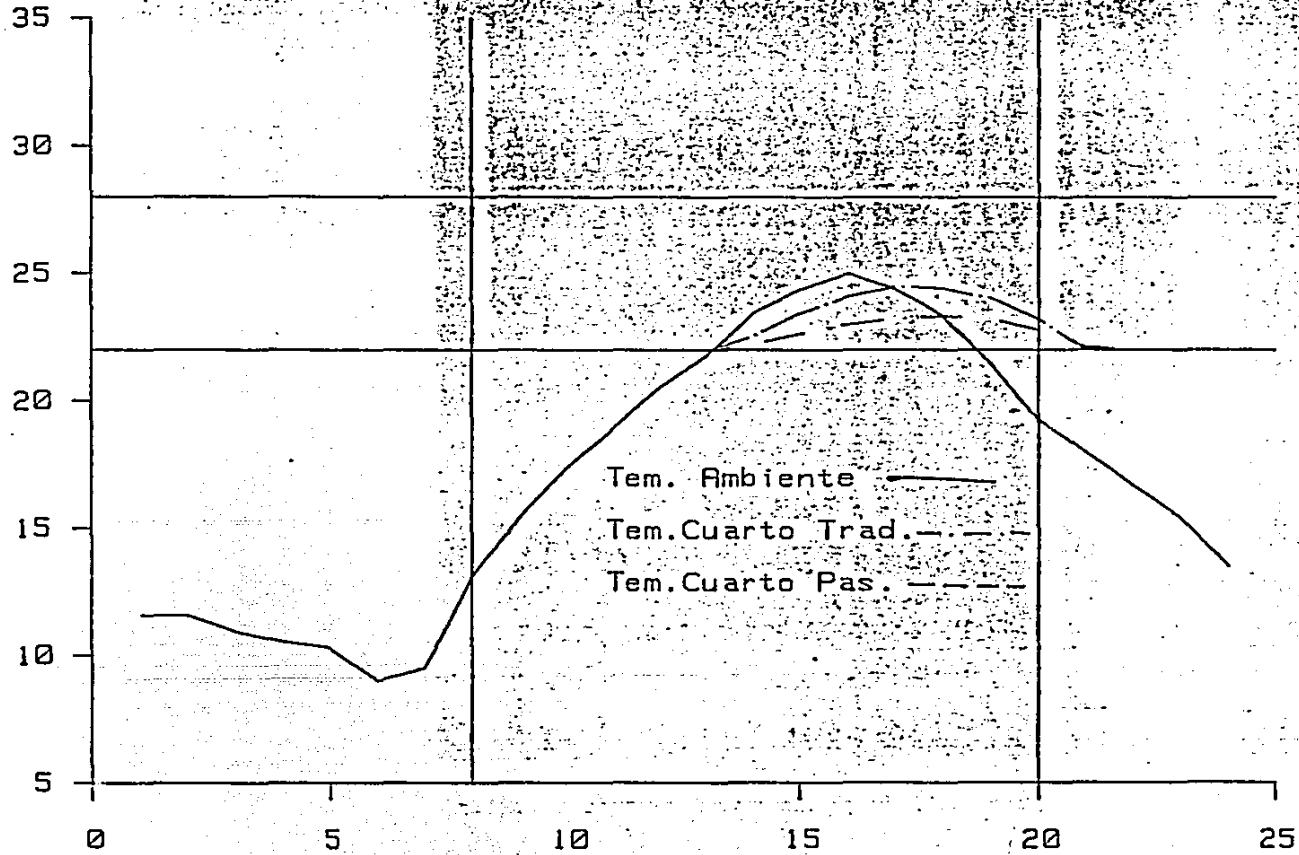


GRAFICA 19 EDIF. B

DIA 213 (1 de Agosto)

TIEMPO (HR)

TEMPERATURA (°C)



GRAFICA 20 EDIF. B

DIA 323 (19 de Noviembre)

TIEMPO (HR)

4.2.-Comparación Económica del Consumo de Energía entre el Edificio Convencional y el Edificio Climatizado de Manera Natural.

El diseño del equipo de aire acondicionado que requiere el edificio con diseño tradicional se hizo con base en la carga de enfriamiento que se le debe proporcionar, de acuerdo al valor mas alto registrado durante el día de máxima temperatura (18 de mayo).

De esta manera tenemos que los valores máximos en dicho día para los dos edificios son:

Edificio "A" .- 414.5 KW.

Edificio "B" .- 624.6 KW.

TOTAL. - 1,039.1 KW (Térmicos).

Por otra parte tenemos que 1 Tonelada de refrigeración es igual a 3.517 KW. (1), por lo tanto la capacidad del equipo es igual a:

1,039.1 = 295.45 Toneladas de Refrigeración.

3.517

Para obtener el costo del equipo, se recurrió al área electromecánica de la Dirección General de Obras de la UNAM donde, por parte del Ing. José Miguel Medina Jefe del Departamento de Obras Externas en dicha área, se obtuvo el dato del costo aproximado del equipo por tonelada de refrigeración, que es igual a: \$1,500,000.00 pesos.

El costo del equipo en este caso resulta ser entonces de:

295.45 x 1,500,000.00 = \$443,175,000.00 pesos

A este costo se debe agregar el de los ductos requeridos en ambos edificios, para lo cual se hizo un cálculo aproximado de la cantidad de ductos necesarios para cada edificio con los siguientes resultados:

| TIPO DE DUCTO | SECCION | EDIF. "A" | EDIF. "B" | TOTAL |
|------------------|--------------|-----------|-----------|----------|
| DUCTO PRINCIPAL | 3.75 X1.00 M | 20.00 | - | 20.00 |
| | 3.00 X1.00 M | - | 17.50 | 17.50 |
| DUCTO SECUNDARIO | 1.00 X1.00 M | 780.00 | 460.00 | 1,240.00 |

Con esta información se recurrió a una compañía particular de aire acondicionado (2), la cual presentó la siguiente cotización:

Peso total de la ducteria = \$ 48,140.00 Kg.

Costo del Kg. de ducto instalado = \$ 6,250.00 + IVA
= \$ 7,187.50

Costo de la ducteria = \$ 331,688,750.00

Costo del Recubrimiento = \$ 13,400.00 M² + IVA =
\$15,410.00

Costo total del Recubrimiento = 5,290 M² x \$ 15,410.00 =
\$ 81,518,900.00

Costo total de la ducteria \$ 413,207,650.00

Costo del equipo \$ 443,175,000.00

COSTO TOTAL AIRE ACOND. \$ 856,382,650.00

Además de la anterior inversión inicial en equipo, una vez instalado este, el costo de la operación es el siguiente:

Con la carga térmica total máxima (suma de las cargas térmicas en las horas de labores del Instituto) de los dos edificios se calcula la potencia del equipo en KW:

Pot. = $\frac{4,790.09}{0.4 \times 6} = 1,995.87$ KW (eléctricos)

0.4 x 6

DONDE :

0.4=Coeficiente de eficiencia de la máquina (3).

6 =Coeficiente de diseño (teórico típico) (4).

Multiplicando este resultado por el costo de la energía eléctrica en KW-Hr (5). tenemos lo siguiente:

Costo = 1,995.87 x \$ 99.88 = \$ 199,347.49 pesos MN diarios.

\$ 199,347.49 x 20 días laborables al mes =
\$ 3,986,951.40 Costo de la energía eléctrica al mes.

En estos costos no se consideró a las rejillas de salida ya que su costo varía dependiendo del tipo escogido y esto estaría en función del tipo de acabados que tendría finalmente el edificio.

En el caso del edificio con diseño pasivo la carga térmica que se tiene que contrarrestar se va a absorber mediante varios dispositivos diseñados para tal efecto como son:

- El almacenamiento del edificio
- La reducción de la radiación infrarroja en el patio central mediante el vidrio plata.
- La absorción de la radiación infrarroja que logre pasar esta cubierta por plantas trepadoras junto al vidrio del patio central.
- El enfriamiento evaporativo de las fuentes junto al auditorio y en el centro del patio central ayudadas por el paso del viento en esa zona.

De todos estos dispositivos los únicos que gastarían corriente eléctrica serían las dos bombas que accionarían a las fuentes, estas bombas tienen un costo aproximado de \$ 1,000,000.00 cada una, y su consumo eléctrico es el siguiente:

14 Amperes x 220 Volts = 3,080 Watts x 2 = 6,160 Watts
6,160 Watts x 6 Horas/Día = 36,960 Watts/Día x 20 días =
739,200 Watts/mes = 739.2 KW/mes
739.2 x \$ 99.88 = \$ 73,831.30 pesos MN al mes

Con objeto de poder comparar el gasto de energía en los dos sistemas analizados se plantea a continuación su gasto anual considerando una depreciación del equipo a diez años:

Edificio con Aire Acondicionado:

Costo Anual por equipo = \$ 85,638,256.00
Costo Anual por manteni-
miento 5% costo equipo = \$ 42,819,128.00
Costo Anual por energía
eléctrica (M) = \$ 15,947,805.00

TOTAL = \$ 144,405,189.00

Edificio con Diseño Pasivo:

Costo Anual por equipo = \$ 200,000.00
Costo Anual por manteni-
miento 5% costo equipo = \$ 100,000.00
Costo Anual por energía
eléctrica (*) = \$ 295,324.00

TOTAL = \$ 595,324.00

Los resultados de este análisis se discutirán en el siguiente capítulo de la tesis

(*) Se consideran 4 meses de operación de los equipos correspondientes a los de máxima temperatura al año.

NOTAS

¹Robert H. Perry y on Green, Perry's Chemical Engineers' Handbook Sixth Edition, Mc Graw-Hill Book Company NY 1984 (p.25-76).

²Acondicionamiento de Aire. J.F. Gutierrez # 261 z.p. 16 Tel. 527-88-37.

³Op Cit. (Tabla 24-7 p.24-21).

⁴IBIDEM (Tabla 12-7 p. 12-27).

⁵Tomado del recibo de luz del mes de diciembre de 1988 del Laboratorio de Energía Solar.

V. DISCUSION DE LOS RESULTADOS.

De los resultados presentados en el capítulo anterior se puede deducir lo siguiente:

En las gráficas de 1 a 10, se puede observar que para todos los casos, la carga térmica calculada para los edificios tradicionales, es mayor que en los correspondientes edificios pasivos.

Por otra parte, las gráficas 1,4 y 5 correspondientes al edificio "A" muestran que las cargas de refrigeración y calefacción necesarias para lograr la comodidad en el edificio pasivo, son pequeñas y serán absorbidas por el almacenamiento de los materiales del edificio.

En las gráficas 2 y 3 del mismo edificio, se puede observar que sólo se requiere carga de enfriamiento, lo cual, en el edificio pasivo, será absorbido por el enfriamiento evaporativo llevado a cabo por el aire ambiente que entra al edificio recorriendo las fuentes.

Al comparar las gráficas del edificio "A" con las del "B", puede notarse que en el edificio "B" se requiere mayor enfriamiento, sobre todo en el caso del tradicional, esto es debido a que en ambos casos el edificio "B" sombrea durante la tarde al edificio "A".

Para lograr la comodidad en el edificio "B" pasivo, se recurrirá también al almacenamiento de calor de los materiales y al enfriamiento evaporativo de las fuentes.

En las gráficas 11 a 20, puede observarse que la temperatura media entre los edificios "A" y "B" se mantiene menor para los edificios pasivos que para los tradicionales, lo que significa que dentro del edificio, las diversas áreas tendrían una temperatura más uniforme. No así en el caso de

los tradicionales, ya que las áreas donde incide la radiación solar, son mayores que la del lado opuesto. Lo que muestra las ventajas desde el punto de vista de la fisiología del ser humano, pues los cambios bruscos impactan la comodidad del mismo.

En cuanto a costos de operación, puede notarse que mientras en los edificios pasivos se gasta anualmente \$ 595,324.00, para acondicionar los tradicionales, se requiere \$ 144,405,189.00, es decir 240 veces mas en el caso tradicional. Lo que muestra las ventajas económicas que arroja el diseñar racionalmente el edificio para el clima particular donde se ubicará y no como tradicionalmente se hace ignorandolo.

Con estos resultados se considera que se cumplió con el principal objetivo de la tesis de mostrar el significativo ahorro de consumo de energía que se tiene, al desarrollar un proyecto, invirtiendo un poco mas de esfuerzo y trabajo, con un análisis de las estrategias de diseño convenientes de acuerdo al microclima del lugar y a las características de los materiales y la cantidad de accesorios eléctricos y personas que ocuparán el edificio en cuestión.

La ventaja que presenta el haber podido realizar este trabajo simulando en computadora un edificio que se va a construir, es que una vez terminado éste, se pueden verificar los resultados de la simulación en la realidad. Esta verificación, incluso está prevista en un contrato firmado con la Secretaria de Salud a fines del sexenio pasado, y por lo pronto se espera unicamente que la nueva dirigencia de esta Secretaria dé tramite a dicho contrato para que con aparatos de medición se pueda llegar a comprobar con exactitud la respuesta climática de este conjunto de edificios.

VI. GLOSARIO DE TERMINOS.

Absortancia.- Es una propiedad óptica superficial y se refiere al porcentaje de la radiación que absorbe dicha superficie.

Calor Especifico.- Cantidad de calor requerido para elevar un grado la temperatura de una masa dada de cualquier substancia, en relación a la cantidad de calor requerido para elevar un grado la temperatura de una masa equivalente de una substancia prototipo (usualmente el agua a 15 °C).

Conductancia Térmica.- Velocidad de un flujo de calor a través de un cuerpo (frecuentemente por unidad de área) desde una de sus superficies, ligada a otra por una diferencia de temperatura unitaria entre las dos superficies, bajo un régimen permanente.

Conductividad Térmica.-Velocidad de flujo de calor a través de una unidad de área y unidad de espesor de un material homogéneo bajo un régimen permanente. Cuando un gradiente de temperatura unitario se mantiene en dirección perpendicular al área. Un material se considera homogéneo cuando el valor de la conductividad térmica no se ve afectado por la variación de espesor, o en el tamaño de las muestras que se usan comunmente en la construcción.

Convección de Calor.-La convección es un fenómeno combinado de transporte de calor por difusión aumentada por el movimiento de partículas en un fluido.

Convección Natural de Calor.-Se da cuando el movimiento convectivo es debido a las diferencias de temperatura en el fluido.

Densidad.-Relación de la masa de una muestra de material de una sustancia con el volumen de dicha muestra, la masa por la unidad de volumen de la sustancia (peso por unidad de volumen).

Ecuación de Angström. -
$$\frac{H}{H_0} = a + b \frac{n}{N}$$

donde:

H. - Irradiación Global Diaria Promedio Mensual.

H₀. - Irradiación Global Diaria Promedio Mensual Extraterrestre.

a y b. - Coeficientes Particulares.

n. - Horas Reales de Insolación.

N. - Longitud del Día u Horas Teóricas de Insolación.

$$\frac{n}{N} = \text{Heliofania Relativa.}$$

Emitancia.- Es una propiedad óptica superficial y se refiere al porcentaje de calor que emite por radiación un cuerpo comparado con el cuerpo negro que es el radiador ideal.

Heliofania Relativa.- Relación entre las horas de insolación observadas y la duración del día.

Insolación.- Término aplicado específicamente a la radiación de la energía solar.

Irradiación.- Energía Solar incidente en una superficie, por unidad de área, encontrada al integrar la irradiancia en un periodo de tiempo.

Irradiancia.- Energía Solar incidente en una superficie por unidad de área y por unidad de tiempo.

Masa.- La cantidad de materia en un cuerpo.

Materiales Higroscópicos.- Materiales que absorben fácilmente la humedad.

Periodo Transitorio.- Aquel que toma en cuenta una serie de parámetros que varían con el tiempo.

Radiación.- Es la energía electromagnética emitida, transferida o recibida.

Radiación Solar.- término genérico para la energía del sol.

Radiación Solar Difusa.- Radiación Solar cuya dirección original ha sido cambiada por la dispersión de la atmósfera.

Radiación Solar Directa.- Radiación Solar que se recibe del ángulo sólido del disco solar y que no ha sido dispersa por la atmósfera.

Radiación Solar Global.- Suma de la radiación solar directa y difusa.

Regimen Permanente.- Se da cuando las condiciones de determinado fenómeno no cambian con el tiempo.

Superficie Selectiva.- En la energía solar una superficie selectiva que se coloca debajo de un vidrio, es aquella que absorbe toda la radiación solar incidente sobre la placa, y el conjunto placa vidrio no permite el escape por radiación.

Transmitancia.- Es una propiedad óptica y se refiere al porcentaje de radiación que atraviesa un material con respecto a la que incide sobre su superficie.

VII. BIBLIOGRAFIA

- ASHRAE. Handbook Fundamentals, American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning, Engineers Inc Atlanta Ga. 1981.
- BERNAL, D. La Ciencia en la Historia, UNAM México 1959
- CARRIER Fundamentals of Air Conditioning System Design, Air Conditioning Company, N.Y. 1965.
- CONCHEIRO, Antonio Alonso y Luis Rodriguez Viqueira. Alternativas Energéticas, CONACYT. México 1982.
- CURSO de Actualización en Energía Solar, Unidad Académica de los Ciclos Profesional y de Posgrado del CCH-IIM-UNAM 1983 y 1987.
- DAVID, K. Mc. Daniels The Sun, Our Future Energy Source, John Wiley and Sons Inc. N Y 1970.
- DICCIONARIO Enciclopédico Salvat, Barcelona España 1967.
- DONALD, Kern, Process Heat Transfer, Mc Graw-Hill Book Company Inc. N Y 1950.
- GALVAN, Rodriguez Antonio y Jaime Velazquez Alvarez, "Comparación de Modelos que Estiman la Radiación Solar y Procesador de Radiación", Universidad Nacional Autónoma de Chapingo, Departamento de Irrigación, Chapingo, México 1988.
- GORDON, Childe, Los Origenes de la Civilización, F.C.E., México 1967.
- HARRIS, Norman C. and David F. Conde., Modern Air Conditionig Practice, Second Edition, Mc Graw-Hill Book Company.
- KENDRIK, Frazier. Our Turbulent Sun, Prentice-Hall. Inc Englewood Cliffs N.J. 07632, 1982.
- KURT, Gleck, Manual de Fórmulas Técnicas, Representaciones y Servicios de Ingeniería S.A. México 1981.
- REGLAMENTO de Construcciones para el D.F., Ediciones Andrade, México 1975.