



03045
2
rey

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

**ESTRATEGIAS PASIVAS Y ACTIVAS PARA EL APROVECHAMIENTO DE LA
RADIACION SOLAR, APLICADAS AL DISEÑO DE UNA CASA
HABITACION - ESTUDIO EN EL AJUSCO D.F.**

Tesina que presenta Laura Murguía Sánchez para obtener el diploma de:

ESPECIALISTA EN RELICDISEÑO

1995



Posgrado en Energía Solar
de la
Unidad Académica de los Ciclos
Profesional y de Posgrado del
Colegio de Ciencias y Humanidades

División de Estudios de posgrado de la
Facultad de Arquitectura, UNAM.



FALLA DE ORIGEN



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 CON FALLA DE ORIGEN

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

TESIS SIN PAGINACION

COMPLETA LA INFORMACION

INDICE

	pág.
INTRODUCCION	
I. Descripción del proyecto.....	1
II. Localización.....	1
III. Climatología general.....	2
IV. Proyecto Arquitectónico.....	7
V. Gráficas solares.....	10
VI. Análisis solar exterior del terreno.....	12
VII. Análisis solar interior.....	15
VIII. Mascarilla de sombras.....	18
IX. Análisis térmico inicial.....	21
X. Análisis térmico corregido.....	27
XI. Análisis de ventilación natural.....	29
XII. Propuesta de color en acabados.....	31
XIII. Análisis de iluminación natural.....	33
XIV. Estrategias pasivas para el aprovechamiento de la energía solar.....	35
XV. Proyecto arquitectónico final.....	37
XVI. Estrategia activa para el aprovechamiento de la energía solar.....	39
A. Estimación de la radiación solar.....	39
B. Angulo de incidencia sobre una superficie inclinada	54
C. Análisis optico de un colector solar plano	56
D. Coeficientes de transferencia de calor.....	63
E. Análisis térmico de un colector solar plano.....	63
F. Factores de diseño.....	68
G. Determinación de calor útil y eficiencia.....	70
H. Tabla de resultados.....	74
I. Equipo recomendado y presupuesto.....	76
J. Especificaciones y diagrama de instalación.....	78
XVII. Bibliografía general.....	80

INTRODUCCION

El desconocimiento por parte del arquitecto y del urbanista de la naturaleza del ser humano, de las condiciones del medio ambiente y de tecnologías alternativas, lleva constantemente al diseño de espacios completamente inadecuados que, entre otras cosas causan graves trastornos a la salud y un acelerado deterioro a los sistemas ecológicos.

El diseño bioclimático es aquel que se fundamenta en la adaptación del ser humano al medio ambiente físico que lo rodea, aquel que se da a través del uso de la vegetación y de las propiedades del agua; a través del aprovechamiento del clima y de la topografía de un lugar y por medio de la utilización de la física de la luz, de la térmica y de la acústica aplicadas a las formas y demás características de los espacios arquitectónicos.

Utilizando también la orientación y distribución de dichos espacios, así como las propiedades y características de los materiales y sistemas constructivos, todas las demás aplicaciones posibles de adecuación en la arquitectura y el urbanismo, haciendo uso de las instalaciones solo como último recurso para resolver los problemas ambientales en función de la naturaleza humana.

La adecuación de los espacios arquitectónicos y de los espacios urbanos o asentamientos humanos comienza desde la selección del terreno o localidad, analizando, entre otros, los factores de clima, topografía, flora y fauna, y existencia de cuerpos de agua. Es ahí donde empieza la adecuación de la arquitectura y del urbanismo al ser humano y al ecosistema del que forma parte y es ahí donde se inicia el Diseño bioclimático.

El presente trabajo intenta, mediante un caso práctico, ayudar en la difusión de esta técnica de diseño, además de evaluar en forma complementaria el recurso solar en la región donde se ubica el proyecto, así como las estrategias, pasivas y activas, propuestas para la integración del mismo a las necesidades de sus usuarios y del ambiente que los rodea.

FALLA DE ORIGEN



I DESCRIPCION DEL PROYECTO

II LOCALIZACION

III CLIMATOLOGIA GENERAL

IV PROYECTO ARQUITECTONICO



FALLA DE ORIGEN

I. DESCRIPCION DEL PROYECTO

Se trata de una vivienda unifamiliar para un matrimonio (cuya profesión es la pintura) y dos hijos adolescentes.

El sistema constructivo utilizado en la casa es a base de muros exteriores de carga de repetate en bloques (muros mixtos), muros interiores de carga y divisorios de tabique rojo macizo, y losas de concreto armado.

El horario de utilización de la vivienda se considera de 24 horas, pues además de las actividades propias en una casa, se usará como lugar de trabajo de los propietarios, por lo cual en el partido arquitectónico se dispondrá de dos estadios, así como de un invernadero con jardín formando parte de la construcción y bastante área disponible en el terreno, con el fin de emplazar en cualquiera de estos lugares una zona de trabajo agradable.

Los requerimientos de iluminación natural y térmicos revisten un interés especial; los primeros, debido a las necesidades de trabajo de los propietarios, y, los segundos, porque deben ir acordes a las características climáticas de la zona.

La casa tiene en total 460 m^2 de construcción, distribuidas de la siguiente manera:

- Planta baja 276 m^2 : Cochera, sala, comedor, cocina, desayunador, biblioteca, recámara principal, baño, vestidor, invernadero y jardín; los dos últimos medio nivel más bajo que la planta baja.
- Planta alta 184 m^2 : Dos recámaras, dos estadios, dos baños, y el cuarto de máquinas; en cuyo interior se encuentran el cuarto de servicio con baño, lavandería, tanque de almacenamiento de agua, calentadores y el equipo requerido para la estrategia activa de diseño).

II. LOCALIZACION

La casa se encuentra ubicada en las orillas del pueblo de Santo Tomás Ajusco, Distrito Federal, situado a $19^{\circ} 13'$ latitud Norte y a $99^{\circ} 12'$ longitud Oeste, le corresponde la zona horaria de 99° Meridiano de Greenwich y se encuentra a $2,840 \text{ msnm}$ (metros sobre el nivel del mar).

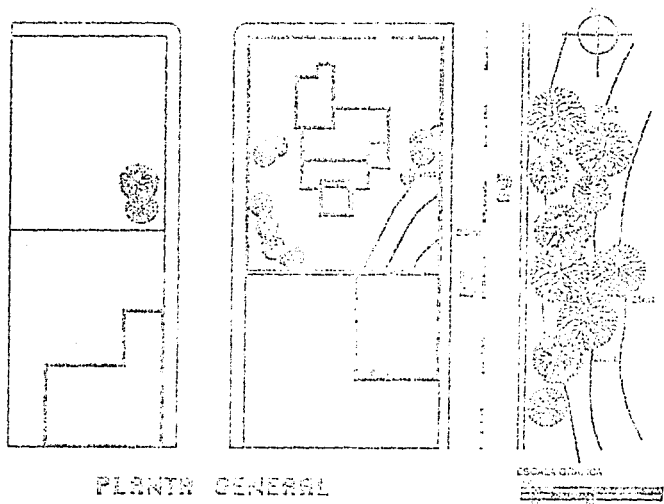
El terreno ocupa una superficie de $1,575 \text{ m}^2$, con orientación Norte-Sur; hacia el Sur mide 85 m y colinda con una vivienda del lado Norte (acceso al terreno) tiene 85 m y da hacia una vivienda local; hacia el Oeste colinda con una vivienda local y mide 45 m , al igual que el Este, cuya fachada colinda con la Carretera Panamericana al Ajusco.

La topografía del predio es regular, a excepción de una pendiente de 10% aproximadamente, en la parte posterior y occidental del lote, y que se debe a su localización en la parte baja del cerro del Ajusco.

FALLA DE ORIGEN

Cabe mencionar un desnivel que se encuentra al exterior del terreno y que probablemente afecte el soleamiento de éste. Me refiero a la pendiente (de 25% aproximadamente), que se desarrolla al extremo opuesto de la carretera, ya que los árboles que se encuentran en esta zona - en su mayoría pinos y encinos (especies perennifolias) - miden entre 18 y 24 m de altura, y entre 8 y 12 m de diámetro en la parte baja de la copa, en promedio.

Al interior del terreno se tienen 12 árboles, cuatro de los cuales (frenos), están ubicados en el extremo suroeste; se trata de una especie caducifolia, que pierde su follaje en otoño e invierno, miden 5 m de altura y 3 de diámetro. Los ocho restantes (tres encinos ubicados en el Este, cuatro madroños hacia el Oeste y hacia el Norte y una araucaria hacia el Sur), son especies perennifolias, que sólo disminuyen su follaje un poco durante el otoño y que miden 5 m de altura y 3 de diámetro, a excepción de la araucaria que mide aproximadamente 2.5 m de altura y 1.8 de diámetro.



PLANTA GENERAL

III. CLIMATOLOGIA GENERAL

La Serranía del Ajusco representa la parte más alta hacia el Suroeste de la Ciudad de México, con una línea templado extremosa, la zona se compone de bosque de encino - pino; durante todo el año las temperaturas se mantienen entre los 6 y los 18^oC, en promedio, aunque en época fría descienden considerablemente, siempre por debajo de lo que denominamos rango de confort (es decir, las temperaturas entre 22 y 28^oC).

FALLA DE ORIGEN

La humedad relativa es de 65% en promedio gran parte del año, y aumenta a 85% durante la época de lluvia. La precipitación pluvial máxima es de 251.5 mm promedio mensual, en verano.

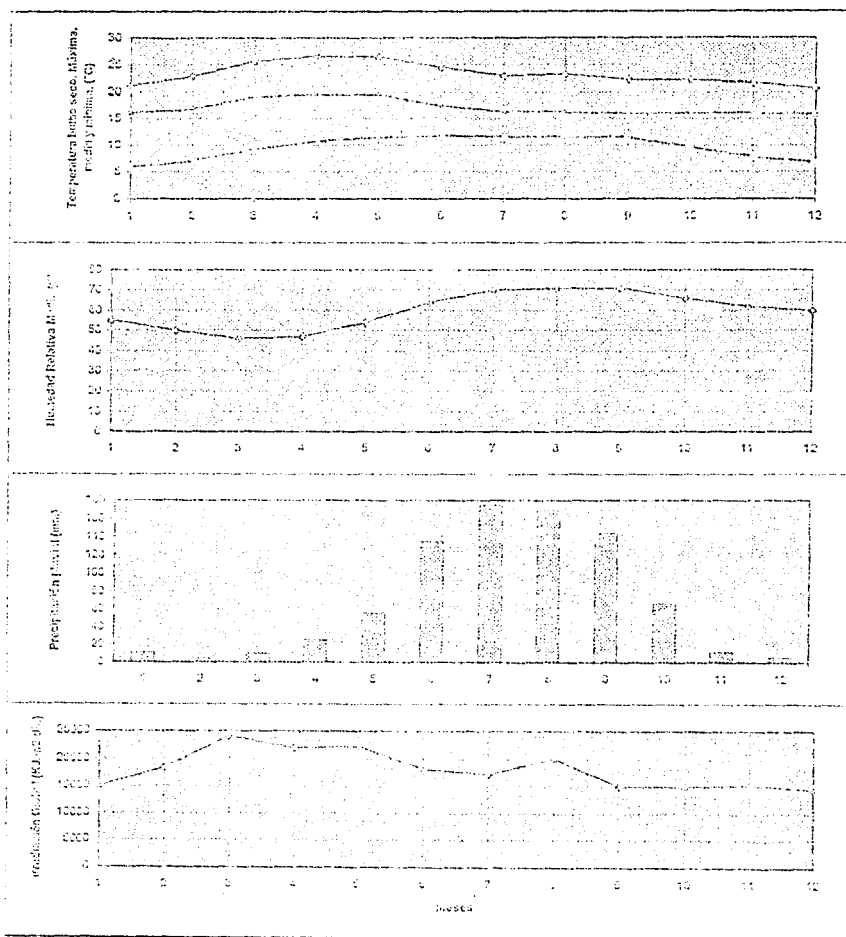
Los meses con mayor nubosidad son entre mayo y septiembre, y la dirección de los vientos predominantes es Noreste-Este, con una velocidad promedio de entre 2 y 4 m/s durante el día, y de 5 a 6 m/s por la noche.

En época fría, la temperatura media mensual es de 9°C, la humedad relativa disminuye, al igual que la precipitación pluvial, sin embargo aumenta la velocidad del viento y el número de días nublados, aproximadamente en un 50%. De esta época se eligió como día de ensayo el día 5 de diciembre, por ser el mes en el que se presentan las temperaturas más bajas, y que por lo tanto implica un problema a resolver en el proyecto.

Debido a las características climáticas de la zona, no podemos hablar de una época calurosa, sino más bien templada, pues aún en los meses normalmente más calurosos, la temperatura aquí permanece menor a los 22°C. En esta época aumentan los índices de precipitación pluvial, y, por lo tanto, los de humedad relativa; también se incrementa el número de días nublados y la intensidad de la radiación solar. El día que se eligió como representativo de esta época es el 16 de mayo, ya que es el mes que presenta las temperaturas más altas.

FALLA DE ORIGEN

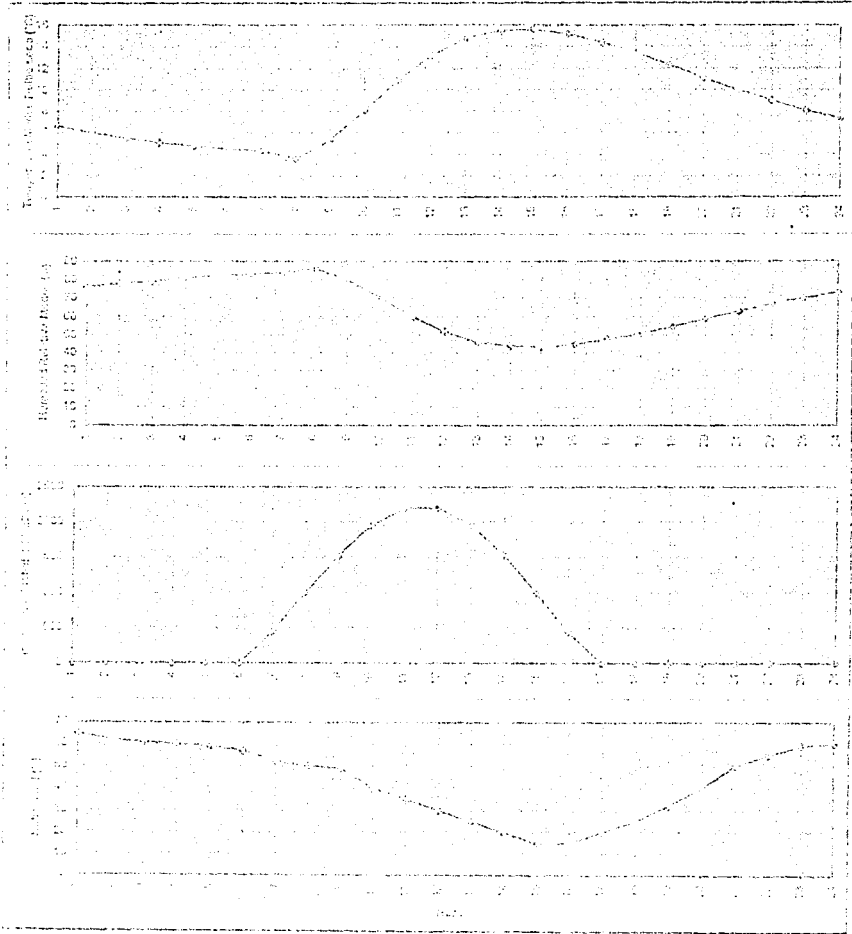
DATOS CLIMATICOS



Los datos de Temperatura, Humedad Relativa y Nubosidad, obtenidos de las Formulas Climatológicas para la Ciudad de México, en el Observatorio de Tacubaya.
 Datos de Irradiación tomados de los mapas de irradiación del Instituto de Estudios UAM.

FALLA DE ORIGEN

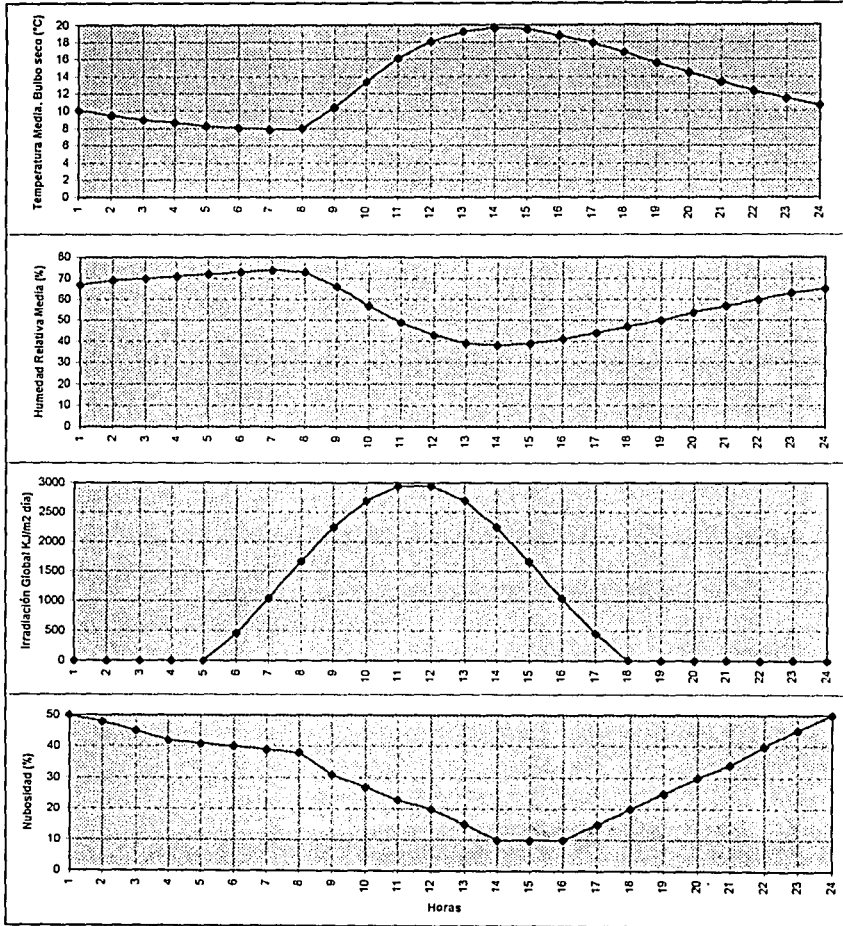
DATOS CLIMATICOS
EPOCA FRIA
5 DE DICIEMBRE *



Los datos de Temperatura, Humedad Relativa y Precipitación son de las Normas de Observación, para la Ciudad de Madrid, en el Observatorio de la Estación. Los datos de Humedad Relativa tomados de los Mapas de Circulación del medio de la Estación de Madrid. Los datos de velocidad del viento son de los datos de la Estación de Madrid.

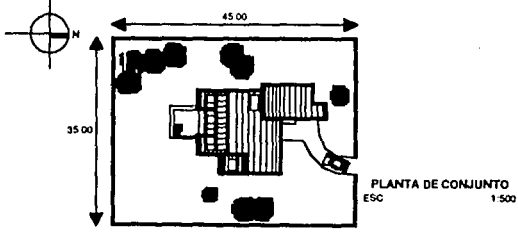
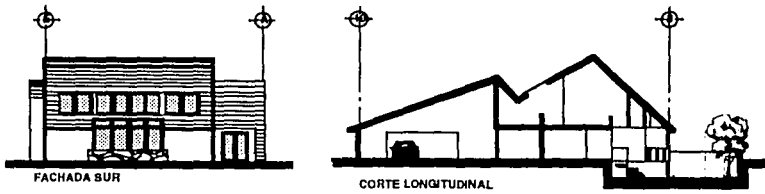
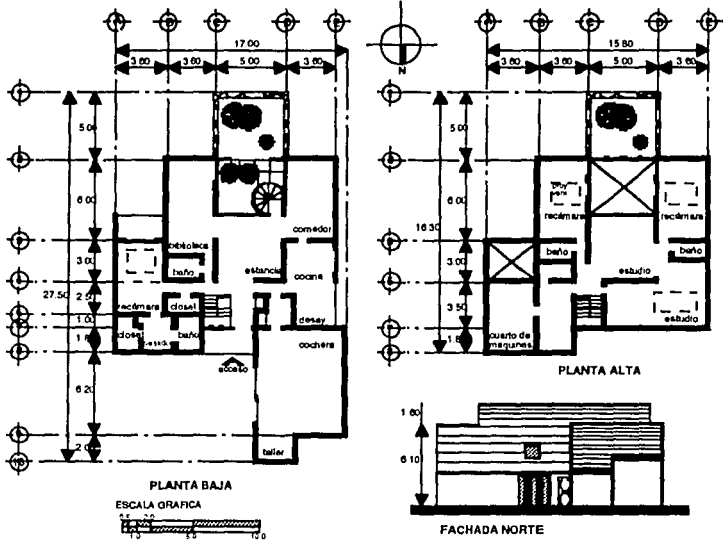
FALLA DE ORIGEN

EPOCA CALUROSA 16 DE MAYO *



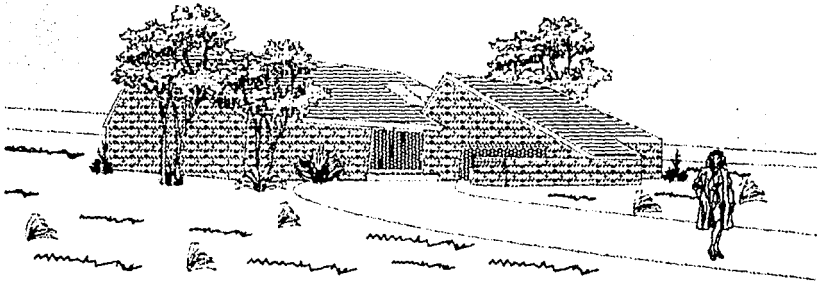
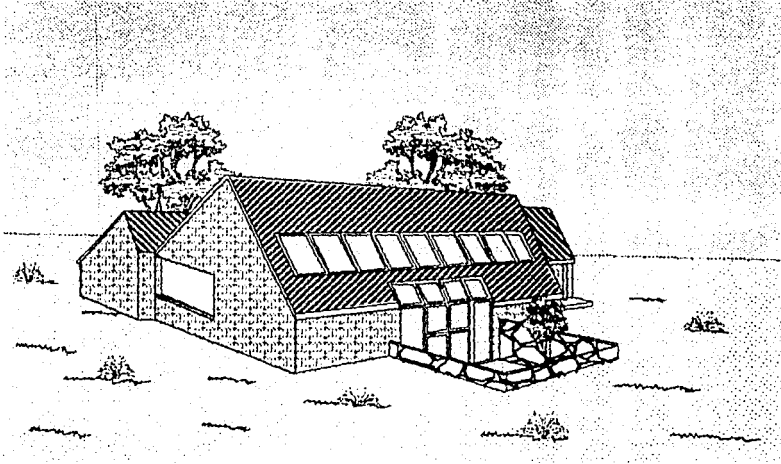
* Datos de Temperatura, Humedad Relativa y Nubosidad, obtenidos de las Normas Climatológicas, para la Ciudad de México, en el Observatorio de Tacubaya. Datos de Irradiación tomadas de los Mapas de Irradiación del Instituto de Geofísica UNAM modificados aritméticamente para obtener datos horarios.

IV. PROYECTO ARQUITECTONICO.



FALLA DE ORIGEN

APUNTES PERSPECTIVOS



BENEFICIOS DEL DISEÑO

CLIMA

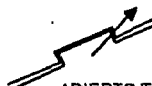
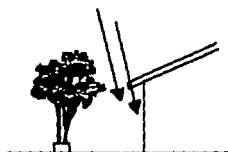
PROTECCION NAT. EXT.

TRAGALUCES

ALERO

SEMIFRIO

AJUSCO
TOLUCA
TLAXCALA



ABIERTO TODO
EL AÑO CON
INVERNADERO

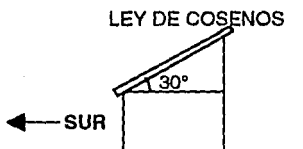
MINIMOS
INEXISTENTES

CONFIGURACION

TIPO DE TECHUMBRE

ALTURA TECHOS

COMPACTA

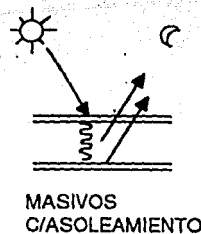
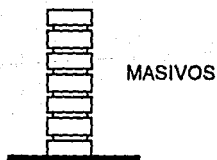
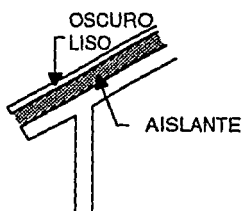


2.30 Mt.

TECHUMBRE AISLANTE

MUROS

PISOS



V GRAFICAS SOLARES

VI ANALISIS SOLAR EXTERIOR DEL TERRENO

VII ANALISIS SOLAR INTERIOR

VIII MASCARILLA DE SOMBRAS



V. GRAFICAS SOLARES

Las gráficas solares son representaciones esquemáticas de la trayectoria aparente del Sol, auxiliares en el análisis de la incidencia de la radiación solar y su aprovechamiento; la representación varía de acuerdo a la latitud que queramos representar.

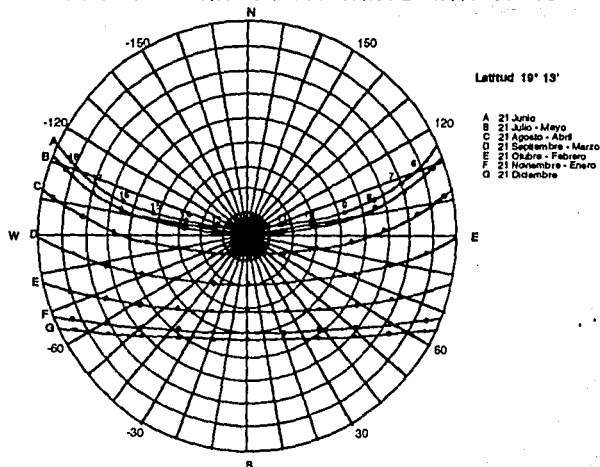
Las coordenadas polares (altitud y azimut), en las cuales se basan los trazos de las gráficas, se modifican dependiendo de la hora, día, y mes del año, debido a que la trayectoria del Sol cambia conforme a los movimientos rotatorio y traslatorio de la Tierra.

A continuación se da una breve explicación de cada una, y la forma en que funciona como auxiliar en la definición de estrategias pasivas dentro de un proyecto:

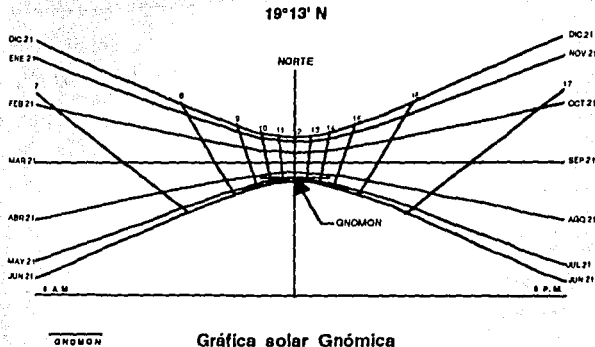
- **GRAFICA SOLAR EQUIDISTANTE.** Es la representación de la trayectoria aparente del Sol sobre un plano visto en planta, a diferentes horas del día (generalmente entre las 6 y las 18 horas, aproximadamente.), cada hora representada por un punto.

Esta presentación puede ser utilizada para observar las sombras proyectadas por una edificación, o bien la iluminación que tendrán algunos de los elementos de ésta (por ejemplo ventanas); sin embargo, para los fines que persigue la tesina, son mucho más útiles y esquemáticos los otros dos tipos de gráfica, por lo que se incluyen sólo tres ejemplos de gráfica solar equidistante: de los días 21 de cada mes y una por cada día de diseño elegido.

GRAFICA SOLAR EQUIDISTANTE LAT. 19° 13'

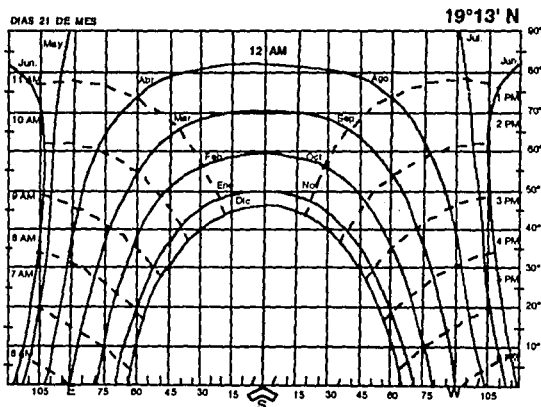


- **GRAFICA SOLAR GNOMICA.** En esta grafica se representa la sombra que proyectaría la punta de un pilar (gnomon) sobre un plano horizontal a lo largo del día, en días específicos de cada mes. El *Heliódón horizontal*, tiene la ventaja de ayudar a que la simulación de la proyección de sombras de un día determinado en el año, sea lo más cercano a la realidad, pues la trayectoria del Sol es la auténtica y el modelo a escala (maqueta) del proyecto, también.



Gráfica solar Gnomónica

- **GRAFICA SOLAR CILINDRICA.** Como en los casos anteriores, esta gráfica también es de gran ayuda, justo por la forma en la que se representa,- como una sección de cilindro de 220°, con el centro del arco orientado hacia el Sur, y la trayectoria aparente del Sol como una línea imaginaria vista desde el horizonte del observador -. En este trabajo, la utilizamos para realizar el análisis solar interior del terreno y para elaborar la mascarilla de sombras, cuya explicación detallaremos en los capítulos correspondientes.



Gráfica solar cilíndrica

FALLA DE ORIGEN

VI. ANALISIS SOLAR EXTERIOR DEL TERRENO

En este capítulo se determinará la ubicación óptima de la construcción dentro del terreno, mediante la proyección de sombras de las edificaciones circundantes, así como de árboles u obstáculos próximos al mismo, con el objetivo de que pueda aprovecharse al máximo el soleamiento diario, todas las épocas del año, en beneficio de las estrategias de diseño, tanto pasivas, como activas.

La fórmula utilizada para proyectar las sombras es la siguiente:

$$\text{Longitud de sombra} = \frac{H}{\text{Tan } \theta}$$

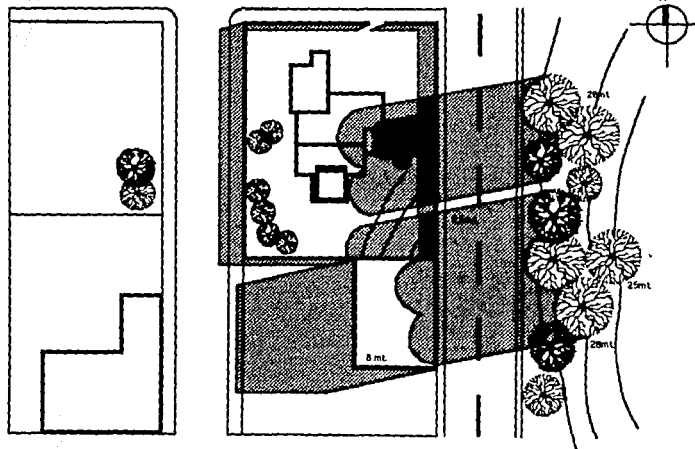
Donde:

H - Altura de construcción, o árbol

Tan θ - Tangente del ángulo (altitud solar en fecha y hora específicas)

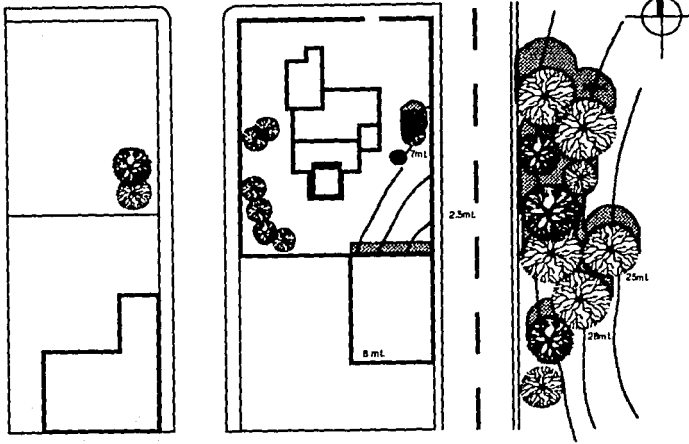
Los días y horas elegidos para realizar dicho análisis son: 16 de mayo y 5 de diciembre a las 8:00, 13:00 y 15:00 horas.

Análisis solar exterior 16 mayo 8:00 hr.

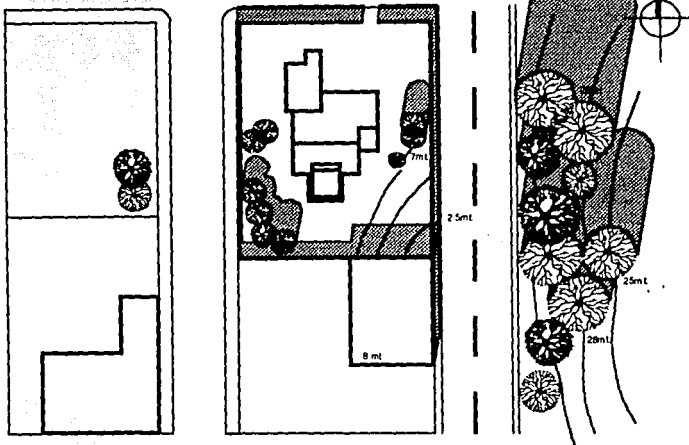


FALLA DE ORIGEN

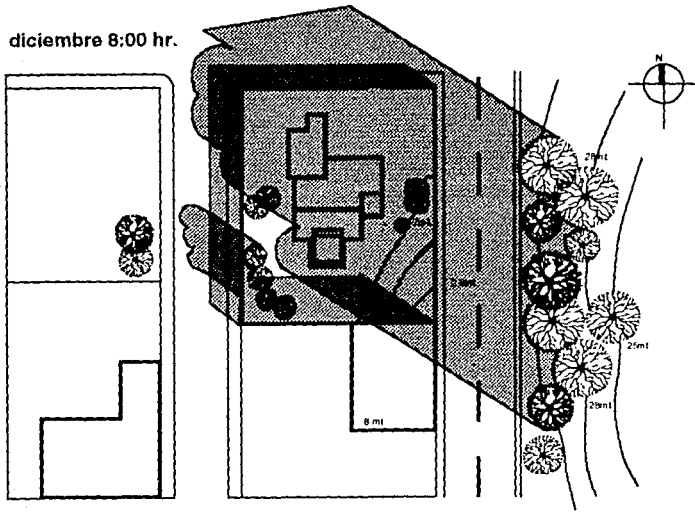
16 mayo 13:00 hr.



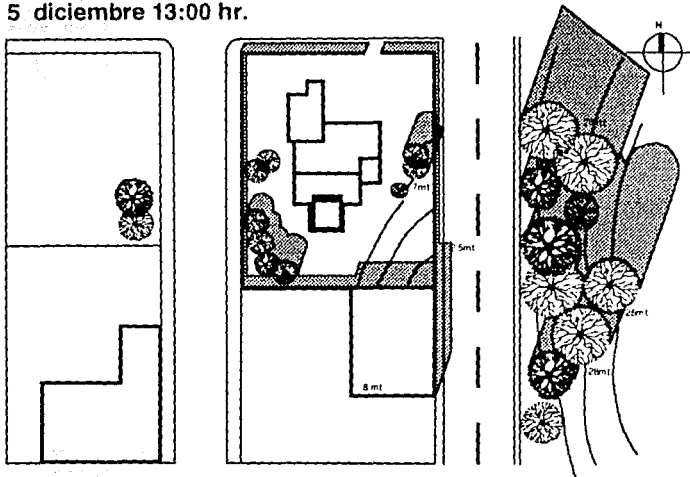
16 mayo 15:00 hr.



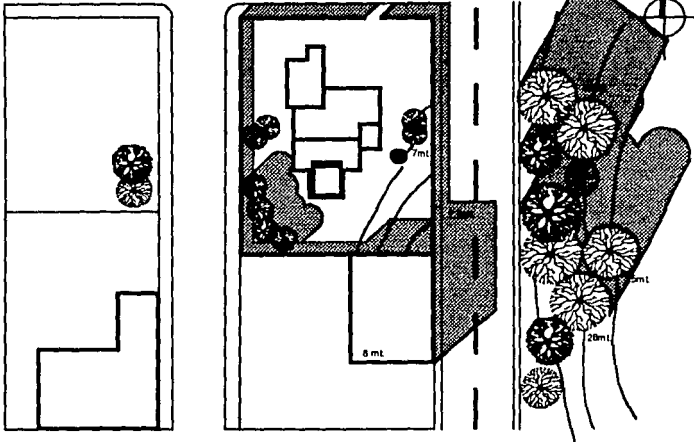
5 diciembre 8:00 hr.



5 diciembre 13:00 hr.



5 diciembre 15:00 hr.



CONCLUSIONES: De acuerdo con el análisis gráfico presentado anteriormente, concluyo que la casa se encuentra bien ubicada dentro del terreno, ya que de las sombras que se proyectarán sobre éste, y que provienen principalmente del bosque aledaño, obstaculizarían el soleamiento pocas horas durante la mañana, sólo en época fría - cuando la declinación solar es más baja -, lo cual se puede corregir, al tomarse en cuenta en el balance térmico de energía (capítulo IX).

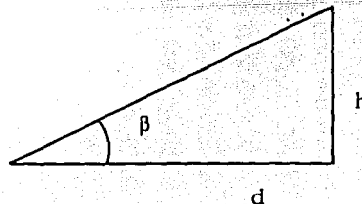
VII. ANALISIS SOLAR INTERIOR

El objetivo en este capítulo es determinar, mediante la relación de distancia y altura de las construcciones y vegetación cercanos, si se recibirá soleamiento en un punto específico de la casa, en las diferentes épocas del año.

Para ello elegimos dos puntos de vista diferentes dentro de la construcción, orientados hacia el Sur, utilizando la siguiente fórmula para conocer la altura de los obstáculos en grados (°), y así poder representar los resultados en la gráfica solar cilíndrica, a fin de facilitar el análisis:

$$\tan \beta = \frac{h}{d}$$

$$\alpha \tan \beta = \text{ángulo (} ^{\circ} \text{)}$$



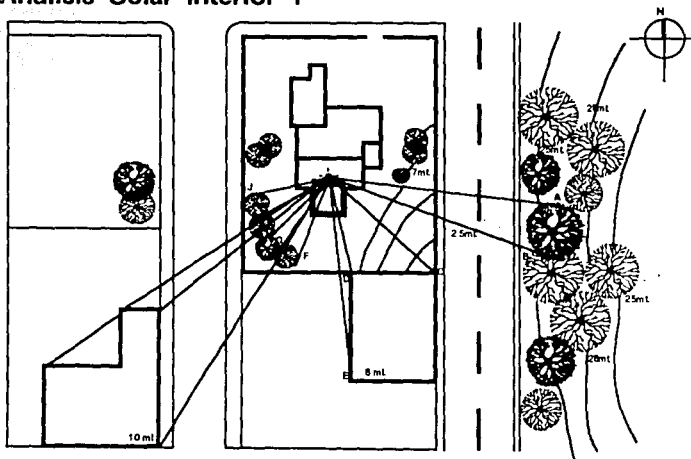
- Punto 1 del observador:

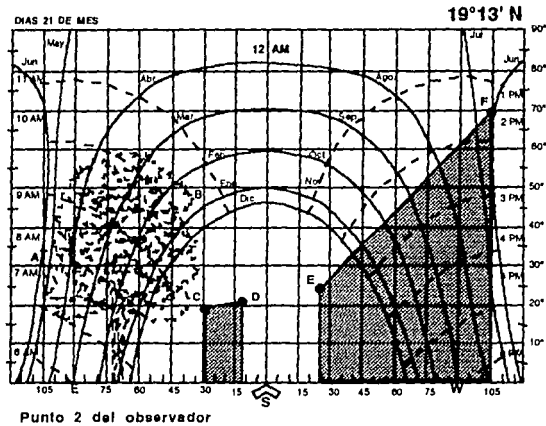
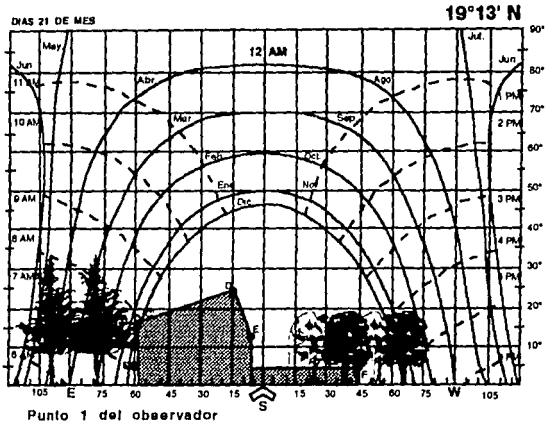
PUNTO	DISTANCIA (M)	ALTURA (M)	ANGULO (°)
A	40	25	32
B	42	25	31
C	25	2.5	5.7
C'	25	8	17.7
D	17.5	8	24.6
E	37	8	12.2
E'	17.5	2.5	8.1
F	15	5	18.4
F'	25	2.5	5.7
G	16	5	17.3
H	16	5	17.3
I	15	5	18.4

- Punto 2 del observador:

PUNTO	DISTANCIA (M)	ALTURA (M)	ANGULO (°)
A	5	7	54.5
B	5	7	54.5
C	23	8	19.2
D	20	8	21.8
E	5	2.7	24.6
F	2.5	7.6	71

Análisis Solar Interior 1





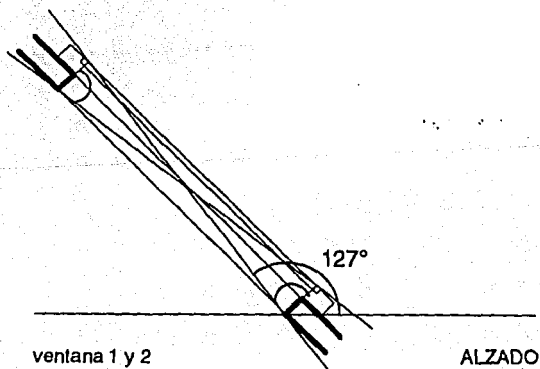
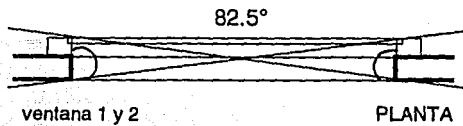
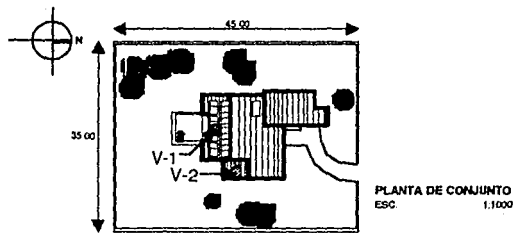
CONCLUSIONES: Encontramos que en el punto 1, el soleamiento se verá obstaculizado por el bosque en todos los meses entre las 6: y las 8:30 hrs. por la mañana, lo cual no representa un problema serio, pues se puede utilizar la inercia térmica de los muros masivos para que se conserve el calor hasta esas horas, independientemente de que la estancia no se utiliza en ese lapso.

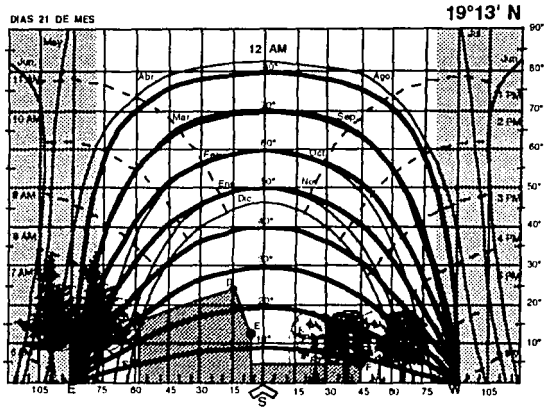
En el punto 2, el soleamiento se verá interrumpido por un árbol y parte de la misma construcción; el primero aproximadamente de las 7:30 a las 10:00 hrs., la mitad del año, pero se descarta, ya que es una especie caducifolia - descrita en el capítulo II -, que permitirá la entrada de los rayos del Sol en la época fría; el segundo obstáculo, que bloquea el soleamiento de las 14:00 hrs. en adelante, tampoco se toma en cuenta, ya que en esas horas no es tan importante la captación de energía solar en esa zona (recámara principal).

VIII. MASCARILLA DE SOMBRAS.

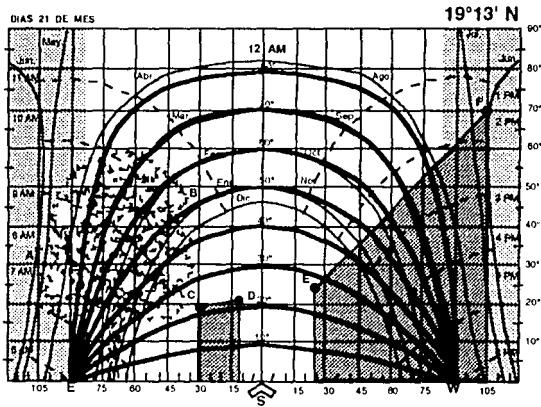
La mascarilla de sombras es una gráfica que representa la forma y orientación de una ventana, y que al sobreponerse a una gráfica solar cilíndrica de la latitud que se esté trabajando, nos muestra la entrada de la radiación solar que penetra por la misma a lo largo del día, y en las diferentes épocas del año.

Dependiendo de los requerimientos visuales y térmicos (descritos en el capítulo I) del espacio que contenga la ventana, podremos determinar por el análisis de la gráfica si ésta se encuentra bien diseñada y orientada, o de lo contrario, necesita un cambio de características.





Ventana 1



Ventana 2

CONCLUSIONES: En el análisis de la ventana 1 encontramos que su geometría y orientación cumplen con los requerimientos de iluminación natural del espacio, que en este caso es un estudio de pintor, ya que permite la entrada de luz a lo largo del día, y durante todo el año.

En cuanto a los requerimientos térmicos, la mascarilla nos muestra que por la ventana se tendrá el acceso de la radiación solar durante el día, sin obstáculos, lo que permitirá que los pisos masivos propuestos capturen la mayor cantidad de energía posible; y durante la noche deberá proponerse alguna estrategia para que el calor almacenado no se pierda por la misma.

En la ventana 2, que tiene las mismas características que la anterior, el soleamiento se verá interrumpido por un árbol y parte de la misma construcción; no así la iluminación, que se dará durante todo el día. Sin embargo la radiación solar tendrá acceso entre las 10:00 y las 14:00 horas aproximadamente, período que se considera suficiente para la captación de energía por muros, techo y pisos del espacio (recámara principal).



IX ANALISIS TERMICO INICIAL

X ANALISIS TERMICO CORREGIDO

XI ANALISIS DE VENTILACION NATURAL

XII PROPUESTA EN ACABADOS

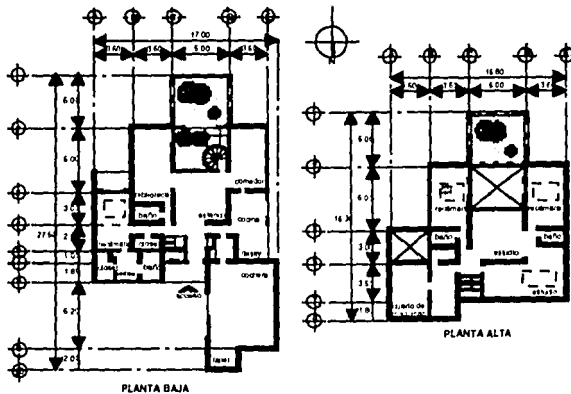


IX. ANALISIS TERMICO INICIAL

En este capítulo se utilizará un cálculo de comportamiento térmico, que consiste en realizar un balance de energía instantáneo a intervalos de tiempo determinados (cálculo Permanente), de dos zonas bien definidas del edificio. Esto, en los días de diseño propuestos, y con el objeto de determinar si las condiciones ambientales interiores actuales coinciden con los rangos de confort.

Zona 1: PLANTA BAJA.

Zona 2: PLANTA ALTA.



CALCULO DE DIFERENCIAL TERMICO.

EPOCA FRIA
5 DE DICIEMBRE

HORA	TEMPERATURA EXTERIOR (°C)	TEMPERATURA INTERIOR (°C)	DIFERENCIAL TERMICO (Δ) (t.)
2:4:00	7.3	22	- 14.7
2:00	6.0	22	- 16.0
4:00	5.1	22	-16.9
6:00	4.5	22	-17.5
8:00	3.6	22	-18.4
10:00	8.4	22	-13.6
12:00	13.2	22	-8.8
14:00	15.5	22	-6.5
16:00	15.2	22	-6.8
18:00	13.4	22	-8.6
20:00	11.1	22	-10.9
22:00	9.0	22	-13.0

EPOCA CALUROSA
16 DE MAYO

HORA	TEMPERATURA EXTERIOR (°C)	TEMPERATURA INTERIOR (°C)	DIFERENCIAL TERMICO (Δ) (K)
24:00	10.7	22	-11.3
2:00	9.5	22	-12.5
4:00	8.7	22	-13.3
6:00	8.1	22	-13.9
8:00	8.0	22	-14.0
10:00	13.4	22	-8.6
12:00	18.1	22	-3.9
14:00	19.7	22	-2.3
16:00	18.8	22	-3.2
18:00	16.8	22	-5.2
20:00	14.5	22	-7.5
22:00	12.4	22	-9.6

ZONA 1

PERDIDAS DE CALOR POR CONDUCCION.

ELEMENTO	COEFICIENTE GLOBAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR (U) (W/m ²)	AREA (m ²)	U x A (W/K)
Ventana sur	2.49	24.0	59.8
Ventana oeste	2.49	12.0	29.9
Muro sur	1.01	18.2	18.4
Muro este	1.01	37.0	37.4
Muro oeste	1.01	18.2	18.4
Pérdida			
Perimetral	1.65	75.0	123.7
	Total 287.5 W = 0.29 KW/K		

PERDIDAS DE CALOR POR CONVECCION.

Volúmen de aire de la zona analizada
 Número de cambios de aire por hora
 Ventilación necesaria
 Pérdidas de calor por ventilación

$V_a = 276 \times 2.4 = 662.4 \text{ m}^3$
 $N = 1$
 $V_e = 0.199 \text{ m}^3/\text{s}$
 $Q_v = 1300 \times 0.199$

$Q_v = 0.25 \text{ KW/K}$

GANANCIAS INTERNAS DE CALOR.

Personas (100 W/persona)
 Iluminación (10 W/m²)
 Aparatos eléctricos (5 W/m²)

4 (100 W) = 0.4 KW
 276 (10 W) = 2.76 KW
 276 (5 W) = 1.38 KW

Total 4.54 KW

BALANCE DE ENERGIA, CONDICIONES ACTUALES EPOCA FRIA

HORAS	24	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
CONDUCCION	-4.3	-4.6	-4.9	-5.1	-5.3	-3.9	-2.	-1.9	-2	-2.5	-3.2	-3.8
CONVECCION	-3.7	-4.0	-4.2	-4.4	-4.6	-3.4	-2	-1.6	-1	-2.2	-2.7	-3.3
GANANCIAS INTERNAS	0.2	0.2	0.2	1.4	1.4	0.2	0.2	0.4	0.4	0.4	4.54	4.54
SUMA (KW)	-7.6	-8.2	-8.9	-8.1	-8.5	-7.1	-4	-3.1	-3	-4.3	-1.4	-2.6
PERDIDAS DE CALOR (KW / HR)	-5.2	-15	-16	-18	-16	-17	-14	-9.0	-6	-6.6	-8.6	-2.8
PERDIDAS ACUMULADAS (MJ)	-1.4	-5.6	-10	-15	-19	-24	-28	-30	-32	-34	-36	36

EPOCA CALUROSA

HORAS	24	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
CONDUCCION	-3.3	-3.6	-3.8	-4.0	-4.1	-2.5	-1	-0.7	-1	-1.5	-2.2	-2.8
CONVECCION	-2.8	-3.1	-3.3	-3.5	-3.5	-2.2	-1	-0.6	-1	-1.3	-1.9	-2.4
GANANCIAS INTERNAS	0.2	0.2	0.2	1.4	1.4	0.2	0.2	0.4	0.4	0.4	4.5	4.5
SUMA (KW)	-8.2	-6.5	-6.9	-6.1	-6.2	-4.5	-1	-0.9	-1	-2.4	-0.4	-6.6
PERDIDAS DE CALOR (KW / HR)	-1.3	-1.6	-1.3	-1.4	-1.2	-1.2	-9	-3.8	-1	-2.6	-4.8	-0.8
PERDIDAS ACUMULADAS (MJ)	-0.1	-1.4	-2.4	-3.5	-4.5	-5.5	-6	-6.5	-6	-6.8	-7.2	-7
												MJ

ZONA 2

PERDIDAS DE CALOR POR CONDUCCION.

ELEMENTO	COEFICIENTE GLOBAL DE TRANFERENCIA DE CALOR (U) (W/m ²)	AREA (m ²)	U x A (W/K)
Ventana sur	2.49	20	49.8
Ventana este	2.49	1.8	4.5
Ventana oeste	2.49	16.0	39.8
INVERNADERO	2.49	30.6	76.2
Muro norte	1.01	36.6	37.0
Muro este	1.01	35.6	36.0
Muro oeste	1.01	35.6	36.0
Cubierta	1.13	204	230.5
	Total 509.7 = 0.51 KW/K		

PERDIDAS DE CALOR POR CONVECCION.

Volúmen de aire de la zona analizada
 Número de cambios de aire por hora
 Ventilación necesaria
 Pérdidas de calor por ventilación

$V_a = 478.4 \text{ m}^3$
 $N = 1$
 $V_e = 0.199 \text{ m}^3/\text{s}$
 $Q_v = 1300 \times 0.199$
 $Q_v = 0.17 \text{ KW/K}$

GANANCIAS INTERNAS DE CALOR.

Personas (100 W/persona)
 Iluminación (10 W/m²)
 Aparatos eléctricos (5 W/ m²)

4 (100 W) = 0.4 KW
 184 (10 W) = 1.84 KW
 184 (5 W) = 0.92 KW

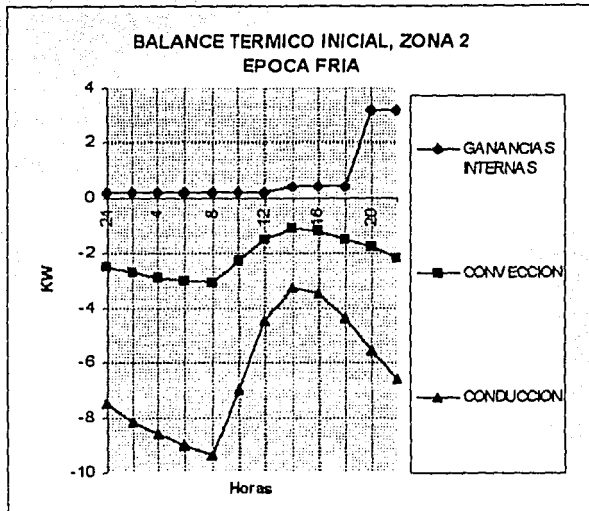
Total 3.16 KW

BALANCE DE ENERGIA, CONDICIONES ACTUA LES
 EPOCA FRIA

HORAS	24	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
CONDUCCION	-7.5	-8.2	-8.6	-9.0	-9.4	-7.0	-4.5	-3.3	-3.5	-4.4	-5.6	-6.6
CONVECCION	-2.5	-2.7	-2.9	-3.0	-3.1	-2.3	-1.5	-1.1	-1.2	-1.5	-1.8	-2.2
GANANCIAS INTERNAS	0.2	0.2	0.2	0.2		0.2	0.2	0.4	0.4	0.4	3.16	3.16
SUMA (KW)	-9.8	-11	-11	-12	-12	-9.1	-5.8	-4.0	-4.3	-5.4	-4.3	-5.6
PERDIDAS DE CALOR (KW / HR)	-11	-19	-22	-22	-24	-24	-18	-12	-8.0	-8.6	-11	-8.6
PERDIDAS ACUMULADAS (MJ)	-9.5	-26	-45	-64	-85	-105	-120	-130	-137	-144	-153	-160

EPOCA CALUROSA

HORAS	24	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
CONDUCCION	-5.8	-6.4	-6.8	-7.1	-7.1	-4.4	-2.0	-1.2	-1.6	-2.6	-3.8	-4.9
CONVECCION	-1.9	-2.1	-2.3	-2.4	-2.4	-1.5	-0.7	-0.4	-0.5	-0.9	-1.3	-1.6
GANANCIAS INTERNAS	0.2	0.2	0.2	0.2		0.2	0.2	0.4	0.4	0.4	3.16	3.16
SUMA (KW)	-7.5	-8.3	-8.9	-9.3	-9.5	-5.7	-2.5	-1.2	-2.3	-3.1	-1.9	-3.3
PERDIDAS DE CALOR (KW / HR)	-6.6	-15	-17	-18	-19	-19	-11	-5.0	-2.4	-4.6	-6.2	-3.8
PERDIDAS ACUMULADAS (MJ)	-2.5	-8.2	-15	-22	-29	-36	-40	-42	-43	-45	-47	-49



CONCLUSIONES: Como podemos observar, las mayores pérdidas de calor las tenemos en la Zona 2, durante la época fría y suman un total de 106 MJ. En la siguiente etapa de cálculo se realizará un balance de energía considerando las modificaciones propuestas en la estrategia de diseño, únicamente de esta zona, ya que a nuestra forma de ver es la que presenta mayor problema.

La estrategia propuesta para disminuir las pérdidas de calor es la siguiente:

GANANCIAS INTERNAS DE CALOR.

Personas (100 W/persona)
 Iluminación (10 W/m²)
 Aparatos eléctricos (5 W/ m²)

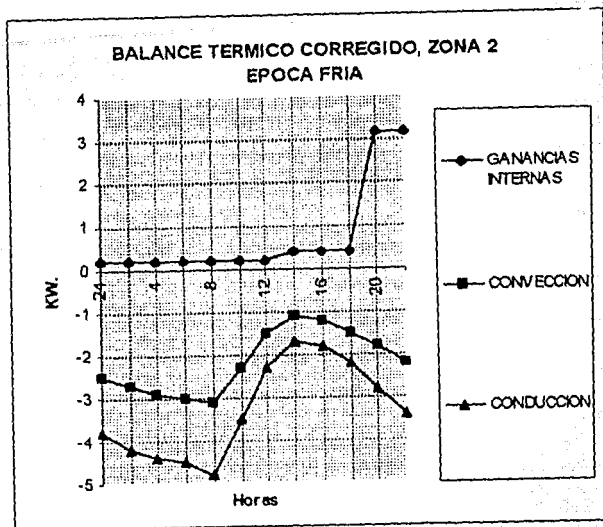
4 (100 W) = 0.4 KW
 184 (10 W) = 1.84 KW
 184 (5 W) = 0.92 KW

Total 3.16 KW

BALANCE DE ENERGIA, CON LA ESTRATEGIA PROPUESTA

EPOCA FRIA

HORAS	24	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
CONDUCCION	-3.8	-4.2	-4.4	-4.5	-4.8	-3.5	-2.3	-1.7	-1.8	-2.2	-2.8	-3.4
CONVECCION	-2.5	-2.7	-2.9	-3.0	-3.1	-2.3	-1.5	-1.1	-1.2	-1.5	-1.8	-2.2
GANANCIAS INTERNAS	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.4	0.4	0.4	3.16	3.16
SUMA (KW)	-6.1	-6.7	-7.1	-7.3	-7.9	-5.6	-3.6	-2.4	-2.6	-3.3	-1.4	-2.4
PERDIDAS DE CALOR (KW / HR)	-4.8	-12	-13	-14	-14	-15	-11	-7.0	-4.8	-5.2	-6.6	-2.8
PERDIDAS ACUMULADAS (MJ)	-1.3	-4.7	-8.3	-12	-16	-20	-23	-25	-26	-27	-29	-30



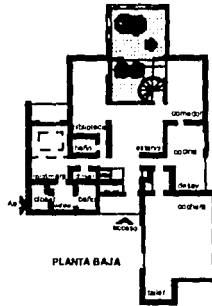
CONCLUSIONES: De acuerdo con los resultados, podemos apreciar que los requerimientos de energía para conservar la temperatura interior de 22°C han disminuido de 106 a 30 MJ por día, al aplicar la estrategia de diseño propuesta. Este resultado es aceptable considerando que el cálculo se realizó mediante un método de Estado Permanente.

En el procedimiento de cálculo no se incluyeron pérdidas por infiltración a través de puertas y ventanas, se considera que en este caso el nivel de precisión alcanzado resulta suficiente.

XI. ANALISIS DE VENTILACION NATURAL

El análisis de ventilación natural nos permite conocer el tiempo necesario para reducir la temperatura de un espacio con un flujo de aire determinado. Dicho flujo depende del área de entrada, área de salida, la relación entre ambas, y el ángulo de incidencia del viento sobre la ventana.

La cantidad de calor que puede ceder una edificación al aire que circula por su interior, depende de la diferencia de temperatura entre ambos, del calor específico de los materiales, y de su volumen.



DATOS

Velocidad del viento	$v = 4$
Temperatura interior	$T_i = 22$
Temperatura exterior media diaria	$T_e = 18$
Area de muros	$A_m = 365$
Angulo de incidencia	$i_n = 0$
Espesor de muros	$L = 0.30$

Material	Calor específico KJ (kg C)	Densidad Kg/m ³	Calor específico volumétrico KJ (m ³ C)
Muros tepetate	$C_{pm} = 0.92$	$\rho_m = 1300$	$C_{pvm} = C_{pm} \times \rho_m$
Aire	$C_{pa} = 1.0$	$\rho_a = 1.2$	$C_{pva} = C_{pa} \times \rho_a$

$q_m = C_{pvm} \times A_m \times L$
 $q_a = C_{pva} (T_i - T_e)$

$q_m = 9.822 \times 10^4$
 $q_a = 2.4$

Ventilación necesaria

$V_n = q_m / q_a$
 $V_n = 4.093 \times 10^4 \text{ m}^3 \text{ de aire / hora}$

Area de entrada $A_e = 1$
 Area de salida $A_s = 2.8$

$A_s / A_e = 2.8$
 $N = 795$

$V = v \times \cos(i_n)$
 $V_c = V \times 3.6$
 $V_a = A_e \times N \times V_c$

$V = 4 \text{ m / s}$
 $V_c = 14.4 \text{ km / hr.}$
 $V_a = 1.145 \times 10^4$

$G = V_a / V_n$

$G = 0.28 \text{ C}$

$(T_i - T_e) / G = 7.15 \text{ horas necesarias para enfriarse}$

CONCLUSIONES: Como puede observarse, debido a la poca diferencia de temperaturas exterior e interior, la edificación no cede mucho calor al aire que circula al interior de ésta, y por ello el tiempo que se requiere para enfriar la habitación es muy largo.

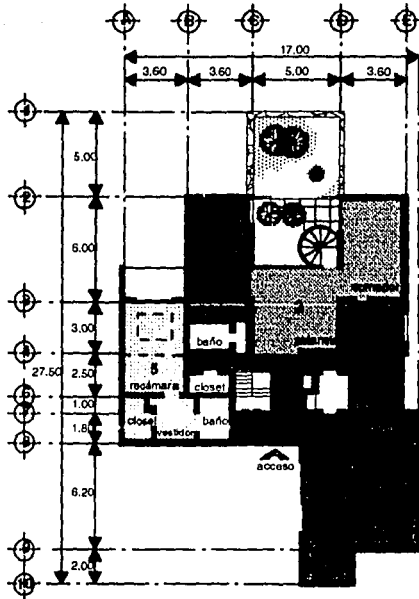
También debe tomarse en cuenta que el área de entrada (ventana) es pequeña, y por lo tanto, el aire que entra por ella no es tan significativo como para enfriar el espacio en poco tiempo.

XII. PROPUESTA DE COLOR EN ACABADOS

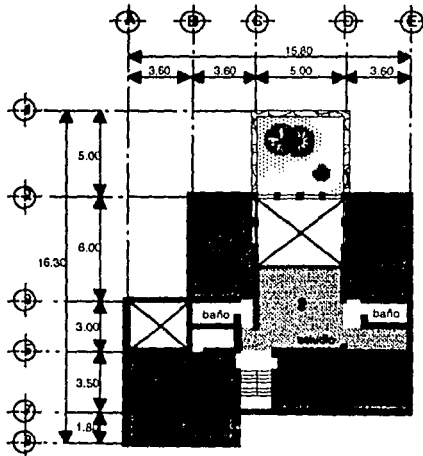
El color de los acabados en un espacio tiene varias implicaciones, dentro de las que se encuentran la absorción y reflexión de la radiación solar de onda corta en forma de calor, los estados de ánimo y sensaciones de frescura y calidez a que puede inducir, la reflectividad de la luz, etc.

Estos han sido aspectos que se consideraron para proponer colores en los pisos, plafones y muros de los espacios de la vivienda. Además, las características físicas de los colorantes tienen gran importancia, ya que de éstos depende la durabilidad del color elegido.

COLOR	COMPOSICION QUIMICA	REFLECTIVIDAD
1. Azul turquesa.	Blanco de titanio y azul ftalocianina.	50%
2. Duela, acabado natural.		65%
3. Rosa pastel.	Blanco de titanio y rojo de hierro.	70.6%
4. Ocre.	Amarillo de hierro, rojo de hierro y blanco de titanio.	56%
5. Azul cobalto.	Azul ftalocianina y blanco de titanio.	49%
6. Gris oxford.	Blanco de titanio y negro de humo.	40%
MUROS	COMPOSICION QUIMICA	REFLECTIVIDAD
Blanco.	Blanco de titanio.	94%
Durazno	Blanco de titanio y naranja cadmio.	76%
Verde agua	Blanco de titanio y verde ftalo.	76%



PLANTA BAJA



PLANTA ALTA

FALLA DE ORIGEN



XIII ANALISIS DE ILUMINACION NATURAL

XIV ESTRATEGIA PASIVA EN EL APROVECHAMIENTO DE LA ENERGIA SOLAR

XV PROYECTO ARQUITECTONICO FINAL

XVI ESTRATEGIA ACTIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DE LA ENERGIA SOLAR



XIII. ANALISIS DE ILUMINACION NATURAL

Este análisis nos indica el nivel de iluminación en distintos puntos de una habitación, esto es particularmente importante en espacios en los que la actividad a realizar requiere características especiales térmicas y/o lumínicas; en este caso se analiza la estancia, y aunque no es un espacio que necesite de las características antes mencionadas, por ser lugar de reunión de la familia se requiere cierta iluminación que la convierta en un lugar agradable.

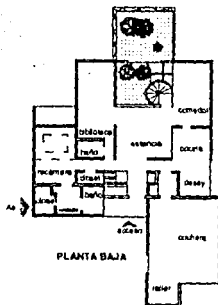
El análisis puede realizarse con el método de Factor de Iluminación Natural (FIN), que toma en cuenta características físicas de la habitación, o bien mediante mediciones directas en un modelo a escala auxiliadas de un fotómetro (IN); ambas presentan sus resultados en forma gráfica y numérica, de tal forma que podamos compararlos para obtener conclusiones.

METODO DEL FACTOR DE ILUMINACION NATURAL ESPACIO: ESTANCIA

DATOS

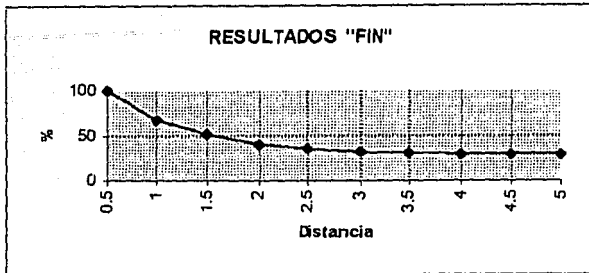
Ancho de ventana	W = 5.0
Altura de ventana	H = 2.1
Area de ventana	Av = W x H
Reflectividad de muros	R = 0.94
Area de pisos	Ap = 5.0 x 5.0
Distancia de los puntos: D = 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0.	

$$FIN = \frac{10 \times W \times H^2}{D[D^2 + H^2]} + \frac{4 \times Av \times R}{Ap(1 - R)}$$



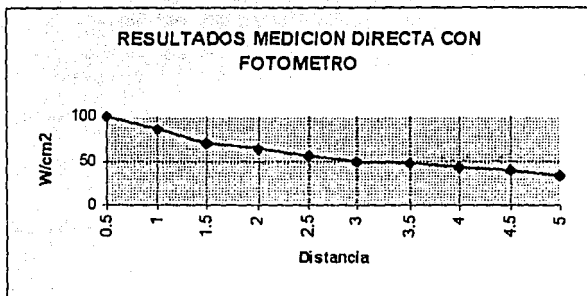
RESULTADOS FIN

%
100
67
51
39
35
32
30
29
28
28



**METODO DE MEDICIONES DIRECTAS CON FOTOMETRO
ESPACIO: ESTANCIA**

D (m)	IN (W/cm ²)
0.5	100
1.0	85
1.5	70
2.0	63
2.5	55
3.0	49
3.5	47
4.0	43
4.5	39
5.0	34



CONCLUSIONES: Se encontró que las curvas de las gráficas en los dos métodos coinciden en el trazo, debido a la relación que existe entre la distancia de cualquier punto de la habitación con respecto a la ventana. Los resultados

muestran que la tendencia de las curvas es la misma, lo cual comprueba que los dos métodos son seguros, y que aún en el punto más alejado de la ventana se cuenta con iluminación natural en un porcentaje de 28%, a lo que contribuye en gran parte la reflectividad de los colores utilizados en los acabados, estimada en 94%.

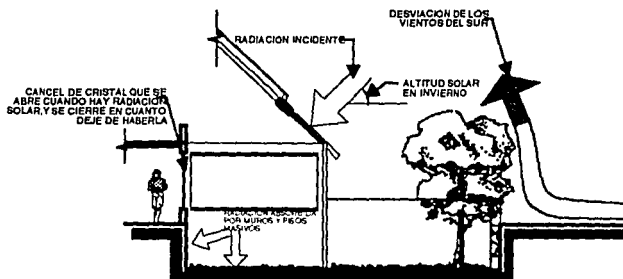
Se comprueba por lo tanto que la propuesta de color en acabados juega un papel importante en este análisis.

XIV. ESTRATEGIAS PASIVAS EN EL APROVECHAMIENTO DE LA ENERGIA SOLAR.

- Invernadero con pisos y muros masivos, como almacén de calor.

Con esta estrategia se pretende equilibrar las demandas de iluminación natural y los requerimientos térmicos de los usuarios, por lo que se pensó en crear zonas agradables dentro de la vivienda que satisficieran estas exigencias, y el resultado fueron dos invernaderos con muros y pisos de piedra braza y jardín hacia el interior, cerrados con vidrio para conservar el calor y una zona ajardinada intercalada con pisos de piedra braza hacia el exterior.

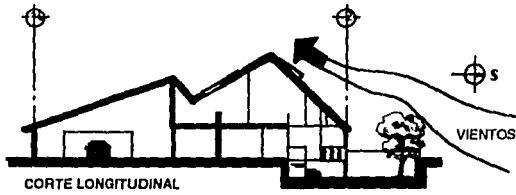
Se puede acceder a los invernaderos desde la planta baja; al primero mediante una escalera de caracol, y al segundo desde el desayunoador.



- Disminución de flujo natural de aire como protección a pérdidas de calor por convección del invernadero.

En el caso del invernadero 1 la diferencia de alturas entre la estancia y el jardín es de 1.5 m.; se pensó en este desnivel con el fin de proteger en cierta medida la pérdida de calor por convección de los vidrios del invernadero.

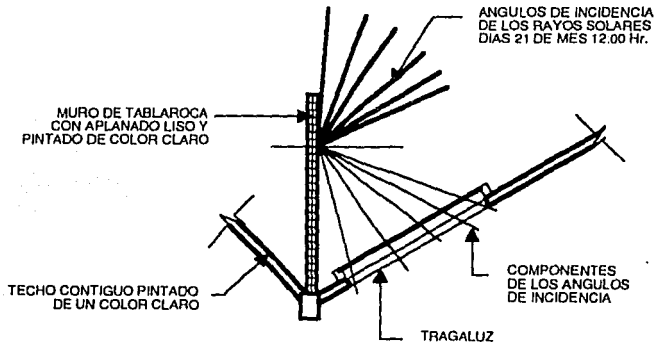
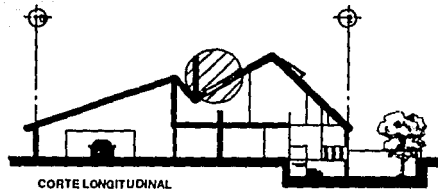
En la propuesta se asume que los vientos predominantes son en dirección este, hacia donde se colocó una pequeña barrera de árboles, y se asume también que la propia fachada este sirve de barrera a los vientos; los vientos provenientes del sur son mínimos, por lo que se presupone que la estrategia estará funcionando en forma adecuada.



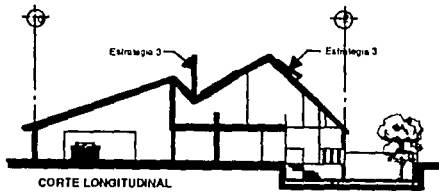
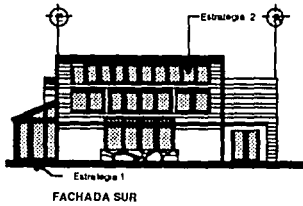
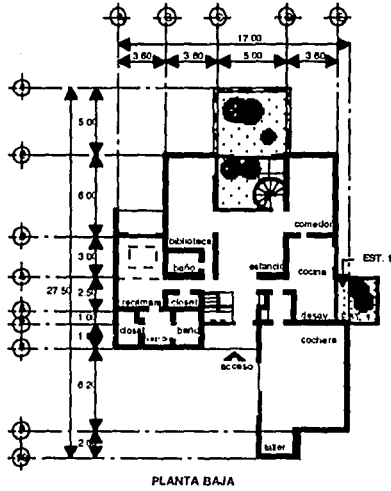
- **Tragaluz en techumbre norte.**

Esta estrategia se justifica por el hecho de que las demandas de iluminación natural en esta casa revisten un interés especial, debido a la actividad profesional de los propietarios.

El tragaluz, cuyo funcionamiento se describirá más adelante, se eligió porque está orientado hacia el norte y lo que se pretende es colocar un muro vertical a lo largo del tragaluz, con el fin de que refleje la radiación directa que incide sobre él hacia la abertura en el techo la mayor parte del año. Esta radiación reflejada se sumará a la radiación difusa incidente sobre ésta última.

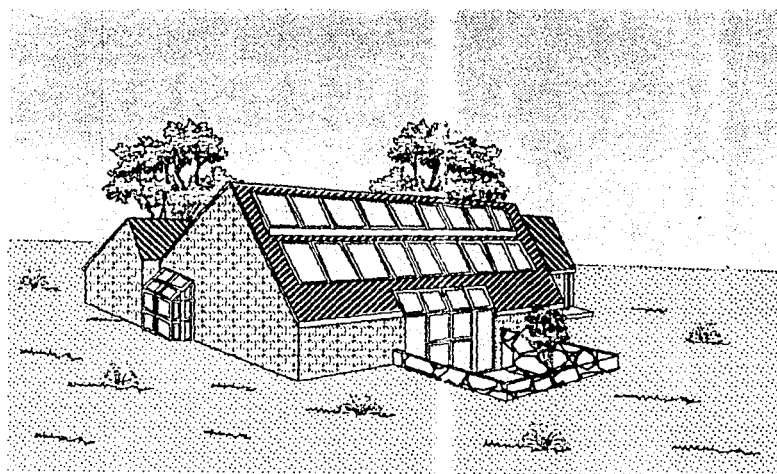
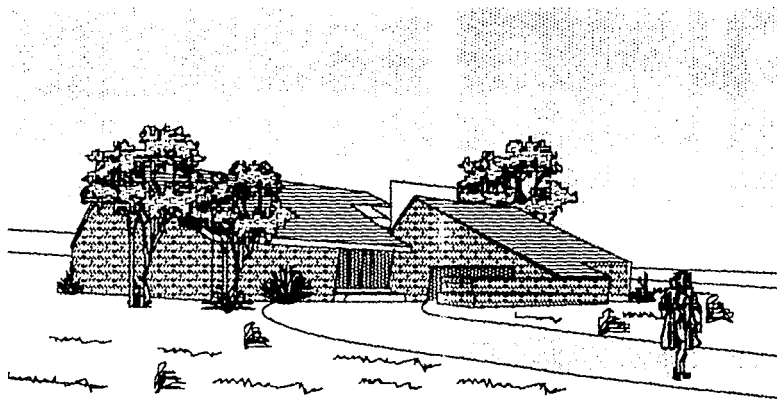


XV. PROYECTO ARQUITECTONICO FINAL.



FALLA DE ORIGEN

APUNTES PERSPECTIVOS



XVI. ESTRATEGIA ACTIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DE LA ENERGIA SOLAR.

• Sistema de calentamiento de agua para uso doméstico.

Este tipo de sistema contempla diversos factores, que intervienen directamente en el tipo de colector que se diseñará; a continuación ennumeraremos cada uno de ellos y se explicará en forma breve a lo que se refieren.

• Estimación de la radiación solar.

En este punto se realiza una evaluación del recurso solar en una latitud específica, mediante un método de cálculo establecido. Los resultados se obtienen en forma de promedios diarios mensuales y horarios.

• Angulo de inclinación del colector.

En forma general se considera la latitud del lugar como el ángulo de inclinación de los colectores cuando se requiere una captación regular de energía a lo largo del año (caso de los sistemas para calentamiento de agua).

• Orientación del colector.

A fin de beneficiar la captación de energía solar durante todo el año, los colectores deberán ir orientados hacia el sur astronómico, considerando la declinación magnética del lugar.

• Angulo de incidencia de la radiación solar.

Es el ángulo que forma la radiación incidente con relación a un eje normal al plano del colector, varía con respecto a la inclinación y orientación del colector, así como a la latitud del lugar, declinación solar y ángulo horario.

• Análisis óptico del colector.

Se basa en el ángulo de incidencia de la radiación solar. En los resultados se obtienen los porcentajes útiles de energía absorbidos por la placa del colector a lo largo del año.

• Coeficiente global de pérdidas de calor.

Basado en datos de temperatura ambiente, velocidad del viento y características físicas de la constitución del colector, determina las pérdidas de energía a través de la envolvente del colector.

• Análisis térmico del colector.

Se realiza un balance de energía. La radiación absorbida por la placa del colector equivale al calor útil más las pérdidas de energía determinadas.

• Factores de diseño.

Considera las características físicas de los materiales del colector y determina la capacidad del mismo de transferir el calor al fluido.

• Eficiencia del colector.

Muestra el desempeño global del sistema, mediante la relación entre radiación incidente en el plano inclinado y calor útil diario promedio mensual.

ESTIMACION DE LA IRRADIACION SOLAR UTILIZANDO LOS DATOS
DEL INSTITUTO DE GEOFISICA, U. N. A. M.

CIUDAD: MEXICO, D.F. (AJUSCO)

LATTUD: $\phi := 19.21\text{-deg}$ N

INCLINACION DEL COLECTOR: $s := 20\text{-deg}$

IRRADIACION SOLAR GLOBAL DIARIA PROMEDIO MENSUAL SOBRE UN PLANO
HORIZONTAL:

DIAS REPRESENTATIVOS
DEL AÑO (KLEIN)

VALORES DE LOS MAPAS DE
IRRADIACION (KJ /m2 dia)

$n_i :=$			$H_i :=$
17	ENERO 17	ENERO 17	15000
47	FEBRERO 16	FEBRERO 16	18620
75	MARZO 16	MARZO 16	24150
105	ABRIL 15	ABRIL 15	22010
135	MAYO 15	MAYO 15	22360
162	JUNIO 11	JUNIO 11	18280
198	JULIO 17	JULIO 17	17350
228	AGOSTO 14	AGOSTO 14	20160
258	SEPTIEMBRE 15	SEPTIEMBRE 15	15110
288	OCTUBRE 15	OCTUBRE 15	15050
318	NOVIEMBRE 14	NOVIEMBRE 14	15370
344	DICIEMBRE 10	DICIEMBRE 10	14450

CALCULO DE LA IRRADIACION EXTRATERRESTRE (H_0):

CONSTANTE SOLAR: $I_{es} := 4921.2 \text{ KJ / m}^2 \text{ hr}$ (1367 W /m2)

$$\text{DECLINACION: } \Gamma_i := 2 \cdot \pi \cdot \frac{(n_i) - 1}{365}$$

$$\delta_i := 0.006918 - 0.399912 \cdot \cos(\Gamma_i) + 0.070257 \cdot \sin(\Gamma_i) \dots$$

$$+ - 0.006758 \cdot \cos(2 \cdot \Gamma_i) + 0.000907 \cdot \sin(2 \cdot \Gamma_i) \dots$$

$$+ - 0.002697 \cdot \cos(3 \cdot \Gamma_i) + 0.00148 \cdot \sin(3 \cdot \Gamma_i)$$

$$\text{ANGULO HORARIO } \omega_{s_i} := \arcsin(\tan(\phi) \cdot \tan(\delta_i))$$

$$H_{oi} := \frac{24}{\pi} \cdot I_{es} \cdot \left(1 + 0.033 \cdot \cos \left(360 \cdot \text{deg} \cdot \frac{n_i}{365} \right) \right) \cdot \left(\cos(\phi) \cdot \cos(\delta_i) \cdot \sin(\omega_s) \dots \right. \\ \left. + \omega_s \cdot \sin(\phi) \cdot \sin(\delta_i) \right)$$

En donde:

H_o = Radiación extraterrestre diaria (KJ / m² día).

I_{es} = Constante Solar (KJ / m² hr).

ω_s = ángulo horario en el ocaso (rad).

δ = Declinación correspondiente al día más representativo del mes (rad).

ϕ = Latitud del lugar (rad).

n = Número consecutivo del día en el año (enero 1 = 1).

KJ / m² día

	H_{oi}
ene	27364.638
feb	31204.136
mar	35106.678
abr	37980.607
may	39182.956
jun	39375.503
jul	39158.682
ago	38357.525
sep	36258.562
oct	32664.167
nov	28593.156
dic	26316.645

DETERMINACION DE LA IRRADIACION SOLAR GLOBAL DIARIA PROMEDIO MENSUAL SOBRE UN PLANO INCLINADO (HT):

$$HT = KT * H_o * R$$

En donde:

$$KT_i = \frac{H_i}{H_{oi}}$$

KT = Razón entre H_i / H_o (factor de claridad):

R = Razón entre HT / H_i , se determina posteriormente mediante la ecuación de LIU y JORDAN.

DETERMINACION DE LA IRRADIACION SOLAR DIFUSA DIARIA PROMEDIO MENSUAL SOBRE UN PLANO HORIZONTAL (Hd):

$$H_{di} := H_i \cdot \left[1.39 - 4.027 \cdot KT_i + 5.531 \cdot (KT_i)^2 - 3.108 \cdot (KT_i)^3 \right]$$

Ahora, utilizando la ecuación de LIU y JORDAN determinaremos "R".
Previamente asignaremos valores a las variables y determinaremos R_b , que es la razón entre H_b y H_{bt} .

H_b = Irradiación Directa Diaria Promedio Mensual sobre un plano inclinado.

H_{bt} = Irradiación Directa Diaria Promedio Mensual sobre un plano horizontal.

R_b = Razón entre H_b / H_{bt} (se determina posteriormente).

ρ = Constante que considera la reflectividad de los alrededores, su valor varía en el rango $0.2 < \rho < 0.7$ (0.7 con nieve, 0.2 sin nieve, caso México).

$$\rho := 0.20$$

(0,1 con nieve, 0,2 sin nieve, caso Mexico).

s = ángulo de inclinación del plano (rad).

$$s = 0,349$$

ω_s = ángulo horario en el ocaso referido al plano horizontal (rad).

ω'_s = ángulo horario en el ocaso referido al plano inclinado (rad).

Se toma como ángulo horario en el ocaso (ω'_s) el menor de:

$$\omega'_s := \arccos(-\tan(\phi - s) \cdot \tan(\delta_i)) \quad \text{y de } \omega_s \dots$$

$$\omega'_s := \text{if}(|\omega'_s| < |\omega_s|, \omega'_s, \omega_s)$$

ω_s	ω'_s	ω'_s
deg	deg	deg
82.352	90.302	
85.53	90.177	82.352
89.288	90.028	85.53
93.336	89.868	89.288
96.763	89.733	89.868
98.521	89.664	89.733
97.826	89.691	89.664
94.98	89.803	89.691
91.166	89.954	89.803
87.116	90.114	89.954
83.484	90.257	87.116
81.561	90.333	83.484
		81.561

A continuación se determinan "Rb" y "R":

$$Rb_i := \frac{\cos(\phi - s) \cdot \cos(\delta_i) \cdot \sin(\omega'_s) + \omega'_s \cdot \sin(\phi - s) \cdot \sin(\delta_i)}{\cos(\phi) \cdot \cos(\delta_i) \cdot \sin(\omega_s) + \omega_s \cdot \sin(\phi) \cdot \sin(\delta_i)}$$

$$R_i := \left(1 - \frac{Hd_i}{H_i}\right) \cdot Rb_i + \frac{Hd_i}{H_i} \cdot \frac{1 + \cos(s)}{2} + \rho \cdot \frac{(1 - \cos(s))}{2}$$

En la ecuación anterior los tres términos representan la componente directa, la difusa y la reflectividad respectivamente.

DETERMINACION DE LA IRRADIACION SOLAR GLOBAL DIARIA PROMEDIO MENSUAL SOBRE UN PLANO INCLINADO (HT):

$$HT_i := K_T \cdot H_o \cdot R_i$$

**DETERMINACION DE LA IRRADIACION SOLAR DIRECTA DIARIA PROMEDIO
MENSUAL, SOBRE UN PLANO HORIZONTAL (H_h):**

$$H_{h_i} := H_i - H_{d_i}$$

**DETERMINACION DE LA IRRADIACION SOLAR DIRECTA DIARIA PROMEDIO
MENSUAL, SOBRE UN PLANO INCLINADO (H_b):**

$$H_{b_i} := H_{h_i} \cdot R_{b_i}$$

**DETERMINACION DE LA IRRADIACION SOLAR DIFUSA DIARIA PROMEDIO
MENSUAL, SOBRE UN PLANO INCLINADO (H_{Td}):**

$$H_{Td_i} := H_{T_i} - H_{b_i}$$

IRRADIACION SOLAR DIARIA PROMEDIO MENSUAL
(KJ / m² dia)

PLANO HORIZONTAL	I _G GLOBAL	I _b DIRECTA	I _d DIFUSA	$\phi = 19.21$ deg
	I _G	I _b	I _d	
ene	15000	10011.065	4988.935	
feb	18620	13106.936	5513.064	
mar	24150	18706.191	5443.809	
abr	22010	15210.463	6799.537	
may	22360	15304.095	7055.905	
jun	18280	10939.307	7340.693	
jul	17350	10041.8	7308.2	
ago	20160	13101.765	7058.235	
sep	15110	8349.254	6760.746	
oct	15050	8958.71	6091.29	
nov	15370	10132.462	5237.538	
dic	14450	9654.261	4795.739	

PLANO INCLINADO (al sur)

$\frac{s}{deg} = 20$	I _T GLOBAL	I _b DIRECTA	I _{Td} DIFUSA	$\phi = 19.21$ deg
	I _T	I _b	I _{Td}	
ene	18164.679	13235.718	4928.961	
feb	21243.807	15784.69	5459.117	
mar	25639.149	20213.848	5425.301	
abr	21408.132	14680.889	6727.243	
may	20474.313	13496.322	6977.991	
jun	16457.134	9227.548	7229.586	
jul	15811.862	8619.398	7192.465	
ago	19069.366	12102.383	6966.983	
sep	15202.291	8554.281	6648.009	
oct	16302.554	10304.177	5998.377	
nov	18128.154	12955.855	5172.299	
dic	17806.178	13067.904	4738.274	

RESULTADOS DE LAS VARIABLES CONSIDERADAS EN EL CALCULO

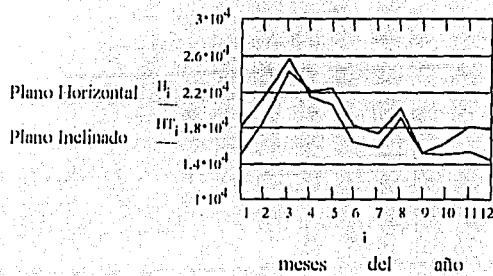
	DECLINACION (grados)	FACTOR DE CLARIDAD (adimensional)		
	δ_i deg	K_T	R_i	R_{h_i}
ene	-20.904	0.548	1.211	1.322
feb	-12.609	0.597	1.141	1.204
mar	-2.042	0.688	1.062	1.081
abr	9.481	0.58	0.973	0.965
may	18.674	0.571	0.916	0.882
jun	23.038	0.464	0.9	0.844
jul	21.346	0.443	0.911	0.858
ago	13.989	0.526	0.946	0.924
sep	3.343	0.417	1.006	1.025
oct	-8.218	0.461	1.083	1.15
nov	-18.041	0.538	1.179	1.279
dic	-22.841	0.549	1.232	1.354

COMPARACION GRAFICA DE IRRADIACION INCIDENTE SOBRE PLANOS HORIZONTAL E INCLINADO (KJ / m2 día)

I_i	HT_i
15000	18164.679
18620	21243.807
24150	25639.149
22010	21408.132
22360	20474.313
18280	16457.134
17350	15811.862
20160	19069.366
15110	15202.291
15050	16302.554
15370	18128.154
14450	17806.178

$$\frac{s}{\text{deg}} = 20$$

$$\frac{\phi}{\text{deg}} = 19.21$$



DETERMINACION DE LA IRRADIACION SOLAR GLOBAL HORARIA PROMEDIO
MENSUAL SOBRE UN PLANO HORIZONTAL (I_h):

$$I_h = I_t * RG$$

donde:

RG = valor obtenido de gráfica o mediante la expresión siguiente:

T = longitud del día en horas. T := 24

ω = ángulo horario correspondiente a 1/2 horas (rad).

$$a_1 := 0.409 + 0.5016 \cdot \sin(\omega_s - 1.047)$$

$$b_1 := 0.6609 - 0.4767 \cdot \sin(\omega_s - 1.047)$$

82.5 deg
67.5 deg
52.5 deg
37.5 deg
22.5 deg
7.5 deg

$$RG_{ene_k} := \frac{\pi}{T} \cdot (a_1 + b_1 \cdot \cos(\omega_k)) \cdot \frac{|\cos(\omega_k) - \cos(\omega_s)|}{\sin(\omega_s) - \omega_s \cdot \cos(\omega_s)}$$

DETERMINACION DE LA IRRADIACION SOLAR DIFUSA HORARIA PROMEDIO
MENSUAL SOBRE UN PLANO HORIZONTAL (I_{dn}):

$$I_{dn} = I_d * RD$$

$$RD_{ene_k} := \frac{\pi}{T} \cdot \frac{\cos(\omega_k) - \cos(\omega_s)}{\sin(\omega_s) - \omega_s \cdot \cos(\omega_s)}$$

IRRADIACION HORARIA PROMEDIO MENSUAL, SOBRE EL PLANO HORIZONTAL.
(KJ / m² hr)

$$\frac{\phi}{\text{deg}} = 19.21$$

ENERO	(I _{lh}) GLOBAL	(I _{ldn}) DIFUSA	(I _{lb}) DIRECTA
	I _{lhene_k}	I _{ldnene_k}	I _{lbene_k}
	0	0	0
6 a 7 y 17 a 18	480.005	203.799	276.206
7 a 8 y 16 a 17	1041.362	388.389	652.972
8 a 9 y 15 a 16	1588.945	539.106	1049.839
9 a 10 y 14 a 15	2024.563	645.679	1378.884
10 a 11 y 13 a 14	2265.811	700.845	1564.966

FEBRERO	(I _{lh}) GLOBAL	(I _{ldn}) DIFUSA	(I _{lb}) DIRECTA
	I _{lhfeb_k}	I _{ldnfeb_k}	I _{lbfeb_k}
	99.655	43.093	56.562
6 a 7 y 17 a 18	674.377	249.736	424.641
7 a 8 y 16 a 17	1325.927	435.007	890.92
8 a 9 y 15 a 16	1953.459	586.28	1367.179
9 a 10 y 14 a 15	2449.031	693.246	1755.786
10 a 11 y 13 a 14	2722.427	748.615	1973.812

MARZO	(I _{lh}) GLOBAL	(I _{ldn}) DIFUSA	(I _{lb}) DIRECTA
	I _{lhmar_k}	I _{ldnmar_k}	I _{lbmar_k}
	270.442	85.828	184.614
6 a 7 y 17 a 18	976.562	269.075	707.488
7 a 8 y 16 a 17	1758.703	433.37	1325.333
8 a 9 y 15 a 16	2501.823	567.516	1934.307
9 a 10 y 14 a 15	3083.992	662.372	2421.62
10 a 11 y 13 a 14	3403.795	711.473	2692.322

ABRIL	(I _{lh}) GLOBAL	(I _{ldn}) DIFUSA	(I _{lb}) DIRECTA
	I _{lhabr_k}	I _{ldnabr_k}	I _{lbabr_k}
	366.481	153.661	212.82
6 a 7 y 17 a 18	973.037	358.981	614.056
7 a 8 y 16 a 17	1630.522	543.067	1087.456
8 a 9 y 15 a 16	2247.05	693.371	1553.679
9 a 10 y 14 a 15	2726.241	799.653	1926.588
10 a 11 y 13 a 14	2988.358	854.668	2133.69

IRRADIACION HORARIA PROMEDIO MENSUAL SOBRE EL PLANO HORIZONTAL
(KJ / m² hr)

$$\frac{\phi}{\text{deg}} = 19.21$$

MAYO	(Ih)	(Ihn)	(Ih)
	GLOBAL	DIFFUSA	DIRECTA
	Ihmay _k	Ihnmay _k	Ihbmay _k
6 a 7 y 17 a 18	462.337	192.396	269.941
7 a 8 y 16 a 17	1048.248	387.793	660.456
8 a 9 y 15 a 16	1673.262	562.98	1110.282
9 a 10 y 14 a 15	2253.487	706.02	1547.467
10 a 11 y 13 a 14	2701.697	807.165	1894.532
11 a 12 y 12 a 13	2946.049	859.521	2086.528

JUNIO	(Ih)	(Ihn)	(Ih)
	GLOBAL	DIFFUSA	DIRECTA
	Ihjun _k	Ihnmjun _k	Ihbjun _k
6 a 7 y 17 a 18	412.318	215.317	197.001
7 a 8 y 16 a 17	879.094	410.129	468.965
8 a 9 y 15 a 16	1373.297	584.792	788.504
9 a 10 y 14 a 15	1829.889	727.404	1102.485
10 a 11 y 13 a 14	2181.548	828.246	1353.301
11 a 12 y 12 a 13	2372.951	880.446	1492.505

JULIO	(Ih)	(Ihn)	(Ih)
	GLOBAL	DIFFUSA	DIRECTA
	Ihjul _k	Ihnmjul _k	Ihbjul _k
6 a 7 y 17 a 18	378.707	208.58	170.127
7 a 8 y 16 a 17	826.284	405.791	420.493
8 a 9 y 15 a 16	1301.542	582.606	718.936
9 a 10 y 14 a 15	1741.453	726.974	1014.478
10 a 11 y 13 a 14	2080.657	829.058	1251.599
11 a 12 y 12 a 13	2265.399	881.901	1383.499

AGOSTO	(Ih)	(Ihn)	(Ih)
	GLOBAL	DIFFUSA	DIRECTA
	Ihago _k	Ihnmago _k	Ihbago _k
6 a 7 y 17 a 18	375.882	176.119	199.763
7 a 8 y 16 a 17	918.188	380.459	537.729
8 a 9 y 15 a 16	1501.387	563.666	937.721
9 a 10 y 14 a 15	2045.566	713.253	1332.312
10 a 11 y 13 a 14	2467.252	819.028	1648.225
11 a 12 y 12 a 13	2697.539	873.781	1823.758

IRRADIACION HORARIA PROMEDIO MENSUAL SOBRE EL PLANO HORIZONTAL.
(KJ/m² hr)

$$\frac{\phi}{\text{deg}} = 19.21$$

	(I _h) GLOBAL	(I _{dn}) DIFUSA	(I _b) DIRECTA
SEPTIEMBRE			
	I _{hsep} _k	I _{dnsep} _k	I _{bsep} _k
6 a 7 y 17 a 18	208.955	129.362	79.592
7 a 8 y 16 a 17	638.818	345.56	293.258
8 a 9 y 15 a 16	1110.019	539.397	570.622
9 a 10 y 14 a 15	1554.909	697.664	857.245
10 a 11 y 13 a 14	1902.133	809.576	1092.557
11 a 12 y 12 a 13	2092.491	867.506	1224.985

	(I _h) GLOBAL	(I _{dn}) DIFUSA	(I _b) DIRECTA
OCTUBRE			
	I _{hoct} _k	I _{dnoct} _k	I _{bnoct} _k
6 a 7 y 17 a 18	119.182	69.346	49.836
7 a 8 y 16 a 17	573.279	287.359	285.92
8 a 9 y 15 a 16	1082.853	482.824	600.029
9 a 10 y 14 a 15	1570.744	642.421	928.323
10 a 11 y 13 a 14	1954.706	755.273	1199.433
11 a 12 y 12 a 13	2166.141	813.69	1352.452

	(I _h) GLOBAL	(I _{dn}) DIFUSA	(I _b) DIRECTA
NOVIEMBRE			
	I _{hnov} _k	I _{dnov} _k	I _{bnov} _k
6 a 7 y 17 a 18	27.751	14.105	13.646
7 a 8 y 16 a 17	516.085	222.848	293.236
8 a 9 y 15 a 16	1077.586	410.002	667.583
9 a 10 y 14 a 15	1622.761	562.813	1059.949
10 a 11 y 13 a 14	2055.307	670.866	1384.441
11 a 12 y 12 a 13	2294.519	726.799	1567.721

	(I _h) GLOBAL	(I _{dn}) DIFUSA	(I _b) DIRECTA
DICIEMBRE			
	I _{hdic} _k	I _{ndic} _k	I _{bdic} _k
6 a 7 y 17 a 18	0	0	0
7 a 8 y 16 a 17	445.684	189.814	255.87
8 a 9 y 15 a 16	995.73	371.706	624.024
9 a 10 y 14 a 15	1534.084	520.219	1013.864
10 a 11 y 13 a 14	1963.18	625.235	1337.945
11 a 12 y 12 a 13	2201.052	679.594	1521.458

DETERMINACION DE LA IRRADIACION SOLAR GLOBAL HORARIAs = 20
 PROMEDIO MENSUAL SOBRE UN PLANO INCLINADO (I_{ht}) deg
 (para un plano inclinado hacia el sur)

$$I_{ht} = I_{hi} \cdot R$$

DETERMINACION DE LA IRRADIACION SOLAR DIFUSA HORARIAs = 20
 PROMEDIO MENSUAL SOBRE UN PLANO INCLINADO (I_{dh}) deg
 (para un plano inclinado hacia el sur)

$$I_{dh} = H \cdot \left(\frac{1 + \cos(s)}{2} \cdot \frac{H_d \cdot RD}{H} \right) + \text{ALBIEDO}$$

donde:

$$\text{ALBIEDO} = \rho \cdot \frac{1 - \cos(s)}{2}$$

DETERMINACION DE LA IRRADIACION SOLAR DIRECTA HORARIAs = 20
 PROMEDIO MENSUAL SOBRE UN PLANO INCLINADO (I_{hn}) deg
 (para un plano inclinado hacia el sur)

$$I_{hn} = I_{ht} - I_{dh}$$

$$I_{htene_k} := H_{ene} \cdot R_{Gene_k} \cdot R_1$$

$$I_{dhtene_k} := H_{ene} \cdot \left(\frac{1 + \cos(s)}{2} \cdot \frac{I_{d_j} \cdot RD_{ene_k}}{H_{ene}} \right) + \text{ALBIEDO}$$

$$I_{hne_k} := I_{htene_k} \dots \\ + I_{dhtene_k}$$

RESULTADOS DE LAS VARIABLES CONSIDERADAS EN EL CALCULO

	DECLINACION	FACTOR DE CLARIDAD		
	(grados)	(adimensional)	R_i	R_b
	δ_i	KT_i		
	deg			
ene	-20.904	0.548	1.211	1.322
feb	-12.609	0.597	1.141	1.204
mar	-2.042	0.688	1.062	1.081
abr	9.481	0.58	0.973	0.965
may	18.674	0.571	0.916	0.882
jun	23.038	0.464	0.9	0.844
jul	21.346	0.443	0.911	0.858
ago	13.989	0.526	0.946	0.924
sep	3.343	0.417	1.006	1.025
oct	-8.218	0.461	1.083	1.15
nov	-18.041	0.538	1.179	1.279
dic	-22.841	0.549	1.232	1.354

RG:

RGene _k	RGfeb _k	RGmar _k	RGabr _k	RGmay _k	RGjun _k
-0.0003	0.0054	0.0112	0.0167	0.0207	0.0226
0.032	0.0362	0.0404	0.0442	0.0469	0.0481
0.0694	0.0712	0.0728	0.0741	0.0748	0.0751
0.1059	0.1049	0.1036	0.1021	0.1008	0.1001
0.135	0.1315	0.1277	0.1239	0.1208	0.1193
0.1511	0.1462	0.1409	0.1358	0.1318	0.1298
RGjul _k	RGago _k	RGsep _k	RGoct _k	RGnov _k	RGdic _k
0.0218	0.0186	0.0138	0.0079	0.0018	0.0018
0.0476	0.0455	0.0423	0.0381	0.0336	0.0308
0.075	0.0745	0.0735	0.072	0.0701	0.0689
0.1004	0.1015	0.1029	0.1044	0.1056	0.1062
0.1199	0.1224	0.1259	0.1299	0.1337	0.1359
0.1306	0.1338	0.1385	0.1439	0.1493	0.1523

RD:

RDene _k	RDfeb _k	RDmar _k	RDabr _k	RDmay _k	RDjun _k
-0.0004	0.0078	0.0158	0.0226	0.0273	0.0293
0.0409	0.0453	0.0494	0.0528	0.055	0.0559
0.0779	0.0789	0.0796	0.0799	0.0798	0.0797
0.1081	0.1063	0.1042	0.102	0.1001	0.0991
0.1294	0.1257	0.1217	0.1176	0.1144	0.1128
0.1405	0.1358	0.1307	0.1257	0.1218	0.1199
RDjul _k	RDago _k	RDsep _k	RDoct _k	RDnov _k	RDdic _k
0.0285	0.025	0.0191	0.0114	0.0027	0.0027
0.0555	0.0539	0.0511	0.0472	0.0425	0.0396
0.0797	0.0799	0.0798	0.0793	0.0783	0.0775
0.0995	0.1011	0.1032	0.1055	0.1075	0.1085
0.1134	0.116	0.1197	0.124	0.1281	0.1304
0.1207	0.1238	0.1283	0.1336	0.1388	0.1417

IRRADIACION HORARIA PROMEDIO MENSUAL SOBRE UN PLANO INCLINADO
 (para un plano inclinado hacia el sur)
 (KJ / m² hr)

LATITUD: $\frac{\phi}{\text{deg}} = 19.21$

INCLINACION: $\frac{s}{\text{deg}} = 20$

ENERO

	(Iht) GLOBAL Ihtene _k	(Ihdht) DIFUSA Ihdhtene _k	(Ibn) DIRECTA Ibnene _k
de 6 a 7 y de 17 a 18	0	0	0
de 7 a 8 y de 16 a 17	581.276	197.66	383.616
de 8 a 9 y de 15 a 16	1261.067	376.684	884.383
de 9 a 10 y de 14 a 15	1924.178	522.856	1401.322
de 10 a 11 y de 13 a 14	2451.703	626.215	1825.487
de 11 a 12 y de 12 a 13	2743.849	679.718	2064.131

FEBRERO

	(Iht) GLOBAL Ihtfeb _k	(Ihdht) DIFUSA Ihdhtfeb _k	(Ibn) DIRECTA Ibnfeb _k
de 6 a 7 y de 17 a 18	113.698	41.8	71.898
de 7 a 8 y de 16 a 17	769.405	242.211	527.194
de 8 a 9 y de 15 a 16	1512.768	421.896	1090.872
de 9 a 10 y de 14 a 15	2228.727	568.607	1660.12
de 10 a 11 y de 13 a 14	2794.133	672.348	2121.785
de 11 a 12 y de 12 a 13	3106.054	726.048	2380.006

MARZO

	(Iht) GLOBAL Ihtmar _k	(Ihdht) DIFUSA Ihdhtmar _k	(Ibn) DIRECTA Ibnmar _k
de 6 a 7 y de 17 a 18	287.118	83.246	203.873
de 7 a 8 y de 16 a 17	1036.78	260.967	775.812
de 8 a 9 y de 15 a 16	1867.149	420.308	1446.841
de 9 a 10 y de 14 a 15	2656.092	550.41	2105.682
de 10 a 11 y de 13 a 14	3274.158	642.405	2631.753
de 11 a 12 y de 12 a 13	3613.682	690.025	2923.656

ABRIL

	(Iht) GLOBAL Ihtabr _k	(Ihdht) DIFUSA Ihdhtabr _k	(Ibn) DIRECTA Ibnabr _k
de 6 a 7 y de 17 a 18	356.459	149.034	207.426
de 7 a 8 y de 16 a 17	946.429	348.163	598.266
de 8 a 9 y de 15 a 16	1585.936	526.697	1059.238
de 9 a 10 y de 14 a 15	2185.604	672.47	1513.134
de 10 a 11 y de 13 a 14	2651.691	775.547	1876.145
de 11 a 12 y de 12 a 13	2906.641	828.903	2077.738

IRRADIACION HORARIA PROMEDIO MENSUAL, SOBRE UN PLANO INCLINADO
(para un plano inclinado hacia el sur)
(KJ / m² hr)

LATITUD: $\frac{\phi}{\text{deg}} = 19.21$

INCLINACION: $\frac{s}{\text{deg}} = 20$

MAYO	(Iht) GLOBAL Ihtmay _k	(Idht) DIFUSA Idhtmay _k	(Ibn) DIRECTA Ibnmay _k
de 6 a 7 y de 17 a 18	423.347	186.601	236.746
de 7 a 8 y de 16 a 17	959.846	376.105	583.741
de 8 a 9 y de 15 a 16	1532.151	546.01	986.14
de 9 a 10 y de 14 a 15	2063.444	684.737	1378.706
de 10 a 11 y de 13 a 14	2473.855	782.832	1691.023
de 11 a 12 y de 12 a 13	2697.6	833.61	1863.99

JUNIO	(Iht) GLOBAL Ihtjun _k	(Idht) DIFUSA Idhtjun _k	(Ibn) DIRECTA Ibnjun _k
de 6 a 7 y de 17 a 18	371.202	208.831	162.371
de 7 a 8 y de 16 a 17	791.432	397.768	393.664
de 8 a 9 y de 15 a 16	1236.353	567.165	669.188
de 9 a 10 y de 14 a 15	1647.414	705.477	941.938
de 10 a 11 y de 13 a 14	1964.006	803.278	1160.728
de 11 a 12 y de 12 a 13	2136.322	853.903	1282.419

JULIO	(Iht) GLOBAL Ihtjul _k	(Idht) DIFUSA Idhtjul _k	(Ibn) DIRECTA Ibnjul _k
de 6 a 7 y de 17 a 18	345.134	202.297	142.837
de 7 a 8 y de 16 a 17	753.031	393.561	359.47
de 8 a 9 y de 15 a 16	1186.156	565.044	621.112
de 9 a 10 y de 14 a 15	1587.067	705.059	882.007
de 10 a 11 y de 13 a 14	1896.2	804.065	1092.135
de 11 a 12 y de 12 a 13	2064.564	855.314	1209.25

AGOSTO	(Iht) GLOBAL Ihtago _k	(Idht) DIFUSA Idhtago _k	(Ibn) DIRECTA Ibnago _k
de 6 a 7 y de 17 a 18	355.547	170.814	184.733
de 7 a 8 y de 16 a 17	868.515	368.993	499.522
de 8 a 9 y de 15 a 16	1420.164	546.675	873.489
de 9 a 10 y de 14 a 15	1934.903	691.752	1243.151
de 10 a 11 y de 13 a 14	2333.777	794.337	1539.44
de 11 a 12 y de 12 a 13	2551.605	847.439	1704.166

IRRADIACION HORARIA PROMEDIO MENSUAL SOBRE UN PLANO INCLINADO
(para un plano inclinado hacia el sur)
(KJ / m² hr)

LATITUD: $\frac{\phi}{\text{deg}} = 19.21$

INCLINACION: $\frac{s}{\text{deg}} = 20$

SEPTIEMBRE	(I _{ht}) GLOBAL I _{htsep_k}	(I _{hd}) DIFUSA I _{hd_k}	(I _{hb}) DIRECTA I _{hb_k}
de 6 a 7 y de 17 a 18	210.231	125.468	84.763
de 7 a 8 y de 16 a 17	642.72	335.146	307.574
de 8 a 9 y de 15 a 16	1116.799	523.138	593.661
de 9 a 10 y de 14 a 15	1564.407	676.633	887.773
de 10 a 11 y de 13 a 14	1913.752	785.171	1128.581
de 11 a 12 y de 12 a 13	2105.272	841.354	1263.918

OCTUBRE	(I _{ht}) GLOBAL I _{htoct_k}	(I _{hd}) DIFUSA I _{hd_k}	(I _{hb}) DIRECTA I _{hb_k}
de 6 a 7 y de 17 a 18	129.101	67.261	61.84
de 7 a 8 y de 16 a 17	620.991	278.7	342.291
de 8 a 9 y de 15 a 16	1172.975	468.271	704.704
de 9 a 10 y de 14 a 15	1701.471	623.056	1078.415
de 10 a 11 y de 13 a 14	2117.389	732.505	1384.884
de 11 a 12 y de 12 a 13	2346.421	789.16	1557.261

NOVIEMBRE	(I _{ht}) GLOBAL I _{htnov_k}	(I _{hd}) DIFUSA I _{hd_k}	(I _{hb}) DIRECTA I _{hb_k}
de 6 a 7 y de 17 a 18	32.731	13.686	19.045
de 7 a 8 y de 16 a 17	608.696	216.134	392.562
de 8 a 9 y de 15 a 16	1270.959	397.645	873.314
de 9 a 10 y de 14 a 15	1913.967	545.848	1368.119
de 10 a 11 y de 13 a 14	2424.133	650.643	1773.49
de 11 a 12 y de 12 a 13	2706.272	704.889	2001.383

DICIEMBRE	(I _{ht}) GLOBAL I _{htdic_k}	(I _{hd}) DIFUSA I _{hd_k}	(I _{hb}) DIRECTA I _{hb_k}
de 6 a 7 y de 17 a 18	0	0	0
de 7 a 8 y de 16 a 17	549.199	184.096	365.103
de 8 a 9 y de 15 a 16	1226.999	360.503	866.496
de 9 a 10 y de 14 a 15	1890.392	504.539	1385.853
de 10 a 11 y de 13 a 14	2419.15	606.388	1812.763
de 11 a 12 y de 12 a 13	2712.272	659.108	2053.164

CALCULO DEL ANGULO DE INCIDENCIA SOBRE UNA SUPERFICIE INCLINADA

Valores horarios en los días más representativos del mes
El ángulo es con relación a un eje normal al plano.

$\phi := 19.21\text{-deg}$...latitud del lugar.

$s := 20\text{-deg}$...ángulo de inclinación del colector.

DECLINACION

$$\Gamma_i := 2 \cdot \pi \cdot \frac{n_i - 1}{365}$$

$$\begin{aligned} \delta_i := & 0.006918 - 0.399912 \cdot \cos(\Gamma_i) \dots \\ & + 0.070257 \cdot \sin(\Gamma_i) - 0.006758 \cdot \cos(2 \cdot \Gamma_i) \dots \\ & + 0.000907 \cdot \sin(2 \cdot \Gamma_i) - 0.002697 \cdot \cos(3 \cdot \Gamma_i) + 0.00148 \cdot \sin(3 \cdot \Gamma_i) \end{aligned}$$

Días representativos de los 12 meses del año
(KLEIN):

DECLINACION (rad)

ANGULO HORARIO

δ_i			$\omega_i :=$
-0.365	enero 17	6 1/2	82.5-deg
-0.22	febrero 16	7 1/2	67.5-deg
-0.036	marzo 16	8 1/2	52.5-deg
0.165	abril 15	9 1/2	37.5-deg
0.326	mayo 15	10 1/2	22.5-deg
0.402	junio 11	11 1/2	7.5-deg
0.373	agosto 14	13 1/2	-7.5-deg
0.244	septiembre 15	14 1/2	-22.5-deg
0.058	octubre 15	15 1/2	-37.5-deg
-0.143	noviembre 14	16 1/2	-52.5-deg
-0.315	diciembre 10	17 1/2	-67.5-deg
-0.399			-82.5-deg

Angulo de incidencia con respecto al eje normal al plano del colector

$$\theta \Gamma_i := \arccos(\sin(\delta_i) \cdot \sin(\phi - s) + \cos(\delta_i) \cdot \cos(\phi - s) \cdot \cos(\omega_i))$$

ANGULO DE INCIDENCIA HORARIO, PROMEDIO MENSUAL

$$\frac{\phi}{\text{deg}} = 19.21$$

...latitud en grados.

$$\frac{s}{\text{deg}} = 20$$

...inclinación hacia el sur en grados.

	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio
	$\theta T1_i$	$\theta T2_i$	$\theta T3_i$	$\theta T4_i$	$\theta T5_i$	$\theta T6_i$
	deg	deg	deg	deg	deg	deg
de 6 a 7	82.713	82.509	82.477	82.735	83.152	83.413
de 7 a 8	68.753	67.887	67.487	67.966	69.017	69.712
de 8 a 9	55.001	53.342	52.497	53.265	55.093	56.306
de 9 a 10	41.756	38.999	37.508	38.724	41.66	43.563
de 10 a 11	29.783	25.241	22.527	24.646	29.454	32.358
de 11 a 12	21.405	13.963	7.601	12.699	20.812	24.921
de 12 a 13	21.405	13.963	7.601	12.699	20.812	24.921
de 13 a 14	29.783	25.241	22.527	24.646	29.454	32.358
de 14 a 15	41.756	38.999	37.508	38.724	41.66	43.563
de 15 a 16	55.001	53.342	52.497	53.265	55.093	56.306
de 16 a 17	68.753	67.887	67.487	67.966	69.017	69.712
de 17 a 18	82.713	82.509	82.477	82.735	83.152	83.413

	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
	$\theta T7_i$	$\theta T8_i$	$\theta T9_i$	$\theta T10_i$	$\theta T11_i$	$\theta T12_i$
	deg	deg	deg	deg	deg	deg
de 6 a 7	83.307	82.917	82.56	82.464	82.625	82.783
de 7 a 8	69.428	68.41	67.592	67.624	68.401	69.023
de 8 a 9	55.811	54.033	52.637	52.813	54.335	55.506
de 9 a 10	42.791	39.967	37.709	38.084	40.664	42.572
de 10 a 11	31.196	26.74	22.866	23.612	28.037	31.051
de 12 a 13	23.317	16.541	8.56	10.535	18.759	23.224
de 13 a 14	23.317	16.541	8.56	10.535	18.759	23.224
de 14 a 15	31.196	26.74	22.866	23.612	28.037	31.051
de 15 a 16	42.791	39.967	37.709	38.084	40.664	42.572
de 16 a 17	55.811	54.033	52.637	52.813	54.335	55.506
de 17 a 18	69.428	68.41	67.592	67.624	68.401	69.023
	83.307	82.917	82.56	82.464	82.625	82.783

ANÁLISIS ÓPTICO

REFLEXION:

RELACION DE FRESNEL:

i = ángulo de incidencia.

I_p = radiación reflejada.

n_1 = índice de refracción del medio 1

$n_1 := 1.000$ (aire)

n_2 = índice de refracción del medio 2

$n_2 := 1.526$ (vidrio)

n = número de cubiertas.

$n := 1$

O_2 = ángulo de refracción.

$$O_{2enc_i} := \text{asin}\left(n_1 \cdot \frac{\sin(O_{1enc_i})}{n_2}\right) \quad (\text{Ley de Snell})$$

REFLEXIÓN CUANDO EL ÁNGULO DE INCIDENCIA NO ES NORMAL
($O_1 \neq 0$):

$$I_{penc_i} := \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{\sin(O_{2enc_i} - O_{1enc_i})^2}{\sin(O_{2enc_i} + O_{1enc_i})^2} + \frac{\tan(O_{2enc_i} - O_{1enc_i})^2}{\tan(O_{2enc_i} + O_{1enc_i})^2} \right)$$

Componentes polarizadas:

$$CP_{1enc_i} := \left(\frac{\sin(O_{2enc_i} - O_{1enc_i})^2}{\sin(O_{2enc_i} + O_{1enc_i})^2} \right)$$

$$CP_{2enc_i} := \left(\frac{\tan(O_{2enc_i} - O_{1enc_i})^2}{\tan(O_{2enc_i} + O_{1enc_i})^2} \right)$$

LEY DE SNELL PARA CALCULAR EL ÁNGULO DE REFRACCIÓN A PARTIR DEL ÁNGULO DE INCIDENCIA:

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{\sin O_2}{\sin O_1} \quad \frac{n_1}{n_2} = 0.655 \quad \dots\dots\dots(2)$$

REFLEXIÓN CUANDO EL ÁNGULO DE INCIDENCIA ES NORMAL ($O_1 = 0$):

$$I_p = \frac{I_r}{I_o} \quad \dots \text{también:} \quad I_p = \left(\frac{n_2 - n_1}{n_2 + n_1} \right)^2 \quad \dots(3)$$

$$I_p \cdot 100 = 4.336 \quad \%$$

TRANSMISION

TRANSMISION A TRAVES DE UNA SOLA CUBIERTA DE VIDRIO
CONSIDERANDO SOLO REFLEXION (NO ABSORCION) (τ_1):

$$\tau_1 \text{ene}_i := \frac{1 - \rho \text{ene}_i}{1 + \rho \text{ene}_i} \quad \dots\dots(4)$$

TRANSMISION A TRAVES DE "n" CUBIERTAS DE VIDRIO CONSIDERANDO
SOLO REFLEXION (NO ABSORCION) (τ_n):

A incidencia normal:

Número de cubiertas: $n = 1$

$$\tau_n 0 := \frac{1 - \rho 0}{1 + (2 \cdot n - 1) \cdot \rho 0}$$

$$\tau_n 0 = 0.917 \quad \dots(5)$$

A incidencia diferente de 0:

$$\tau_n \text{CP1ene}_i := \frac{1 - \text{CP1ene}_i}{1 + (2 \cdot n - 1) \cdot \text{CP1ene}_i}$$

$$\tau_n \text{CP2ene}_i := \frac{1 - \text{CP2ene}_i}{1 + (2 \cdot n - 1) \cdot \text{CP2ene}_i}$$

RADIACION TRANSMITIDA, SIN CONSIDERAR ABSORCION:

$$\tau \text{ene}_i := 0.5 \cdot (\tau_n \text{CP1ene}_i + \tau_n \text{CP2ene}_i)$$

TRANSMISION A TRAVES DE "n" CUBIERTAS CONSIDERANDO ABSORCION (τ_a):

Coefficiente de extinción (propiedad óptica)

$k = 0.04 / \text{cm}$ para vidrios claros $k = 0.32 / \text{cm}$
para vidrios verdes del país.

$k := 0.1 \quad / \text{cm}$

$n = 1$

$l := 0.4 \quad \text{cm}$

...coeficiente de extinción.

...número de cubiertas.

...anótese el espesor del vidrio.

$$\tau_a \text{ene}_i := e^{-n \cdot k \cdot \frac{l}{\cos(\theta_2 \text{ene}_i)}} \quad \dots\dots(6)$$

TRANSMISION TOTAL.

Considerando ambos fenómenos, absorción y reflexión:

$$\tau_{ene_i} := \tau_{ene_i} \tau_{ene_i} \dots (7)$$

PRODUCTO TRANSMITANCIA-ABSORTANCIA

Hasta este punto hemos valorado solamente la energía que pasa a través del vidrio, a continuación consideraremos las propiedades ópticas del colector:

REFLECTANCIA DIFUSA:

ρ_d = reflectancia difusa para 1 cubierta:	$\rho_{d1} := 0.16$
para 2 cubiertas:	$\rho_{d2} := 0.24$
para 3 cubiertas:	$\rho_{d3} := 0.29$
para 4 cubiertas:	$\rho_{d4} := 0.32$
α = absortancia sup. selectiva:	$\alpha_1 := 0.95$
negro mate comercial:	$\alpha_2 := 0.83$

Una superficie selectiva tiene una alta absorción de la radiación solar y una baja emisividad de radiación infrarroja. Se propone superficie selectiva:

$\rho_d := \rho_{d1}$	$\rho_d := \rho_{d1}$
$\alpha_1 := 0.95$	$\alpha_2 := 0.83$

SUPERFICIE SELECTIVA

NEGRO MATE COMERCIAL

$$\tau \alpha_1 \tau_{ene_i} := \frac{\tau_{ene_i} \alpha_1}{1 - (1 - \alpha_1) \rho_d}$$

$$\tau \alpha_2 \tau_{ene_i} := \frac{\tau_{ene_i} \alpha_2}{1 - (1 - \alpha_2) \rho_d}$$

**PRODUCTO TRANSMITANCIA-ABSORTANCIA
EFFECTIVO.**

El valor de "a" puede ser cualquiera de los siguientes dependiendo de el numero de cubiertas y de la emisividad de la placa.

NEGRO MATE COMERCIAL.

SUPERFICIE SELECTIVA

$\epsilon = 0.95$

$\epsilon = 0.10$

τ_{aef1} $a1 := 0.27$

1 cubierta

$a01 := 0.13$

τ_{aef1}

τ_{aef2} $a21 := 0.15$

2 cubiertas

$a021 := 0.09$

τ_{aef2}

$a22 := 0.62$

$a022 := 0.40$

τ_{aef3} $a31 := 0.14$

3 cubiertas

$a031 := 0.06$

τ_{aef3}

$a32 := 0.45$

$a032 := 0.31$

$a33 := 0.75$

$a033 := 0.53$

$\tau_{aene_i} := \tau_{aene_i}$ (superficie selectiva)

$$\tau_{aef1ene_i} := \tau_{aene_i} + (1 - \tau_{aene_i}) \cdot a01 \cdot (\tau_{aene_i})^{1-1} \quad (1 \text{ cubierta})$$

$$\tau_{aef2ene_i} := \tau_{aene_i} + (1 - \tau_{aene_i}) \cdot a21 \cdot (\tau_{aene_i})^{2-1} \dots \\ + (1 - \tau_{aene_i}) \cdot a22 \cdot (\tau_{aene_i})^{1-1} \quad (2 \text{ cubiertas})$$

$$\tau_{aef3ene_i} := \tau_{aene_i} + (1 - \tau_{aene_i}) \cdot a31 \cdot (\tau_{aene_i})^{3-1} \dots \\ + (1 - \tau_{aene_i}) \cdot a32 \cdot (\tau_{aene_i})^{2-1} \dots \\ + (1 - \tau_{aene_i}) \cdot a33 \cdot (\tau_{aene_i})^{1-1} \quad (3 \text{ cubiertas})$$

ANALISIS OPTICO

TABLA DE RESULTADOS

CONSTANTES CONSIDERADAS:

$n = 1$	...No. de cubiertas	$a_1 = 0.95$	...absortancia (superficie selectiva)
$n_1 = 1$	...índice ref. aire	$k = 0.1$	...coeficiente de extinción
$n_2 = 1.526$	...índice ref. vidrio	$l = 0.4$	...espesor del vidrio
		$c = 0.15$	...emitancia (superficie selectiva)

	ANGULO DE INCIDENCIA (grados)	TRANSMISION (reflexión y absorción) (%)	TRANSMITANCIA ABSORTANCIA (%)	TRANSMITANCIA ABSORTANCIA EFFECTIVA (%)
ENERO				
	01 ene _i	$\tau_{ene} \cdot 100$	$\tau_{ene} \cdot 100$	$\tau_{ef} \tau_{ene} \cdot 100$
6 a 7 y 17 a 18	82.713	32.947	31.552	32.218
7 a 8 y 16 a 17	68.753	70.792	67.794	68.435
8 a 9 y 15 a 16	55.001	83.103	79.585	80.187
9 a 10 y 14 a 15	41.756	86.657	82.988	83.553
10 a 11 y 13 a 14	29.783	87.671	83.959	84.497
11 a 12 y 12 a 13	21.405	87.935	84.212	84.736
FEBRERO				
	01 feb _i	$\tau_{feb} \cdot 100$	$\tau_{feb} \cdot 100$	$\tau_{ef} \tau_{feb} \cdot 100$
	deg			
6 a 7 y 17 a 18	82.509	33.767	32.338	33.004
7 a 8 y 16 a 17	67.887	72.073	69.021	69.66
8 a 9 y 15 a 16	53.342	83.81	80.261	80.858
9 a 10 y 14 a 15	38.999	86.997	83.314	83.872
10 a 11 y 13 a 14	25.241	87.84	84.121	84.652
11 a 12 y 12 a 13	13.963	88.039	84.312	84.828
MARZO				
	01 mar _i	$\tau_{mar} \cdot 100$	$\tau_{mar} \cdot 100$	$\tau_{ef} \tau_{mar} \cdot 100$
	deg			
6 a 7 y 17 a 18	82.477	33.895	32.46	33.127
7 a 8 y 16 a 17	47.487	85.61	81.986	82.566
8 a 9 y 15 a 16	52.497	84.131	80.569	81.164
9 a 10 y 14 a 15	37.508	87.148	83.459	84.014
10 a 11 y 13 a 14	22.527	87.911	84.189	84.715
11 a 12 y 12 a 13	7.601	88.079	84.35	84.861
ABRIL				
	01 abr _i	$\tau_{abr} \cdot 100$	$\tau_{abr} \cdot 100$	$\tau_{ef} \tau_{abr} \cdot 100$
	deg			
6 a 7 y 17 a 18	82.735	32.858	31.467	32.133
7 a 8 y 16 a 17	67.966	71.96	68.913	69.552
8 a 9 y 15 a 16	53.265	83.84	80.29	80.887
9 a 10 y 14 a 15	38.724	87.027	83.342	83.9
10 a 11 y 13 a 14	24.646	87.857	84.138	84.667
11 a 12 y 12 a 13	12.699	88.05	84.322	84.837

ANALISIS OPTICO

TABLA DE RESULTADOS

	ANGULO DE INCIDENCIA (grados)	TRANSMISION (reflexión y absorción) (%)	TRANSMITANCIA ABSORTANCIA (%)	TRANSMITANCIA ABSORTANCIA EFECTIVA (%)
	01may _i deg	nmay _i · 100	τ ₁ may _i · 100	τ _{ef} 1may _i · 100
MAYO				
6 a 7 y 17 a 18	83.152	31.156	29.837	30.504
7 a 8 y 16 a 17	69.017	70.382	67.402	68.043
8 a 9 y 15 a 16	55.093	83.061	79.544	80.146
9 a 10 y 14 a 15	41.454	86.699	83.028	83.592
10 a 11 y 13 a 14	29.454	87.686	83.973	84.511
11 a 12 y 12 a 13	20.812	87.946	84.223	84.747
	01jun _i deg	tjun _i · 100	τ ₁ jun _i · 100	τ _{ef} 1jun _i · 100
JUNIO				
6 a 7 y 17 a 18	83.413	30.075	28.802	29.469
7 a 8 y 16 a 17	69.712	69.259	66.327	66.97
8 a 9 y 15 a 16	56.306	82.469	78.977	79.583
9 a 10 y 14 a 15	43.563	86.383	82.726	83.296
10 a 11 y 13 a 14	32.358	87.536	83.83	84.374
11 a 12 y 12 a 13	24.921	87.85	84.13	84.66
	01jul _i deg	tjul _i · 100	τ ₁ jul _i · 100	τ _{ef} 1jul _i · 100
JULIO				
6 a 7 y 17 a 18	83.307	30.516	29.224	29.891
7 a 8 y 16 a 17	69.428	69.726	66.774	67.416
8 a 9 y 15 a 16	55.811	82.718	79.216	79.82
9 a 10 y 14 a 15	42.791	86.506	82.843	83.411
10 a 11 y 13 a 14	31.196	87.601	83.892	84.433
11 a 12 y 12 a 13	23.317	87.892	84.171	84.698
	01ago _i deg	tago _i · 100	τ ₁ ago _i · 100	τ _{ef} 1ago _i · 100
AGOSTO				
6 a 7 y 17 a 18	82.917	32.119	30.759	31.426
7 a 8 y 16 a 17	68.41	71.31	68.291	68.931
8 a 9 y 15 a 16	54.033	83.528	79.992	80.591
9 a 10 y 14 a 15	39.967	86.887	83.209	83.77
10 a 11 y 13 a 14	26.74	87.792	84.075	84.608
11 a 12 y 12 a 13	16.541	88.012	84.286	84.804

ANÁLISIS ÓPTICO

TABLA DE RESULTADOS

	ANGULO DE INCIDENCIA (grados)	TRANSMISION (reflexión y absorción)	TRANSMITANCIA ABSORTANCIA (%)	TRANSMITANCIA ABSORTANCIA EFFECTIVA (%)
SEPTIEMBRE	01 sep _i deg	tsep _i · 100	τ1 sep _i · 100	τ1 ef1 sep _i · 100
6 a 7 y 17 a 18	82.56	33.563	32.142	32.808
7 a 8 y 16 a 17	67.592	72.488	69.419	70.057
8 a 9 y 15 a 16	52.637	84.08	80.52	81.115
9 a 10 y 14 a 15	37.709	87.129	83.44	83.996
10 a 11 y 13 a 14	22.866	87.903	84.181	84.708
11 a 12 y 12 a 13	8.56	88.075	84.346	84.858
OCTUBRE	01 oct _i deg	toct _i · 100	τ1 oct _i · 100	τ1 ef1 oct _i · 100
6 a 7 y 17 a 18	82.464	33.947	32.51	33.176
7 a 8 y 16 a 17	67.624	72.444	69.376	70.014
8 a 9 y 15 a 16	52.813	84.014	80.457	81.052
9 a 10 y 14 a 15	38.084	87.093	83.405	83.961
10 a 11 y 13 a 14	23.612	87.885	84.164	84.692
11 a 12 y 12 a 13	10.535	88.065	84.336	84.849
NOVIEMBRE	01 nov _i deg	tnov _i · 100	τ1 nov _i · 100	τ1 ef1 nov _i · 100
6 a 7 y 17 a 18	82.625	33.302	31.892	32.558
7 a 8 y 16 a 17	68.401	71.324	68.304	68.943
8 a 9 y 15 a 16	54.335	83.399	79.868	80.468
9 a 10 y 14 a 15	40.664	86.802	83.127	83.69
10 a 11 y 13 a 14	28.037	87.745	84.03	84.565
11 a 12 y 12 a 13	18.759	87.982	84.257	84.778
DICIEMBRE	01 dic _i deg	tdic _i · 100	τ1 dic _i · 100	τ1 ef1 dic _i · 100
6 a 7 y 17 a 18	82.783	32.664	31.281	31.947
7 a 8 y 16 a 17	69.023	70.372	67.393	68.034
8 a 9 y 15 a 16	55.506	82.866	79.358	79.961
9 a 10 y 14 a 15	42.572	86.539	82.875	83.442
10 a 11 y 13 a 14	31.051	87.609	83.899	84.44
11 a 12 y 12 a 13	23.224	87.894	84.173	84.7

ANÁLISIS ÓPTICO

TABLA DE RESULTADOS

	ÁNGULO DE INCIDENCIA (grados)	TRANSMISIÓN (reflexión y absorción) (%)	TRANSMITANCIA ABSORTANCIA (%)	TRANSMITANCIA ABSORTANCIA EFECTIVA (%)
	θ_{1sep_i} deg	$t_{sep_i} \cdot 100$	$\tau_{1sep_i} \cdot 100$	$\tau_{ef1sep_i} \cdot 100$
SEPTIEMBRE				
6 a 7 y 17 a 18	82.56	33.563	32.142	32.808
7 a 8 y 16 a 17	67.592	72.488	69.419	70.057
8 a 9 y 15 a 16	52.637	84.08	80.52	81.115
9 a 10 y 14 a 15	37.709	87.129	83.44	83.996
10 a 11 y 13 a 14	22.866	87.903	84.181	84.708
11 a 12 y 12 a 13	8.56	88.075	84.346	84.858
OCTUBRE				
	θ_{1oct_i} deg	$t_{oct_i} \cdot 100$	$\tau_{1oct_i} \cdot 100$	$\tau_{ef1oct_i} \cdot 100$
6 a 7 y 17 a 18	82.464	33.947	32.51	33.176
7 a 8 y 16 a 17	67.624	72.444	69.376	70.014
8 a 9 y 15 a 16	52.813	84.014	80.457	81.052
9 a 10 y 14 a 15	38.084	87.093	83.405	83.961
10 a 11 y 13 a 14	23.612	87.885	84.164	84.692
11 a 12 y 12 a 13	10.535	88.065	84.336	84.849
NOVIEMBRE				
	θ_{1nov_i} deg	$t_{nov_i} \cdot 100$	$\tau_{1nov_i} \cdot 100$	$\tau_{ef1nov_i} \cdot 100$
6 a 7 y 17 a 18	82.625	33.302	31.892	32.558
7 a 8 y 16 a 17	68.401	71.324	68.304	68.943
8 a 9 y 15 a 16	54.335	83.399	79.868	80.468
9 a 10 y 14 a 15	40.664	86.802	83.127	83.69
10 a 11 y 13 a 14	28.037	87.745	84.03	84.565
11 a 12 y 12 a 13	18.759	87.982	84.257	84.778
DICIEMBRE				
	θ_{1dic_i} deg	$t_{dic_i} \cdot 100$	$\tau_{1dic_i} \cdot 100$	$\tau_{ef1dic_i} \cdot 100$
6 a 7 y 17 a 18	82.783	32.664	31.281	31.947
7 a 8 y 16 a 17	69.023	70.372	67.393	68.034
8 a 9 y 15 a 16	55.506	82.866	79.358	79.961
9 a 10 y 14 a 15	42.572	86.539	82.875	83.442
10 a 11 y 13 a 14	31.051	87.609	83.899	84.44
11 a 12 y 12 a 13	23.224	87.894	84.173	84.7

ANÁLISIS TÉRMICO DE UN COLECTOR SOLAR PLANO

Para el análisis térmico deberá realizarse un balance de energía:

$$HR (\tau \alpha) A = Q_u + Q_l + Q_s$$

Q_u = calor útil

Q_l = pérdidas totales de calor

Q_s = cantidad de calor almacenado (despreciable, $Q_s = 0$).

HR = radiación solar global sobre el plano inclinado.

$(\tau \alpha)$ = producto transmitancia-absortancia efectivo.

A = área de la cubierta.

REGIMEN DE FUNCIONAMIENTO: se considera estacionario.

SUPONEMOS: - El flujo de calor es unidimensional.

- El flujo entre cabezales y largueros es uniforme.

- La placa y las cubiertas de vidrio tienen temperaturas uniformes.

- Las pérdidas de calor hacia arriba y hacia abajo se dispersan en un medio de igual temperatura

DETERMINACION DEL COEFICIENTE GLOBAL DE PERDIDAS DE CALOR:

$$Q_l = U_l \cdot A (T_p - T_a)$$

Donde:

T_p = Temperatura de la placa.

T_a = Temperatura ambiente.

Q_l = Pérdidas totales de calor.

U_l = Coeficiente Global de pérdidas de calor.

$U_l = U_T + U_B$ (suma de pérdidas de las caras superior e inferior).

A = Area del colector (placa absorbente).

(°C)

T_{a_i} :=

16.1	ene
16.9	feb
19.1	mar
19.7	abr
19.7	may
19.7	jun
17.6	jul
16.2	ago
16.2	sep
15.9	oct
16.1	nov
16.1	dic
15.7	

PERDIDAS POR LA CARA INFERIOR DEL COLECTOR (U_B):

Area del colector (placa absorbente):	$A := 1.85 \text{ m}^2$	$T_{e_i} :=$													
Temperatura de la placa:	$T_p := 65 + 273.15 \text{ K}$	<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td>26</td></tr><tr><td>28</td></tr><tr><td>30</td></tr><tr><td>32</td></tr><tr><td>33</td></tr><tr><td>33</td></tr><tr><td>32</td></tr><tr><td>32</td></tr><tr><td>31</td></tr><tr><td>30</td></tr><tr><td>28</td></tr><tr><td>27</td></tr></table>	26	28	30	32	33	33	32	32	31	30	28	27	ene feb mar abr may jun jul ago sep oct nov die
26															
28															
30															
32															
33															
33															
32															
32															
31															
30															
28															
27															
Espesor del aislante:	$l'' := 0.05 \text{ m}$														
Coefficiente de conducti- vidad térmica del aislante	$k := 0.045 \text{ W / m K}$														
$U_B := \frac{k}{l''}$	$U_B = 0.9 \text{ W / m}^2 \text{ K}$														
Temperatura ambiente (K):	$T_{a_i} := T_{a_i} + 273.15$	K													
Temperatura de cubierta (supuesta) (°C):	$T_{e_i} := T_{e_i} + 273.15$	K													

PERDIDAS POR LA CARA SUPERIOR DEL COLECTOR (U_T):

Para un colector con una sola cubierta (n = 1):

Coef. de convección placa-cubierta:	$h_{pc} := 3.399$	W / m ² K
Coef. de radiación placa-cubierta:	$h_{rpe} := 1.127$	W / m ² K
Coef. de convección cubierta-ambiente:	$h_{wa} := 17.1$	W / m ² K
Coef. de radiación cubierta-ambiente:	$h_{reamb} := 5.351$	W / m ² K
$U_T := \left(\frac{1}{h_{pc} + h_{rpe}} + \frac{1}{h_w + h_{reamb}} \right)^{-1}$	$U_T = 3.767$	W / m ² K

COEFICIENTE GLOBAL DE PERDIDAS DE CALOR:

$$U_L := U_T + U_B$$

$$U_L = 4.667 \text{ W / m}^2 \text{ K}$$

DETERMINACION DE LA TEMPERATURA DE LA CUBIERTA:

Es necesario verificar que la temperatura de la cubierta (T_c) inicialmente supuesta para el cálculo de coeficientes haya resultado correcta. Es aceptable una diferencia de un 10%. Si fuese mayor dicha diferencia se deberá repetir la iteración.

$$UT (T_p - T_a) = (h_{pc} + h_{rpe}) (T_p - T_c)$$

de donde:

$$T_{c_i} := T_p - \frac{UT \cdot (T_p - T_{a_i})}{h_{pc} + h_{rpe}}$$

Temperatura supuesta
273.15
$\frac{1}{1}$
$T_{c_i} = \frac{1}{1}$

Temperatura
calculada

26
28
30
32
33
33
32
32
31
30
28
27

	$T_{c_i} - 273.15$
	24.304
ene	24.97
feb	26.801
mar	27.3
abr	27.3
may	25.552
jun	24.387
jul	24.387
ago	24.138
sep	24.304
oct	24.304
nov	24.304
dic	23.971

TEMPERATURA DE CUBIERTA, PROMEDIO ANUAL:

$$\sum_i \frac{T_{c_i}}{12} - 273.15 = 25.143 \text{ } ^\circ\text{C}$$

similar a la supuesta para el cálculo de coeficientes.

PERDIDAS TOTALES DE CALOR:

$$QL_i := U_i \cdot A \cdot (T_p - T_{a_i})$$

	(W)
	QL_i
ene	422.17
feb	415.263
mar	396.27
abr	391.09
may	391.09
jun	409.22
jul	421.306
ago	421.306
sep	423.896
oct	422.17
nov	422.17
dic	425.623

METODO PARA CALCULAR EL COEFICIENTE DE PIERDIDAS POR LA PARTE SUPERIOR (UT).

KLEIN

LIMITACIONES:

se requiere hacer ajuste si el ángulo de inclinación es diferente de: $\alpha = 45^\circ$

temperatura de placa: $40^\circ\text{C} < T_p < 130^\circ\text{C}$

precisión: $\pm 0.2 \text{ W/m}^2\text{K}$

DATOS:

$n := 1$... número de cubiertas:

$v := 3$... velocidad del viento m/s

temperatura ambiente

$hw := 5.7 + 3.8 \cdot v$... coeficiente de convección del viento ($\text{W/m}^2\text{K}$)

($^\circ\text{C}$)

$T_{a_i} :=$

$$f := (1.0 - 0.04 \cdot hw + 5.0 \cdot 10^{-4} \cdot hw^2) \cdot \left(\frac{1.0}{1.0 + 0.058 \cdot n} \right)$$

ene
feb
mar
abr
may
jun
jul
ago
sep
oct
nov
dic

16.1
16.9
19.1
19.7
19.7
17.6
16.2
16.2
15.9
16.1
16.1
15.7

$T_p := 65 + 273.15$... temperatura de placa (K).

$T_{a_i} := T_{a_i} + 273.15$... temperatura ambiente (K).

$\epsilon_p := 0.15$... emisividad de la placa.

$\epsilon_v := 0.88$... emisividad del vidrio.

$\sigma := 5.67 \cdot 10^{-8}$... constante de Stefan Boltzmann.

$s := 20$... inclinación del colector.

$$UT_i := \left[\frac{n}{\frac{344 \cdot (T_p - T_{a_i})^{0.31}}{T_p} \cdot \left(\frac{1}{n+f} \right)} + \frac{1}{hw} \right]^{-1} \dots$$

$$+ \frac{\sigma \cdot (T_p + T_{a_i}) \cdot [(T_p)^2 + (T_{a_i})^2]}{(\epsilon_p + 0.0425 \cdot n \cdot (1 - \epsilon_p))^{-1} + \left(\frac{2 \cdot n + f - 1}{\epsilon_v} \right) - n}$$

$\text{W/m}^2\text{K}$

	UT_i
ene	3.716
feb	3.709
mar	3.689
abr	3.684
may	3.684
jun	3.703
jul	3.715
ago	3.715
sep	3.717
oct	3.716
nov	3.716
dic	3.719

$UT_{s_i} = UT_i \cdot (1 - (s - 45) \cdot (0.00259 - 0.00144 \cdot \epsilon_p))$

...cuando el ángulo de inclinación es diferente de 45 grados es necesario hacer la corrección.

W/m²K

PERDIDAS POR LA CARA INFERIOR DEL
COLECTOR:

Datos adicionales:

$L'' := 0.05$

... espesor del aislante (m):

$k := 0.045$

... coeficiente de conductividad térmica del aislante (W / m K):

$UB := \frac{k}{L''}$

$UB = 0.9 \quad W / m^2 K$

	UTs _i
ene	3.936
feb	3.929
mar	3.908
abr	3.902
may	3.902
jun	3.923
jul	3.935
ago	3.935
sep	3.938
oct	3.938
nov	3.936
dic	3.936
	3.94

COEFICIENTE GLOBAL DE PERDIDAS DE CALOR :

$UI_i := UTs_i + UB$

W/m²K

	UI _i
ene	4.836
feb	4.829
mar	4.808
abr	4.802
may	4.802
jun	4.802
jul	4.823
ago	4.835
sep	4.835
oct	4.838
nov	4.836
dic	4.836
	4.84

COEFICIENTE GLOBAL
PROMEDIO ANUAL.

$\sum_i \frac{UI_i}{12} = 4.827 \quad W/m^2K$

FACTORES DE DISEÑO

Habíamos determinado que:

$$HR * (\alpha_{ef}) * \Lambda = Q_u + Q_L$$

También que:

$$Q_L = U_L * \Lambda (T_p - T_a) \quad (1)$$

Si llamamos "S" al producto HR * (α_{ef}):

$$Q_u = S * \Lambda - Q_L \quad (2)$$

De 1 y 2 obtenemos la ecuación de calor útil:

$$Q_u = \Lambda (S - U_L * (T_p - T_a)) \quad (3)$$

FACTOR DE EFICIENCIA (F') DE UN COLECTOR DE TUBO (cobre de 3/8" tipo "m") Y ALETA:

$U_L := 4.83$ $\frac{W}{m^2 K}$...coeficiente global de pérdidas de calor.

$D := 1.27$ cm ...diámetro exterior de tubos.

$D_i := 1.14$ cm ...diámetro interior de tubos.

$W := 10$ cm ...distancia @ de tubos.

$m := 0.02$ Kg / s ...flujo másico.

$k := 385$ $\frac{W}{m K}$...coeficiente de conductividad térmica del cobre.

$\delta := 0.03$ cm ...espesor de placa.

$k_b := 63$ $\frac{W}{m K}$...coeficiente de conductividad térmica de la unión soldada (estaño).

$b := 1.00$ m ...longitud de la unión soldada.

$\Gamma := 0.003$ m ...espesor de la unión soldada.

$C_b := \frac{k_b \cdot b}{\Gamma}$...conductancia de la unión soldada:

si $C_b = 21000 > 33 \text{ W / m K}$: ...se considera una unión de buena conductancia.

o si $\frac{1}{C_b} = 0 < 0.03 \text{ W / m K}$: ...se considera aceptable la resistencia térmica.

h_f = Coeficiente de transferencia de calor por conducción entre el fluido y la pared del fluido.

Valores de h_f : CONVECCION NATURAL: $h_f = 300 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
 CONVECCION FORZADA: $h_f = 1500 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

$$\text{mm} := \sqrt{\frac{UL}{k \cdot \delta}}$$

En este caso: $h_f := 1500 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
 $\text{mm} = 0,647$

FACTOR DE ALIETA:

$$F' := \frac{(\tanh(\text{mm}) \cdot (W - D)) \cdot 0,5}{\text{mm} \cdot (W - D) \cdot 0,5} \quad F' = 0,884$$

FACTOR DE EFICIENCIA:

$$F'' := \frac{\frac{1}{UL}}{W \cdot \left[\frac{1}{UL \cdot (D + (W - D) \cdot F')} + \frac{1}{Cb} + \frac{1}{\pi \cdot D \cdot h_f} \right]} \quad F'' = 0,89$$

$L' := 2,0 \text{ m}$...largo del colector.

$W' := 1,0 \text{ m}$...ancho del colector.

$A := L' \cdot W'$...área del colector.

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

FACTOR DE REMOCION DE CALOR (FR):

$G := \frac{m}{A} \text{ Kg/s m}^2 \quad G = 0,01$...flujo máscico por unidad de superficie del colector.

$C_p := 4187 \text{ J/Kg K}$...calor específico del agua.

$$FR := \left(G \cdot C_p \cdot \frac{1 - e^{-\frac{UL \cdot F'}{G \cdot C_p}}}{UL} \right) \quad FR = 0,848$$

CALCULO DEL CALOR UTIL. CON BASE EN LA TEMPERATURA DE ENTRADA.
CALCULO DE LA EFICIENCIA.

DATOS:

U_L := 4.83 W / m² K

...coeficiente global de pérdidas de calor.

A := 2.0 m²

...área del colector.

FR := 0.84^o
(°C)
TEMPERATURA AMBIENTE

...factor de renovación de calor.
(°C)

TEMPERATURA DE ENTRADA

T_e := T_a + 5

	T _a :=
ene	16.1
feb	16.9
mar	19.1
abr	19.7
may	19.7
jun	17.6
jul	16.2
ago	16.2
sep	15.9
oct	16.1
nov	16.1
dic	15.7

T_a := T_a + 273.15

	T _e
ene	21.1
feb	21.9
mar	24.1
abr	24.7
may	24.7
jun	22.6
jul	21.2
ago	21.2
sep	20.9
oct	21.1
nov	21.1
dic	20.7

T_e := T_e + 273.15

IRRADIACION HORARIA, PROMEDIO MENSUAL SOBRE EL PLANO INCLINADO (HIR):
(KJ / m² hr)

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL
	HIR _{ene} :=	HIR _{feb} :=	HIR _{mar} :=	HIR _{abr} :=
6 a 7 y 17 a 18	0001	114	287	356
7 a 8 y 16 a 17	581	769	1037	946
8 a 9 y 15 a 16	1261	1513	1867	1586
9 a 10 y 14 a 15	1924	2229	2656	2186
10 a 11 y 13 a 14	2452	2794	3274	2652
11 a 12 y 12 a 13	2744	3106	3614	2907

PRODUCTO TRANSMITANCIA - ABSORTANCIA EFECTIVO HORARIO, PROMEDIO MENSUAL (τ_{ae}ef):

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL
	(%)	(%)	(%)	(%)
	τ _{ae} ef _{ene} :=	τ _{ae} ef _{feb} :=	τ _{ae} ef _{mar} :=	τ _{ae} ef _{abr} :=
6 a 7 y 17 a 18	32.2	33.0	33.1	32.1
7 a 8 y 16 a 17	68.4	69.7	82.6	69.5
8 a 9 y 15 a 16	80.2	80.8	81.1	80.9
9 a 10 y 14 a 15	83.5	83.9	84.0	83.9
10 a 11 y 13 a 14	84.5	84.6	84.7	84.7
11 a 12 y 12 a 13	84.7	84.8	84.9	84.8

DETERMINANDO "S":

	ENERO (W/m2)	FEBRERO (W/m2)	MARZO (W/m2)	ABRIL (W/m2)
	Sene _j	Sfeb _j	Smar _j	Sabr _j
6 a 7 y 17 a 18	0	10.45	26.388	31.743
7 a 8 y 16 a 17	110.39	148.887	237.934	182.631
8 a 9 y 15 a 16	280.923	339.584	420.594	356.409
9 a 10 y 14 a 15	446.261	519.481	619.733	509.459
10 a 11 y 13 a 14	575.539	656.59	770.299	623.957
11 a 12 y 12 a 13	645.602	731.636	852.302	684.76

CALOR UTIL

$$QU_{ene_j} := FR \cdot A \cdot [Sene_j - UL \cdot (T_e - T_a)]$$

	ENERO (W)	FEBRERO (W)	MARZO (W)	ABRIL (W)
	QU _{ene_j}	QU _{feb_j}	QU _{mar_j}	QU _{abr_j}
6 a 7 y 17 a 18	-40.958	23.235	3.796	12.878
7 a 8 y 16 a 17	146.263	211.554	362.577	268.783
8 a 9 y 15 a 16	435.487	534.977	672.368	563.512
9 a 10 y 14 a 15	715.9	840.081	1010.109	823.085
10 a 11 y 13 a 14	935.156	1072.618	1265.469	1017.272
11 a 12 y 12 a 13	1053.983	1199.896	1404.545	1120.395

EFICIENCIA

$$\eta_{feb_j} := \frac{QU_{feb_j}}{A \cdot HR_{feb_j}} \cdot 3.6$$

	(%)	(%)	(%)	(%)
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL
	$\eta_{ene} \cdot 100$	$\eta_{feb} \cdot 100$	$\eta_{mar} \cdot 100$	$\eta_{abr} \cdot 100$
6 a 7 y 17 a 18	$-7.373 \cdot 10^{-7}$	36.687	2.381	6.511
7 a 8 y 16 a 17	45.314	49.518	62.935	51.143
8 a 9 y 15 a 16	62.163	63.646	64.824	63.955
9 a 10 y 14 a 15	66.976	67.84	68.456	67.775
10 a 11 y 13 a 14	68.649	69.102	69.574	69.046
11 a 12 y 12 a 13	69.139	69.537	69.955	69.374

CALCULO DEL CALOR UTIL CON BASE EN LA TEMPERATURA DE ENTRADA.
CALCULO DE LA EFICIENCIA.

DATOS:

UI := 4.83 W/m² K

...coeficiente global de pérdidas de calor

A := 2.0 m²

...área del colector

FR := 0.848

...factor de remoción de calor

(o C)
TEMPERATURA
AMBIENTE

T_{a_i} :=

ene	16.1
feb	16.9
mar	19.1
abr	19.7
may	19.7
jun	17.6
jul	17.6
ago	16.2
sep	16.2
oct	15.9
nov	16.1
dic	16.1
	15.7

T_{a_i} := T_{a_i} + 273.15

(o C)
TEMPERATURA
DE ENTRADA

T_{e_i} := T_{a_i} + 5

ene	21.1
feb	21.9
mar	24.1
abr	24.7
may	24.7
jun	22.6
jul	21.2
ago	21.2
sep	20.9
oct	21.1
nov	21.1
dic	20.7

T_{e_i} := T_{e_i} + 273.15

IRRADIACION HORARIA, PROMEDIO MENSUAL, SOBRE EL PLANO INCLINADO (IIR):
(KJ / m² hr)

	MAYO IIR _{may_j} :=	JUNIO IIR _{jun_j} :=	JULIO IIR _{jul_j} :=	AGOSTO IIR _{ago_j} :=
6 a 7 y 17 a 18	423	371	345	356
7 a 8 y 16 a 17	960	791	753	869
8 a 9 y 15 a 16	1532	1236	1186	1420
9 a 10 y 14 a 15	2063	1647	1587	1935
10 a 11 y 13 a 14	2474	1964	1896	2334
11 a 12 y 12 a 13	2698	2136	2065	2552

PRODUCTO TRANSMITANCIA - ABSORTANCIA EFECTIVO, HORARIO, PROMEDIO
MENSUAL. (taef):

	MAYO (%) taef _{may_j} :=	JUNIO (%) taef _{jun_j} :=	JULIO (%) taef _{jul_j} :=	AGOSTO (%) taef _{ago_j} :=
6 a 7 y 17 a 18	30.5	29.5	29.9	31.4
7 a 8 y 16 a 17	68.0	67.0	67.4	68.9
8 a 9 y 15 a 16	80.1	79.6	79.8	80.6
9 a 10 y 14 a 15	83.6	83.3	83.4	83.8
10 a 11 y 13 a 14	84.5	84.4	84.4	84.6
11 a 12 y 12 a 13	84.7	84.7	84.7	84.8

DETERMINANDO "S":

	MAYO (W/m2)	JUNIO (W/m2)	JULIO (W/m2)	AGOSTO (W/m2)
	S _{may}	S _{jun}	S _{jul}	S _{ago}
6 a 7 y 17 a 18	35.838	30.401	28.654	31.051
7 a 8 y 16 a 17	181.333	147.214	140.978	166.317
8 a 9 y 15 a 16	340.87	273.293	262.897	317.922
9 a 10 y 14 a 15	479.074	381.098	367.655	450.425
10 a 11 y 13 a 14	580.703	460.449	444.507	548.49
11 a 12 y 12 a 13	634.779	502.553	485.849	601.138

CALOR UTIL

$$QU_{may_j} := FR \cdot A \cdot [S_{may_j} - UL \cdot (T_{e_s} - T_{a_s})]$$

	MAYO (W)	JUNIO (W)	JULIO (W)	AGOSTO (W)
	QU _{may}	QU _{jun}	QU _{jul}	QU _{ago}
6 a 7 y 17 a 18	19.822	10.602	7.639	11.704
7 a 8 y 16 a 17	266.583	208.716	198.141	241.115
8 a 9 y 15 a 16	537.157	422.547	404.914	498.238
9 a 10 y 14 a 15	771.552	605.383	582.584	722.962
10 a 11 y 13 a 14	943.914	739.963	712.925	889.281
11 a 12 y 12 a 13	1035.628	811.372	783.041	978.571

EFICIENCIA

$$\eta_{may_j} := \frac{QU_{may_j}}{A \cdot HR_{may_j}} \cdot 3.6$$

	(%) MAYO $\eta_{may} \cdot 100$	(%) JUNIO $\eta_{jun} \cdot 100$	(%) JULIO $\eta_{jul} \cdot 100$	(%) AGOSTO $\eta_{ago} \cdot 100$
6 a 7 y 17 a 18	8.435	5.144	3.986	5.918
7 a 8 y 16 a 17	49.984	47.496	47.364	49.943
8 a 9 y 15 a 16	63.112	61.536	61.454	63.157
9 a 10 y 14 a 15	67.319	66.162	66.078	67.252
10 a 11 y 13 a 14	68.676	67.817	67.683	68.582
11 a 12 y 12 a 13	69.093	68.374	68.255	69.021

CALCULO DEL CALOR UTIL CON BASE EN LA TEMPERATURA DE ENTRADA.
CALCULO DE LA EFICIENCIA

DATOS:

UI := 4.83 W / m² K

...coeficiente global de pérdidas de calor

A := 2.0 m²

...área del colector

FR := 0.848

...factor de remoción de calor

(o C)
TEMPERATURA
AMBIENTE

(o C)
TEMPERATURA
DE ENTRADA

T_{a1} :=

T_{e1} := T_{a1} + 5

ene
feb
mar
abr
may
jun
jul
ago
sep
oct
nov
dic

16.1
16.9
19.1
19.7
19.7
17.6
16.2
16.2
15.9
16.1
16.1
15.7

ene
feb
mar
abr
may
jun
jul
ago
sep
oct
nov
dic

21.1
21.9
24.1
24.7
24.7
22.6
21.2
21.2
20.9
21.1
21.1
20.7

T_{a1} := T_{a1} + 273.15

T_{e1} := T_{e1} + 273.15

IRRADIACION HORARIA, PROMEDIO MENSUAL SOBRE EL PLANO INCLINADO (HR):
(KJ / m² hr)

SEPTIEMBRE

OCTUBRE

NOVIEMBRE

DICIEMBRE

HR_{sep,j} :=

HR_{oct,j} :=

HR_{nov,j} :=

HR_{dic,j} :=

6 a 7 y 17 a 18
7 a 8 y 16 a 17
8 a 9 y 15 a 16
9 a 10 y 14 a 15
10 a 11 y 13 a 14
11 a 12 y 12 a 13

210
643
1117
1564
1914
2103

129
621
1173
1701
2117
2346

33
609
1271
1914
2424
2706

0001
549
1227
1890
2419
2712

PRODUCTO TRANSMITANCIA - ABSORTANCIA EFECTIVO, HORARIO, PROMEDIO
MENSUAL. (η_{ef}):

SEPTIEMBRE

OCTUBRE

NOVIEMBRE

DICIEMB

(%)

(%)

(%)

(%)

η_{efsep,j} :=

η_{efoct,j} :=

η_{efnov,j} :=

η_{efdic,j} :=

6 a 7 y 17 a 18
7 a 8 y 16 a 17
8 a 9 y 15 a 16
9 a 10 y 14 a 15
10 a 11 y 13 a 14
11 a 12 y 12 a 13

32.8
70.0
81.1
84.0
84.7
84.8

33.2
70.0
81.0
84.0
84.7
84.8

32.5
68.9
80.5
83.7
84.6
84.8

31.9
68.0
80.0
83.4
84.4
84.7

DETERMINANDO "S":

	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
	(W/m2)	(W/m2)	(W/m2)	(W/m2)
	S _{sep,j}	S _{oct,j}	S _{nov,j}	S _{dic,j}
6 a 7 y 17 a 18	19.133	11.897	2.979	0
7 a 8 y 16 a 17	125.028	120.75	116.556	103.7
8 a 9 y 15 a 16	251.635	263.925	284.21	272.667
9 a 10 y 14 a 15	364.933	396.9	445.005	437.85
10 a 11 y 13 a 14	450.322	498.083	569.64	567.121
11 a 12 y 12 a 13	495.373	552.613	637.413	638.073

CALOR UTIL

$$Q_{Usep,j} := FR \cdot A \cdot [S_{sep,j} - UL \cdot (T_{c5} - T_{a5})]$$

	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
	(W)	(W)	(W)	(W)
	Q _{Usep,j}	Q _{Uoct,j}	Q _{Unov,j}	Q _{Udic,j}
6 a 7 y 17 a 18	8.508	20.782	35.906	40.958
7 a 8 y 16 a 17	171.089	163.834	156.72	134.917
8 a 9 y 15 a 16	385.815	406.658	441.061	421.484
9 a 10 y 14 a 15	577.969	632.184	713.77	701.635
10 a 11 y 13 a 14	722.787	803.79	925.151	920.879
11 a 12 y 12 a 13	799.195	896.274	1040.095	1041.214

EFICIENCIA

$$\eta_{sep,j} := \frac{Q_{Usep,j}}{A \cdot FR_{sep,j}} \cdot 3.6$$

	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
	(%)	(%)	(%)	(%)
	$\eta_{sep,j} \cdot 100$	$\eta_{oct,j} \cdot 100$	$\eta_{nov,j} \cdot 100$	$\eta_{dic,j} \cdot 100$
6 a 7 y 17 a 18	7.293	28.998	195.849	7.373 · 10 ⁷
7 a 8 y 16 a 17	47.894	47.488	46.321	44.235
8 a 9 y 15 a 16	62.173	62.403	62.463	61.831
9 a 10 y 14 a 15	66.518	66.898	67.126	66.822
10 a 11 y 13 a 14	67.974	68.343	68.699	68.523
11 a 12 y 12 a 13	68.405	68.768	69.186	69.107

TABLA DE RESULTADOS												
MES / HORA	H	01'	τ	$\tau\alpha$	$\tau\alpha ef$	HR	S	F	F'	FR	QU	η
ENERO	KJ/m2 dia	grados	%	%	%	KJ/m2 hr.	W/m2				W	%
07-08	15000	68.7	70.8	67.8	68.4	581	110.4	0.884	0.89	0.85	146.3	46.3
08-09		55.0	83.1	79.6	80.2	1261	281.0				435.5	62.2
09-10		41.7	86.7	83.0	83.5	1924	446.3				715.9	67
10-11		29.8	87.7	84.0	84.5	2452	575.5				935.2	68.6
11-12		21.4	87.9	84.2	84.7	2744	645.6				1053.9	69.1
											η prom	62.44
FEBRERO	18620											
07-08		67.9	72.1	69.0	69.7	769	148.9	0.884	0.89	0.85	211.5	49.5
08-09		53.3	83.8	80.3	80.8	1513	339.6				535	63.6
09-10		40.0	87.0	83.3	83.9	2229	519.5				840.1	67.8
10-11		25.2	87.8	84.1	84.6	2794	656.6				1072.6	69.1
11-12		13.9	88.0	84.3	84.8	3106	731.6				1119.9	68.5
											η prom	63.9
MARZO	24150											
07-08		47.5	85.6	82.0	82.6	1037	237.9	0.884	0.89	0.85	362.6	62.9
08-09		52.5	84.1	80.6	81.1	1867	420.6				672.4	64.8
09-10		37.5	87.1	83.4	84.0	2656	619.7				1010.1	68.4
10-11		22.5	87.9	84.1	84.7	3274	770.3				1265.5	68.8
11-12		7.6	88.1	84.3	84.9	3614	852.3				1004.5	69.9
											η prom	67.12
ABRIL	22010											
07-08		70.0	72.0	68.9	69.5	946	182.6	0.884	0.89	0.85	268.8	51.1
08-09		53.3	83.8	80.3	80.9	1586	356.4				563.5	63.9
09-10		38.7	87.0	83.3	83.9	2186	509.5				823.1	67.8
10-11		24.6	87.8	84.1	84.7	2652	623.9				1017.3	69
11-12		12.7	88.0	84.3	84.8	2907	684.8				1120.4	69.4
											η prom	64.24
MAYO	22360											
07-08		69.0	70.4	67.4	68.0	960	181.3	0.884	0.89	0.85	266.6	50
08-09		55.1	83.1	79.5	80.1	1532	340.9				537.1	63.1
09-10		41.4	86.7	83.0	83.6	2063	479.1				770.5	67.3
10-11		29.4	87.7	83.9	84.5	2474	580.7				943.9	68.7
11-12		20.8	87.9	84.2	84.7	2698	634.8				1035.6	69.1
											η prom	63.64
JUNIO	18280											
07-08		69.7	69.2	66.3	66.9	791	147.2	0.884	0.89	0.85	208.7	47.5
08-09		56.3	82.5	78.9	79.6	1236	273.3				422.5	61.6
09-10		43.6	86.4	82.7	83.3	1647	381.1				605.4	66.1
10-11		32.3	87.5	83.8	84.4	1964	460.4				740	67.8
11-12		24.9	87.8	84.1	84.7	2136	502.5				811.4	68.3
											η prom	66.42

MES / HORA	H	01'	τ	ττ	ττef	HR	S	F	F'	FR	QU	η
JULIO	KJ/m2 dia	grados	%	%	%	KJ/m2 hr.	W/m2				W	%
											3599.4	
07-08	20160	69.4	69.7	66.8	67.4	753	141.1	0.884	0.89	0.85	198.1	47.3
08-09		55.8	82.7	79.2	79.8	1186	262.9				404.9	61.4
09-10		42.8	86.5	82.8	83.4	1587	367.6				582.6	66.1
10-11		31.2	87.6	83.9	84.4	1896	444.5				712.9	67.7
11-12		23.3	87.9	84.2	84.7	2065	485.8				783.1	68.2
											η prom	62.14
AGOSTO	20160											
07-08		68.4	71.3	68.3	68.9	868	166.3	0.884	0.89	0.85	241.1	50
08-09		54.0	83.5	80.0	80.6	1420	317.9				498.2	63.2
09-10		39.9	86.9	83.2	83.8	1935	450.4				722.9	67.2
10-11		26.7	87.8	84.1	84.6	2334	548.5				889.3	68.6
11-12		16.5	88.0	84.3	84.8	2552	601.1				978.6	69
											η prom	63.6
SEPTIEMBRE	15110											
07-08		67.6	72.5	69.4	70.0	643	125.0	0.884	0.89	0.85	171.1	47.9
08-09		52.6	84.1	80.5	81.1	1117	251.6				385.8	62.2
09-10		37.7	87.1	83.4	84.0	1564	364.9				578	66.6
10-11		22.9	87.9	84.2	84.7	1914	450.3				722.8	68
11-12		8.6	88.1	84.3	84.8	2105	495.4				799.2	68.4
											η prom	62.6
OCTUBRE	15050											
07-08		67.6	72.4	69.4	70.0	621	120.7	0.884	0.89	0.85	163.8	47.6
08-09		52.8	84.0	80.4	81.1	1173	263.9				406.6	62.4
09-10		38.1	87.1	83.4	83.9	1701	370.0				632.2	66.9
10-11		23.6	87.9	84.1	84.7	2117	498.1				803.8	68.3
11-12		10.5	88.1	84.3	84.8	2346	552.6				869.3	68.8
											η prom	62.78
NOVIEMBRE	15370											
07-08		68.4	71.3	68.3	68.9	609	116.5	0.884	0.89	0.85	156.7	46.3
08-09		54.3	83.4	79.8	80.5	1271	284.2				441.1	62.4
09-10		40.7	86.8	83.1	83.7	1914	445.1				713.8	67.1
10-11		28.0	87.7	84.0	84.6	2424	509.6				925.1	68.7
11-12		18.7	88.0	84.2	84.8	2706	637.4				1040.1	69.2
											η prom	62.74
DICIEMBRE	14450											
07-08		69.0	70.4	67.4	68.0	549	103.7	0.884	0.89	0.85	134.9	44.2
08-09		55.5	82.9	79.3	80.0	1227	272.7				421.5	61.8
09-10		42.6	86.5	82.9	83.4	1890	437.8				701.6	66.8
10-11		31.0	87.6	83.9	84.4	2419	567.2				920.9	68.5
11-12		23.2	87.9	84.2	84.7	2712	638.1				1041.2	69.1
											η prom	62.88

CALCULO DE NUMERO DE COLECTORES Y CAPACIDAD DEL TERMOTANQUE

	Calor útil por cada colector: (KJ/día)	Radiación incidente Global, mensual P. I. (KJ / m ² día)	Eficiencia promedio diario del equipo (%):
	$QU_i :=$	$HR_i :=$	
ene	23535	18165	
feb	27209	21244	
mar	31069	25639	
abr	27310	21408	
may	25587	20474	
jun	20074	16457	
ago	19307	15812	
sep	23977	19069	
oct	19129	15202	
nov	20705	16303	
dic	23593	18128	
	23185	17806	
		$\eta_i := \frac{QU_i}{A \cdot HR_i}$	η_i
			0.7
			0.692
			0.655
			0.69
			0.676
			0.659
			0.66
			0.68
			0.68
			0.686
			0.703
			0.704

Se dimensionará el sistema con los datos de enero, por ser el mes que presenta radiación en el plano inclinado baja, y calor útil bajo en el año, considerando la temperatura ambiente mínima extrema, con lo que se asegura satisfacer la demanda de agua caliente en los demás meses.

Temperatura promedio del agua en el mes de enero. $TT := 4.5$
 Temperatura de entrega. $Te := 50.0$
 Calor específico del agua. $Cp := 4.1868$
 Cantidad de agua a 50°C que entregará cada colector de 1.85 m² durante el mes de julio.

$$m = l \cdot \text{length}$$

$$m := \frac{QU_i}{Cp \cdot (Te - TT)} \quad m = 103.142 \quad \text{Kg/colector}$$

Agua caliente necesaria en un día.

Numero de habitantes $Nh := 4$

Consumo diario por habitante $Cd := 65$

Consumo total diario. $Dtd := Nh \cdot Cd$

Número de colectores necesario. $Nc := \left(Nh \cdot \frac{Cd}{m} \right)$
 $Nc = 2.521$

CAPACIDAD DEL TERMOTANQUE:

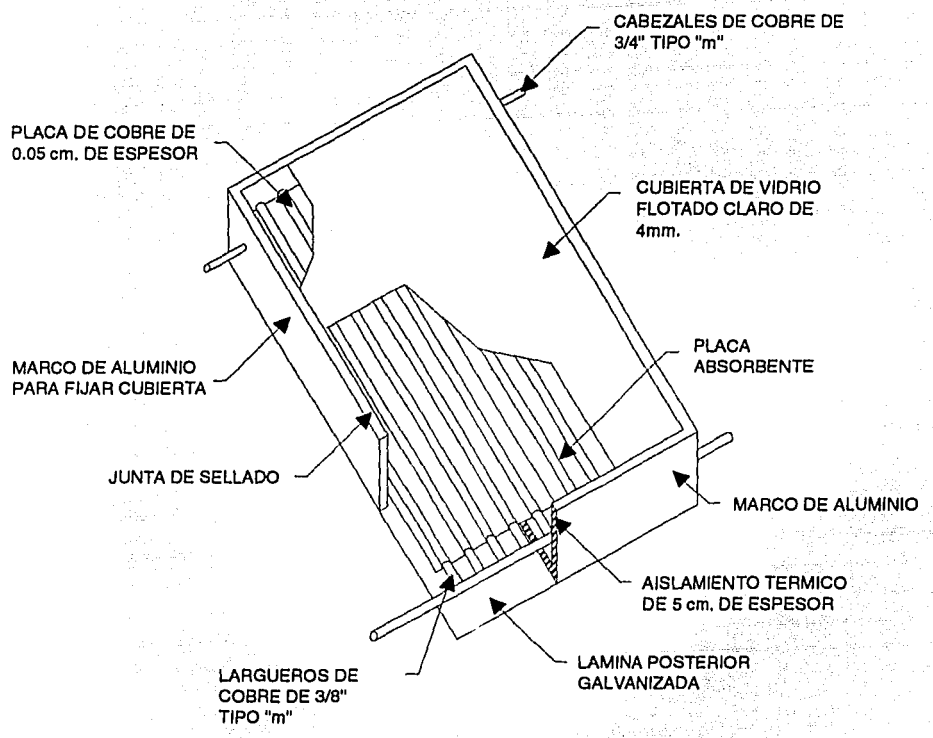
Radiación incidente en el día de diseño.	HR := 19413	KJ/m2
Eficiencia promedio del colector.	n := .513	
Area del colector.	A := 1.85	m2.
Temperatura del agua a la entrada	Tf := 12.5	°C
Temperatura de entrega.	Te := 50	°C
Densidad del agua.	p := 1.0	
Pérdidas caloríficas en el termotanque.	p := 3.0	W
Carga térmica a satisfacer durante el periodo de captación.		

$$QD := Cd \cdot Nh \cdot Cp \cdot (Te - Tf) \quad QD = 40821.3 \quad KJ.$$

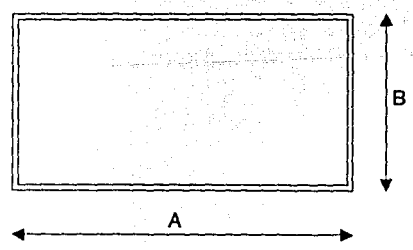
Capacidad del termotanque.

$$V := \left[\frac{(HR) \cdot n \cdot A \cdot (1 - p) - (QD)}{(Tf - Te) \cdot Cp \cdot p} \right] \quad V = 494.692 \quad \text{litros.}$$

ESPECIFICACIONES DEL COLECTOR SOLAR PLANO PROPUESTO

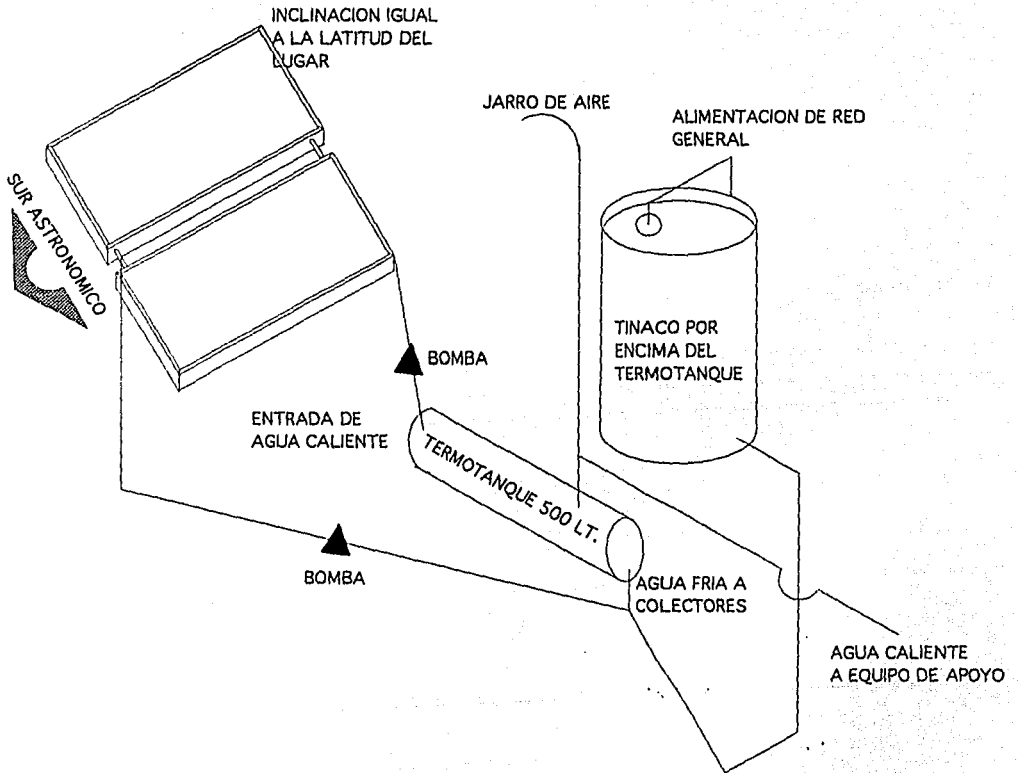


AREA DE CAPTACION 1.85



A	200,00
B	100,00

DIAGRAMA DE INSTALACION DEL SISTEMA PARA CALENTAMIENTO DE AGUA PROPUESTO



XVII BIBLIOGRAFIA GENERAL



XVII BIBLIOGRAFIA GENERAL

- Almanza, S.Rafael; Estrada. Cajigal V. Barrientos, Joel. Actualización de los Mapas de Irradiación Global Solar en la República Mexicana. Series del Instituto de Ingeniería U. N. A. M., No. 543 Septiembre de 1992
- Duffie, J. A; y Beckman, W.A. 1974 Solar Energy Thermal Processes John Wiley and sons. U. S. A.
- Koenigsberger, O. H; et al. 1977 Viviendas y Edificios en zonas cálidas y tropicales. Prarninfo. Madrid, España.
- La Comba, R; compiladora. 1991 Manual de Arquitectura Solar. Ed. Trillas, México.
- Manrique, J. A. 1984 Energia Solar Fundamentos y aplicaciones Fototérmicas. Ed. Harla. México.
- Rivero, R. 1988 Arquitectura y Clima Acondicionamiento Térmico Natural para el Hemisferio Norte, U.N.A.M. México
- Ashrae 1985 Handbook of Fundamentals. American Society Of heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., Atlanta, Ga; 1985