

XVII Simposio Peruano de Energía Solar



APES



UNSAAC

*BIOSOL: Software para el estudio del bioclima,
control solar e iluminación natural*

Oscar Ulises Preciado Olvera

OPreciadoO@iingen.unam.mx

David Morillón Gálvez

damg@pumas.iingen.unam.mx

Instituto de Ingeniería

Universidad Nacional Autónoma de México

Cusco, Perú, 5 de Noviembre de 2010

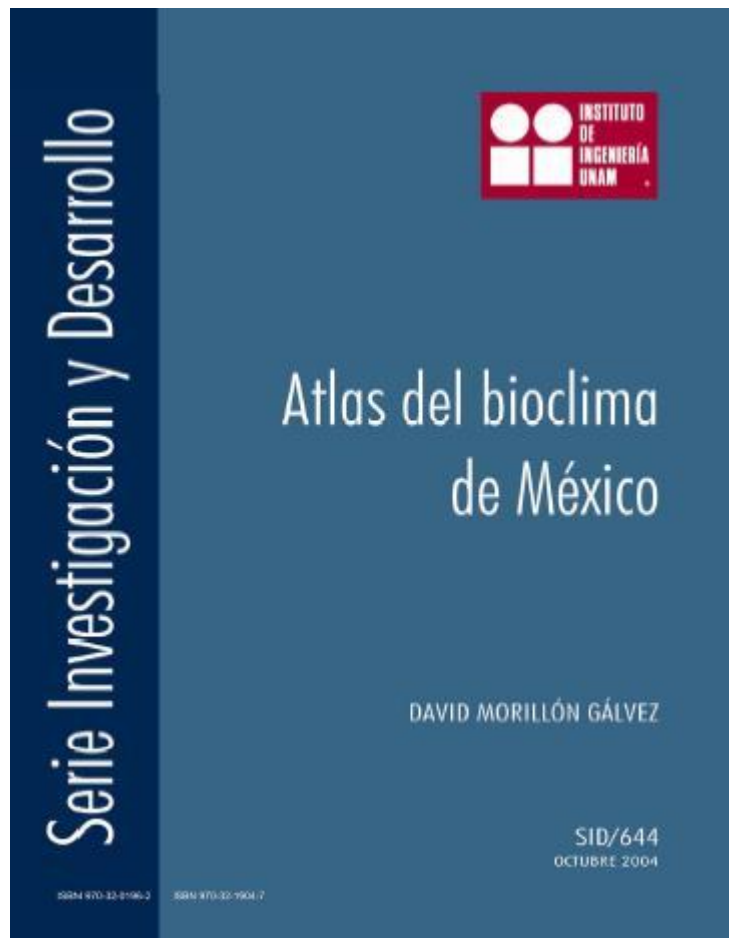


OBJETIVO

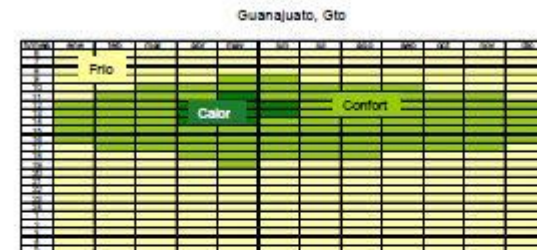


- Crear una herramienta que permita al diseñador bioclimático y/o arquitectónico obtener información básica para la toma de decisiones

- Atlas del bioclima de México



Guanajuato



León, Gto



- Modelo para diseño y evaluación del control solar en edificios

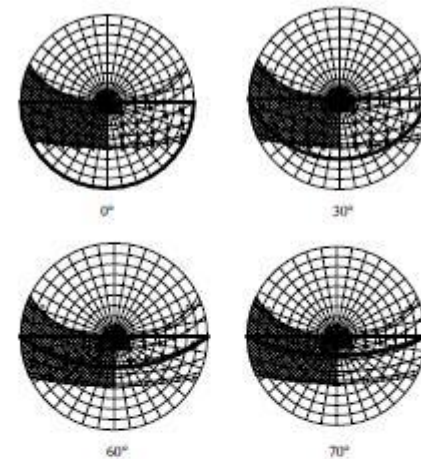
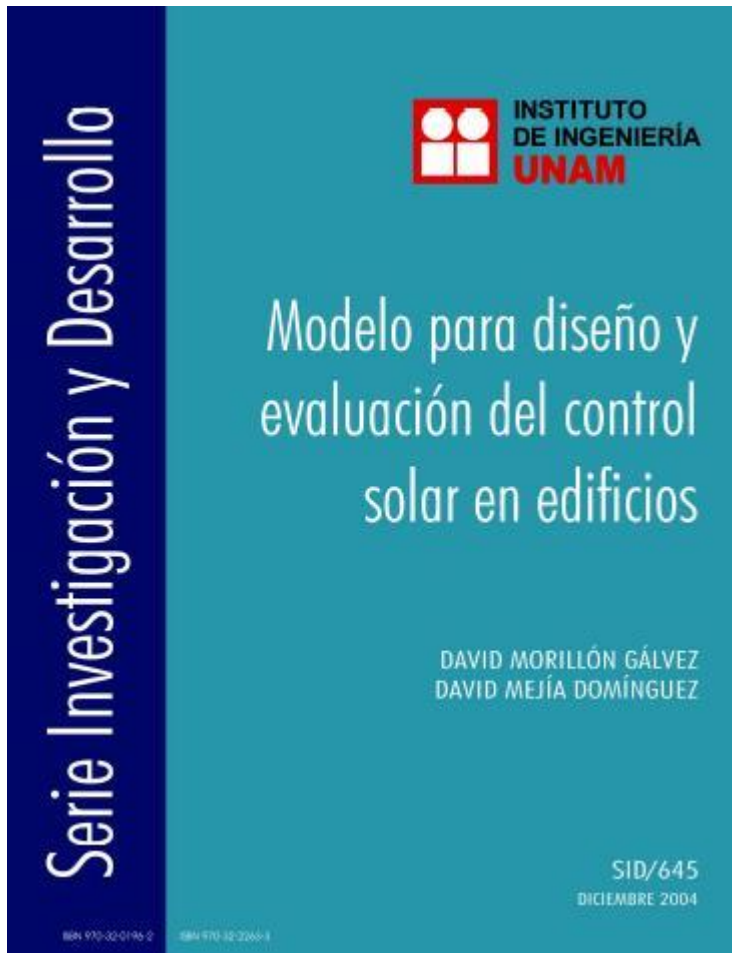


Fig 4.14 Mascarillas de sombreado sobre gráfica solar, a cada 10°, para un alero con orientación sur, semestre enero-junio

A continuación se calcula la eficiencia del alero para el periodo de calor, con la siguiente fórmula: $EPC = 1 - (K/T_2)$ y la eficiencia para el periodo de frío con: $EPF = L/T_1$. Lo mismo se hace con las mascarillas de 10°, 20°, 30°, 40°, etc (tablas 4.7 y 4.8), hasta obtener toda la información acerca de la eficiencia de los aleros con diferentes ángulos de protección, para la orientación analizada.

Por otra parte, la eficiencia global de los elementos de control durante todo el año (ED), es decir, la eficiencia ponderada, se define como:

$$ED = (T_1/(T_1 + T_2)) * EPF + (T_2/(T_1 + T_2)) * EPC$$



- Estudio del Bioclima
- Geometría Solar
- Control Solar
- Radiación Solar
- Iluminación Natural



- Datos de entrada:
 - Temperaturas máximas promedio mensuales
 - Temperaturas mínimas promedio mensuales
 - Latitud, longitud y altura de la localidad



UNIDAD DEL SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL
NORMALES CLIMATOLÓGICAS 1971-2000

ESTADO DE: HIDALGO

ESTACION: 00013056 PACHUCA, PACHUCA

LATITUD: 20°08'00" N.

LONGITUD: 096°44'00" W.

ALTURA:

MSNM.

ELEMENTOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
TEMPERATURA MAXIMA													
NORMAL	19.8	20.7	23.0	24.6	24.1	22.0	20.7	20.8	20.5	20.4	20.0	19.7	21.4
MAXIMA MENSUAL	25.1	22.8	25.6	28.8	26.9	26.0	22.6	23.2	23.5	22.5	22.0	22.0	
AÑO DE MAXIMA	1981	1981	1973	1982	1983	1983	1980	1978	1977	1980	1985	1987	
MAXIMA DIARIA	35.0	29.0	28.4	40.0	32.0	33.0	27.0	27.0	27.0	27.0	26.0	25.0	
FECHA MAXIMA DIARIA	08/1981	07/1974	11/1973	18/1982	09/1988	06/1977	06/1983	27/1985	01/1981	10/1977	21/1977	05/1987	
AÑOS CON DATOS	16	18	16	18	17	18	18	17	17	17	16	15	
TEMPERATURA MEDIA													
NORMAL	11.3	12.1	14.3	16.2	16.6	15.7	15.0	14.8	14.5	13.6	12.1	11.6	14.0
AÑOS CON DATOS	16	18	16	18	17	18	18	17	17	17	16	15	
TEMPERATURA MINIMA													
NORMAL	2.8	3.4	5.6	7.8	9.2	9.4	9.2	8.8	8.4	6.9	4.2	3.5	6.6
MINIMA MENSUAL	-3.0	-2.1	-0.8	4.3	6.4	5.2	6.8	5.9	5.6	3.3	-0.1	-0.2	
AÑO DE MINIMA	1986	1983	1986	1983	1985	1978	1980	1986	1985	1985	1982	1982	
MINIMA DIARIA	-9.0	-6.0	-7.0	-2.0	1.0	0.0	2.0	3.0	-2.0	-3.0	-6.0	-7.0	
FECHA MINIMA DIARIA	12/1986	17/1983	25/1986	10/1983	03/1983	06/1978	28/1982	06/1982	30/1979	28/1982	06/1982	21/1982	
AÑOS CON DATOS	16	18	16	18	17	18	18	17	17	17	16	15	
PRECIPITACION													
NORMAL	8.7	8.4	13.6	32.9	58.3	70.0	69.7	49.3	58.3	24.8	11.3	6.6	411.9
MAXIMA MENSUAL	36.3	42.3	34.2	108.9	203.9	142.8	152.6	102.6	156.9	75.6	40.2	22.5	
AÑO DE MAXIMA	1983	1979	1972	1976	1980	1973	1974	1975	1974	1981	1983	1978	
MAXIMA DIARIA	19.7	13.5	22.0	27.6	114.0	43.8	60.0	22.2	64.0	28.8	13.9	20.3	
FECHA MAXIMA DIARIA	18/1983	24/1981	04/1988	11/1976	14/1980	06/1983	04/1974	09/1975	20/1974	07/1976	05/1983	18/1976	
AÑOS CON DATOS	16	18	16	18	17	18	18	18	17	17	17	15	
EVAPORACION TOTAL													
NORMAL	121.0	137.4	181.7	181.4	187.5	156.4	147.9	153.4	133.7	136.7	117.3	112.6	1,767.0
AÑOS CON DATOS	16	15	15	16	16	18	17	17	17	16	16	15	
NUMERO DE DIAS CON LLUVIA													
NORMAL	2.6	2.6	3.1	6.9	9.4	11.7	12.4	9.3	10.0	5.2	3.2	1.9	78.3
AÑOS CON DATOS	16	18	16	18	17	18	18	18	17	17	17	15	
NIEBLA													
NORMAL	4.4	2.2	2.1	1.4	2.1	3.3	4.7	4.5	6.9	7.1	3.5	5.1	47.3
AÑOS CON DATOS	16	18	17	18	17	18	18	18	17	17	17	15	
GRANIZO													
NORMAL	0.0	0.0	0.4	0.6	0.6	0.3	0.3	0.2	0.2	0.0	0.1	0.1	2.8
AÑOS CON DATOS	16	18	17	18	17	18	18	18	17	17	17	15	
TORRENTA E.													
NORMAL	0.1	0.1	0.5	1.1	1.9	2.1	1.5	1.4	0.8	0.1	0.2	0.1	9.9
AÑOS CON DATOS	16	18	17	18	17	18	18	18	17	17	17	15	



- **Temperatura Horaria**

ESTIMACION DE TEMPERATURAS HORARIAS MEDIAS MENSUALES, A PARTIR DE MEDIAS EXTREMAS.												
Localidad	Pachuca	Lat. (xx.x)	20.13	Long.(xxx.x)	-98.75	Altitud (m)	2425					
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temp max	19.8	20.7	23	24.6	24.1	22	20.7	20.8	20.5	20.4	20	19.7
Temp min	2.8	3.4	5.6	7.8	9.2	9.4	9.2	8.8	8.4	6.9	4.2	3.5
Temp med	11.3	12.1	14.3	16.2	16.7	15.7	15.0	14.8	14.5	13.7	12.1	11.6
Hora min	6.547	6.332	6.070	5.769	5.523	5.394	5.445	5.655	5.944	6.235	6.486	6.606
Hora max	13.957	13.832	12.900	13.439	13.113	13.304	12.695	13.155	13.534	13.405	13.986	13.856
Hora												
00:00	7.3	7.8	9.8	11.6	12.4	12.0	11.6	11.4	11.2	10.2	8.3	7.8
01:00	6.5	7.0	9.0	10.9	11.8	11.5	11.2	10.9	10.7	9.6	7.6	7.0
02:00	5.8	6.3	8.3	10.3	11.3	11.1	10.8	10.5	10.2	9.1	6.9	6.4
03:00	5.2	5.7	7.8	9.8	10.9	10.8	10.5	10.2	9.9	8.7	6.4	5.8
04:00	4.7	5.2	7.3	9.4	10.5	10.5	10.2	9.9	9.6	8.3	5.9	5.3
05:00	4.3	4.9	7.0	9.0	10.2	10.3	10.0	9.7	9.3	8.0	5.6	5.0
06:00	4.0	4.6	6.7	7.8	9.4	9.7	9.4	8.9	8.4	7.8	5.3	4.7
07:00	3.0	3.9	6.6	9.6	11.4	11.6	11.1	10.3	9.3	7.4	4.5	3.6
08:00	5.3	6.7	9.9	13.1	14.8	14.5	13.7	12.9	11.7	9.7	6.7	5.7
09:00	9.0	10.6	14.0	17.0	18.2	17.4	16.3	15.7	14.6	12.9	10.2	9.2
10:00	13.0	14.6	17.7	20.4	21.0	19.7	18.5	18.1	17.1	15.9	13.9	13.0
11:00	16.2	17.6	20.6	22.9	22.9	21.2	19.9	19.7	19.0	18.2	16.8	16.1
12:00	18.4	19.6	22.3	24.2	23.9	21.9	20.6	20.6	20.1	19.7	18.8	18.3
13:00	19.5	20.6	22.9	24.5	24.0	21.9	20.6	20.8	20.5	20.3	19.8	19.4
14:00	19.7	20.5	22.7	24.1	23.5	21.4	20.2	20.4	20.2	20.2	19.9	19.6
15:00	19.1	19.8	21.9	23.2	22.6	20.6	19.4	19.7	19.6	19.7	19.3	19.1
16:00	18.1	18.7	20.6	21.8	21.3	19.5	18.5	18.7	18.7	18.7	18.3	18.1
17:00	16.7	17.2	19.1	20.3	20.0	18.4	17.4	17.6	17.6	17.5	17.0	16.8
18:00	15.1	15.6	17.5	18.8	18.6	17.2	16.4	16.5	16.5	16.3	15.6	15.3
19:00	13.6	14.0	15.9	17.3	17.3	16.1	15.4	15.4	15.4	15.1	14.1	13.8
20:00	12.0	12.5	14.4	15.8	16.0	15.1	14.4	14.4	14.4	13.9	12.7	12.4
21:00	10.6	11.1	13.0	14.6	14.9	14.1	13.6	13.5	13.4	12.8	11.4	11.0
22:00	9.4	9.8	11.8	13.4	14.0	13.3	12.8	12.7	12.6	11.8	10.2	9.8
23:00	8.2	8.7	10.7	12.4	13.1	12.6	12.2	12.0	11.8	11.0	9.2	8.7



Estudio del Bioclima



ESTIMACION DE HUMEDADES RELATIVAS HORARIAS MEDIAS MENSUALES, A PARTIR DE MEDIAS EXTREMAS.

Localidad	Pachuca	Lat. (xx.x)	20.13	Long.(xxx.x)	-98.75	Altitud (m)	2425					
Esta hoja de cálculo estima la H R media horaria mensual a partir de los valores promedio de máxima y de mínima.												
Los valores de H R max y H R min pueden ser calculados a partir de la media en el caso de no contar con los valores observados.												
¿Desea utilizar valores observados?						(Sí / No):		no				
Si no cuenta con los valores de la H R media, éstos pueden ser estimados a partir de la temp. mínima.												
¿Cuenta con los valores observados?						(Sí / No):		no				
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Temp max	19.8	20.7	23	24.6	24.1	22	20.7	20.8	20.5	20.4	20	19.7
Temp med	11.3	12.1	14.3	16.2	16.7	15.7	15.0	14.8	14.5	13.7	12.1	11.6
Temp min	2.8	3.4	5.6	7.8	9.2	9.4	9.2	8.8	8.4	6.9	4.2	3.5
H R med observ	74	71	68	66	64	68	74	76	78	77	77	75
H R max observ												
H R min observ												
H R med calc	60	59	56	56	59	64	66	65	65	62	60	61
H R max calc	86	84	79	78	81	85	86	86	85	84	85	86
H R min calc	35	34	32	33	37	43	46	44	44	40	36	36
Hora max	6.547	6.332	6.070	5.769	5.523	5.394	5.445	5.655	5.944	6.235	6.486	6.606
Hora min	13.957	13.832	12.900	13.439	13.113	13.304	12.695	13.155	13.534	13.405	13.986	13.856
Hora (TSV)												
00:00	73	71	68	68	72	76	78	76	76	73	72	72
01:00	75	74	70	70	73	78	79	78	78	75	74	75
02:00	77	75	72	72	75	79	81	80	79	77	76	77
03:00	79	77	73	73	76	80	82	81	80	78	78	79
04:00	80	78	75	74	77	81	83	82	81	80	79	80
05:00	81	80	76	75	78	82	83	83	82	81	80	81
06:00	82	80	76	78	81	84	85	85	85	81	81	82
07:00	85	82	77	74	75	77	80	80	82	83	84	85
08:00	79	74	68	64	65	68	70	71	74	75	77	79
09:00	67	63	57	53	54	58	61	62	64	65	66	68
10:00	55	51	46	44	46	51	54	54	56	55	55	56
11:00	46	42	39	38	41	46	49	48	49	48	46	47
12:00	39	37	34	34	38	43	46	45	45	43	40	40
13:00	36	34	32	33	37	43	46	44	44	41	37	37
14:00	35	34	33	34	39	45	47	46	45	41	37	36
15:00	37	36	35	37	42	47	50	48	47	43	38	38
16:00	40	40	39	40	45	51	54	51	50	46	41	41
17:00	44	44	43	44	49	55	57	55	54	50	45	45
18:00	49	48	47	49	53	59	61	59	58	54	50	49
19:00	54	53	51	53	57	62	65	63	61	58	54	54
20:00	58	57	56	57	61	66	68	66	65	62	59	58
21:00	62	62	59	60	64	69	71	69	68	65	63	62
22:00	66	65	63	63	67	72	74	72	71	68	66	66
23:00	70	68	66	66	70	74	76	74	74	71	69	69

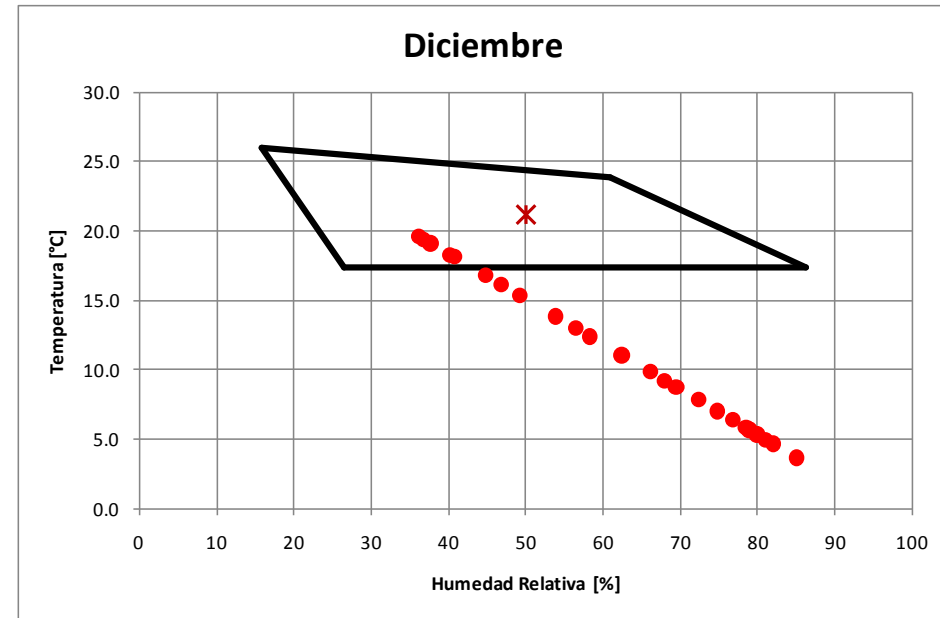
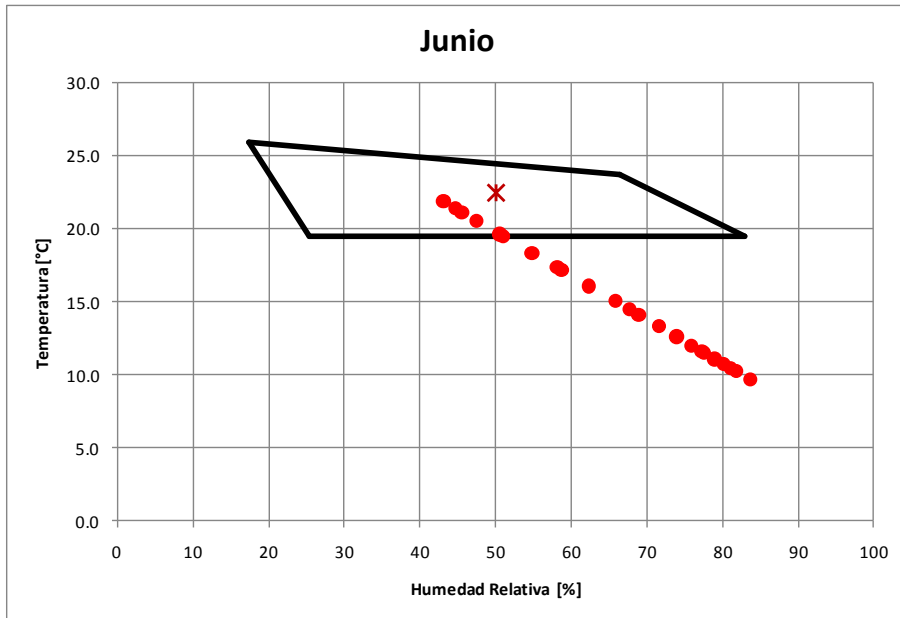
- **Termoconfort**

Localidad	Pachuca	Lat. [°]	20.13	Long. [°]	-98.75	Altitud (m)	2425					
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Tem med	11.3	12.1	14.3	16.2	16.7	15.7	15.0	14.8	14.5	13.7	12.1	11.6
Tn [°C]	21.1	21.3	22.0	22.6	22.8	22.5	22.2	22.2	22.1	21.8	21.4	21.2
Oscilación	17.0	17.3	17.4	16.8	14.9	12.6	11.5	12.0	12.1	13.5	15.8	16.2
Amplitud Zconfort	3.5	3.5	3.5	3.5	3.0	2.5	2.5	2.5	2.5	3.0	3.0	3.5
Rango mín confort	17.6	17.8	18.5	19.1	19.8	20.0	19.7	19.7	19.6	18.8	18.4	17.7
Rango máx confort	24.6	24.8	25.5	26.1	25.8	25.0	24.7	24.7	24.6	24.8	24.4	24.7

Oscilación media de la temperatura del aire [°C]	Amplitud de la zona de confort [°C]
Menos de 13	2.5
13-15	3
16-18	3.5
19-23	4
24-27	4.5
28-32	5
33-37	5.5
38-44	6
45-51	6.5
más de 51	7



- Sensación Higrotérmica



- Diagrama de Isorrequerimientos

DIAGRAMA DE ISORREQUERIMIENTOS												
Pachuca												
HORA/MES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
00:00	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
01:00	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
02:00	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
03:00	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
04:00	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
05:00	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
06:00	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
07:00	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
08:00	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
09:00	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
10:00	-1	-1	-1	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1
11:00	-1	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1
12:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16:00	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	0	0	0
17:00	-1	-1	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
18:00	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
19:00	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
20:00	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
21:00	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
22:00	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
23:00	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1

-1

FRÍO

0

CONFORT

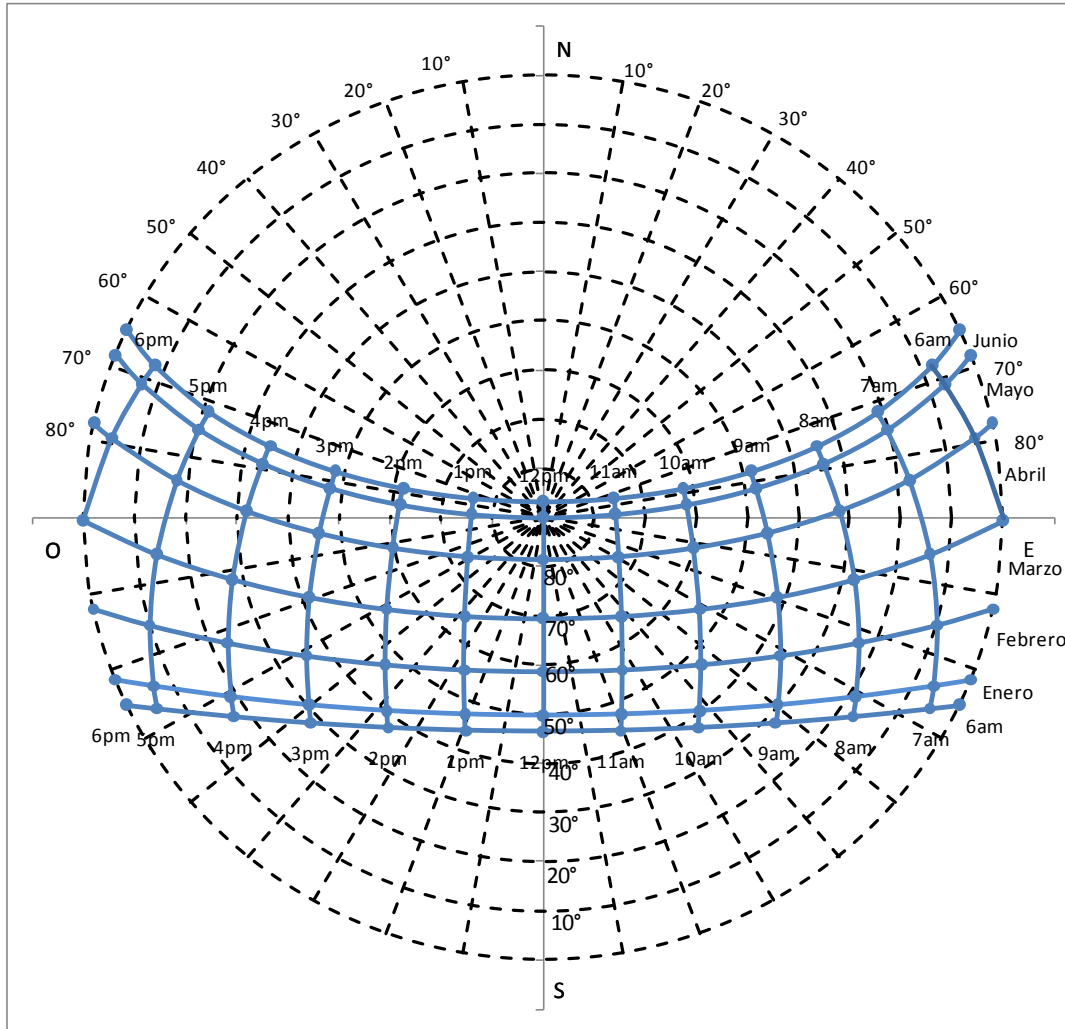
1

CALOR

Ciudad Pachuca

GRÁFICA SOLAR EQUIDISTANTE
1er SEMESTRE

Latitud [°] 20.13



Mostrar horas que deben protegerse (si/no): no

Alero (si/no): no

Ángulo fachada (0 = fachada Sur; 90 = fachada Este; -90 = fachada Oeste; 180 = fachada Norte; ó grados a partir del Sur): 0

Ángulo alero (0 a 90): 45

Partesol (si/no): no

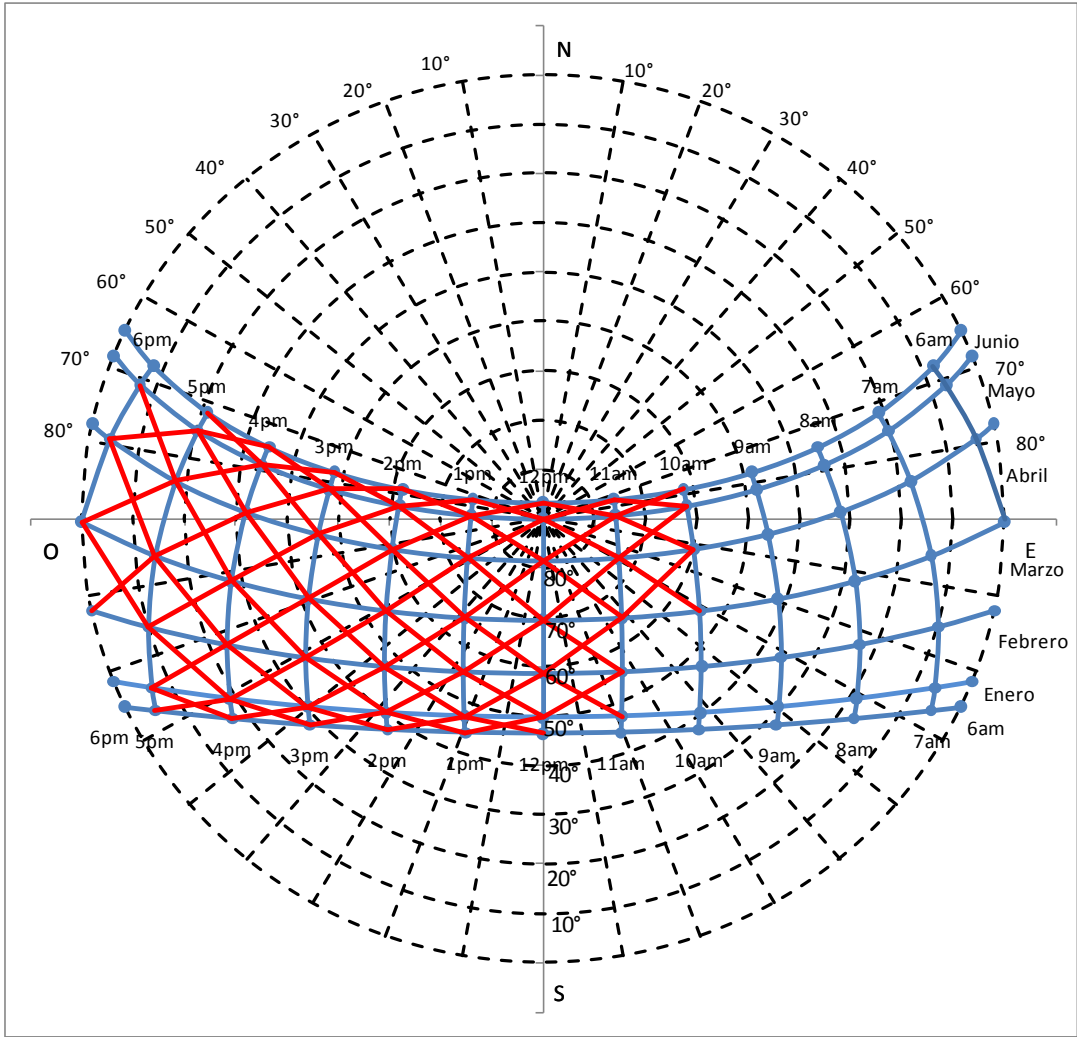
Ángulo fachada (0 = fachada Sur; 90 = fachada Este; -90 = fachada Oeste; 180 = fachada Norte; ó grados a partir del Sur): 0

Ángulo partesol (0 a 90): 40

Ciudad Pachuca

GRÁFICA SOLAR EQUIDISTANTE
1er SEMESTRE

Latitud [°] 20.13



Mostrar horas que deben protegerse (si/no): si

Alero (si/no): no

Ángulo fachada (0 = fachada Sur; 90 = fachada Este; -90 = fachada Oeste; 180 = fachada Norte; ó grados a partir del Sur): 0

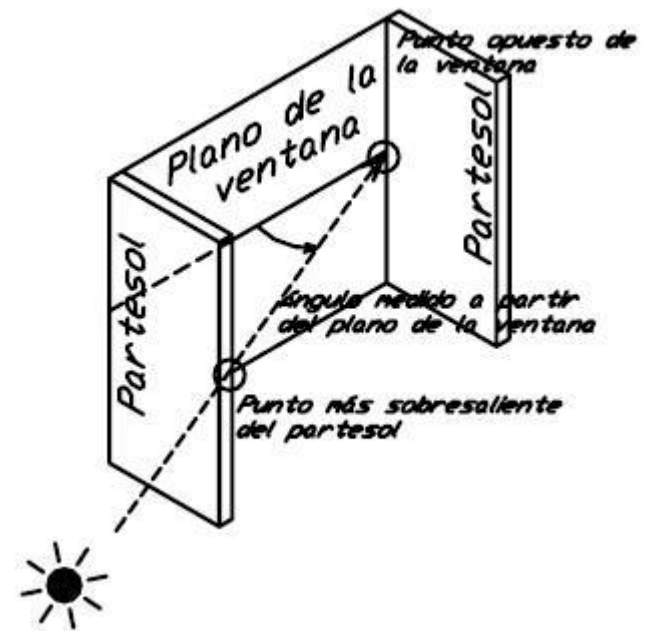
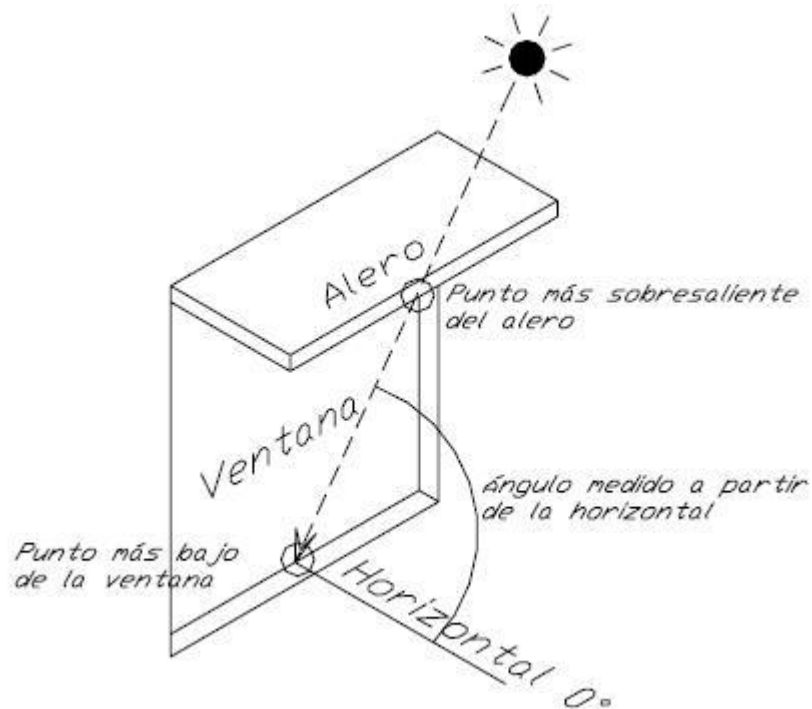
Ángulo alero (0 a 90): 45

Partesol (si/no): no

Ángulo fachada (0 = fachada Sur; 90 = fachada Este; -90 = fachada Oeste; 180 = fachada Norte; ó grados a partir del Sur): 0

Ángulo partesol (0 a 90): 40

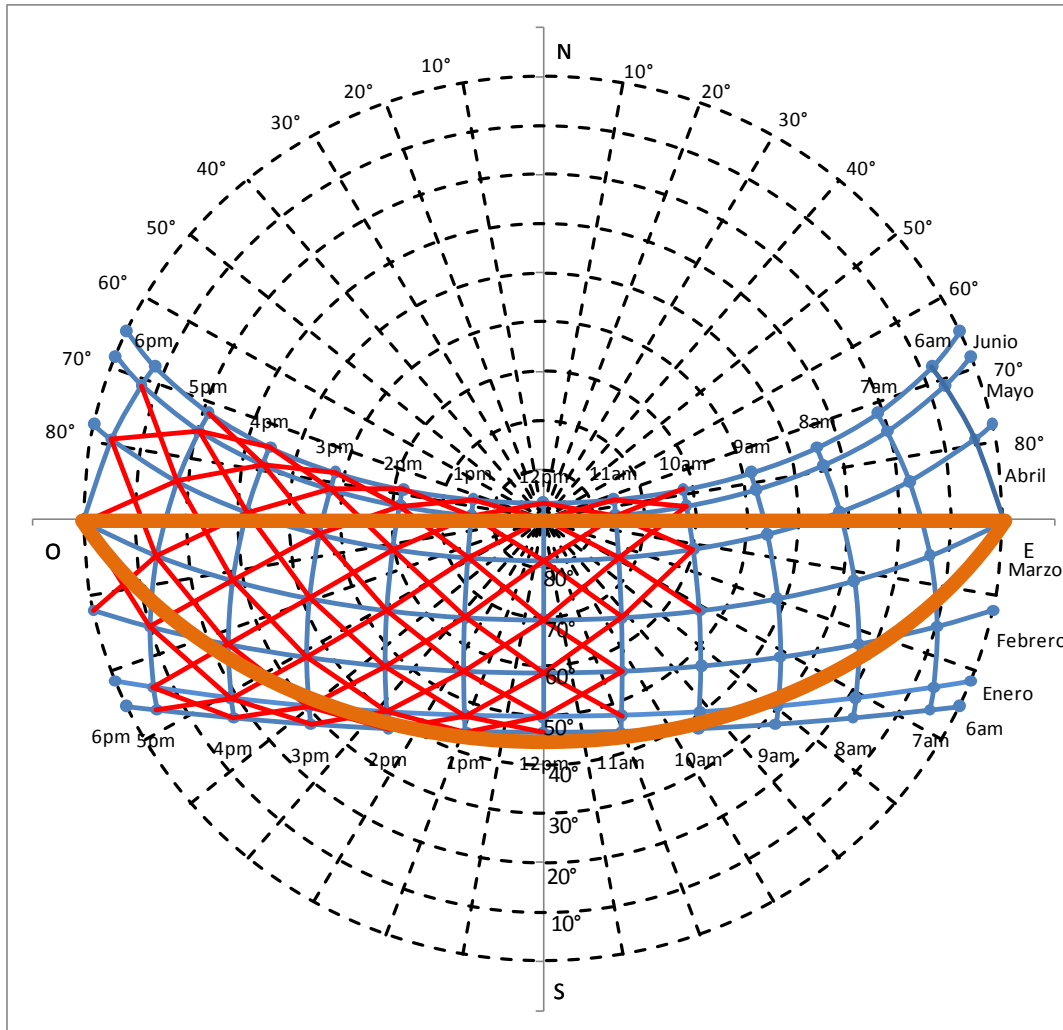
- Diseño de Aleros y Partesoles



Ciudad Pachuca

GRÁFICA SOLAR EQUIDISTANTE
1er SEMESTRE

Latitud [°] 20.13



Mostrar horas que deben protegerse (si/no): si

Alero (si/no): si

Ángulo fachada (0 = fachada Sur; 90 = fachada Este; -90 = fachada Oeste; 180 = fachada Norte; ó grados a partir del Sur): 0

Ángulo alero (0 a 90): 45

Partesol (si/no): no

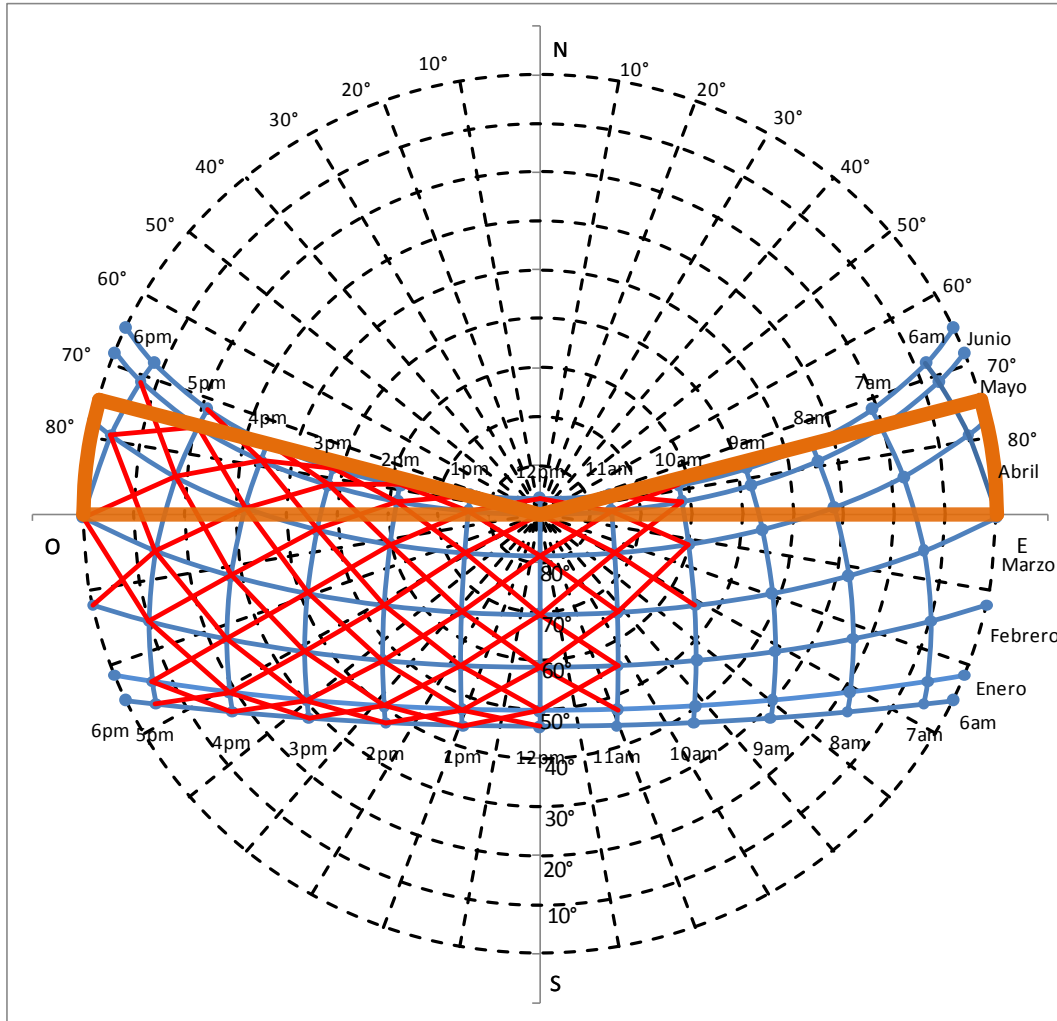
Ángulo fachada (0 = fachada Sur; 90 = fachada Este; -90 = fachada Oeste; 180 = fachada Norte; ó grados a partir del Sur): 0

Ángulo partesol (0 a 90): 40

Ciudad	Pachuca
--------	---------

GRÁFICA SOLAR EQUIDISTANTE
1er SEMESTRE

Latitud [°]	20.13
-------------	-------



Mostrar horas que deben protegerse (si/no):	si
---	----

Alero (si/no):	no
----------------	----

Ángulo fachada (0 = fachada Sur; 90 = fachada Este; -90 = fachada Oeste; 180 = fachada Norte; ó grados a partir del Sur):	0
---	---

Ángulo alero (0 a 90):	45
------------------------	----

Partesol (si/no):	si
-------------------	----

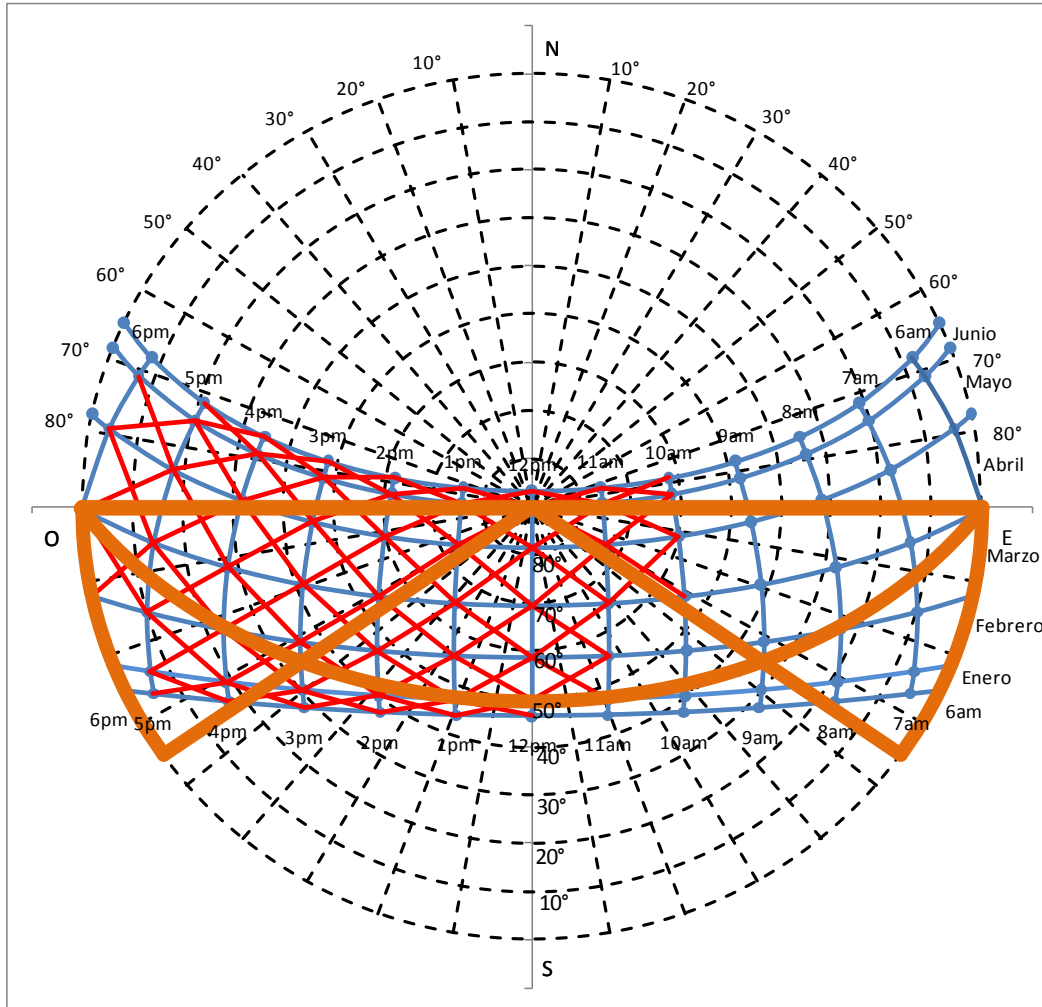
Ángulo fachada (0 = fachada Sur; 90 = fachada Este; -90 = fachada Oeste; 180 = fachada Norte; ó grados a partir del Sur):	180
---	-----

Ángulo partesol (0 a 90):	15
---------------------------	----

Ciudad **Pachuca**

GRÁFICA SOLAR EQUIDISTANTE
1er SEMESTRE

Latitud [°] **20.13**

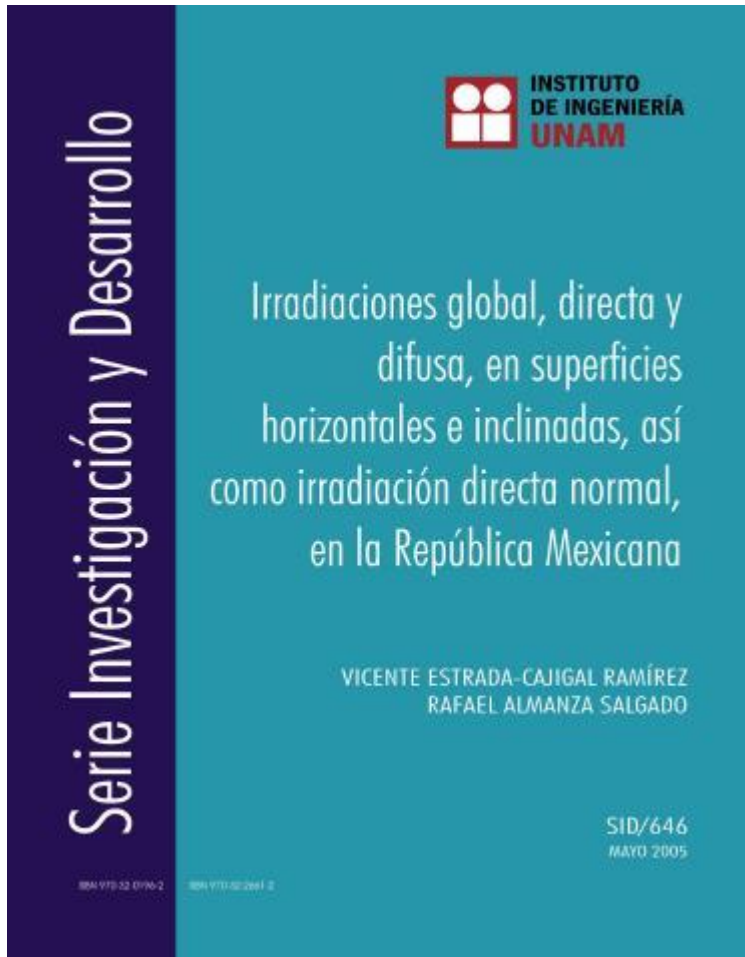


Mostrar horas que deben protegerse (si/no):	si
Alero (si/no):	si
Ángulo fachada (0 = fachada Sur; 90 = fachada Este; -90 = fachada Oeste; 180 = fachada Norte; ó grados a partir del Sur):	0
Ángulo alero (0 a 90):	50
Partesol (si/no):	si
Ángulo fachada (0 = fachada Sur; 90 = fachada Este; -90 = fachada Oeste; 180 = fachada Norte; ó grados a partir del Sur):	0
Ángulo partesol (0 a 90):	35


- Combinaciones de Aleros y Partesoles



- Atlas de Radiación Solar



Serie Investigación y Desarrollo

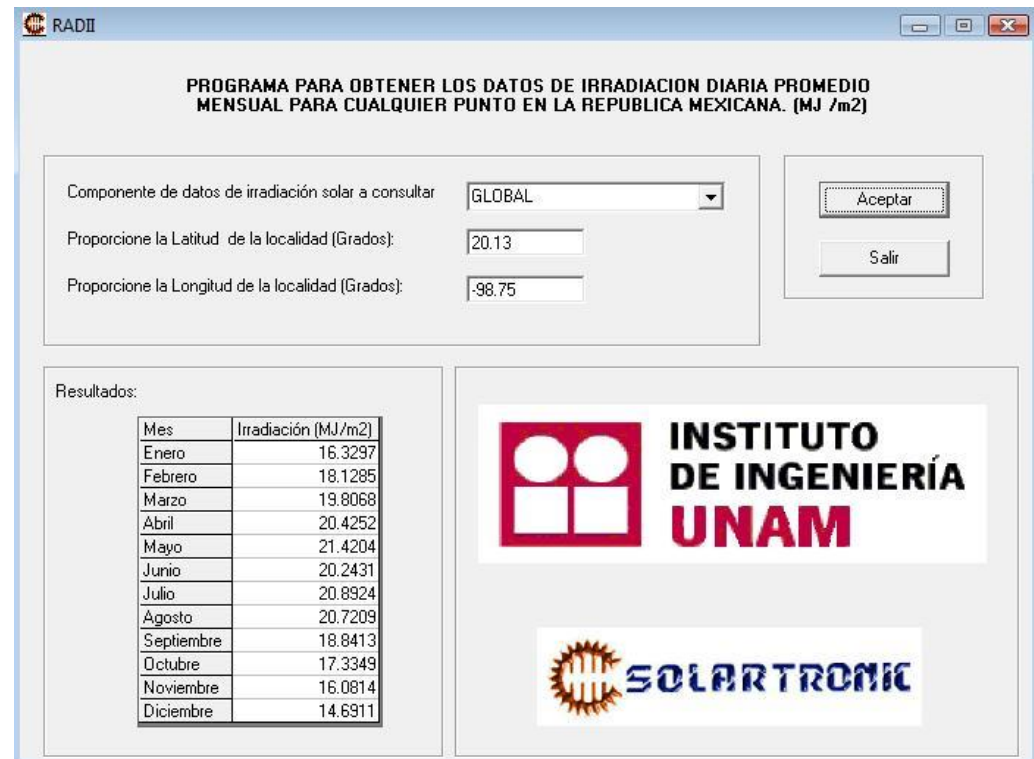

**INSTITUTO
DE INGENIERÍA
UNAM**

Irradiaciones global, directa y
difusa, en superficies
horizontales e inclinadas, así
como irradiación directa normal,
en la República Mexicana

VICENTE ESTRADA-CAJIGAL RAMÍREZ
RAFAEL ALMANZA SALGADO

SID/646
MAYO 2005

ISBN 970-32-0790-2 ISBN 970-32-2061-2



RADII

PROGRAMA PARA OBTENER LOS DATOS DE IRRADIACION DIARIA PROMEDIO MENSUAL PARA CUALQUIER PUNTO EN LA REPUBLICA MEXICANA. (MJ /m2)

Componente de datos de irradiación solar a consultar: GLOBAL

Proporcione la Latitud de la localidad (Grados): 20.13


Proporcione la Longitud de la localidad (Grados): -98.75


Aceptar

Salir

Resultados:

Mes	Irradiación (MJ/m2)
Enero	16.3297
Febrero	18.1285
Marzo	19.8068
Abril	20.4252
Mayo	21.4204
Junio	20.2431
Julio	20.8924
Agosto	20.7209
Septiembre	18.8413
Octubre	17.3349
Noviembre	16.0814
Diciembre	14.6911


**INSTITUTO
DE INGENIERÍA
UNAM**


SOLARTRONIC



Radiación Solar



- Datos de entrada:
 - Irradiación solar global y difusa promedio diaria mensual en MJ/m^2
 - Datos geográficos de la ciudad



- Datos de entrada:
 - Irradiación solar global y difusa promedio horaria mensual en W/m^2
 - Datos geográficos de la ciudad y datos climatológicos obtenidos anteriormente

- El programa puede auxiliar al diseñador bioclimático para conocer los requerimientos para alcanzar el confort
- Proporciona información valiosa acerca del recurso solar: niveles horarios mensuales de irradiancia e iluminancia



Muchas gracias por su atención

<http://www.iingen.unam.mx>