

# UACM

Universidad Autónoma  
de la Ciudad de México

*Nada humano me es ajeno*

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE LA CIUDAD DE MÉXICO

COLEGIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

PROGRAMA DE ENERGÍA

## **Cálculo de la radiación solar horaria en la República Mexicana por medio de un gestor de contenidos web**

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE

**MAESTRO EN FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA  
Y EFICIENCIA ENERGÉTICA**

PRESENTA:

**MARIO VÁZQUEZ MARTÍNEZ**

DIRECTOR

**DR. ÁLVARO EDUARDO LENTZ HERRERA**

CODIRECTOR

**DR. JOSÉ JOAQUÍN LIZARDI DEL ANGEL**

## SISTEMA BIBLIOTECARIO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN



## UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE LA CIUDAD DE MÉXICO COORDINACIÓN ACADÉMICA

### RESTRICCIONES DE USO PARA LAS TESIS DIGITALES

### DERECHOS RESERVADOS<sup>©</sup>

La presente obra y cada uno de sus elementos está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor; por la Ley de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México, así como lo dispuesto por el Estatuto General Orgánico de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México; del mismo modo por lo establecido en el Acuerdo por el cual se aprueba la Norma mediante la que se Modifican, Adicionan y Derogan Diversas Disposiciones del Estatuto Orgánico de la Universidad de la Ciudad de México, aprobado por el Consejo de Gobierno el 29 de enero de 2002, con el objeto de definir las atribuciones de las diferentes unidades que forman la estructura de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México como organismo público autónomo y lo establecido en el Reglamento de Titulación de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México.

Por lo que el uso de su contenido, así como cada una de las partes que lo integran y que están bajo la tutela de la Ley Federal de Derecho de Autor, obliga a quien haga uso de la presente obra a considerar que solo lo realizará si es para fines educativos, académicos, de investigación o informativos y se compromete a citar esta fuente, así como a su autor ó autores. Por lo tanto, queda prohibida su reproducción total o parcial y cualquier uso diferente a los ya mencionados, los cuales serán reclamados por el titular de los derechos y sancionados conforme a la legislación aplicable.

## **INTEGRACIÓN DEL JURADO:**

Presidente: Dr. Eduardo Armando Rincón Mejía, UACM

Secretario: Dr. Alberto Valdés Palacios, UACM

Vocal: Dr. Iván Galileo Martínez Cienfuegos, UAEM

1<sup>er</sup>. Suplente: Dr. Álvaro Eduardo Lentz Herrera, UACM

2<sup>do</sup>. Suplente: Dr. José Joaquín Lizardi del Angel, UACM

Lugar donde se realizó el posgrado:

PLANTEL DEL VALLE, UACM.

**DIRECTOR DE TESIS:**

---

**DR. ALVARO EDUARDO LENTZ HERRERA**  
UACM

**CODIRECTOR DE TESIS:**

---

**DR. JOSÉ JOAQUÍN LIZARDI DEL ANGEL**  
UACM

**Dedicatoria:**

A la memoria de mi padre.

Mario Vázquez Sanabria

## **Agradecimientos:**

Agradezco a la Universidad Autónoma de la Ciudad de México, "UACM", por permitirme cursar la Maestría en Fuentes Renovables de Energía y Eficiencia Energética, dentro de sus amplias instalaciones, así como el haberme facilitado los instrumentos, información y herramientas necesarias que hicieron posible acreditar mi formación académica, con el beneficio que implica la beca para la "OBTENCIÓN DE GRADO 2016-II".

A mi Director de tesis, Dr. Álvaro Eduardo Lentz Herrera y a mí Codirector, Dr. José Joaquín Lizardi del Angel, que con su vasta experiencia y consideración, me brindaron siempre el mayor apoyo para la conclusión exitosa de esta meta profesional.

De igual manera, mi agradecimiento a cada uno de mis lectores: Dr. Eduardo Armando Rincón Mejía, Dr. Alberto Valdés Palacios y Dr. Iván Galileo Martínez Cienfuegos, por sus atinados comentarios y oportunas recomendaciones, que ayudaron a enriquecer el contenido de mi trabajo de investigación.

De manera especial, agradezco a mi profesor de la Materia: "Sistemas Fotovoltaicos", Dr. Rogelio Mendoza Pérez, por auxiliarme amablemente para aclarar las dudas, especificaciones y requerimientos que se fueron presentando para el desarrollo e integración adecuada de las diferentes etapas y rubros de este proyecto.

En general, a todos y cada uno de mis profesores titulares de las Materias que conforman el "Programa de Energía", que a lo largo del mismo nos transmitieron sus valiosos conocimientos y su apreciable guía.

Finalmente, agradezco a la profesora Liliana Méndez Acosta, por su acompañamiento en la redacción de este trabajo.

### **Para todos ellos:**

Muchas gracias por su apoyo y confianza.

## Resumen

En este trabajo de tesis se presenta el desarrollo de una herramienta web, a fin de ser integrada en el dominio de la UACM para posibilitar el cálculo de la radiación solar horaria en un plano horizontal e inclinado, para las principales ciudades del territorio Mexicano.

Para el cálculo de la geometría solar e irradiación solar horaria en plano horizontal e inclinado, se emplearon los modelos matemáticos reportados por John A. Duffie y William A. Beckman (2006).

Este trabajo se plantea como una herramienta web que puede ser utilizada en la materia de Solarimetría y Geometría Solar. Con ayuda de las TICs, reforzando la enseñanza-aprendizaje de un nuevo conocimiento.

El desarrollo de esta herramienta web se construyó en una plataforma *Linux* bajo la aplicación *Joomla*, por ser un gestor de contenidos muy estable y seguro.

Usando las herramientas de programación: html, php, css y un servidor apache xampp.

Esta herramienta web podrá ser consultada en el dominio de la UACM para el cálculo de la irradiación solar horaria, lo cual permitirá conocer el potencial solar y se puedan elaborar proyectos sobre aplicaciones solares.

## Palabras Clave

Radiación solar, irradiancia solar, geometría solar, herramienta web, tablas de radiación solar.

## Abstract

In this thesis is presented the development of a web tool, in order to be integrated into the domain of the UACM to enable the calculation of the hourly solar radiation in a horizontal and inclined plane, for the main cities of the Mexican territory.

For the calculation of solar geometry and hourly solar irradiation in horizontal and inclined planes, it were used the mathematical models reported by John A. Duffie and William A. Beckman (2006).

This work is proposed as a web tool that can be used in the field of Solarimetry and Solar Geometry. With the help of ICT, reinforcing the teaching-learning of new knowledge.

The development of this web tool was built on a Linux platform under the Joomla application, as it is a very stable and secure content manager.

Using the programming tools: html, php, css and an apache xampp server.

This web tool can be consulted in the domain of the UACM for the calculation of the hourly solar irradiation, which will allow to know the solar potential and can be developed projects about solar applications.

### Keywords

Solar radiation, solar irradiance, solar geometry, web tool, solar radiation tables.

# TABLA DE CONTENIDO

Resumen.....	i
Abstract.....	ii
Tabla de Contenido.....	iii
Índice de Capítulos.....	iv
Índice de Tablas.....	viii
Índice de Ilustraciones.....	viii
Simbología.....	x
Objetivos.....	xii
Fundamentos.....	xiii
Justificación.....	xiii
Limitaciones.....	xiii

# ÍNDICE DE CAPÍTULOS

Capítulo 1 .....	3
<b>1 Estudio del Estado del Arte .....</b>	<b>3</b>
1.1 <i>Introducción</i> .....	4
1.2 <i>Antecedentes</i> .....	5
1.2.1 Nacional .....	5
1.2.2 Primeros Estudios .....	6
1.2.3 Internacional .....	7
1.3 <i>Links Internacionales para el cálculo de ángulo solar y radiación solar</i> .....	9
1.4 <i>Marco Teórico</i> .....	14
1.4.1 Radiación Solar .....	14
1.4.2 Geometría Solar .....	16
1.4.3 Tiempo solar y Ecuación de tiempo .....	20
1.5 <i>Modelos para la estimación de la radiación solar</i> .....	21
1.5.1 Modelo de Hottel .....	21
1.5.2 Modelo Isótropo .....	22
1.5.3 Modelo de Liu y Jordan .....	23
1.6 <i>Metodología del Diseño</i> .....	26
1.6.1 Metodología .....	26
1.6.2 La metodología tradicional .....	27
1.6.3 Metodología Ágil .....	27
1.7 <i>Ingeniería WEB</i> .....	28
1.7.1 Atributos de los sistemas y aplicaciones Web .....	28
1.7.2 El Equipo de ingeniería Web .....	29
1.7.3 Herramientas de Diseño Web .....	30
1.7.4 Matriz FODA .....	30
Capítulo 2 .....	33
<b>2 Modelos y herramientas para el Proyecto .....</b>	<b>33</b>
2.1 <i>Modelos para la estimación de la radiación solar</i> .....	34
2.1.1 Otros Modelos .....	34
2.1.2 Modelo para convertir el día del mes .....	34
2.1.3 Cálculo del Error Relativo Porcentual ( $E_v$ ) .....	34
2.1.4 Tabla de irradiación global diaria promedio mensual .....	35
2.1.5 Procedimiento de datos .....	35

2.2	<i>Herramientas de diseño Web</i>	36
2.2.1	Joomla	36
2.2.2	HTML	36
2.2.3	PHP	36
2.2.4	CSS	37
<b>Capítulo 3</b>		39
<b>3</b>	<b>Desarrollo del Proyecto</b>	39
3.1	<i>Desarrollo Proyecto</i>	40
3.2	<i>Hipótesis</i>	40
3.3	<i>Método de análisis</i>	40
3.4	<i>Arquitectura</i>	40
3.5	<i>Diagrama de Hipervínculos</i>	41
3.6	<i>Procesos de Fases</i>	42
3.7	<i>Fase 1</i>	43
3.7.1	Datos de Entrada	43
3.7.2	Diagrama de Flujo	43
3.8	<i>Fase 2</i>	44
3.8.1	Geometría solar	44
3.9	<i>Fase 3</i>	45
3.9.1	Modelo de Hottel	45
3.10	<i>Fase 4</i>	46
3.10.1	Modelo de Liu y Jordan	46
3.11	<i>Fase 5</i>	47
<b>Capítulo 4</b>		49
<b>4</b>	<b>Desarrollo de la página web</b>	49
4.1	<i>Herramientas de desarrollo</i>	50
4.2	<i>Presentación de página web en Joomla</i>	51
4.2.1	Modelo Joomla	51
4.3	<i>Código Fuente</i>	52
4.4	<i>Matriz Foda</i>	52
<b>Capítulo 5</b>		53
<b>5</b>	<b>Resultados</b>	53
5.1	<i>Resultados</i>	54
5.1.1	Resultado del desarrollo de la página web ligada al sitio de la UACM	54

5.1.2	Resultados de la herramienta web para estimar la radiación solar horaria en un plano horizontal e inclinado .....	55
5.1.1	Auxiliar como herramienta de apoyo formativo .....	66
<b>Capítulo 6</b>	.....	67
<b>6 Conclusiones</b>	.....	67
6.1	<i>Conclusiones</i> .....	68
6.2	<i>Trabajos Futuros</i> .....	69
Glosario	.....	71
Bibliografía	.....	75
<b>APÉNDICES</b>	.....	79
Apéndice A	.....	80
	<i>Código fuente de la página web</i> .....	80
Apéndice B	.....	85
	<i>Mapas de Irradiación Solar Global Mensual (MJ/m<sup>2</sup>)</i> .....	85
Apéndice C	.....	92
	<i>Tablas de Radiación Solar</i> .....	92
Apéndice D	.....	101
	<i>Normas, Estándares y Licencias</i> .....	101

## Índice Tablas

Tabla 1. Factores de corrección, tipos de clima (Hottel. 1976). (Duffie & Beckman, 2006).....	21
Tabla 2. Albedo .....	25
Tabla 3. Técnicas y Herramientas.....	26
Tabla 4. Matriz FODA. Thompson y Strikland (1998). (Talancón, 2007) .....	31
Tabla 5. Para el i-ésimo día del Mes.....	34
Tabla 6. Tabla de Datos de entrada. ....	43
Tabla 7. Matriz Foda de la página web. ....	52
Tabla 8. Tablas de ubicación de las estaciones meteorológicas de los ejemplos: .....	55
Tabla 9. Irradiación Solar ( $W/m^2$ ) 26 de febrero 2016. ....	56
Tabla 10. Tabla de Irradiación diaria y Error Relativo Porcentual $E_v$ .....	57
Tabla 11. Irradiancia Solar ( $W/m^2$ ) 20 de abril de 2017. ....	58
Tabla 12. Tabla de Irradiación diaria y Error Relativo Porcentual $E_v$ .....	59
Tabla 13. Irradiancia Solar ( $W/m^2$ ) 13 de noviembre 2016. ....	60
Tabla 14. Tabla de Irradiación diaria y Error Relativo Porcentual $E_v$ . ....	61
Tabla 15. Irradiancia Solar ( $W/m^2$ ) 30 de julio 2016. ....	62
Tabla 16. Tabla de Irradiación diaria y Error Relativo Porcentual $E_v$ .....	63
Tabla 17. Irradiancia Solar ( $W/m^2$ ) 13 de octubre 2017.....	64
Tabla 18. Tabla de Irradiación diaria y Error Relativo Porcentual $E_v$ .....	65
Tabla 19. Tabla de radiación solar, creación propia utilizando datos de estaciones meteorológicas EMAs: ejemplos capítulo 5. ....	93
Tabla 20. Tabla Radiación solar extraterrestre, Javier Almorox Alonso 2010.....	94
Tabla 21. Tabla Radiación solar diaria promedio mensual R. Almanza S., E. Cajigal R., J. Barrientos A. 1999. ....	96
Tabla 22. Tabla de Radiación solar diaria promedio mensual ( $kWh/m^2/d$ ), creación propia utilizando datos de Nasa, RETScreen 2016. ....	98
Tabla 23. Tabla Radiación solar diaria promedio mensual ( $kWh/m^2/d$ ), creación propia utilizando datos de SODA solar radiation data. 2012. ....	100

## Índice Ilustraciones

Ilustración 1. Página web Solar Angle Calculator .....	9
Ilustración 2. Página web Solar Angle Calculator .....	9
Ilustración 3. Página web Dom calculadora de posición - Azimut y Zenith. ....	10
Ilustración 4. Página web Time Zone Database.....	10
Ilustración 5. Página web Angle of the Sun.....	11
Ilustración 6. Página web Cálculo de la radiación media mensual sobre superficie arbitrariamente orientas e inclinadas. ....	11
Ilustración 7. Página web Sun angle.....	12

Ilustración 8. Página web Calculadora de energía solar. ....	12
Ilustración 9. Página web HELIOGIS.....	13
Ilustración 10. Movimiento anual de la Tierra alrededor del Sol. (Sierra, 2010).....	14
Ilustración 11. Posición relativa Sol – Tierra. (Sierra, 2010).....	16
Ilustración 12. Relación Sol-Tierra. (Duffie & Beckman, 2006) .....	18
Ilustración 13. Medición de la radiación solar en plano horizontal. (Creación propia) .....	19
Ilustración 14. Medición de la radiación solar en plano inclinado. (Creación propia).....	25
Ilustración 15. Elementos básicos de una metodología. (Manuel Trigás, 2012) .....	26
Ilustración 16. Modelo de Ingeniería Web. (Chi, 2013).....	28
Ilustración 17. Arquitectura WEB, tres capas (Matehuala, 2016).....	41
Ilustración 18. Geometría solar para superficie inclinada (Duffie & Beckman, 2006) .....	44
Ilustración 19. Diagrama de Modelo Joomla.....	51
Ilustración 20. Página web. Intranet de la UACM, dirección IP: 172.17.120.146:8081.....	51
Ilustración 21. Página web, para el cálculo de la irradiancia diaria.....	54
Ilustración 22. Gráfica de irradiancia solar 26 de febrero de 2016.....	57
Ilustración 23. Gráfica de irradiancia solar 20 de abril 2017.....	59
Ilustración 24. Gráfica de irradiancia solar 13 de noviembre 2016.....	61
Ilustración 25. Gráfica de irradiancia solar 30 de julio 2016.....	63
Ilustración 26. Gráfica de irradiancia solar 13 de octubre 2017.....	65
Ilustración 27. Irradiación solar global (MJ/m <sup>2</sup> ) estimada mes de enero.....	86
Ilustración 28. Irradiación solar global (MJ/m <sup>2</sup> ) estimada mes de febrero.....	86
Ilustración 29. Irradiación solar global (MJ/m <sup>2</sup> ) estimada mes de marzo.....	87
Ilustración 30. Irradiación solar global (MJ/m <sup>2</sup> ) estimada mes de abril.....	87
Ilustración 31. Irradiación solar global (MJ/m <sup>2</sup> ) estimada mes de mayo.....	88
Ilustración 32. Irradiación solar global (MJ/m <sup>2</sup> ) estimada mes de junio.....	88
Ilustración 33. Irradiación solar global (MJ/m <sup>2</sup> ) estimada mes de julio.....	89
Ilustración 34. Irradiación solar global (MJ/m <sup>2</sup> ) estimada mes de agosto.....	89
Ilustración 35. Irradiación solar global (MJ/m <sup>2</sup> ) estimada mes de septiembre.....	90
Ilustración 36. Irradiación solar global (MJ/m <sup>2</sup> ) estimada mes de octubre.....	90
Ilustración 37. Irradiación solar global (MJ/m <sup>2</sup> ) estimada mes de noviembre.....	91
Ilustración 38. Irradiación solar global (MJ/m <sup>2</sup> ) estimada mes de diciembre.....	91

## Índice de Diagramas

Diagrama 1. Proceso de Fases. ....	42
Diagrama 2. FASE 1: Diagrama de flujo Entrada de datos.....	43
Diagrama 3. Geometría solar.....	44
Diagrama 4. Diagrama de flujo de cálculos de la radiación solar en un plano horizontal.....	45
Diagrama 5. Diagrama de flujo de cálculos de la radiación solar en un plano inclinado.....	46
Diagrama 6. Impresión de datos en página web.....	47

## Simbología

$\Phi$	Latitud
$\delta$	Declinación solar
$\beta$	Pendiente del plano, ángulo de inclinación del plano receptor
$\Upsilon$	Azimut de la superficie
$\omega$	Ángulo horario
$\omega_s$	Ángulo horario puesta del sol
$\theta$	Ángulo de incidencia
$\theta_z$	Ángulo cenital
$\alpha_s$	Altura Solar
$\alpha_p$	Ángulo del perfil
$\Upsilon_s$	Azimut
$N$	Duración del día
$L$	Longitud
m.s.n.m	Altitud sobre el nivel del mar (en metros)
$\rho_g$	Albedo
CT	Clima típico
$n$	Número de día del año
$R_b$	Relación de la radiación solar directa sobre una superficie inclinada y la radiación solar directa sobre una superficie horizontal
$G_{sc}$	Constante solar
$G_o$	Irradiancia Extraterrestre sobre una superficie horizontal
$H$	Irradiación Global Diaria Promedio Mensual en una superficie horizontal
$H_b$	Irradiación Directa Diaria Promedio Mensual en una superficie horizontal
$H_o$	Irradiación Extraterrestre Diaria Promedio Mensual, sobre una superficie normal al sol
$H_d$	Irradiación Difusa Diaria Promedio Mensual en una superficie horizontal
$I_o$	Irradiación extraterrestre horaria en un plano horizontal
$\tau_b$	Transmitancia atmosférica para la radiación directa

$\tau_d$	Transmitancia atmosférica para la radiación difusa
$G_{on}$	Radiación solar extraterrestre sobre un plano normal
$G_{onb}$	Radiación directa a la normal con cielo despejado
$G_{cb}$	Radiación directa en un plano horizontal con cielo despejado
$G_{CT}$	Radiación total horaria para días despejados
$K_T$	Índice de claridad o factor de turbiedad de la atmósfera diario
$\bar{K}_T$	Índice de claridad mensual
$k_T$	Índice de claridad horaria
$\frac{I_d}{I}$	Índice de claridad de fracción difuso diario de Reindl
$\frac{H_d}{H}$	Índice de claridad de fracción difuso diario de Klein y Duffie
$\frac{\bar{H}_d}{\bar{H}}$	Índice de claridad de fracción difuso mensual de Klein y Duffie
$r_t$	Relación de la radiación total en una hora durante el día
$r_d$	Relación de radiación difusa en una hora para difundir en un día
$I$	Irradiación global horaria promedio mensual en una superficie horizontal
$I_d$	Irradiación difusa horaria promedio mensual en una superficie horizontal
$I_b$	Irradiación directa horaria promedio mensual en una superficie horizontal
$I_T$	Irradiación total horaria
$E$	Ecuación del tiempo
$L_{st}$	Longitud estándar
$L_{Loc}$	Longitud de la localidad

# Objetivos

## Objetivo General

- Desarrollar e implementar una aplicación web dentro del dominio de la UACM para realizar cálculos de geometría solar y estimaciones de radiación solar horaria en planos horizontales y planos inclinados.

## Objetivos Específicos

- Desarrollar una aplicación web, con el gestor de contenidos de Joomla, ligado al dominio de la UACM.
- Desarrollar una aplicación web para estimar la radiación solar horaria sobre un plano horizontal y plano inclinado en las principales ciudades del territorio Mexicano, que posibilite la realización de proyectos de aplicaciones solares para su mejor aprovechamiento energético.
- Proporcionar una herramienta de apoyo, de fácil manejo, para la materia de Geometría Solar y Solarimetría (en el territorio Mexicano).

## **Fundamentos**

La radiación solar incidente sobre un plano, depende de su posición geográfica en la superficie terrestre y del tiempo solar verdadero, es decir, para su cálculo hay que recurrir a la geometría solar considerando las condiciones meteorológicas en el lugar y en los momentos deseados.

## **Justificación**

Hoy en día las TIC (Tecnologías de la Información y de la Comunicación) van a la par con los nuevos desarrollos tecnológicos brindando herramientas que simplifican los cálculos laboriosos y repetitivos; estas herramientas pueden ser desplegadas en cualquier computador portátil para ser utilizadas en el momento sin tener que regresar y perder valioso tiempo en traslados hacia los centros de trabajo o laboratorios a los cuales tuviera que recurrirse a la captura manual de datos e información para realizar los cálculos.

El cálculo de la radiación solar horaria, en un punto determinado (longitud, latitud y altitud), del territorio Mexicano con apoyo en las nuevas tecnologías de esta herramienta web dará lugar al mayor aprovechamiento de la energía solar en todos los ámbitos posibles.

Los principales beneficios serán para aquéllas personas dedicadas a desarrollar proyectos solares y/o los estudiantes que se inician en el campo de la energía solar al poder conocer el nivel de irradiación solar horaria (estimado, en intervalos de una hora durante el día) en un punto determinado.

## **Limitaciones**

Una limitante a considerar, es obtener una tabla actualizada de la irradiancia global diaria promedio mensual.

## Título de Tesis

# **CÁLCULO DE LA RADIACIÓN SOLAR HORARIA EN LA REPÚBLICA MEXICANA POR MEDIO DE UN GESTOR DE CONTENIDOS WEB**



# CAPÍTULO 1

## 1 ESTUDIO DEL ESTADO DEL ARTE

*"Sólo investigando se aprende a investigar"*  
Carlos Sabino

## 1.1 Introducción

La presente tesis contiene el desarrollo de una herramienta web para el cálculo de la irradiación solar horaria (en intervalos de una hora para un día, todos los valores presentados son estimaciones).

Se alude a los antecedentes sobre las investigaciones en México para conocer la radiación solar en la República Mexicana en el siglo XX, citando diversos investigadores de estos proyectos mostrando trabajo en mapas de radiación solar mensual (Apéndice B).

Se enlista la recopilación de las páginas investigadas sobre el tema de geometría solar y radiación solar.

En el marco teórico se muestran las fórmulas para el cálculo de geometría solar (la trayectoria del Sol en su recorrido aparente sobre un punto geográfico de la Tierra), y el cálculo de la radiación solar horaria (la energía solar disponible y recibida durante un periodo de una hora).

En la investigación y búsqueda de fórmulas para el cálculo solar, utilizamos el libro de John A. and Duffie William A. Beckman, "Solar Engineering of Thermal Processes" (2006), por contener una recopilación de fórmulas en materia de radiación solar (capítulo 1 y capítulo 2). Modelos utilizados: Hottel, en plano horizontal para cielo despejado, con una atmósfera estándar y visibilidad de 23 km; y Liu & Jordan, en plano inclinado, con un índice de claridad, cielo con radiación isotrópa y contando con las tablas de insolación promedio diaria mensual.

En el desarrollo de la página se utilizan 57 EMAs (Estaciones Meteorológicas Automáticas), en las ciudades del territorio Mexicano respectivas tomando como base la tabla radiación solar promedio diaria mensual de R. Almanza S., E. Cajigal R. y J. Barrientos A. (1999). Y posteriormente actualizada (2016) de RETScreen.

En la construcción de la página web se utiliza el gestor de contenidos Joomla por ser una herramienta segura y estable. En el desarrollo de los algoritmos utilizamos el lenguaje de programación php (Hypertext Preprocessor). El software utilizado es libre de autoría (software para ser utilizado para cualquier propósito).

La herramienta web se plantea para ser utilizada como una herramienta de apoyo para la materia de Geometría Solar y Solarimetría, apoyándonos en el modelo TPACK, (Conocimiento del Contenido Pedagógico Tecnológico).

Se presentan 5 ejemplos con la estación meteorológica correspondiente en estudio, para ser comparados con los modelos de Hottel, Liu y Jordan, y la irradiancia solar extraterrestre " $I_o$ ", incidente sobre un plano horizontal, obtenidos estos cálculos de la herramienta web desarrollada "Intranet de la UACM".

## 1.2 Antecedentes

### 1.2.1 Nacional

Por su latitud, México cuenta con un gran recurso solar. A principios del siglo XX se dio un gran impulso a la radiación solar, desarrollándose estudios por expertos e instituciones para conocer la energía solar que se recibe en la República Mexicana.

En México, los estudios de radiación solar iniciaron en 1926, por el alemán doctor Ladislo Gorczyński en sus visitas realizadas al país, como miembro del entonces llamado “Servicio Meteorológico Mexicano”, actualmente conocido como “Servicio Meteorológico Nacional” (SMN).

En 1978 fue creada la Gerencia de Energías No Convencionales del Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE), en 1980 la Asociación Nacional de Energía Solar (ANES). Como la participación de instituciones académicas como la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), que cuenta con el Instituto de Energías Renovables (IER), y el Instituto de Geofísica. Instituciones que cuentan con aparatos para medir la radiación solar, como el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), y la Comisión Federal de Electricidad (CFE), estos institutos cuentan con bases de datos solarimétricos que no se tiene acceso de estos estudios. (Díaz Félix, 2012)

En este siglo XXI una institución privada como la Universidad Iberoamericana Torreón en 2013, cuenta con la Torre de Medición Solar. (IBERO, 2013)

Algunos personajes destacaron en el estudio de la radiación solar en México: tales como el ingeniero Jesús Martínez Guerrero, primer responsable de la Sección de Radiación Solar, continuando el doctor Ignacio Galindo Estrada, jefe de la Sección y ex-director del Instituto de Geofísica de la UNAM y el doctor Agustín Muhlia Velázquez (Finado).

El Observatorio de Radiación Solar inició sus actividades durante el Año Geofísico Internacional en 1957, Ciencia y la Cultura por parte de la UNESCO, auspició a través del Instituto de Ciencia Aplicada (actualmente formar parte del Instituto de Geofísica UNAM), la medición de la radiación solar en México. (Mella, 2005)

Actualmente el Observatorio de Radiación Solar cuenta con dos estaciones en México: una en la Ciudad de México, y la segunda, en Hermosillo, Sonora. En la Red Robótica Automatizada (AERONET) y en la caracterización de las propiedades ópticas del aerosol con sendos espectrofotómetros, es sistema es financiado por la NASA.

El trabajo que está llevando a cabo el Observatorio de Radiación Solar es la valoración del recurso solar en toda la República Mexicana, por medio de metodologías satelitales y sistemas de información geográfica. (Barrón, 2010)

## 1.2.2 Primeros Estudios

En 1957, año de Geofísica internacional, y contar con una base de datos de radiación solar en México, inician nuevamente los estudios en: Ciudad Universitaria (19°20', -99°11'), Veracruz (19°12', -96°05'), Altozomoni (19°31', -99°07') y Chihuahua (28°38', -106°05').

En 1973 se estimulan las investigaciones de la distribución solar en México; en la actualidad continúan estos estudios en instituciones mencionadas en el cap. 1.2.1.

Hoy en día, siglo XXI, los registros de base de datos de mediciones solares han crecido; en el siglo XX no se contaba con registros de estas mediciones, investigadores y expertos en el tema decidieron proponer y/o optar por modelos para estimar la radiación solar. Uno de los modelos más utilizados fue el de Angstrom (1924) y Glover and McCulloch, (1958).

Los trabajos más destacados por proponer modelos adaptados a las condiciones climatológicas y geográficas en la República Mexicana, por manejar el promedio de nubosidad e insolación; Galindo y Chávez (1977), Jáuregui (1978), Hernández *et al.* (1991), Almanza y Muñoz (1994), Tejeda *et al.* (2006); y empleando nubosidad e insolación Gómez *et al.* (2011).

El Atlas Solar de la República Mexicana, fue realizado por los artículos de radiación solar de Hernández y Regalado (1975), Hernández *et al.* (1978), Hernández y Geffroy (1980), propusieron un modelo que utiliza imágenes de satélite para estimar la radiación solar global Hernández *et al.*, (1991), (se muestran los mapas de irradiación solar global mensual en el [Apéndice B](#)). (Díaz Félix, 2012)

Los trabajos para calcular la irradiación global diaria promedio mensual en la República Mexicana como: Almanza, R y López, S (1975) usando la ecuación de Reddy, para calcular la irradiación global de 38 sitios; Hernández (1976) utilizó la ecuación de Angstrom no lineal; Justus, Galindo y Chávez (1977) utilizaron la ecuación de Angstrom para calcular la irradiación global diaria promedio mensual en 136 sitios; Paris y Tarpley (1986) utilizan por primera vez datos del satélite geoestacionario GOES; Almanza, Estrada-Cajigal y Barrientos (1992), emplean una recopilación de datos meteorológicos para una actualización de los mapas de irradiación de 54 sitios; Fernández y Estrada-Cajigal (1993) y Galindo y Cifuentes (1996), estiman la irradiación solar en una base horaria promedio mensual; Renné George, Brandy, Marión y Estrada-Cajigal (2000), aplican el modelo Climatológico y Radiación Solar (CSR) elaborado en el laboratorio de Energías Renovables (NREL); Estrada-Cajigal y Almanza (2005), se vuelve actualizar los mapas publicados con anterioridad incluyendo, datos de irradiación directa normal, directa y difusa diaria promedio mensual; Estrada-Cajigal y Rodríguez (2006), de las Estaciones Meteorológicas Automatizadas (EMAS) muestran datos de mediciones directas y el trazo de mapas de isohelias y considerando la topografía. (Estrada & Cajigal, 2008)

El estudio de la atmósfera nos muestra como la radiación solar varía cuando incide en la atmósfera y así disminuye por dos eventos: primero, la distorsión que es causada por las partículas que contiene el aire en el cual es acompañada de aerosol atmosférico y la capa de nubes. Segundo, cuerpos de absorción de la radiación solar, como el vapor de agua disuelto, el ozono estratosférico, nubes y el dióxido de carbono. El Dr. Agustín Muhila Velázquez (1942-2009), (sobresaliente científico y destacado miembro activo en la comunidad solar mexicana e internacional, inició como pionero en la investigación de la energía solar (Rincón & Pereyra., 2011)). En el laboratorio de Radiación Solar del Instituto de Geofísica, amplía los estudios de turbiedad del aire y la línea de investigación de la radiación solar utilizando radiómetro espectral (aparato que mide la energía radiante que cuantifica la luz que está fuera de espectro visible: como ultravioleta e infrarrojo) que utiliza para medir las características ópticas de la atmósfera. (Velázquez, 2010)

### 1.2.3 Internacional

#### Europa

El “Atlas de Radiación Solar Europeo” se publica por primera vez en 1979, utilizando datos de los años 1966 a 1975, publicándose una segunda edición en 1984 y el Atlas Kastel et al. (1984).

A partir de 1996 comienzan las actualizaciones y mejoras, para publicar la tercera edición del Atlas (Kasten et al., 1996), utilizaron el modelo de Angstrom-Prescott (Angstrom, 1924) emplearon datos de irradiación e insolación, presentaron mapas estadísticos básicos de medias anuales y mensuales de irradiación solar global trazando isolíneas por interpolación.

El proyecto “ESRA – European Solar Radiation Atlas” (Beyer et al., 1997), describe un método en el cual se presentan mapas de irradiación solar y parámetros meteorológicos, tratamientos de imágenes satelitales, en estaciones de medición superficial.

La siguiente edición presenta mejoras de datos satelitales “Atlas de Radiación Solar Europeo” (Aguiar et al., 2000). (Mella, 2005). Una edición digital del “Atlas de Radiación Solar Europea Vol.1” distribuida en CD-ROM (Greif, 2000).

Se iniciaron dos iniciativas para compartir datos de irradiación solar vía Internet:

El servicio de HelioClim ([www.helioclim.org](http://www.helioclim.org)), sustentado y desarrollado por el Groupe Télédétection & Modélisation de la Centre d'Energétique de la Ecole des Mines de Paris (Grupo de Teledetección y Modelización del Centro de Energía de la Escuela de Minas de Paris). La irradiación solar es establecida para el continente Europeo, emplea el método Heliosat-II (por medio de imágenes de satélite). Hoy en día se utilizan las imágenes del satélite Meteosat (conjunto de satélites geoestacionarios dedicados a obtener los datos meteorológicos). A partir de 1985, se empieza a utilizar con registros procedentes del año 1997, se obtienen: la irradiación solar y también la irradiancia global diaria; la media mensual y las fracciones horarias.

Proyecto del servidor Satel-light (es conocer y medir la luz de día obtenidas del Satélite Meteosat, imágenes cada media hora) (<http://www.satel-light.com>), auspiciado por la Unión Europea por la dirección general XII, para los años 1996 a 1998, utiliza el método Heliosat, propuestos por Cano et al. (1986), modificado por Beyer et al. (1997), mejorado por el proyecto Satel-Light contando con base de datos de imágenes de satélite (radiación solar a nivel de superficie) obteniendo la irradiancia global horizontal de 1996 y 1997. (Mella, 2005)

## **España**

El Instituto Nacional de Meteorología de España realizó el “Atlas de Radiación Solar de España”, en este siglo XXI no ha sufrido ninguna actualización; presenta mapas de isolíneas (líneas que une los puntos que tienen el mismo valor de la radiación solar) con valores medios de la irradiación solar global mensual y anual, y la duración del sol de la irradiación directa; datos del periodo 1955-1980.

El Ministerio de Medio Ambiente en sus informes de coyuntura se encuentran mapas de radiación solar actualizados y publicados mensualmente, elaborando un documento de síntesis anual presentando valores medioambientales durante todo el año.

Presentándose en el link ([http://www.mma.es/info\\_amb/estado\\_ma/coyunt/index.htm](http://www.mma.es/info_amb/estado_ma/coyunt/index.htm)), de los años 1998 al 2001 y mensuales de los años 2000 – 2003, mostrando el mapa de irradiación global media mensual o anual de España. (Mella, 2005)

## **Portugal**

En Portugal se tiene el “Atlas do Ambiente” (Atlas del Medio Ambiente) elaborado por el Instituto de Geográfico y Catratal (1975), sitio <http://195.22.0.189/atlas/index.html>, muestra un mapa de insolación media anual de los años 1931-1960 y otro de irradiación solar global media anual de los años 1938-1970. (Mella, 2005)

Actualmente se cuenta con el Sistema Nacional de Informação de Ambiente (SNIAMB) sitio <http://sniamb.apambiente.pt/Home/Default.htm>. (Ambiente, 2017)

## **Estados Unidos de América**

La National Solar Radiation Data Base (Base de datos de la Radiación Solar Nacional). <http://www.nrel.gov> (actualmente cuenta con 40 años de Innovación en Energía Avanzada 1977-2017), cuenta con registros de 30 años del período 1961-1990 de las estaciones de medición de superficie, con tablas de base de datos y mapas de irradiación media mensual y anual.

El programa de Atmospheric Radiation Measurement Program (Programa de Medición de la Radiación Atmosférica), suministra datos de la nubosidad y radiación solar en modelos climáticos y de circulación general atmosférica. Del link <http://www.arm.gov>, (Actualmente el sitio es de U.S Department of Energy and Office of Science, proporciona base de datos atmosféricos recopilados durante más de 20 años). (Mella, 2005).

## 1.3 Links Internacionales para el cálculo de ángulo solar y radiación solar

Para cálculos de geometría solar e irradiación solar, actualmente se cuenta con herramientas de software de aplicación instalable; así, como vía internet.

A continuación se presentan los links explorados en el buscador de yahoo.

El link **Solar Angle Calculator**.

<http://www.powerfromthesun.net/calculators/AngleCalc.html>

Se muestra cómo calcular el ángulo solar; se basa en las fórmulas de un libro (del cual omito referencia); el usuario captura los datos de latitud, número de día, número de ejes de seguimiento, ángulo de inclinación del colector, azimut y tiempo solar.

Se obtiene: La declinación, el ángulo de latitud solar, el ángulo de azimut solar, la salida del sol, la puesta del sol, la duración del día y el ángulo de incidencia del colector.

### Solar Angle Calculator

PROGRAM ANGLECALC - This program uses the equations developed in this book to calculate the sun altitude angle (Eqn. 3.17), sun zenith angle (Eqn. 3.6) and sun azimuth angle (Eqn. 3.19). Also, with input of the collector (or tracking axis) tilt angle and tilt azimuth, we calculate the angle of incidence between the sun rays and the collector aperture (Eqns. 4.3, 4.19, and 4.24). We use Eqn.(3.22) to calculate the sunset and sunrise time, and then Eqn.(3.23) to calculate the hours of sunshine for the day.

Ilustración 1. Página web Solar Angle Calculator

El link **Solar Angle Calculator**

[http://www.aie.org.au/AIE/Energy\\_Info/Sun\\_Angle\\_Calculator.aspx](http://www.aie.org.au/AIE/Energy_Info/Sun_Angle_Calculator.aspx)

La página del Instituto de Energía de Australia facilita un programa para calcular el ángulo solar. El usuario introduce los datos de: latitud, mes, día y longitud. Muestra como resultado: una tabla con horario, altitud y azimut.

### Solar Angle Calculator

Calculate the suns position hourly for any day or month.

[Download Solar Calculator \(for DOS\)](#)

[Download Solar Calculator \(for Vista and Windows 7\)](#)

This handy browser utility calculates the position of the sun. A must for passive solar building design. For domestic dwellings, the optimum window orientation is that which allows maximum sun penetration in winter and minimum in summer. In general, avoid south, (in the southern hemisphere) east and west glass and maximise appropriately shaded north glass.

Commercial buildings often require cooling at ambient temperatures down to 12°C, solar gain should be minimised.

Time	Altitude	Azimuth
0:00	13	-117
1:00	15	-101
2:00	17	-85
3:00	19	-69
4:00	21	-53
5:00	23	-37
6:00	25	-21
7:00	27	-5
8:00	29	11
9:00	31	27
10:00	33	43
11:00	35	59
12:00	37	75
13:00	39	91
14:00	41	107
15:00	43	123
16:00	45	139
17:00	47	155
18:00	49	171
19:00	51	187
20:00	53	203
21:00	55	219
22:00	57	235
23:00	59	251
24:00	61	267

Ilustración 2. Página web Solar Angle Calculator

## El link **Dom** calculadora de posición - Azimut y Zenith

<http://www.solartopo.com/orbita-solar.htm>

En solar topo, calcula la duración del día, amanecer, atardecer, longitud del día durante el año, azimut y zenith. El usuario captura: los datos de la ciudad, mes, día y hora. Nos muestra: la posición de la localidad en google maps, graficando los datos calculados.

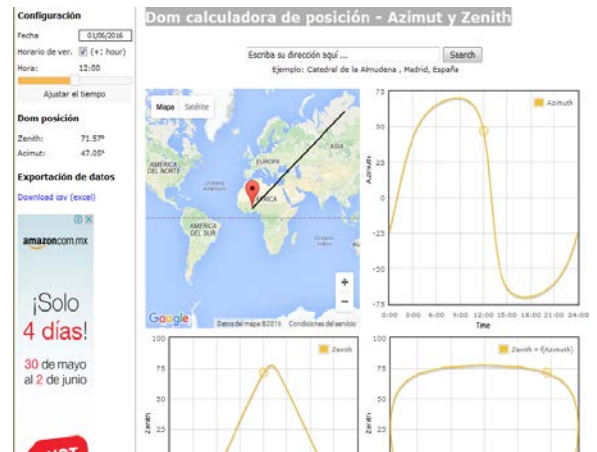


Ilustración 3. Página web Dom calculadora de posición - Azimut y Zenith.

## El link **Time Zone Database**

<http://timezonedb.com/>

En base de datos de zona de tiempo (timezonedb), facilita la hora de la zona horaria de la localidad. El usuario captura: la longitud y latitud; el servicio es gratuito con la base de datos. Para cálculos más avanzados el usuario debe registrarse para un servicio premium con un costo de \$ 5.00 USD al mes.

### Time Zone Database

TimeZoneDB provides free time zone database for cities of the world. The database is licensed under [Creative Commons Attribution 3.0 License](#). It contains countries name, time zones, abbreviation, GMT offset, and Daylight Saving Time (DST). The data is available in CSV and SQL format. You can [download](#) and implement into your projects for free.

API access also available to query time zone information. You can get time zone data by latitude & longitude, or zone name. You need to [register](#) a API key to access the API. Since this service is free, please do not burden the servers with unnecessary queries. If you need high performance and reliable service, please consider [upgrade to premium service](#).

If you need to learn more about how to use the time zone database, please refer to our [developers](#) area for samples.

### Demo

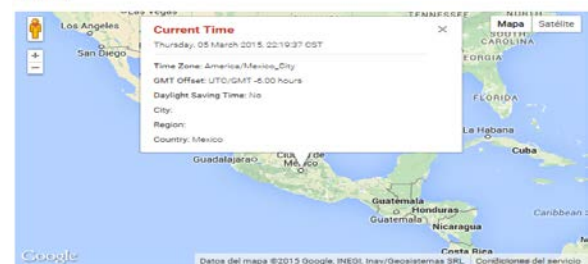


Ilustración 4. Página web Time Zone Database

## El link **Angle of the Sun**

<http://www.waukeshasouth.com/EarthScience/AngleOfTheSun/AngleOfTheSun.shtml>

Proporciona un método muy sencillo para calcular el ángulo solar: se necesita un palo de madera de un metro y colocarlo en forma horizontal en pleno sol; medir la longitud de la sombra y tomar la hora en que se mida la sombra para conocer el ángulo del sol. Al finalizar, se llena un formulario para incrementar la base de datos.

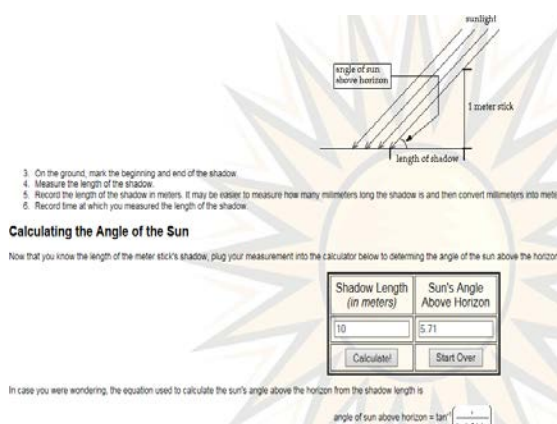


Ilustración 5. Página web *Angle of the Sun*

## El link **Cálculo de la radiación media mensual sobre una superficie arbitrariamente orientada e inclinada.**

[https://www.ujaen.es/investiga/solar/07cursosolar/home\\_main\\_frame/02\\_radiacion/01\\_basico/java/pro\\_rad\\_5.htm](https://www.ujaen.es/investiga/solar/07cursosolar/home_main_frame/02_radiacion/01_basico/java/pro_rad_5.htm)

En la página de la Universidad de Jaén España, se calcula la radiación media mensual sobre una superficie arbitrariamente orientada e inclinada. El usuario captura: la tabla de la irradiación diaria media mensual ( $\text{Wh/m}^2$ ) de enero a diciembre, la latitud, la inclinación del panel, la reflexividad y el azimut. Muestra los resultados: de la irradiación diaria media anual, los valores de radiación directa, la difusa, el albedo y la global.

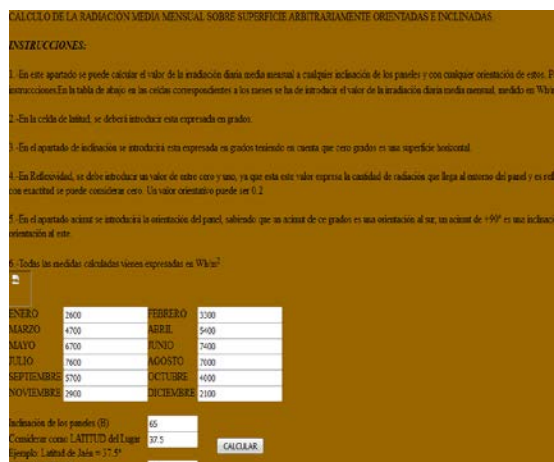
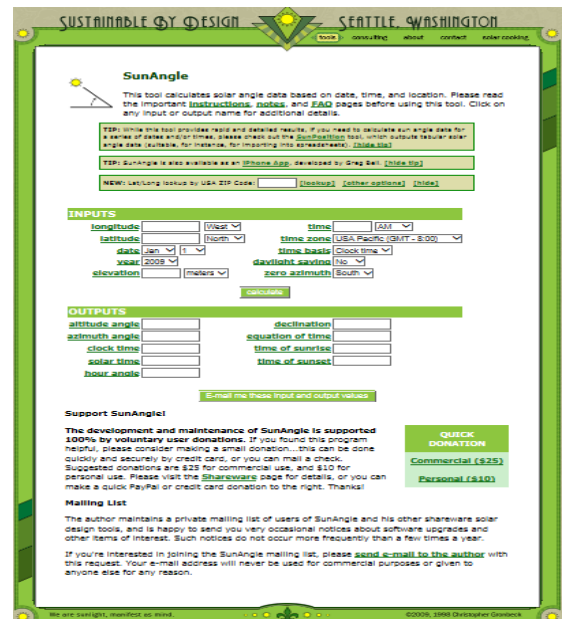


Ilustración 6. Página web *Cálculo de la radiación media mensual sobre superficie arbitrariamente orientada e inclinada.*

## El link **Sun Angle**

<http://susdesign.com/sunangle/>

*Sustainable By Design* (Sostenible por diseño), es una consultora que ofrece ingeniería solar. En la pestaña tools, se encuentran las aplicaciones Sun Angle, Sun Position y Sun Path. El usuario captura: los datos de latitud, la longitud, la elevación, el mes, el día, el año, el tiempo, la zona de tiempo, el tiempo básico, el día con luz, y el azimut. Se obtienen: los cálculos de ángulo de la altitud, el ángulo del azimut, el tiempo de reloj, el tiempo solar, el ángulo horario, la declinación, la ecuación de tiempo, el tiempo de salida del sol, y el tiempo de puesta del sol. Ofrece cálculos más avanzados, información técnica y soporte técnico; se puede pedir vía internet o telefónica para solicitar un cd-rom.



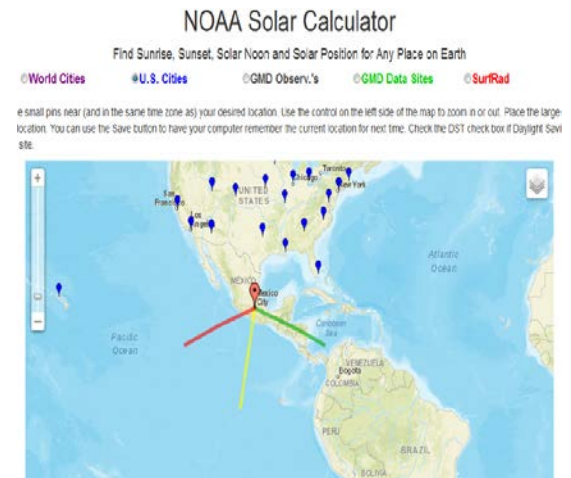
The screenshot shows the SunAngle web application interface. At the top, it says 'SUSTAINABLE BY DESIGN' and 'SEATTLE, WASHINGTON'. Below that, there's a navigation menu with 'tools', 'consulting', 'about', 'contact', and 'solar cooking'. The main heading is 'SunAngle'. A small diagram of a sun and a location pin is shown. The text below says: 'This tool calculates solar angle data based on date, time, and location. Please read the important instructions, notes, and FAQ pages before using this tool. Click on any input or output name for additional details.' There are several links: 'FAQ: How this tool provides help and detailed results. If you need to calculate sun angle data for a series of dates and/or times, please check out the Subscriptions tool, which automates solar angle data updates, for instance, for importing into spreadsheet. (Click link)', 'FAQ: SunAngle is available as an iPhone App. Download it here! (Click link)', and 'NEW! Lat/Long lookup by USA ZIP Code (lookup) (other options) (help)'. The 'INPUTS' section has fields for longitude, latitude, date, year, elevation, time, time zone, time basis, daylight saving, and sun azimuth. There are dropdown menus for these fields. A 'calculate' button is at the bottom of the inputs. The 'OUTPUTS' section has fields for altitude angle, azimuth angle, clock time, solar time, hour angle, declination, equation of time, time of sunrise, and time of sunset. There is an 'E-mail me these input and output values' button. Below the outputs, there's a 'Support SunAngle!' section with text about voluntary user donations and a 'QUICK DONATION' button with 'Commercial (\$25)' and 'Personal (\$10)' options. A 'Mailing List' section follows with text about a private mailing list and a 'send e-mail to the author' button.

Ilustración 7. Página web Sun angle.

## El Link **NOAA Solar Calculator.**

<https://www.esrl.noaa.gov/gmd/grad/solcalc/index.html>

Earth System Research Laboratory Global Monitoring Division (Laboratorio de Investigación del Sistema Terrestre División de Monitoreo Global). El usuario captura: la latitud, la longitud, la zona horaria, el día, el mes, el año y la hora local. Muestra: los valores del amanecer, la puesta del sol, el medio día solar, la ecuación de tiempo, la declinación, y el azimut.



The screenshot shows the NOAA Solar Calculator web application interface. At the top, it says 'NOAA Solar Calculator'. Below that, there's a navigation menu with 'World Cities', 'U.S. Cities', 'GMD Observ.'s', 'GMD Data Sites', and 'SurfRad'. The main heading is 'Find Sunrise, Sunset, Solar Noon and Solar Position for Any Place on Earth'. There's a map of the United States with several blue pins. A red pin is placed over Mexico City. A red line connects the red pin to the center of the map. A green line connects the red pin to the center of the map. A yellow line connects the red pin to the center of the map. A blue line connects the red pin to the center of the map. A small pin is near the red pin. The text below says: 'e small pins near (and in the same time zone as) your desired location. Use the control on the left side of the map to zoom in or out. Place the large location. You can use the Save button to have your computer remember the current location for next time. Check the DST check box if Daylight Savi site.'

Ilustración 8. Página web Calculadora de energía solar.

## El link HELIOGIS

<http://www.heliogis.com/cms/>

HelioGis México, es la página de la empresa Solartronic de nuestro país dedicada al estudio de recursos de energía solar. Ofrece datos solares y meteorológicos de alta precisión para satisfacer los requisitos para cada fase de cualquier proyecto de energía solar.

Facilita al usuario la cual facilita una base de datos para: el cálculo de la irradiación global sobre una superficie horizontal para condiciones de cielo despejado; el cálculo e interpolación espacial del índice con cielo despejado; el cálculo de "mapas raster" - *división del área de estudio en una matriz de celdillas, generalmente cuadradas* - de irradiación global sobre una superficie horizontal y el cálculo de los componentes difuso y directo de la irradiación global para condiciones de cielo nublado.

El usuario no sabe dónde debe capturar los datos para realizar los cálculos que se mencionan. Los únicos datos proporcionados son un mapa y tabla de irradiación global diaria promedio mensual para México.



*Ilustración 9. Página web HELIOGIS.*

Los links explorados para esta investigación nos posibilitan el cálculo directo de geometría solar y/o irradiación solar (sin mencionar qué modelo o fórmula aplican para estos datos proporcionados).

Para realizar un estudio de radiación solar profundo se requiere consultar varios links y/o tablas de radiación solar de la zona en estudio.

## 1.4 Marco Teórico

La importancia de conocer la radiación solar como una fuente de energía alternativa, se exponen las fórmulas para el cálculo de geometría solar (la trayectoria del Sol en su recorrido aparente sobre un punto geográfico de la Tierra), y el cálculo de la radiación solar horaria (la energía solar disponible y recibida durante un periodo de una hora).

### 1.4.1 Radiación Solar

El diámetro del sol es de  $1,39 \times 10^9$  m., y está a una distancia de la tierra de  $1,5 \times 10^{11}$  m., la temperatura interior es estima en  $10^7$  K, en su superficie varía entre 5762 K y 6300 K, la fotosfera es donde se radia la gran parte al espacio exterior de la radiación solar. (SlideShare, 2010)

La longitud media *Sol-Tierra*, la cual es  $1\text{AU} = 1,495\,978\,707 \times 10^{11}$  m, (conocida como unida astronómica). La longitud máxima 1,017AU y la mínima 0,983AU. (Ilustración 10). (Sierra, 2010)

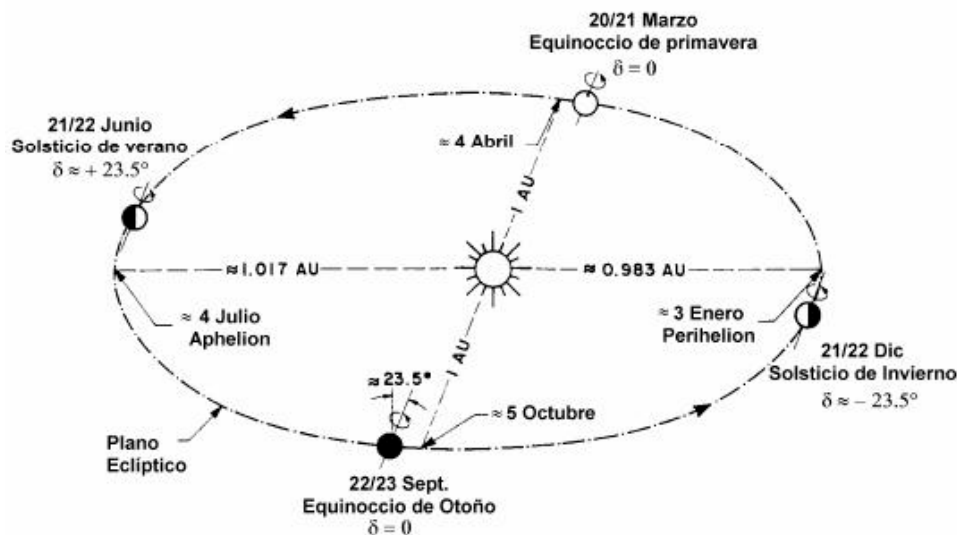


Ilustración 10. Movimiento anual de la Tierra alrededor del Sol. (Sierra, 2010)

### Radiación Solar

Es emitida en su totalidad en la gama del espectro electromagnético; para propósito de estudio está la radiación ultravioleta (UV) ( $\lambda < 0,4 \mu\text{m}$ ), la radiación visible (VIS) ( $0,4 < \lambda < 0,76 \mu\text{m}$ ), y radiación infrarroja (IR) ( $\lambda > 0,76 \mu\text{m}$ ).

Estudios actuales indican variaciones de emisión de la energía solar en un ciclo solar, La energía solar que incide en la tierra varía por los siguientes factores: la distancia, diámetro y temperatura del Sol, sin olvidar que cuando ésta incide en la Tierra se encuentra con su atmósfera que es transmitida, adsorbida y reflejada. (SlideShare, 2010)

### **Irradiancia (I)**

La energía solar que incide por unidad de tiempo y área sobre un plano; su unidad de medida es  $W/m^2$ . (SlideShare, 2010)

### **Irradiación (G)**

La energía solar incidente por unidad de área sobre un plano, durante un período determinado de tiempo (horaria, diaria, mensual, etc.); su unidad de medida es  $Wh/m^2$ . (SlideShare, 2010)

La radiación solar se clasifica en tres componentes: (SlideShare, 2010)

### **Radiación directa**

La radiación solar que incide directamente sobre un plano desde el Sol.

### **Radiación difusa**

La radiación solar que es extendida cuando es absorbida por las nubes y distribuida en todas direcciones.

### **Radiación reflejada**

La radiación solar que es refleja tanto de la radiación directa y radiación difusa, de todas las superficies de la Tierra que esta incide.

### **Radiación global**

Es la suma de las tres componentes de la radiación solar.

### **Movimiento Solar**

La posición Sol-Tierra es relativa, y se maneja un modelo en el cual el Sol traza un movimiento de rotación alrededor de la Tierra. La posición relativa del Sol con relación a una superficie en cualquier punto de la tierra, se necesita un sistema de referencia, el cual su origen parte del punto del observador, *ilustración 11*. (SlideShare, 2010)

## 1.4.2 Geometría Solar

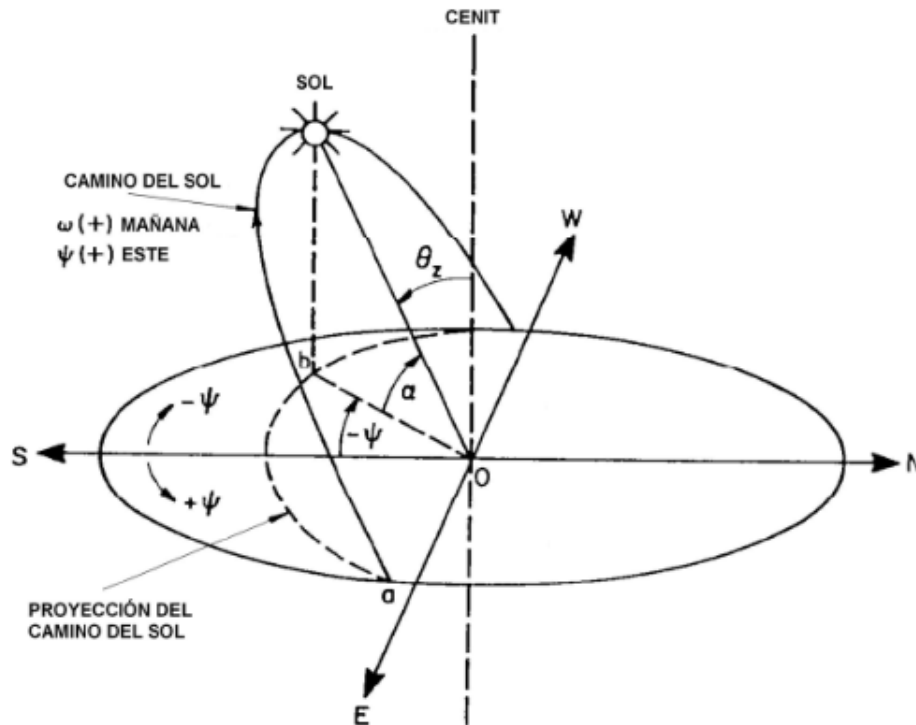


Ilustración 11. Posición relativa Sol – Tierra. (Sierra, 2010)

### Declinación ( $\delta$ )

Posición angular del Sol al mediodía solar, con respecto al plano del ecuador, se puede calcular a partir de la ecuación de Spennker (1971). Por series de Fourier su valor tiene mayor aproximación. (Duffie & Beckman, 2006)

$$\delta = 0.006918 - 0.399912 \cos B + 0.070257 \sen B - 0.006758 \cos 2B + 0.000907 \sen 2B - 0.002697 \cos 3B + 0.0148 \sen 3B \quad 1.1$$

donde:

$$-23.45^\circ \leq \delta \leq 23.45^\circ$$

$$B = (n - 1)360/365 \quad 1.2$$

$n$ : día del año

### Ángulo de incidencia ( $\cos \theta$ )

El ángulo entre la radiación directa en una superficie y la normal a esa superficie. (Duffie & Beckman, 2006)

$$\begin{aligned} \cos \theta = & \text{sen } \delta \text{ sen } \phi \text{ cos } \beta - \text{sen } \delta \text{ cos } \phi \text{ sen } \beta \text{ cos } \gamma \\ & + \text{cos } \delta \text{ cos } \phi \text{ cos } \beta \text{ cos } \omega + \text{cos } \delta \text{ sen } \phi \text{ sen } \beta \text{ cos } \gamma \text{ cos } \omega \\ & + \text{cos } \delta \text{ sen } \beta \text{ sen } \gamma \text{ sen } \omega \end{aligned} \quad 1.3$$

donde:

$\delta$ : declinación

$\phi$ : latitud

$\beta$ : ángulo de inclinación

$\omega$ : ángulo horario

$\gamma$ : ángulo azimutal

### Ángulo Zenital Solar ( $\theta_z$ )

El ángulo formado por el rayo directo del Sol y la normal del plano horizontal (su vertical). (SlideShare, 2010)

Para las superficies horizontales, el ángulo de la incidencia es el ángulo del **zenit** del sol, " $\theta_z$ ". Valor comprendido entre  $0^\circ$  y  $90^\circ$ , cuando el Sol se presenta sobre el horizonte. (Duffie & Beckman, 2006)

Para esta situación,  $\beta = 0$ .

$$\cos \theta_z = \cos \phi \cos \delta \cos \omega + \text{sen } \phi \text{ sen } \delta \quad 1.4$$

### Ángulo azimut solar ( $\gamma_s$ )

El ángulo que se forma en la proyección del sol (Sol-Tierra) sobre el plano horizontal y la línea de Norte-Sur, con signo positivo si recorre de Este-Sur y signo negativo si el recorrido es de Sur-Oeste. (SlideShare, 2010)

Ecuación. (Duffie & Beckman, 2006)

$$\gamma_s = \text{signo}(\omega) \left| \cos^{-1} \left( \frac{\cos \theta_z \text{ sen } \phi - \text{sen } \delta}{\text{sen } \theta_z \text{ cos } \phi} \right) \right| \quad 1.5$$

### Ángulo de la altitud solar ( $\alpha_s$ )

El ángulo formado por el rayo del sol en forma directa con respecto al plano horizontal. (SlideShare, 2010)

"Es una función sólo de la hora del día y la declinación". (Duffie & Beckman, 2006)

$$\alpha_s = \sin^{-1}(\cos \phi \cos \delta \cos \omega + \text{sen } \phi \text{ sen } \delta) \quad 1.6$$

### Ángulo horario ( $\omega$ )

El ángulo que forma el desplazamiento angular del Sol (trayectoria solar) de Este-Oeste del meridiano local, con respecto a la rotación de la Tierra cada  $15^\circ$  es una hora, negativo en el amanecer y positivo en el atardecer. (Duffie & Beckman, 2006)

El ángulo horario del atardecer: cuando  $\theta_z = 90$ :

$$\omega_s = \cos^{-1}(-\tan \phi \tan \delta) \quad 1.7$$

### Duración del día ( $N$ )

Se conoce como el número de horas de luz del día. (Duffie & Beckman, 2006)

Dado por:

$$N = \frac{2}{15} \cos^{-1}(-\tan \phi \tan \delta) \quad 1.8$$

### Constante Solar ( $G_{sc}$ )

Es la energía del Sol que incide en una superficie perpendicular a la dirección de propagación, que se encuentra a una distancia media del sol-tierra fuera de la atmosfera terrestre.

El valor de la constante solar a sufrido modificaciones en los años, según la metodología de medición y tiene un valor de  $1350 \text{ W/m}^2$ . (SlideShare, 2010)

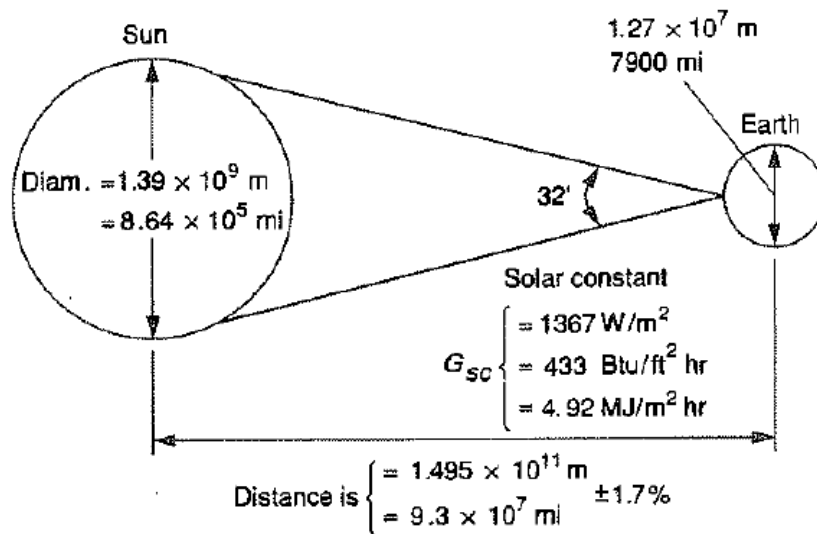
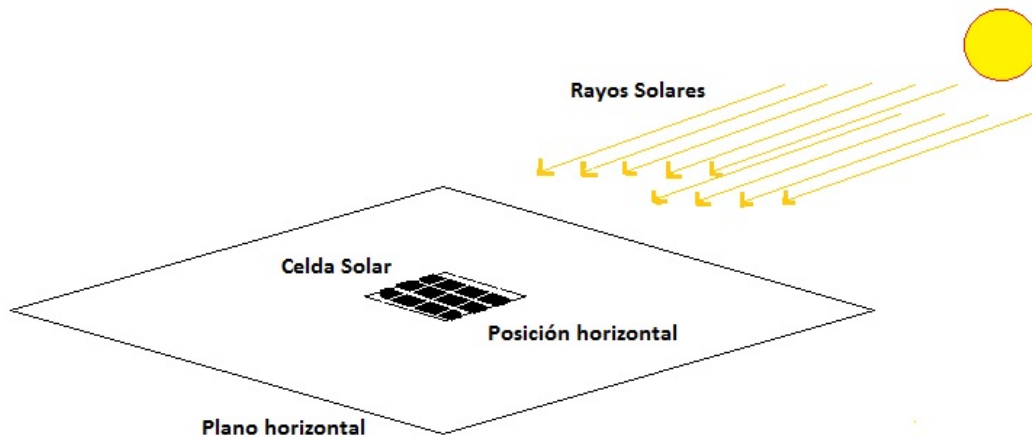


Ilustración 12. Relación Sol-Tierra. (Duffie & Beckman, 2006)

La Organización Meteorológica Mundial (WMO), especifica la constante solar  $G_{sc}$ , *ilustración 12*, el promedio anual de la irradiancia solar total (TSI); recomienda designar el valor de  $1367 \text{ W/m}^2$  “valor obtenido mediante consideraciones teóricas relativas a la temperatura del Sol y al movimiento de traslación de la Tierra alrededor del Sol”. (Edson Plasencia S.1, 2007)

La Constante Solar  $G_{sc}$ :

$$G_{sc} \begin{cases} = 1367 \text{ W/m}^2 \\ = 4.92 \text{ MJ/m}^2 \text{ hr} \end{cases}$$



*Ilustración 13. Medición de la radiación solar en plano horizontal. (Creación propia)*

### **Irradiancia extraterrestre sobre una superficie horizontal ( $G_o$ ).**

En una superficie, en plano horizontal, para cualquier momento entre el amanecer y el atardecer. (Duffie & Beckman, 2006)

$$G_o = G_{sc} \left( 1 + 0.033 \cos \frac{360n}{365} \right) (\cos \phi \cos \delta \cos \omega + \text{sen } \phi \text{ sen } \delta) \quad 1.9$$

### **Radiación solar extraterrestre sobre un plano horizontal ( $G_{on}$ )**

Es la irradiancia solar extraterrestre incidente en plano horizontal a la radiación en “ $n$ ” día del año, por series de Fourier. (Duffie & Beckman, 2006)

$$G_{on} = G_{sc} (1.000110 + 0.034221 \cos B + 0.001280 \text{ sen } B + 0.000719 \cos 2B + 0.000077 \text{ sen } 2B) \quad 1.10$$

### Irradiación extraterrestre diaria sobre una superficie horizontal ( $H_o$ ).

Integrando la ecuación 1.10, durante el período que comprende entre el amanecer y el ocaso. (Duffie & Beckman, 2006)

$$H_o = \frac{24 \cdot 3600 \cdot G_{sc}}{\pi} \left( 1 + 0.033 \cos \frac{360n}{365} \right) \left( \cos \phi \cos \delta \sin \omega_s + \frac{\pi \omega_s}{180} \sin \phi \sin \delta \right) \quad 1.11$$

### Irradiación extraterrestre horaria sobre una superficie horizontal ( $I_o$ )

La radiación extraterrestre en una superficie horizontal, por un periodo de una hora  $\omega_1$  y  $\omega_2$ ,  $\omega_2 > \omega_1$ . (Duffie & Beckman, 2006)

$$I_o = \frac{12 \cdot 3600}{\pi} G_{sc} \left( 1 + 0.033 \cos \frac{360n}{365} \right) \left[ \cos \phi \cos \delta (\sin \omega_2 - \sin \omega_1) + \frac{\pi(\omega_2 - \omega_1)}{180} \sin \phi \sin \delta \right] \quad 1.12$$

## 1.4.3 Tiempo solar y Ecuación de tiempo

El mediodía solar se da en el momento en que el sol cruza el meridiano del observador respecto a la hora civil de la localidad u hora estándar. (Duffie & Beckman, 2006)

$$\text{Tiempo Solar} - \text{Tiempo Estandar} = 4 (L_{st} - L_{Loc}) + E \quad 1.13$$

Donde:

$L_{st}$  : Longitud Estándar

$L_{Loc}$  : Longitud de la Localidad

Ecuación de tiempo Spencer 1971 por series de Fourier.

$$E = 229.2 (0.000075 + 0.001868 \cos B - 0.032077 \sin B - 0.014615 \cos 2B - 0.04089 \sin 2B) \quad 1.14$$

donde:

$B$ : de la ecuación 1.2

## 1.5 Modelos para la estimación de la radiación solar

### 1.5.1 Modelo de Hottel

Hottel (1976), su modelo nos permite estimar la transmitancia atmosférica (medida de atenuación de la radiación solar extraterrestre) “ $\tau_b$ ” de la radiación directa a través de la atmósfera clara, en función del ángulo cenital “ $\theta_z$ ”, la altitud sobre el nivel del mar “ $A$ ” en km, y tipo de clima (Tropical; Verano, latitud media; Verano, subártico; e Invierno, latitud media).

El coeficiente de transmitancia directa está dado: (Passamai, 2000)

$$\tau_b = a_0 + a_1 e^{\left(\frac{-k}{\cos \theta_z}\right)} \quad 1-15$$

Donde:

$a_0$ ,  $a_1$  y  $k$  son parámetros de la atmosfera estándar de visibilidad a 23 km. Usando las ecuaciones:

$$a_0 = r_0 [0,4237 - 0,00821 (6 - A)^2] \quad 1-16$$

$$a_1 = r_1 [0,5055 + 0,00595(6,5 - A)^2] \quad 1-17$$

$$k = r_k [0,2711 + 0,01858(2,5 - A)^2] \quad 1-18$$

Donde:

$r_0$ ,  $r_1$  y  $r_k$ , para tipo de clima, *tabla 1*.

A: altitud del punto de observación, en kilómetros.

*Tabla 1. Factores de corrección, tipos de clima (Hottel. 1976). (Duffie & Beckman, 2006)*

Clima Típico	$r_0$	$r_1$	$r_k$
Tropical	0.95	0.98	1.02
Verano en latitudes medias	0.97	0.99	1.02
Verano sub-ártico	0.99	0.99	1.01
Invierno en latitudes medias	1.03	1.01	1.00

El coeficiente de transmitancia difusa, está dada por Liu & Jordar (1960) expresado por: (Passamai, 2000)

$$\tau_d = 0.271 - 0.294\tau_b \quad 1-19$$

La transmitancia para una atmosfera estándar de la radiación directa, para cualquier ángulo del zenit. (Duffie & Beckman, 2006)

### Irradiancia directa en un plano horizontal con cielo despejado ( $G_{cb}$ )

Con cielo-claro la irradiancia directa en plano horizontal dada: (Duffie & Beckman, 2006)

$$G_{cb} = G_{on} \tau_b \cos \theta_z \quad 1.20$$

### Irradiancia difusa en un plano horizontal con cielo despejado ( $G_{cd}$ )

Con cielo claro la irradiancia difusa en plano horizontal dada: (Duffie & Beckman, 2006)

$$G_{cd} = G_{on} \cos \theta_z \tau_d \quad 1.21$$

La componente de la irradiancia total en un plano horizontal para cielo claro " $G_{cT}$ ", es la suma de las componentes de la irradiancia directa y difusa en un plano horizontal con cielo claro.

$$G_{cT} = G_{cb} + G_{cd} \quad 1.22$$

## 1.5.2 Modelo Isótopo

El modelo isótopo (propiedad de un elemento en que cualquiera que sea su dirección que se considere conserva las mismas propiedades), presentado por Liu & Jordan (1960), un plano recibe radiación difusa y radiación isotrópa, desde el cielo.

Con un ángulo de inclinación  $\beta$  con relación al plano horizontal presentándose: (Albizzati, 2001)

Coeficiente de visibilidad respecto a la atmósfera:

$$(1 + \cos \beta)/2 \quad 1.23$$

Coeficiente de visibilidad respecto al piso:

$$(1 - \cos \beta)/2 \quad 1.24$$

### 1.5.3 Modelo de Liu y Jordan

La radiación solar incidente en la superficie de un plano para el modelo de Liu & Jordan (1960) la divide en tres componentes: directa, difusa y reflejada. Para este propósito se utiliza la radiación promedio mensual diario de la radiación global para superficie horizontal  $\bar{H}$ , en una superficie inclinada orienta hacia el ecuador, Klein la mejora para cualquier dirección, basándose en el modelo de Liu & Jordan.

Para plano inclinado la radiación promedio mensual horaria, se consideran las siguientes componentes difusas e isotrópicas reflejadas, es: (Jaime J. Vera M., 2008)

$$H_t = \bar{K}_t \bar{H}_o \left[ \left( r_t - \frac{\bar{H}_d}{\bar{H}} r_d \right) R_b + \frac{\bar{H}_d}{\bar{H}} r_d \left( \cos^2 \frac{\beta}{2} \right) + \rho_g r_t \left( \sin^2 \frac{\beta}{2} \right) \right] \quad 1.25$$

Donde:

$\bar{K}_t$  Índice de claridad promedio mensual diario.

$\bar{H}_d$  Promedio mensual diario de radiación solar difusa dada en kWh/m<sup>2</sup>/día.

$\bar{H}_o$  Radiación extraterrestre se calcula para días particulares de cada mes, cual es el mismo valor obtenido de la radiación promedio del mes en estudio, expuesto por Klein.

$r_t$  Correlación de radiación global horaria de la global diaria.

$r_d$  Correlación de la radiación difusa horaria de la difusa diaria.

$R_b$  Correlación de la radiación directa en superficie inclinada con la horizontal.

$\rho_g$  Coeficiente de reflectancia del suelo (Albedo).

$\beta$  Ángulo de inclinación del colector con respecto a la horizontal.

$\bar{H}_d/\bar{H}$  Índice de claridad de fracción difuso diario.

$r_t$  Relación de la radiación total en una hora durante el día.

$r_d$  Relación de radiación difusa en una hora para difundir en un día.

El albedo propuesto por RETScreen:

$$\rho_g = \begin{cases} 0.7 & \bar{T}_a < -5^\circ\text{C} \\ 0.2 - 0.1\bar{T}_a & -5^\circ\text{C} \leq \bar{T}_a \leq 0^\circ\text{C} \\ 0.2 & \bar{T}_a > 0^\circ\text{C} \end{cases} \quad 1.26$$

Donde:

$\bar{T}_a$  Temperatura ambiente promedio mensual.

$R_b$  Es la correlación entre el ángulo de incidencia de la radiación directa  $\theta$  y el ángulo cenital local  $\theta_z$ .

### Índice de claridad promedio mensual ( $\bar{K}_T$ )

El índice de claridad promedio mensual diario o Factor de Turbiedad de la atmósfera, es la correlación de la radiación diaria promedio mensual en una superficie horizontal de la radiación extraterrestre diaria del promedio mensual. (Duffie & Beckman, 2006)

$$\bar{K}_T = \frac{\bar{H}}{\bar{H}_o} \quad 1.27$$

### Índice de claridad diario ( $K_T$ )

Es la correlación de la radiación diaria en una superficie horizontal de la radiación extraterrestre diaria. (Duffie & Beckman, 2006)

$$K_T = \frac{H}{H_o} \quad 1.28$$

### Índice de claridad horaria ( $k_T$ )

Es la correlación de la radiación horaria en una superficie horizontal de la radiación extraterrestre horaria. (Duffie & Beckman, 2006)

$$k_T = \frac{I}{I_o} \quad 1.29$$

### Índice de claridad de fracción difuso diario Reindl

“La proporción  $\frac{I_d}{I}$ ” en función del índice de claridad horaria “ $k_T$ ”, de Erbs et al. (1982). (Duffie & Beckman, 2006)

$$\frac{I_d}{I} = \begin{cases} 1.0 - 0.09 k_T & k_T \leq 0.22 \\ 0.9511 - 0.1604k_T + 4.388k_T^2 - 16.638k_T^3 + 12.336k_T^4 & 0.22 < k_T \leq 0.80 \\ 0.165 & k_T > 0.8 \end{cases} \quad 1.30$$

### Factor geométrico ( $R_b$ )

Es la proporción de la radiación directa en una superficie inclinada respecto a la superficie horizontal para cualquier hora, Hottel y Woertz (1942). Se calcula mediante la ecuación 1.3 del ángulo de incidencia de la radiación directa en las superficies horizontales e inclinadas, y se utiliza para determinar “ $\cos \theta$ ” y “ $\cos \theta_z$ ” respectivamente. La razón “ $G_{b,T}/G_b$ ”, dada por: (Duffie & Beckman, 2006)

$$R_b = \frac{G_{b,T}}{G_b} = \frac{G_{b,n} \cos \theta}{G_{b,n} \cos \theta_z} = \frac{\cos \theta}{\cos \theta_z} \quad 1.31$$

Utilizando las ecuaciones 1.3 y 1.4, indicando para el hemisferio norte, “ $\gamma = 0^\circ$ ”, la ecuación es: (Duffie & Beckman, 2006)

$$R_b = \frac{\cos(\phi - \beta) \cos \delta \cos \omega + \sin(\phi - \beta) \sin \delta}{\cos \phi \cos \delta \cos \omega + \sin \phi \sin \delta} \quad 1.32$$

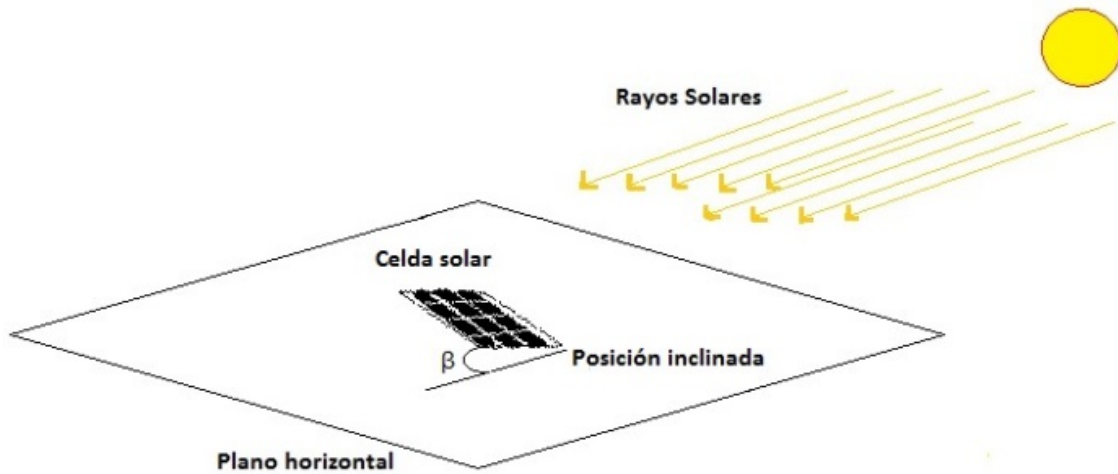


Ilustración 14. Medición de la radiación solar en plano inclinado. (Creación propia)

Radiación difusa y directa  $I_d, I_b$  horaria: (Duffie & Beckman, 2006)

$$I_d = \frac{I_d}{I} \cdot I \tag{1.33}$$

$$I_b = \left( \frac{I_d}{I} - 1 \right) \cdot I \tag{1.34}$$

Tabla 2. Albedo

Albedo	pasto	tierra sin vegetación	roca	suelo seco	asfalto seco	asfalto húmedo	suelo húmedo
$\rho_g$	0.06	0.12	0.13	0.14	0.15	0.18	0.21
Albedo	vegetación	arena	tejado rojo	concreto	nuves	nieve húmeda	nieve
$\rho_g$	0.26	0.3	0.33	0.35	0.6	0.75	0.82

La radiación solar total en la superficie inclinada durante una hora, se representa por la suma de las tres componentes: La radiación directa, la radiación difusa isótropa y la radiación reflejada isótropa. **Modelo Liu & Jordan** (1963), " $I_T$ ". (Duffie & Beckman, 2006)

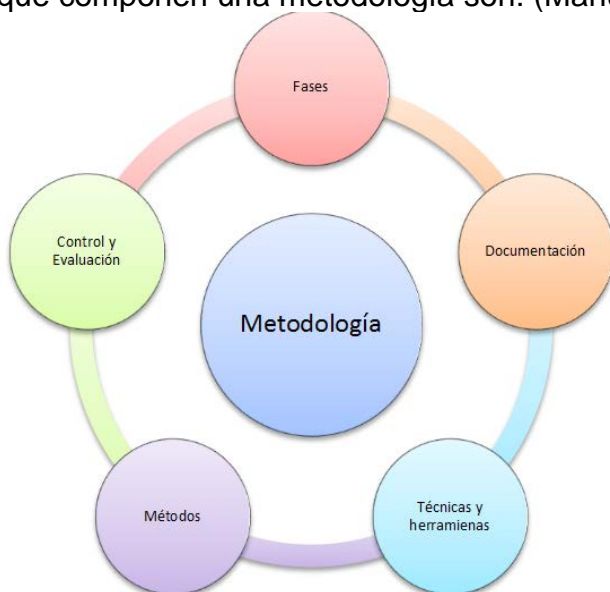
$$I_T = I_b R_b + I_d \left( \frac{1 + \cos \beta}{2} \right) + I \rho_g \left( \frac{1 - \cos \beta}{2} \right) \tag{1.35}$$

## 1.6 Metodología del Diseño

### 1.6.1 Metodología

La metodología nos indica que métodos y técnicas se deben usar en el proyecto, y en las fases del ciclo de vida, *ilustración 15*. (Manuel Trigás, 2012)

Los elementos que componen una metodología son: (Manuel Trigás, 2012)



*Ilustración 15. Elementos básicos de una metodología. (Manuel Trigás, 2012)*

#### Las Fases

Son las tareas que se deben ejecutar en cada fase: (Manuel Trigás, 2012)

#### Los Métodos

El procedimiento a desarrollar de la elaboración del software (proyecto). Se procede a dividir el desarrollo en actividades pequeñas, cada actividad toma valores para las fases y el procedimiento que se utilizara.

#### Técnicas y Herramientas

Como se soluciona cada actividad y las herramientas a usar. Algunas de técnicas, *tabla 3*:

*Tabla 3. Técnicas y Herramientas.*

	Técnica	Herramienta
a	Recopilación de datos	Entrevistas, formularios, encuesta, etc.
b	Gráficas	Diagramas, esquemas, organigramas, etc...
c	Modelado	Programación estructurada y orientada a objetos.

## Documentación

Los documentos que se generaran en las fases, se debe puntualizar completamente los valores de entra y salida que se crearan para tomar conclusiones de los resultados.

## Control y Evaluación

De los resultados obtenidos y confirmados, para poder modificarlos según el caso. Si esto sucede el proyecto se debe establecer para mantener el objetivo. Y aplicar la técnica adecuada por mencionar: PERT o diagramas de Gantt.

### 1.6.2 La metodología tradicional

Una metodología tradicional o pesada, es utilizada para alcanzar un software eficaz, implanta disciplinas de trabajo en su desarrollo. Para comenzar un ciclo de desarrollo de software se prepara el proyecto en su totalidad con todo detalle. Adquiere el control del desarrollo, para determinar la serie de actividades, herramientas, mecanismos y anotaciones en el modelado para una minuciosa documentación. Las metodologías tradicionales son muy cerradas no se ajustan a los variaciones, porque no se puede pronosticar los requerimientos. (EcuRed, 2017)

### 1.6.3 Metodología Ágil

La metodología tradicional no funciona con los desafíos actuales. Una metodología ágil proporciona con prontitud integrar cambios en cualquier fase del desarrollo del software. (EcuRed, 2017)

#### Manifiesto Ágil

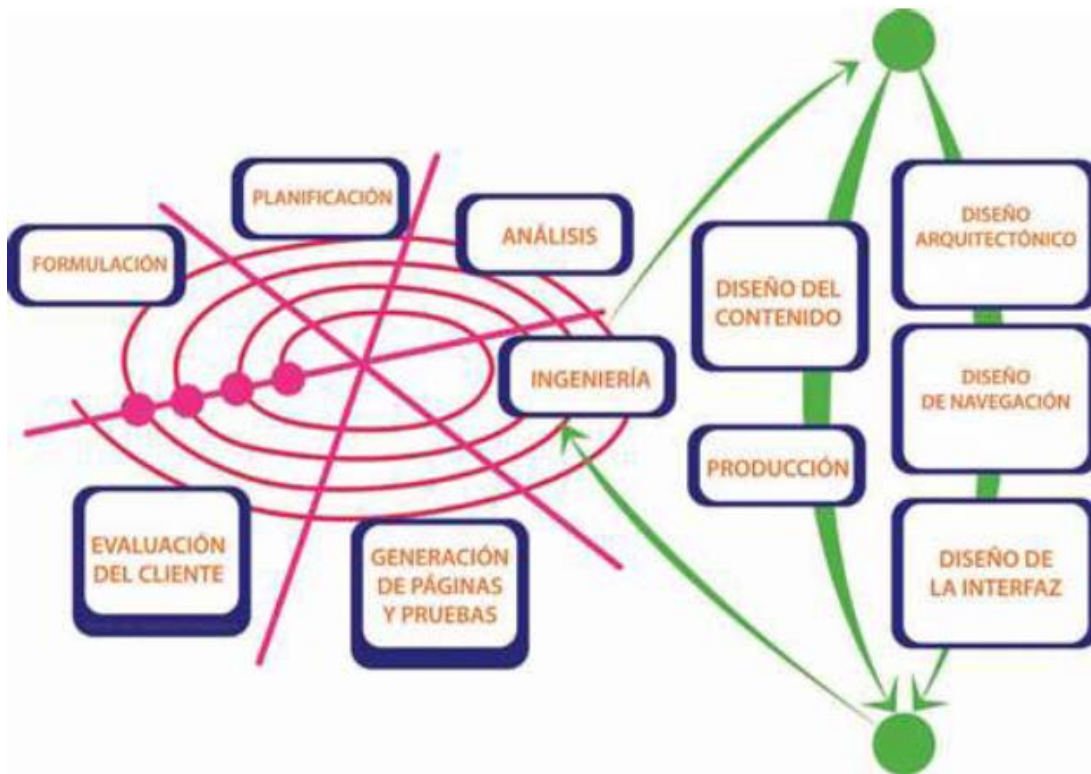
Según el Manifiesto se valora: (EcuRed, 2017)

- **Al individuo y las interacciones del equipo de desarrollo sobre el proceso y las herramientas.** Los compañeros de trabajo es lo primordial factor en el desarrollo del software, porque es necesario crear un equipo de trabajo, para que este construya un ambiente propio a los requisitos del proyecto.
- **Desarrollar software que funciona más que conseguir una buena documentación.** La documentación debe ser concisa para determinar lo primordial.
- **La colaboración con el cliente más que la negociación de un contrato.** Para asegurar el éxito del proyecto debe existir una acción reciproca de por medio entre el cliente y el equipo de trabajo.
- **Responder a los cambios más que seguir estrictamente un plan.** Para argumentar a estos cambios (de cualquier índole) no se debe ser inflexible en la duración del proyecto, para lograr el triunfo o fracaso.

## 1.7 Ingeniería WEB

De la ingeniería de software nace una nueva etapa que es la ingeniería web, que se encarga de los procedimientos y patrones colocados en el dominio web. Se fundamenta en el empleo de metodologías en el desarrollo web, eficaz, cuantificable y disciplinado. *Ilustración 16.* (Santamarina, 2009)

El desarrollo más importante en la historia de la computación son probablemente dos acontecimientos la internet y la World Wide Wed (www). Llevándonos a la era de la informática, de convertirse en la vida diaria de todos globalmente en la actualidad.(Chi, 2013)



*Ilustración 16. Modelo de Ingeniería Web. (Chi, 2013)*

### 1.7.1 Atributos de los sistemas y aplicaciones Web

#### ¿Qué es la usabilidad?

El trabajo que se realiza en cualquier ambiente gráfico, ayudando a los usuarios en sus procedimientos. (Chi, 2013)

#### ¿Realmente hace falta la usabilidad para hacer una Web?

No olvidemos que la web como un portal, los usuarios entran a la web para buscar información, es nuestro trabajo hacerla sencilla para que el usuario no parezca extraviado o engañado. (Chi, 2013)

## ¿Cuáles son las 8 reglas de Oro sobre la usabilidad?

“Quizás mañana sean 10 reglas”. (Chi, 2013)

### **1. En Internet el usuario es el que manda.**

El usuario establece las reglas para visitar la página web.

### **2. En Internet la calidad se basa en la rapidez y la fiabilidad.**

En internet cuenta la velocidad, lo sincera, fidedigna y directa.

### **3. Seguridad.**

El usuario debe sentirse seguro al visitar la página y funcione correctamente.

### **4. La confianza es algo que cuesta mucho ganar y se pierde con un mal enlace.**

Es mejor tener una página web elemental al principio que complicada, posteriormente ir subiendo el nivel y el usuario se sienta seguro.

### **5. Si quieres hacer una página decente, simplifica, reduce, optimiza.**

Se necesita una página web simple, para que el usuario se sienta confortable y no sufrir tedio en buscar información.

### **6. Pon las conclusiones al principio.**

Colocar un resumen al comienzo de la página web; el usuario de esta forma tendrá claro de lo que se trata el sitio al buscar información, este comodo al visitarla y recomendarla.

### **7. No hagas perder el tiempo a la gente con cosas que no necesitan.**

La promoción de productos entrelazados puede causar confusión y dejándole mas libertad al usuario.

### **8. Buenos contenidos.**

Escribir correctamente en internet: Colocar un resumen al principio, el contenido debe estar en un 25% aproximadamente del texto original del proyecto.

### **9. Evaluación del contenido.**

El contenido de la página web debe actualizarse paulatinamente y minuciosamente para ayudar al usuario.

## 1.7.2 El Equipo de ingeniería Web

Un equipo de ingeniería web es un grupo interdisciplinario muy talentoso y exacto, con tiempos cortos, cambios a ultima hora y tecnología continuamente cambiante. (Chi, 2013)

Equipo de ingeniería web: (Chi, 2013)

- Los Actores
- Desarrolladores/proveedores de contenido
- Editores de Web
- Ingeniero Web
- Expertos en dominios empresariales
- Especialista en Soporte
- Administrador

## 1.7.3 Herramientas de Diseño Web

Hoy en día contamos con herramientas que nos facilitan el desarrollo de una página web, anteriormente deberíamos de estudiar HTML5, CSS3, PHP7 o JavaScript.

Existen tres tipos de herramientas o grupos que facilitan esta tarea: editores online, editores de texto (HTML) y sistemas CMS (Sistema Gestor de Contenidos). (Muñoz & López, 2014)

## 1.7.4 Matriz FODA

### 1.7.4.1 El análisis FODA

Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats (SWOT), al español son: Fortalezas, Debilidades, Oportunidades y Amenaza.

El análisis FODA estudia y señala las fortalezas y debilidades de un programa u organización, como también evaluar la situación interna y externa del programa, conociendo las oportunidades y amenazas. Como herramienta fácil de manejar nos posibilita conocer lo fundamental del programa. (Talancón, 2007)

### 1.7.4.2 ¿Cómo identificar las fortalezas y debilidades?

La fortaleza del programa es una tarea hecha de forma apropiada. Una debilidad es la causa por la cual el programa es indefenso o defectuoso.

Reconocidas las fortalezas y debilidades del programa empieza a determinar la valoración de estas, y reconocer las amenazas del proyecto. (Talancón, 2007)

### 1.7.4.3 Identificar oportunidades y amenazas

Las oportunidades permitirán al programa contener piezas elementales de desarrollo y perfeccionamiento y crear las tácticas. Las amenazas son lo opuesto a las oportunidades, personalizadas las fortalezas o problemas vistas negativas. Las oportunidades y amenazas para el programa, es establecer los requisitos para empezar valiosas decisiones, valorar el análisis de fortalezas y debilidades, con las oportunidades y amenazas, para presentar las conclusiones del proyecto. (Talancón, 2007)

En la *tabla 4*, se muestran los aspectos que deben considerarse para elaborar los listados de la matriz FODA.

Tabla 4. Matriz FODA. Thompson y Strikland (1998). (Talancón, 2007)

<b>FORTALEZAS</b>	<b>DEBILIDADES</b>
<p>Capacidades fundamentales en áreas claves.</p> <p>Recursos financieros adecuados.</p> <p>Buena imagen de los compradores.</p> <p>Ser un reconocido líder en el mercado.</p> <p>Estrategias de las áreas funcionales bien ideadas.</p> <p>Acceso a economías de escala.</p> <p>Aislada (por lo menos hasta cierto grado) de las fuertes presiones competitivas.</p> <p>Propiedad de la tecnología.</p> <p>Ventajas en costos.</p> <p>Mejores campañas de publicidad.</p> <p>Habilidades para la innovación de productos.</p> <p>Dirección capaz.</p> <p>Posición ventajosa en la curva de experiencia.</p> <p>Mejor capacidad de fabricación.</p> <p>Habilidades tecnológicas superiores.</p>	<p>No hay una dirección estratégica clara.</p> <p>Instalaciones obsoletas.</p> <p>Rentabilidad inferior al promedio.</p> <p>Falta de oportunidad y talento gerencial.</p> <p>Seguimiento deficiente al implantar la estrategia.</p> <p>Abundancia de problemas operativos internos.</p> <p>Atraso en investigación y desarrollo.</p> <p>Línea de productos demasiado limitada.</p> <p>Débil imagen en el mercado.</p> <p>Débil red de distribución.</p> <p>Habilidades de mercadotecnia por debajo del promedio.</p> <p>Incapacidad de financiar los cambios necesarios en la estrategia.</p> <p>Costos unitarios generales más altos en relación con los competidores clave.</p>
<b>OPORTUNIDADES</b>	<b>AMENAZAS</b>
<p>Atender a grupos adicionales de clientes.</p> <p>Ingresar en nuevos mercados o segmentos.</p> <p>Expandir la línea de productos para satisfacer una gama mayor de necesidades de los clientes.</p> <p>Diversificarse en productos relacionados.</p> <p>Integración vertical (hacia adelante o hacia atrás).</p> <p>Eliminación de barreras comerciales en mercados foráneos atractivos.</p> <p>Complacencia entre las compañías rivales.</p> <p>Crecimiento más rápido en el mercado.</p>	<p>Entrada de competidores foráneos con costos menores.</p> <p>Incremento en las ventas y productos sustitutos.</p> <p>Crecimiento más lento en el mercado.</p> <p>Cambios adversos en los tipos de cambio y políticas comerciales de gobiernos extranjeros.</p> <p>Requisitos reglamentarios costosos.</p> <p>Vulnerabilidad a la recesión y ciclo empresarial.</p> <p>Creciente poder de negociación de clientes o proveedores.</p> <p>Cambio en las necesidades y gustos de los compradores.</p> <p>Cambios demográficos adversos.</p>



# **CAPÍTULO 2**

**2 MODELOS**

**Y**

**HERRAMIENTAS**

**PARA EL PROYECTO**

## 2.1 Modelos para la estimación de la radiación solar

### 2.1.1 Otros Modelos

Actualmente se cuenta con otros modelos isótopos y anisótopos para estimar la radiación solar, propuestos por investigadores como: (Page, 1961; Collares-Pereira y Rabl, 1979; Iqbal, 1979; Jain, 1984; Baig et al., 1991; Aguilar y Collares-Pereira, 1992; Gueymard, 1993; etc.). En algunos modelos se debe contar con una estación solarimétrica, climática para obtener una base de datos, y también estimar la radiación solar directa y la radiación solar difusa (durante el periodo de estudio).

En lo específico no se cuenta con semejantes equipos de medición.

### 2.1.2 Modelo para convertir el día del mes

Se parte del mes correspondiente sumando el día escogido y arrastrando los meses correspondientes anteriores, para conocer la “n” día del año, *tabla 5*.

*Tabla 5. Para el i-ésimo día del Mes.*

Mes	“n” para el i-ésimo día del mes	Mes	“n” para el i-ésimo día del mes
Enero	i	Julio	E+F+M+A+M+J+i
Febrero	E + i	Agosto	E+F+M+A+M+J+J+i
Marzo	E+F+i	Septiembre	E+F+M+A+M+J+J+A+i
Abril	E+F+M+i	Octubre	E+F+M+A+M+J+J+A+S+i
Mayo	E+F+M+A+i	Noviembre	E+F+M+A+M+J+J+A+S+O+i
Junio	E+F+M+A+M+i	Diciembre	E+F+M+A+M+J+J+A+S+O+N+i

### 2.1.3 Cálculo del Error Relativo Porcentual (E<sub>V</sub>)

Por métodos numéricos obtendremos el Error Relativo Porcentual (E<sub>V</sub>) se obtiene: (Castellanos, 2013)

$$E_V = \frac{\text{Valor Verdadero} - \text{Valor Aproximado}}{\text{Valor Verdadero}} * 100 \quad 1.36$$

Considerando el Valor Verdadero (el medido por la estación) y el Valor Aproximado (calculado por fórmula).

Cuando el valor verdadero es mayor que el valor aproximado E<sub>V</sub> es positivo, si el valor verdadero es menor que el valor aproximado E<sub>V</sub> es negativo.

## 2.1.4 Tabla de irradiación global diaria promedio mensual

La tabla de irradiación solar diaria promedio mensual, sin estos valores no se podrá realizar el cálculo, esta tabla no se encuentran disponible, las instituciones o investigadores que cuentan con ella no la tienen publicada, la única que se encuentra accesible es la de Almanza et al 1997, de 56 localidades de la República Mexicana. Esta tabla será la primera para realizar estos cálculos, se propone utilizar una segunda tabla se toman datos del link SODA con valores actualizados de 2012, y una tercera tabla a utilizar y final se toman datos del link RETScreen con valores actualizados de 2016.

## 2.1.5 Procedimiento de datos

En el proyecto para desarrollar el cálculo de irradiación solar en la República Mexicana, se seleccionaron 57 ciudades que contaran con una estación EMA (Estación Meteorológica Automática). Se toma como base: la tabla Radiación Solar promedio mensual de (R. Almanza S., E. Cajigal R. y J. Barrientos A, actualización de datos 1999)., para los primeros cálculos de prueba.

Los valores de irradiación global diaria promedio mensual horizontal se obtendrán del sitio RETScreen, datos actualizados 2016, (tablas de radiación solar [Apéndice C](#)), para las 57 ciudades seleccionadas que cuentan con una estación meteorológica.

Los cálculos estimados estarán contenidos en la escala sinóptica o gran escala (Norma Mexicana NMX-AA-166/2-SCFI-2015), para estaciones: meteorológicas, climatológicas e hidrológicas, está escala que corresponde a un área de 100.1 km hasta 3 000 km de radio alrededor de la estación (dentro de sus coordenadas geográficas).

Se seleccionaron las ciudades por zona de la República Mexica, que contaran con estación meteorológica; zona norte: Estación Ahumada, Chihuahua; Estación Tampico, Tamaulipas; zona centro: Estación Tacubaya, Distrito Federal; zona sur: Estación Tuxtla Gtz., Chiapas, Estación Mérida, Yucatán. La estación meteorológica, nos da valores de irradiancia y los modelos muestran tanto irradiancia como irradiación. Los datos estimados de los modelos, se grafica la irradiancia horaria con respecto a los de las estaciones EMAs, durante el periodo de un día, combirtiendo esta en irradiación diaria, para calcular el Error Relativo Porcentual  $E_v$ .

## 2.2 Herramientas de diseño Web

### 2.2.1 Joomla

Joomla posibilita modelar sitios web y potentes aplicaciones online, por ser un laureado Sistema de Gestión de Contenidos (CMS), por su gran capacidad de expansión y sencillo empleo. Es un software muy conocido de libre descarga en la web. (EDL, 2015)

Joomla incorpora:

- Sencillo montaje.
- Fácil mantenimiento de la web
- Robustas extensiones comerciales sin cargo.
- Numerosas plantillas intercambiables para la web.
- Seguridad y estabilidad

### 2.2.2 HTML

HTML (**Hyper Text Markup Language**), es un lenguaje de hipertexto; incluye texto, imágenes, sonido, video, etc. (contenido multimedia), que nos posibilita redactar texto en formato estructurado agregando etiquetas de inicio y final, guardándolo con extensión html o htm, para visualizarlo con un navegador web. (aula clic, 2000)

### 2.2.3 PHP

PHP (Hipertext Preprocessor) procesador de hipertexto, lenguaje intérprete con semejanza a C++. Se puede utilizar para generar programas, por lo general se utiliza en el diseño web, incluido dentro del texto con extensión html o xhtml, y un servidor web con apache el que se encarga de ejecutar la aplicación. (Palomo, 2007)

Propiedades de divulgación de php son:

- Lenguaje de libre descarga. <http://www.php.net>.
- Disponible para los principales sistemas operativos (GNU/Linux, Unix, Windows, Mac).
- Cuenta con documentos en diversos idiomas (libre consulta en <http://www.php.net>).
- Flexibilidad en el manejo de base de datos, diseño Flash, escritos PDF, etc.
- Con un servidor apache, php puede ser ejecutado por cualquier navegador web y sistema operativo.

## 2.2.4 CSS

CSS (*Cascade Style Sheets*), hoja de estilo en cascada. Como HTML presenta problemas de control de etiquetas en su formato de diseño para páginas web. CSS intenta controlar las etiquetas de HTML. Trata de librarse de los trucos y el exceso de tablas en HTML. El código CSS no se escribe dentro del formato de HTML este se encuentra al inicio del documento en formato exclusivo de CSS. (Sánchez, 2003)

Como el contenido HTML estaba mezclado con las etiquetas, provocaba errores y lentitud en la interpretación del código. CSS pretende controlar estos problemas, su evolución hoy en día, contamos con (CSS1, CSS2, CSS3 y CSS5). (desarrolloweb.com, 2016)

Características:

- Web integro, esta configurado el contenido en una sola parte.
- En html se coloca el código css al principio de la página.
- Los estilos son acomodados en una porción de la web.
- Se pueden detallar varios estilos en diferentes párrafos.



# CAPÍTULO 3

## 3 DESARROLLO DEL PROYECTO

“Diseñar para un mundo real”  
Victor Papanek

### 3.1 Desarrollo Proyecto

Se explica la forma en que se diseñó conceptualmente el proyecto de tesis que incluye: hipótesis; método de análisis; arquitectura; diagramas de hipervínculos; y un proceso de fases. Se utilizaron los siguientes modelos matemáticos, Modelo Hottel y Modelo de Liu & Jordar

### 3.2 Hipótesis

Con el desarrollo de esta herramienta web en el dominio de la UACM, es posible realizar cálculos de geometría solar en diferentes localidades de la República Mexicana y también, el cálculo de la irradiación solar en plano horizontal y plano inclinado.

### 3.3 Método de análisis

El método de análisis es para conocer mejor el desarrollo de la página web para el cálculo de la irradiación solar horaria.

Sirve para tener de forma organizada y detallada el proyecto de tesis; nos llevará paso a paso de la metodología ligera seleccionada en el desarrollo de la herramienta web para geometría solar y los modelos: Hottel y de Liu & Jordan, en el área correspondiente, para el cálculo de la irradiación solar horaria estudiado.

La aplicación web será una herramienta web práctica en la enseñanza utilizando el modelo TPACK, “en la cual el docente integra la tecnología en la enseñanza”.

### 3.4 Arquitectura

La tecnología de diseño que se emplea se basa en la arquitectura de tres capas (*Ilustración 17*), la cual permite accesos a la aplicación de cálculo por medio de un navegador web que cifra el código de Joomla (html, php, css), que nos permite reducir tiempo y recursos ya que no requiere instalar un software específico en una terminal para el usuario final.



Ilustración 17. Arquitectura WEB, tres capas (Matehuala, 2016).

Se selecciona un sistema de Gestión de Contenidos (CMS), Joomla para el servidor web, el cual implementa los más avanzados sistemas de seguridad proporcionando la confiabilidad en el manejo de la información.

En uno de los servidores de la UACM, se crea un servidor web Linux Ubuntu, con aplicación Apache y lenguaje de programación PHP, es muy fácil e intuitivo de instalar Joomla; este gestor de contenidos nos permite la creación del módulo Flexi Custom en el cual se desarrolla la programación de los algoritmos en php, permitiendo los cálculos aproximados de la irradiación solar.

### 3.5 Diagrama de Hipervínculos

El diagrama de hipervínculos nos muestra como una aplicación WEB se divide, la forma organizada de acceder a ella. A través de este diagrama se puede realizar el ciclo de vida de la página y un adecuado mantenimiento al sistema y web.

### 3.6 Procesos de Fases

Durante las fases de diseño del sistema de cálculo de la irradiación solar horaria diaria se definieron los procesos principales.

Este proyecto se divide en cinco fases, *diagrama 1*.

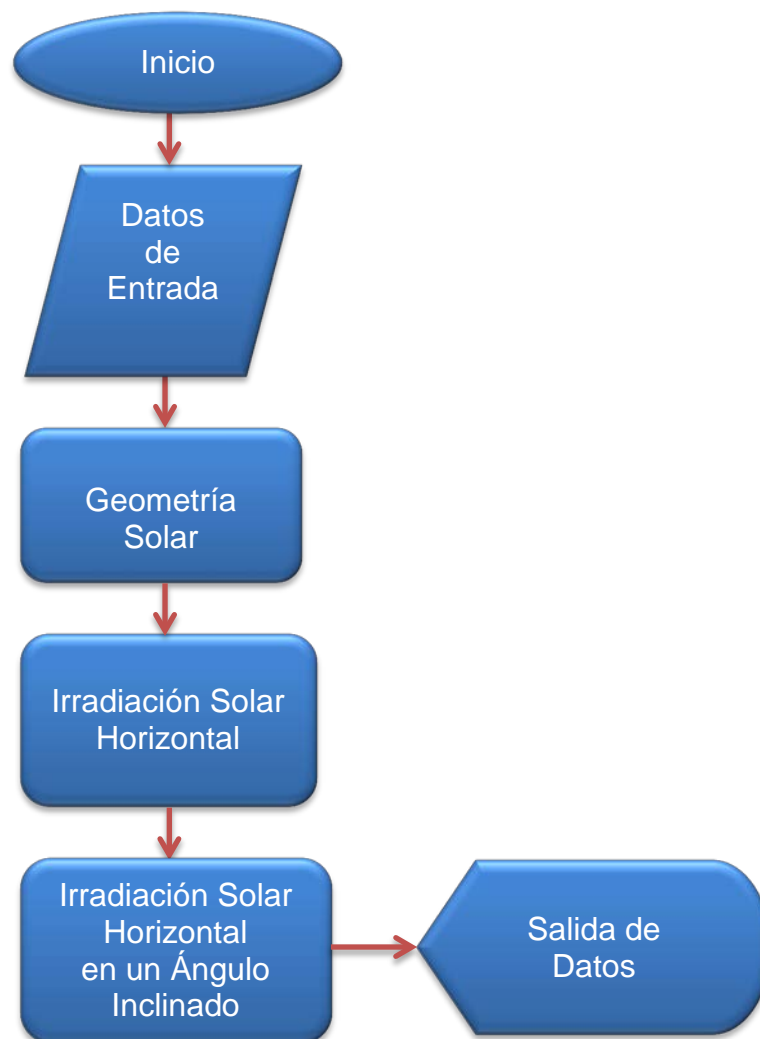
**La primera fase:** datos de entrada.

**La segunda fase:** cálculo de la geometría solar.

**La tercera fase:** cálculo de la irradiación solar, Modelo de Hottel, para plano horizontal.

**La cuarta fase:** cálculo de la irradiación solar, Modelo de Liu & Jordan, para plano inclinado.

**La quinta fase y final:** salida de datos de las fases 2,3 y 4.



*Diagrama 1. Proceso de Fases.*

## 3.7 Fase 1

### 3.7.1 Datos de Entrada

Contempla los datos de entrada, *diagrama 2*, que son los antecedentes esenciales para los cálculos de posición geográfica; donde se va a estimar la radiación solar horaria ( $\omega_1$  y  $\omega_2$  en intervalos de una hora,  $\omega_2 \geq \omega_1$ ), *tabla 6*.

*Tabla 6. Tabla de Datos de entrada.*

Latitud decimal	$\Phi$
Longitud decimal	L
Altitud	m.s.n.m
Día	día
Mes	Mes
Ángulo horario Inicial	$\omega_1$
Ángulo horario Final	$\omega_2$
Albedo	$\rho_g$
Clima Típico	CT

### 3.7.2 Diagrama de Flujo

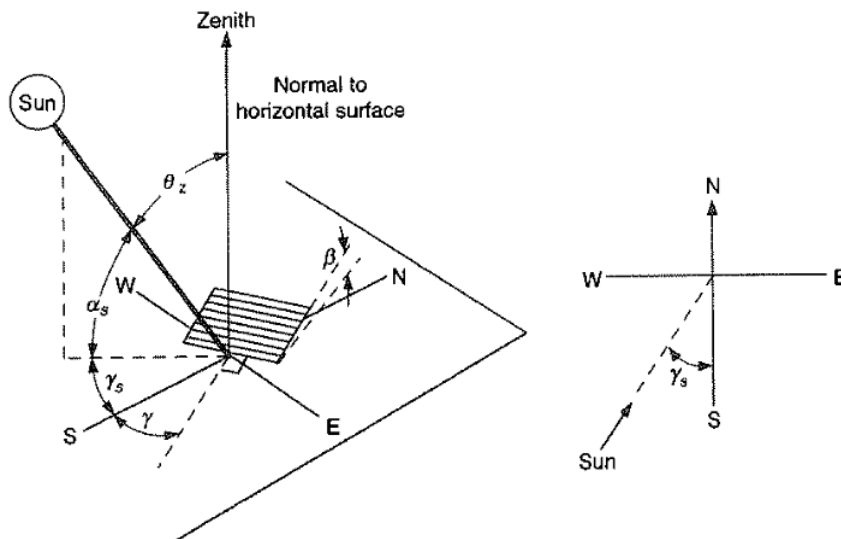


*Diagrama 2. FASE 1: Diagrama de flujo Entrada de Datos.*

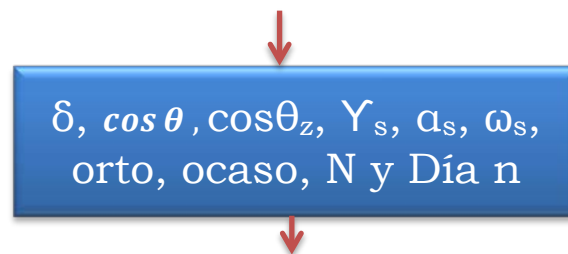
## 3.8 Fase 2

### 3.8.1 Geometría solar

Parámetros necesarios para el cálculo de la trayectoria aparente del sol, *diagrama 3*. Determinar el día del año para saber la posición tierra-sol (el día del año se obtiene a partir de la tabla 5). Partimos de la posición del colector con respecto a las coordenadas terrestres (latitud y longitud) e iniciamos los cálculos de la declinación solar (partimos de la fórmula 1.1), el ángulo de incidencia (partimos de la fórmula 1.3), la altitud solar (partimos de la fórmula 1.6), el ángulo azimut (partimos de la fórmula 1.5), el orto, el ocaso, el ángulo zenit; (el orto y el ocaso partimos de la fórmula 1.7, signo positivo para el orto y signo negativo para el ocaso, convirtiendo estos ángulos en horas), el ángulo horario (partimos de la fórmula 1.7), y la duración del día (partimos de la fórmula 1.8), se puede observar gráficamente en la *Ilustración 18*.



*Ilustración 18. Geometría solar para superficie inclinada (Duffie & Beckman, 2006)*



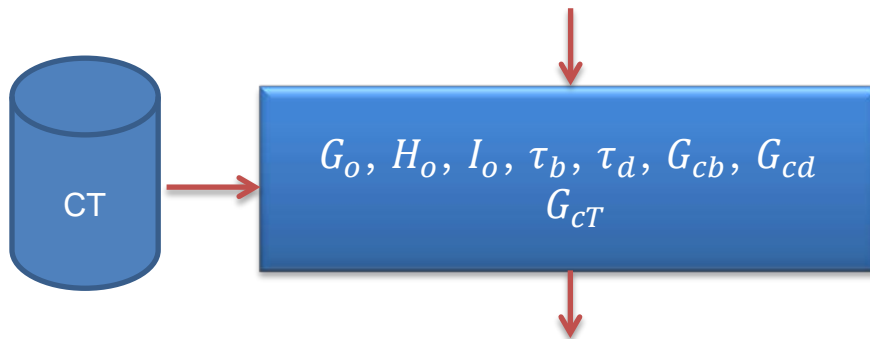
*Diagrama 3. Geometría solar.*

### 3.9 Fase 3

#### 3.9.1 Modelo de Hottel

En esta fase se utiliza el modelo de Hottel para estimar la irradiancia solar en plano horizontal, *diagrama 4*, en primer lugar se deben conocer las transmitancias directa (partimos de la fórmula 1.15) y difusa (partimos de la fórmula 1.19) respectivamente, conociendo el tipo de clima de la zona en estudio, *tabla 1*. Y obtener los valores de la irradiancia directa en un plano horizontal con cielo despejado (partimos de la fórmula 1.20), conociendo la irradiancia solar extraterrestre sobre un plano horizontal (partimos de la fórmula 1.10), y la constante solar, y por último la Irradiancia difusa en un plano horizontal con cielo despejado (partimos de la fórmula 1.21). La irradiancia total es la suma de la irradiancia directa y difusa, *formula 1.22*.

Y se calcula la Irradiación extraterrestre horaria sobre una superficie horizontal (partimos de la fórmula 1.12), para ser comparada con los modelos propuestos y no la sobrepasen.



*Diagrama 4. Diagrama de flujo de cálculos de la Radiación Solar en un plano horizontal.*

## 3.10 Fase 4

### 3.10.1 Modelo de Liu y Jordan

En esta fase se utiliza el modelo de Liu & Jordan isotrópico, *diagrama 5*, para poder estimar la irradiación solar total en la superficie inclinada durante una hora, este modelo se basa en el índice de claridad (partimos de la fórmula 1.28), conociendo los valores de la radiación diaria promedio mensual en una superficie horizontal (se obtiene de base de datos de estaciones meteorológicas *tabla 22*) y la radiación extraterrestre diaria (partimos de la fórmula 1.11). Se utiliza el índice de claridad de fracción difuso diario Reindl (partimos de la fórmula 1.30), es necesario conocer el factor geométrico (partimos de la fórmula 1.32) para el hemisferio norte, para estimar la radiación directa (partimos de la fórmula 1.33) y la radiación difusa (partimos de la fórmula 1.34), la radiación horaria la obtendremos de las correlaciones 1.28 y 1.29, y por último utilizaremos el albedo que este de obtendrá de la tabla 2.

Obteniendo estos datos ya podemos estimar la radiación total propuesta por Liu & Jordan: La radiación directa, la radiación difusa isotrópica aplicando la fórmula 1.23 con el resultado de la radiación difusa, y la radiación reflejada isotrópica aplicando la fórmula 1.24 y los resultados de la radiación horaria y el albedo.

La radiación total estimada se obtiene aplicando la fórmula 1.35.

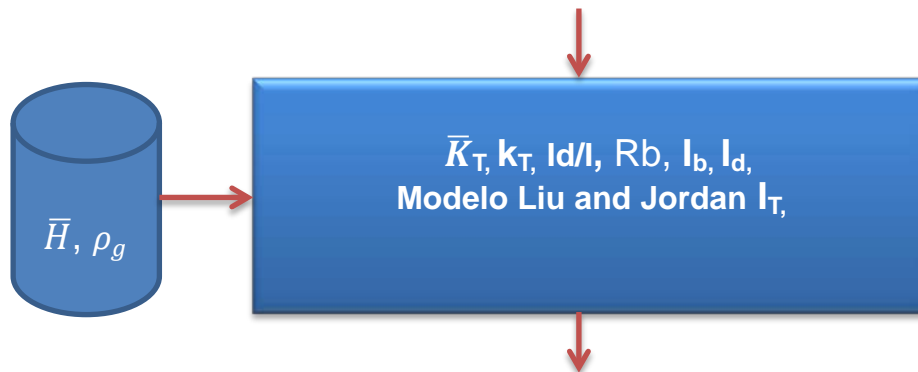
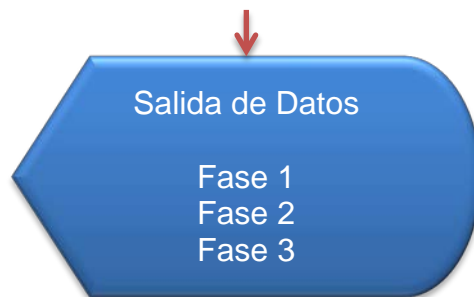


Diagrama 5. Diagrama de flujo de cálculos de la Radiación Solar en un plano inclinado.

### 3.11 Fase 5

En esta parte y final son visualizados los datos, *diagrama 6*, de la fase1 geometría solar, la fase 2 el modelo de Hottel y la fase3 el modelo de Liu y Jordan, mostrándose en la página web desarrollada, *Ilustración 21*.

En el apartado superior, se muestran los datos de entrada y la constante solar utilizada, se calcula el tiempo solar verdadero y se muestra también la hora civil (partimos de la fórmula 1.13), utilizando la ecuación de tiempo de Spencer (partimos de la ecuación 1.14),



*Diagrama 6. Impresión de Datos en página web.*



# CAPÍTULO 4

## 4 DESARROLLO DE LA PÁGINA WEB

## 4.1 Herramientas de desarrollo

La herramienta Notepad++, nos ayudará a la captura y edición del código fuente para su programación y su posteriormente ejecución.

Notepad++ es un software libre, editor de código fuente que soporta varios lenguajes. Funciona en entorno Windows, Linux y Mac, su uso se rige por la GPL License.

Con la herramienta php desarrollaremos el código fuente, los algoritmos para los modelos y fórmulas y los cálculos de la radiación solar horaria.

El css es la siguiente herramienta para completar el desarrollar del código fuente de la hoja de estilo en cascada, nos facilitara lograr una mejor presentación en la web.

Finalmente Joomla el gestor de contenidos el encargado de presentar la página y por medio de su gestor de contenidos y el servidor apache se presentan los cálculos para la radiación solar horaria.

Esta página será montada en un servidor web con Linux y tendrá instalado un servidor Apache conectado a una red LAN con Intranet e Internet.

La página podrá ser vista por cualquier usuario que esté conectado a la red con Internet que contenga un navegador web.

## 4.2 Presentación de página web en Joomla

### 4.2.1 Modelo Joomla

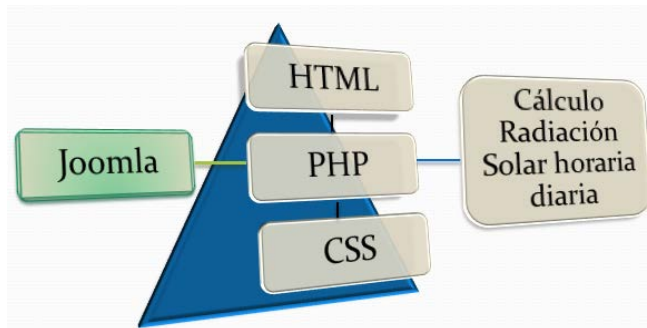


Ilustración 19. Diagrama de Modelo Joomla.

La imagen muestra una captura de pantalla de una página web. En la parte superior hay un menú de navegación con los ítems: INICIO, CÁLCULO SOLAR (destacado en azul), ACTIVIDADES y CONTACTO. El título principal de la página es "Geometría y Cálculo Solar" en un banner azul. Debajo del título, se indica "Energía solar disponible en la superficie terrestre horaria". Hay un botón "CÁLCULO SOLAR" en un recuadro azul oscuro. El formulario de entrada contiene los siguientes campos: "Selecciona Estación:" con un menú desplegable que muestra "Ags -Aguascalientes"; "Introduzca latitud decimal  $\sigma$ :"; "Introduzca longitud decimal L:"; "Introduzca altitud m.s.n.m.:"; "Seleccione el Mes:" con un menú desplegable que muestra "Enero" y "introduzca día:"; "Introduzca la Inclinação  $\beta$ :"; "Seleccione la hora ángulo horario  $\omega_1$ :" con un menú desplegable que muestra "0° a 12h" y " $\omega_2$ :" con un menú desplegable que muestra "15° a 13h"; "Seleccione el albedo  $\rho_g$ :" con un menú desplegable que muestra "Agua"; "Seleccione Tipo de Clima:" con un menú desplegable que muestra "Tropical"; y un botón "Iniciar Cálculo". En la parte inferior del formulario hay un recuadro azul oscuro con el texto "Datos del Lugar" y "Localidad DF TACUBAYA". A la derecha de la página hay un banner con una imagen del Sol y el texto "CÁLCULOS" en un recuadro azul.

Ilustración 20. Página web. Intranet de la UACM, dirección IP: 172.17.120.146:8081.

### 4.3 Código Fuente

El código fuente de la página web, está creado en php por su lenguaje de alto nivel y ser uno de los primeros lenguajes de programación incorporado directamente dentro del código html, para el desarrollo de una herramienta web. El intérprete de php debe estar instalado en un servidor web con Apache para que éste ejecute el código php. En php no es necesario declarar las variables que se van ir utilizando; la almacena y es declarada automáticamente. Los cálculos matemáticos fueron desarrollados en php. El código fuente se puede consultar en el [Apéndice A](#).

### 4.4 Matriz Foda

En base a la definición del capítulo 1, la Matriz Foda representa el análisis de los factores para detectar las fortalezas y debilidades, diagnosticar las situaciones internas y externas de las oportunidades y las amenazas a la página web, *tabla 7*.

*Tabla 7. Matriz Foda de la página web.*

<b>FORTALEZAS</b>	<b>OPORTUNIDADES</b>
<p>Facilita la investigación de la Radiación Solar desde cualquier lugar.</p> <p>Promueve el uso de la radiación solar y la diversificación de su aprovechamiento.</p> <p>Ayuda a realizar investigaciones más rápidas en el sitio de trabajo.</p> <p>Es una herramienta gratuita.</p>	<p>Posibilita la consulta de la Radiación Solar desde un dispositivo con Internet.</p> <p>Permite el desarrollo de las aplicaciones solares.</p> <p>Incentiva la práctica de aplicaciones solares en edificaciones y campo.</p>
<b>DEBILIDADES</b>	<b>AMENAZAS</b>
<p>Requiere la actualización anual de la base de datos de irradiación media mensual.</p> <p>El cálculo de la radiación solar será únicamente regional.</p>	<p>Corte inesperado de la energía eléctrica por parte del servidor y/o terminal.</p> <p>Falta de motivación por desconocimiento de sobre el uso real de las aplicaciones solares.</p> <p>Cambio de herramientas y/o actualización de software para el cálculo de radiación solar.</p>

# CAPÍTULO 5

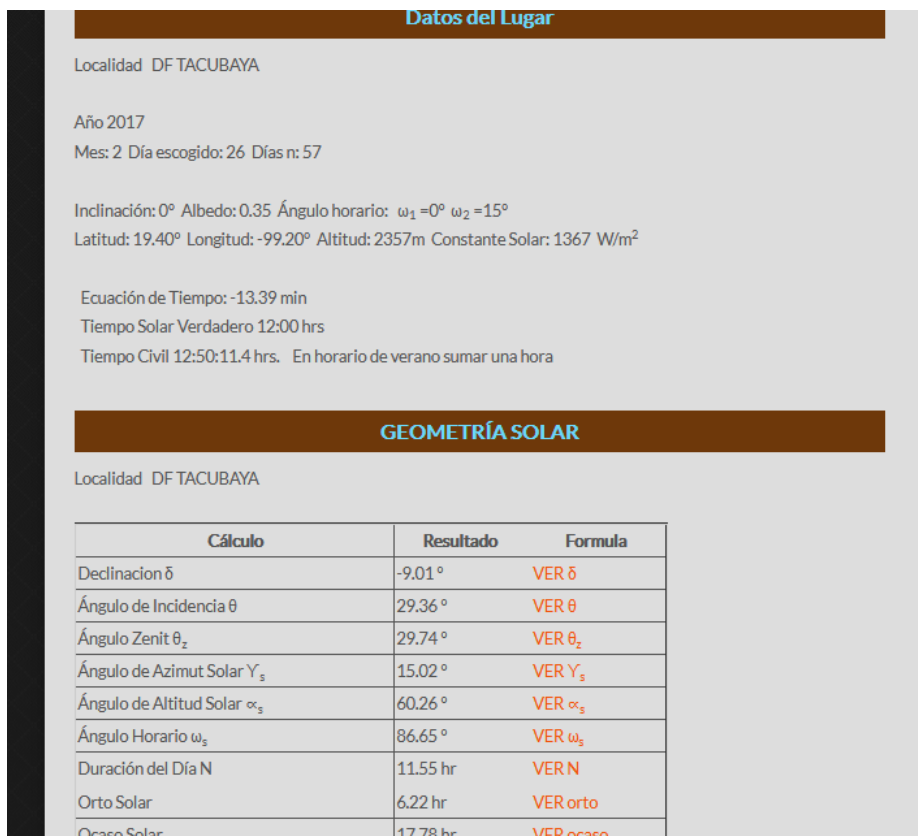
## 5 RESULTADOS

## 5.1 Resultados

En este capítulo se presentan los valores obtenidos mediante el uso de la herramienta web desarrollada para el cálculo de la irradiación solar horaria, utilizando hora solar, para un plano horizontal en diferentes localidades de la República Mexicana, con los modelos propuestos por Hottel y Liu & Jordan. La irradiación solar extraterrestre en un plano horizontal (irradiación solar cada hora); se estudia según lo propuesto por John A. Duffie and William A. Beckman en el libro "Solar engineering of thermal processes" de 2006.

### 5.1.1 Resultado del desarrollo de la página web ligada al sitio de la UACM

A continuación se presenta la dirección IP de la página web desarrollada para el cálculo de la irradiación solar para cada hora, con el gestor de contenidos Joomla, que es una herramienta de software libre. Las herramientas empleadas para el desarrollo del proyecto fueron Joomla, html, php, csc y notepad++. Las pruebas fueron realizadas en Linux Ubuntu con un servidor apache y el programa php 5.6. *Ilustración 21.*



**Datos del Lugar**

Localidad DFTACUBAYA

Año 2017

Mes: 2 Día escogido: 26 Días n: 57

Inclinación: 0° Albedo: 0.35 Ángulo horario:  $\omega_1 = 0^\circ$   $\omega_2 = 15^\circ$

Latitud: 19.40° Longitud: -99.20° Altitud: 2357m Constante Solar: 1367 W/m<sup>2</sup>

Ecuación de Tiempo: -13.39 min

Tiempo Solar Verdadero 12:00 hrs

Tiempo Civil 12:50:11.4 hrs. En horario de verano sumar una hora

**GEOMETRÍA SOLAR**

Localidad DFTACUBAYA

Cálculo	Resultado	Formula
Declinación $\delta$	-9.01°	VER $\delta$
Ángulo de Incidencia $\theta$	29.36°	VER $\theta$
Ángulo Zenit $\theta_z$	29.74°	VER $\theta_z$
Ángulo de Azimut Solar $Y_s$	15.02°	VER $Y_s$
Ángulo de Altitud Solar $\alpha_s$	60.26°	VER $\alpha_s$
Ángulo Horario $\omega_s$	86.65°	VER $\omega_s$
Duración del Día N	11.55 hr	VER N
Orto Solar	6.22 hr	VER orto
Ocaso Solar	17.78 hr	VER ocaso

*Ilustración 21. Página web, para el cálculo de la irradiación diaria.*

La página se encuentra en la intranet de la UACM, dirección IP: 172.17.120.146:8081

## 5.1.2 Resultados de la herramienta web para estimar la radiación solar horaria en un plano horizontal e inclinado

A continuación se presentan los resultados obtenidos del cálculo de la irradiancia solar para cada hora del día, en diferentes localidades de la República Mexicana, con los modelos propuestos por Hottel y Liu & Jordan. Las localidades estudiadas son: Ciudad de México, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas; Villa Ahumada, Chihuahua; Mérida, Yucatán y Tampico, Tamaulipas. Las ciudades seleccionadas representan diferentes condiciones climáticas para poder hacer un análisis. La *tabla 8* muestra la ubicación de las estaciones meteorológicas en las localidades estudiadas. La radiación solar de referencia medida por las estaciones EMA en estudio para los ejemplos, se localiza en la *tabla 19* del [Apéndice C](#).

*Tabla 8. Tablas de ubicación de las estaciones meteorológicas de los ejemplos:*

Estación	Tacubaya
Ubicación	Distrito Federal
Latitud decimal	19.4
Longitud decimal	-99.2
Latitud	19°24'12"
Longitud	99°11'45"
Altitud	2357 m

Estación	Tuxtla Gtz.
Ubicación	Chiapas
Latitud decimal	16.75
Longitud decimal	-93.13
Latitud	16°45'0"
Longitud	93°7'59"
Altitud	570 m

Estación	Villa Ahumada
Ubicación	Chihuahua
Latitud decimal	30.32
Longitud decimal	-106.51
Latitud	30°36'56"
Longitud	106°30'17"
Altitud	1931 m

Estación	Tampico
Ubicación	Tamaulipas
Latitud decimal	22.3875
Longitud decimal	-97.9256
Latitud	22°23'16.8"
Longitud	-97°55'33.6"
Altitud	9 m

Estación	Mérida
Ubicación	Yucatán
Latitud decimal	20.9836
Longitud decimal	-89.6572
Latitud	20°59'2.4"
Longitud	-89°39'25.2"
Altitud	0 m

## Ejemplo 1, Estación Tacubaya:

Los datos considerados son: día 26 de febrero, Ciudad de México.

Utilizando el modelo de Hottel, para un día claro con superficie horizontal y un tipo de clima “verano en latitudes medias” (*Tabla 1*). Para modelo de Liu & Jordan, en plano horizontal, con un índice de claridad mensual  $\bar{K}_T$  de 0.63 (valor estimado) y un albedo de 0.35 (concreto).

Los datos utilizados para realizar la comparación son de la Estación Tacubaya del día 26 de febrero de 2016 (estación del año invierno).

Mediante el uso de la herramienta web, se obtuvieron los valores estimados de la irradiancia de cada hora del día, los cuales se muestran en la *tabla 9*. Se puede observar que los valores obtenidos por el modelo de Hottel presentan una irradiancia por encima de la registrada en la estación Tacubaya. Para modelo de Liu & Jordan se puede observar que los valores están por encima de lo registrado en la estación Tacubaya, algunos picos de los valores de la irradiancia solar de la estación tocan la gráfica. En la *Ilustración 22* se muestran superpuestas las curvas de irradiancia solar de los modelos estudiados y la estación Tacubaya.

Se puede observar que el modelo que más se aproxima, a los datos medidos en la Estación Tacubaya, es el modelo de Liu & Jordan, con el menor error relativo porcentual absoluto del 25.35 % *tabla 10*.

## Resultados del ejemplo 1

*Tabla 9. Irradiación Solar ( $W/m^2$ ) 26 de febrero 2016.*

Fecha	Hora	Estación Tacubaya Irradiancia	Método Hotell	Método Lui & Jordan	Irradiancia Extraterrestre $I_0$
2016/02/26	06:00	0	0	0	0
2016/02/26	07:00	0	48.23	61.03	96.39
2016/02/26	08:00	185	280.0	267.42	422.5
2016/02/26	09:00	368	529.58	452.42	714.72
2016/02/26	10:00	393	740.22	603.61	953.61
2016/02/26	11:00	700	887.12	710.36	1122.22
2016/02/26	12:00	855	964.69	765.75	1209.72
2016/02/26	13:00	651	964.69	765.75	1209.72
2016/02/26	14:00	481	887.12	710.33	1122.22
2016/02/26	15:00	459	740.22	603.61	953.61
2016/02/26	16:00	291	529.58	452.42	714.72
2016/02/26	17:00	172	280.05	267.42	422.5
2016/02/26	18:00	9	48.43	61.03	96.39
2016/02/26	19:00	0	0	0	0

Tabla 10. Tabla de Irradiación diaria y Error Relativo Porcentual  $E_v$ .

	Estación Tacubaya	Método Hottel	Método Liu & Jordan
Irradiación diaria	16.43 MJ/m <sup>2</sup>	24.84 MJ/m <sup>2</sup>	20.60MJ/m <sup>2</sup>
$E_v$		-51.18 %	-25.35 %

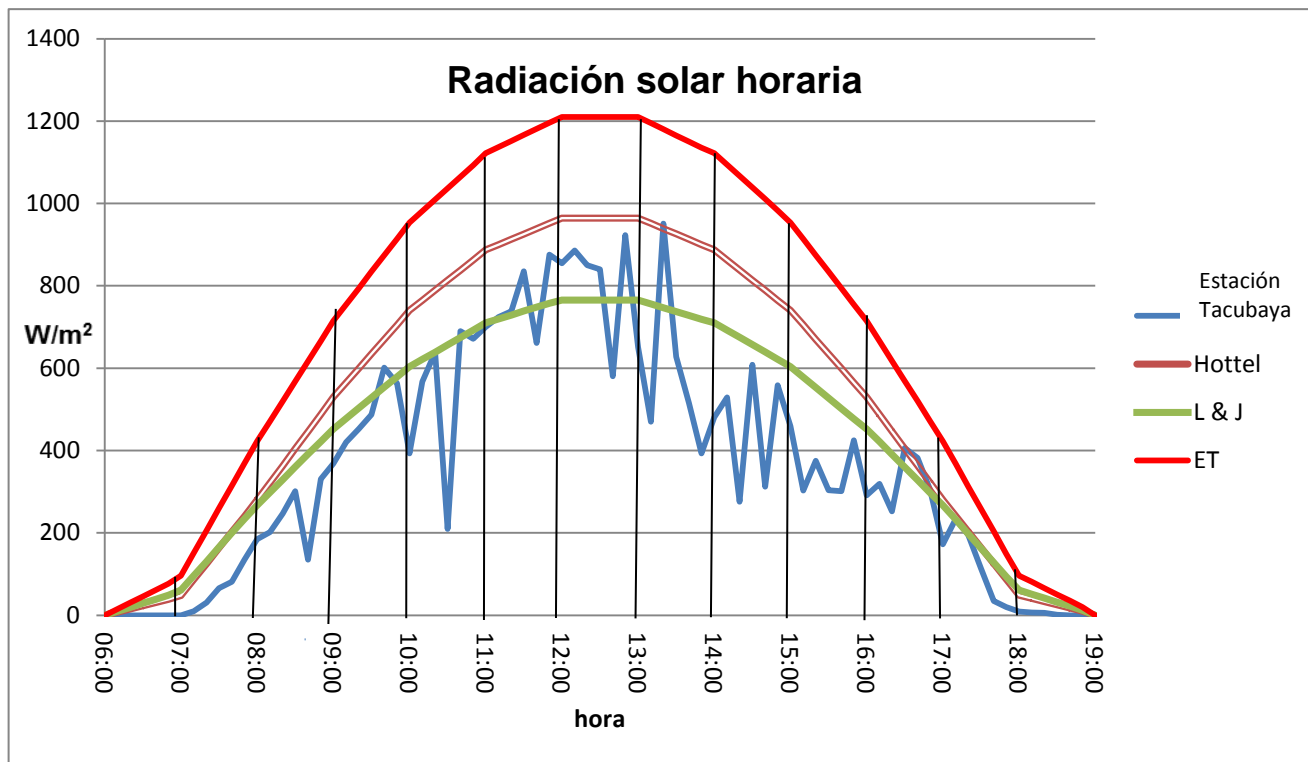


Ilustración 22. Gráfica de irradiancia solar 26 de febrero de 2016.

## Ejemplo 2, Estación Tuxtla Gtz:

Los datos considerados son: día 20 de abril, Chiapas.

Utilizando el modelo de Hottel, para un día claro con superficie horizontal y un tipo de clima "Tropical" (Tabla 1). Para modelo de Liu & Jordan, en plano horizontal, con un índice de claridad mensual  $\bar{K}_T$  de 0.58 (valor estimado) y un albedo de 0.33 (Tejados rojos).

Los datos utilizados para realizar la comparación son de la Estación Tuxtla Gtz., del día 20 de abril de 2017 (estación del año primavera).

Mediante el uso de la herramienta web, se obtuvieron los valores estimados de la irradiancia de cada hora del día, los cuales se muestran en la tabla 11. Se puede observar que los valores obtenidos por el modelo de Hottel presentan una irradiancia por encima de la registrada en la estación Tuxtla Gtz. Para modelo de Liu & Jordan se puede observar que los valores están por debajo de lo registrado en la estación Tuxtla Gtz., algunos picos de los valores de la irradiancia solar de la estación tocan la gráfica. En la Ilustración 23 se muestran superpuestas las curvas de irradiancia solar de los modelos estudiados y la estación Tuxtla Gtz.

Se puede observar que el modelo que más se ajusta, a los datos medidos en la Estación Tuxtla Gtz., es el modelo de Liu & Jordan, con el menor error relativo porcentual absoluto del 5.67 % tabla 12.

## Resultados del ejemplo 2

Tabla 11. Irradiancia Solar ( $W/m^2$ ) 20 de abril de 2017.

Fecha	Hora	Estación Tuxtla Gtz Irradiancia	Método Hotell	Método Lui & Jordan	Irradiancia Extraterrestre $I_o$
2017-04-20	06:00	0	0	0	0
2017-04-20	07:00	111.72	139.64	241.39	111.72
2017-04-20	08:00	343.17	324.42	560.83	343.17
2017-04-20	09:00	578.52	490.08	847.22	578.52
2017-04-20	10:00	776.54	625.33	1081.11	776.54
2017-04-20	11:00	912.98	721	1246.39	912.98
2017-04-20	12:00	994.54	770.47	1331.74	994.54
2017-04-20	13:00	994.54	770.47	1331.74	994.54
2017-04-20	14:00	912.98	721	1246.39	912.98
2017-04-20	15:00	776.54	625.33	1081.11	776.54
2017-04-20	16:00	578.52	490.08	847.22	578.52
2017-04-20	17:00	343.17	324.42	560.83	343.17
2017-04-20	18:00	111.72	139.64	241.39	111.72
2017-04-20	19:00	10	0	0	0

Tabla 12. Tabla de Irradiación diaria y Error Relativo Porcentual  $E_v$ .

	Estación Tuxtla Gtz.	Método Hottel	Método Liu & Jordan
Irradiación diaria	23.44 $MJ/m^2$	26.77 $MJ/m^2$	22.11 $MJ/m^2$
$E_v$		-14.19 %	5.67 %

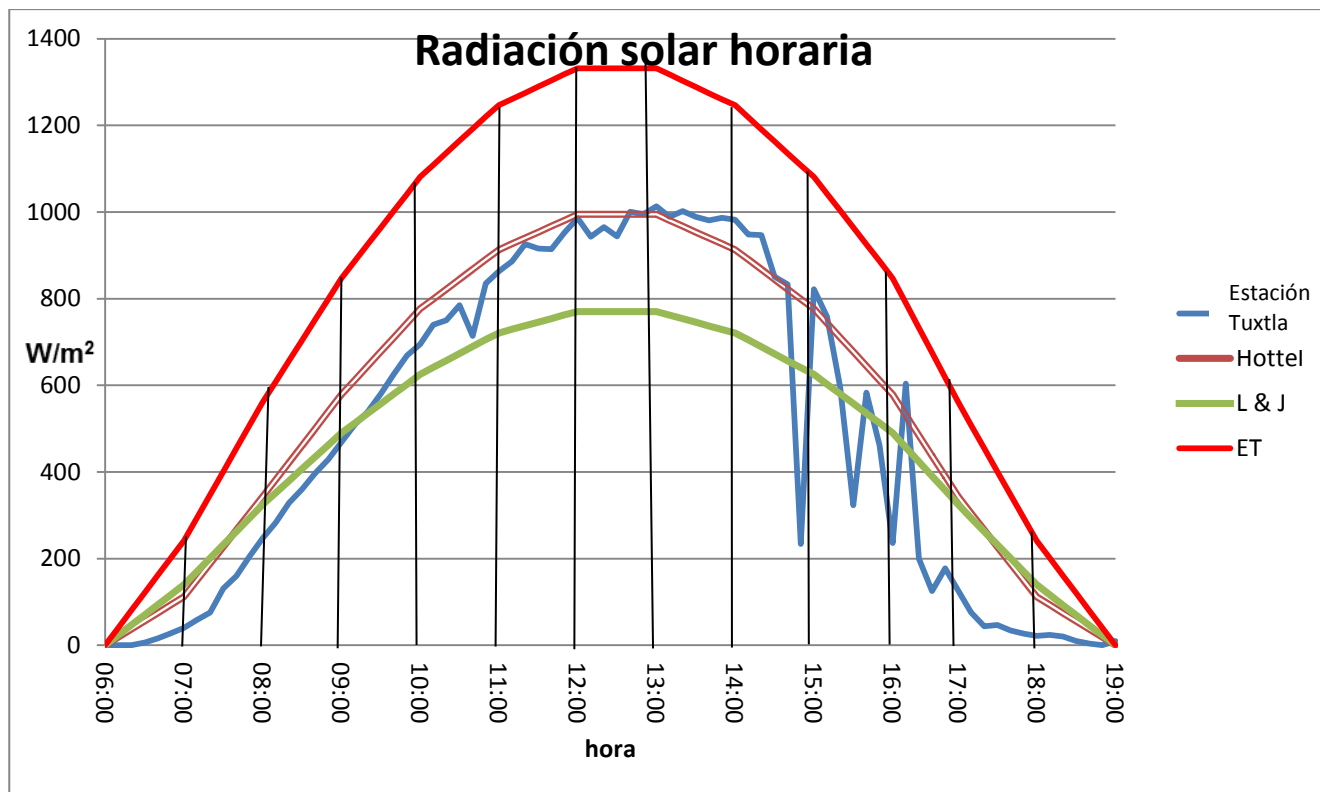


Ilustración 23. Gráfica de irradiancia solar 20 de abril 2017.

### Ejemplo 3, Estación Villa Ahumada:

Los datos considerados son: día 13 de noviembre, Chihuahua.

Utilizando el modelo de Hottel, para un día claro con superficie horizontal y un tipo de clima “verano en latitudes medias” (Tabla 1). Para modelo de Liu & Jordan, en plano horizontal, con un índice de claridad mensual  $\bar{K}_T$  de 0.62 (valor estimado) y un albedo de 0.14 (suelo seco).

Los datos utilizados para realizar la comparación son de la Estación Villa Ahumada, del día 13 de noviembre de 2016 (estación del año otoño).

Mediante el uso de la herramienta web, se obtuvieron los valores estimados de la irradiancia de cada hora del día, los cuales se muestran en la tabla 13. Se puede observar que los valores obtenidos por el modelo de Hottel presentan una irradiancia por debajo de la registrada en la estación Villa Ahumada. Para modelo de Liu & Jordan se puede observar que los valores están por debajo de lo registrado en la estación Villa Ahumada, sin presentar picos de los valores de la irradiancia solar de la estación. En la Ilustración 24 se muestran superpuestas las curvas de irradiancia solar de los modelos estudiados y la estación Villa Ahumada.

Se puede observar que el modelo que más se ajusta, a los datos medidos en la Estación Villa Ahumada, es el modelo de Hottel, con el menor error relativo porcentual absoluto del 2.05 % tabla 14.

### Resultados del ejemplo 3

Tabla 13. Irradiancia Solar ( $W/m^2$ ) 13 de noviembre 2016.

Fecha	Hora	Estación Ahumada Irradiancia	Método Hotell	Método Lui & Jordan	Irradiancia Extraterrestre $I_o$
13/11/2016	06:00	0	0	0	0
13/11/2016	07:00	0	0	0	0
13/11/2016	08:00	113	119.14	135.67	219.72
13/11/2016	09:00	320	316.26	295.19	478.06
13/11/2016	10:00	508	494.6	425.36	688.89
13/11/2016	11:00	646	625.24	517.31	837.78
13/11/2016	12:00	716	695.72	565	915
13/11/2016	13:00	716	695.72	565	915
13/11/2016	14:00	644	625.24	517.31	837.78
13/11/2016	15:00	519	494.6	425.36	688.89
13/11/2016	16:00	352	316.26	295.19	478.06
13/11/2016	17:00	62	119.14	135.67	219.72
13/11/2016	18:00	0	0	0	0
13/11/2016	19:00	0	0	0	0

Tabla 14. Tabla de Irradiación diaria y Error Relativo Porcentual EV.

	Estación Villa Ahumada	Método Hottel	Método Liu & Jordan
Irradiación diaria	16.55 MJ/m <sup>2</sup>	16.21 MJ/m <sup>2</sup>	13.96 MJ/m <sup>2</sup>
E <sub>v</sub>		2.05 %	15.64 %

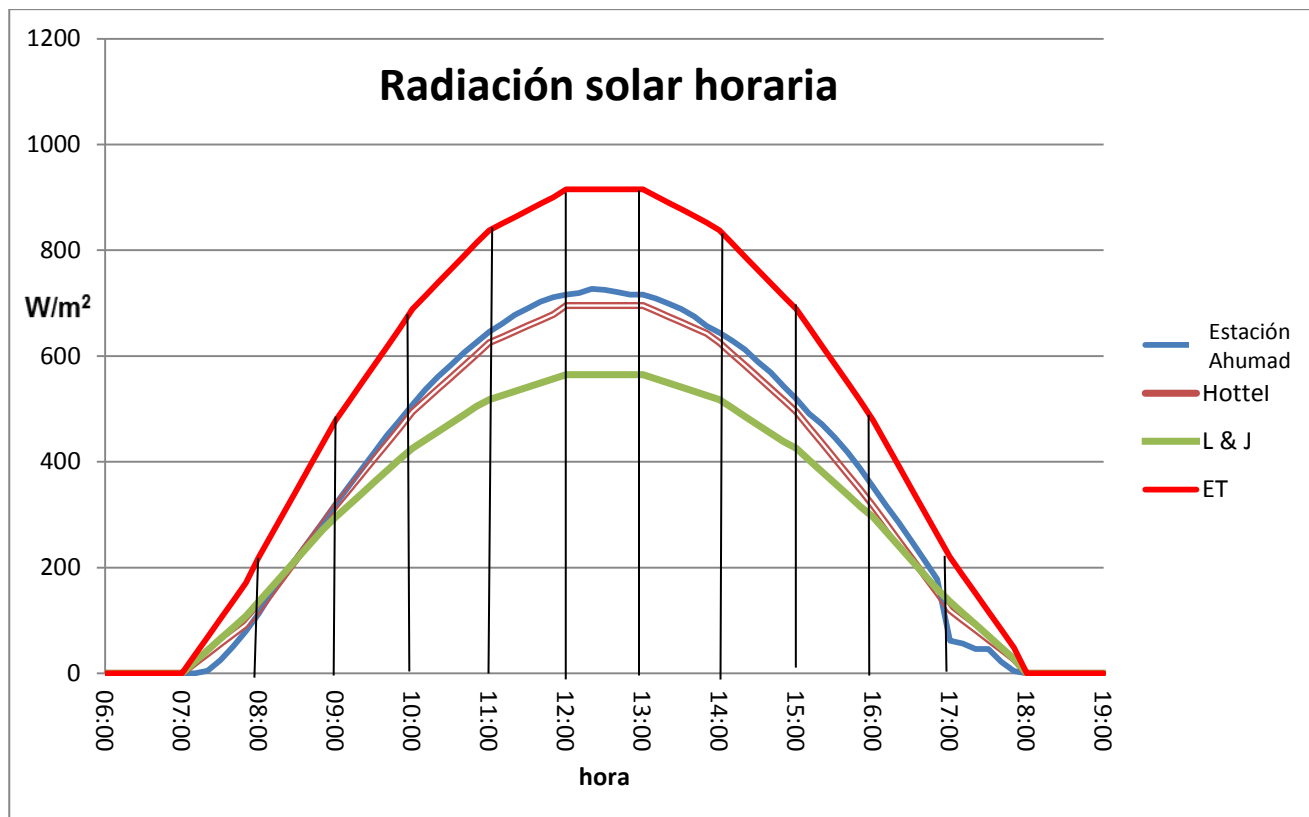


Ilustración 24. Gráfica de irradiancia solar 13 de noviembre 2016.

#### Ejemplo 4, Estación Tampico:

Los datos considerados son: día 30 de julio, Tamaulipas.

Utilizando el modelo de Hottel, para un día claro con superficie horizontal y un tipo de clima "Tropical" (Tabla 1). Para modelo de Liu & Jordan, en plano horizontal, con un índice de claridad mensual  $\bar{K}_T$  de 0.54 (valor estimado) y un albedo de 0.26 (vegetación verde).

Los datos utilizados para realizar la comparación son de la Estación Tampico del día 30 de julio de 2017 (estación del año verano).

Mediante el uso de la herramienta web, se obtuvieron los valores estimados de la irradiancia de cada hora del día, los cuales se muestran en la tabla 15. Se puede observar que los valores obtenidos por el modelo de Hottel presentan una irradiancia por debajo de la registrada en la estación Tampico. Para modelo de Liu & Jordan se puede observar que los valores están por debajo de lo registrado en la estación Tampico, se observa una caída brusca en la estación de la irradiancia solar por nubosidad alta observada en la gráfica. En la Ilustración 25 se muestran superpuestas las curvas de irradiancia solar de los modelos estudiados y la estación Tampico.

Se puede observar que el modelo que más se aproxima, a los datos medidos en la Estación Tampico, es el modelo de Hottel, con el menor error relativo porcentual absoluto del 9.05 % tabla 16.

#### Resultados del ejemplo 4

Tabla 15. Irradiancia Solar ( $W/m^2$ ) 30 de julio 2016.

Fecha	Hora	Estación Tampico Irradiancia	Método Hotell	Método Lui & Jordan	Irradiancia Extraterrestre $I_o$
2017/07/30	05:00	0	0	0	0
2017/07/30	06:00	3.71	5.86	10.83	3.71
2017/07/30	07:00	142.48	169.5	313.33	142.48
2017/07/30	08:00	325.52	327.58	605.56	325.52
2017/07/30	09:00	560.37	469.44	867.78	560.37
2017/07/30	10:00	736.84	585.14	1081.67	736.84
2017/07/30	11:00	866.1	667.06	1233.06	866.1
2017/07/30	12:00	930.33	709.25	1311.11	930.33
2017/07/30	13:00	930.33	709.25	1311.11	930.33
2017/07/30	14:00	866.1	664.06	1233.06	866.1
2017/07/30	15:00	736.84	585.14	1081.67	736.84
2017/07/30	16:00	560.37	469.44	867.78	560.37
2017/07/30	17:00	325.52	327.58	605.56	325.52
2017/07/30	18:00	142.48	169.5	313.33	142.48
2017/07/30	19:00	3.71	5.86	10.83	3.71
2017/07/30	20:00	0	0	0	0

Tabla 16. Tabla de Irradiación diaria y Error Relativo Porcentual  $E_v$ .

	Estación Tampico	Método Hottel	Método Liu & Jordan
Irradiación diaria	28.22 MJ/m <sup>2</sup>	25.67 MJ/m <sup>2</sup>	21.11 MJ/m <sup>2</sup>
$E_v$		9.05 %	25.20 %

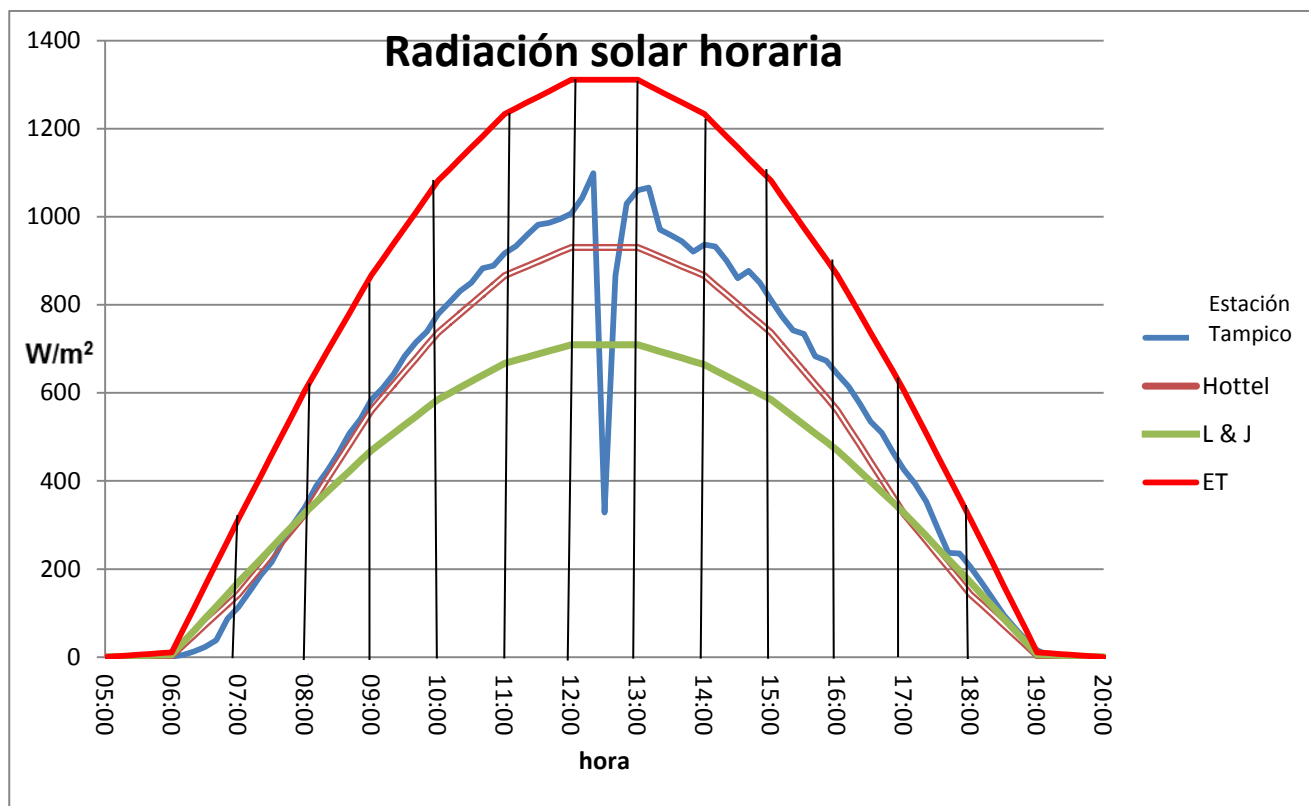


Ilustración 25. Gráfica de irradiancia solar 30 de julio 2016.

### Ejemplo 5, Estación Chmr Mérida:

Los datos considerados son: día 13 de octubre, Yucatán.

Utilizando el modelo de Hottel, para un día claro con superficie horizontal y un tipo de clima "Tropical" (Tabla 1). Para modelo de Liu & Jordan, en plano horizontal, con un índice de claridad mensual  $\bar{K}_T$  de 0.53 (valor estimado) y un albedo de 0.26 (vegetación verde).

Los datos utilizados para realizar la comparación son de la Estación Chmr Mérida del día 13 de octubre de 2017 (estación del año otoño).

Mediante el uso de la herramienta web, se obtuvieron los valores estimados de la irradiancia de cada hora del día, los cuales se muestran en la tabla 17. Se puede observar que los valores obtenidos por el modelo de Hottel presentan una irradiancia por debajo de la registrada en la estación Chmr Mérida. Para modelo de Liu & Jordan se puede observar que los valores están por debajo de lo registrado en la estación Chmr Mérida, algunos picos de los valores de la irradiancia solar de la estación tocan la gráfica. En la Ilustración 26 se muestran superpuestas las curvas de irradiancia solar de los modelos estudiados y la estación Chmr Mérida.

Se puede observar que el modelo que más se aproxima, a los datos medidos en la Estación Chmr Mérida, es el modelo de Hottel, con el menor error relativo porcentual absoluto del 16.06 % tabla 18.

### Resultados del ejemplo 5

Tabla 17. Irradiancia Solar ( $W/m^2$ ) 13 de octubre 2017.

Fecha	Hora	Estación Chmr Mérida Irradiancia	Método Hotell	Método Lui & Jordan	Irradiancia Extraterrestre $I_0$
2017/10/13	06:00	0	0.00	0.00	0.00
2017/10/13	07:00	0	46.55	58.33	91.67
2017/10/13	08:00	85	277.57	266.89	419.44
2017/10/13	09:00	368	526.57	452.47	711.11
2017/10/13	10:00	393	736.85	604.50	950.00
2017/10/13	11:00	700	883.55	710.56	1116.67
2017/10/13	12:00	855	961.00	767.08	1205.56
2017/10/13	13:00	651	961.00	767.08	1205.56
2017/10/13	14:00	481	883.55	710.56	1116.67
2017/10/13	15:00	459	736.85	604.50	950.00
2017/10/13	16:00	291	526.57	452.47	711.11
2017/10/13	17:00	172	277.57	266.89	419.44
2017/10/13	18:00	9	46.55	58.33	91.67
2017/10/13	19:00	0	0.00	0.00	0.00

Tabla 18. Tabla de Irradiación diaria y Error Relativo Porcentual  $E_v$ .

	Estación Chmr Mérida	Método Hottel	Método Liu & Jordan
Irradiación diaria	24.64 $MJ/m^2$	20.68 $MJ/m^2$	17.18 $MJ/m^2$
$E_v$		16.06 %	30.26%

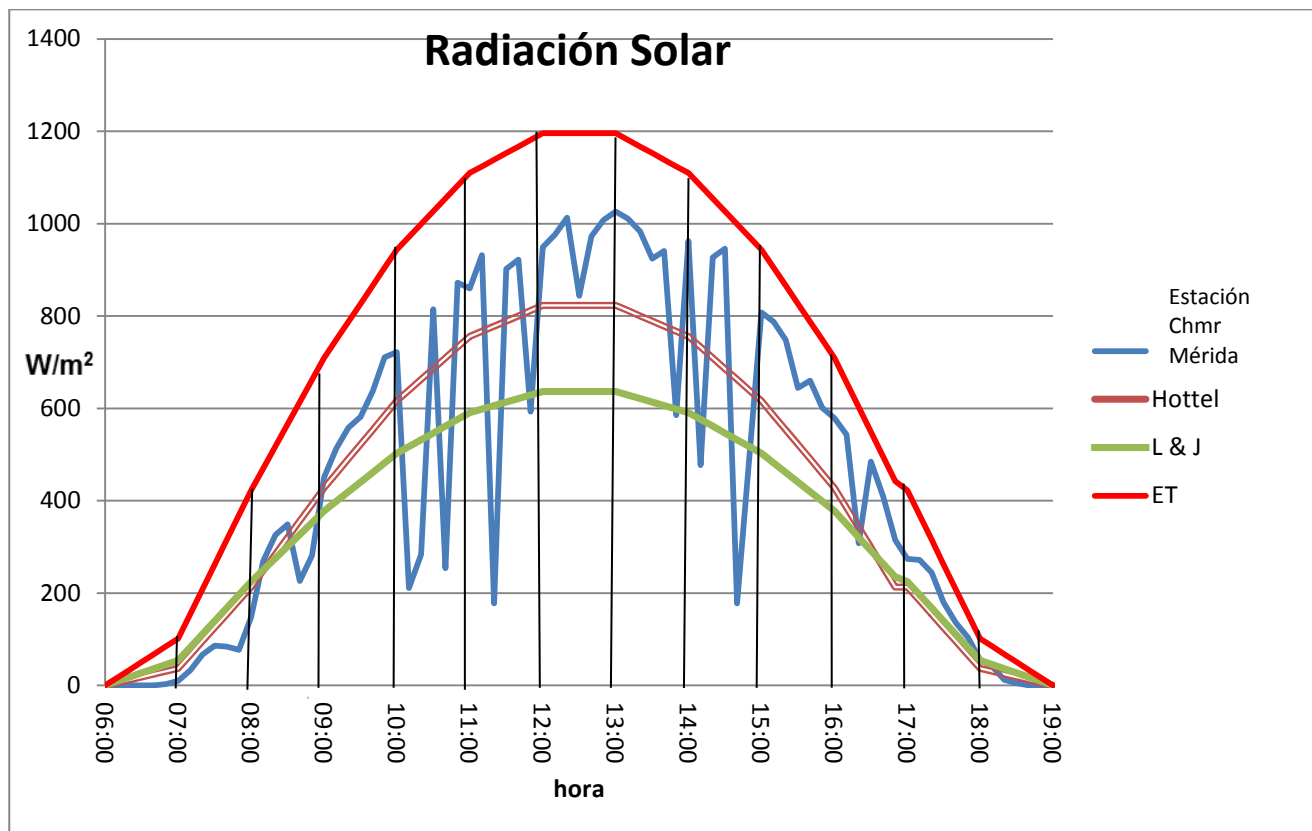


Ilustración 26. Gráfica de irradiancia solar 13 de octubre 2017.

### **5.1.1 Auxiliar como herramienta de apoyo formativo**

Se considera que la aplicación web desarrollada y material contenido en este proyecto, es un útil material como apoyo para la materia de geometría solar y solarimetría, por abarcar los puntos principales y teóricos en el cálculo de geometría solar y cálculo solar.

Esta aplicación web, se podría considerar como un software didáctico por contener las principales características, según Marqués (1998 en su tabla, características principales de los programas educativos), se recomienda complementarla con un libro o guía de ayuda al estudiante y un método de evaluación.

Como se mencionó con anterioridad, las tecnologías de la información y la comunicación (TICs) de hoy en día, pretende que se manejen adecuadamente las nuevas tecnologías en el proceso de enseñanza-aprendizaje, el diseño de este software “aplicación web”. Para integrar esta tecnología en el salón de clases es muy útil el modelo TPACK (Conocimiento del Contenido Pedagógico Tecnológico, integra la enseñanza con la tecnología con los conocimientos del profesor).

# CAPÍTULO 6

## 6 CONCLUSIONES

“Aprender precedió a enseñar o, en otras palabras, enseñar se diluía en la experiencia realmente fundadora de aprender.

No temo decir que carece de validez la enseñanza que no resulta en un aprendizaje en que el aprendiz no se volvió capaz de recrear o de rehacer lo enseñado, en que lo enseñado que no fue aprehendido no pudo ser realmente aprendido por el aprendiz.

Es que el proceso de aprender, en el que históricamente descubrimos que era posible enseñar como tarea no sólo incrustada en el aprender, sino perfilada en sí, con relación a aprender, es un proceso que puede encender en el aprendiz una curiosidad creciente, que puede tomarlo más y más creador.”

Paulo Freire

## 6.1 Conclusiones

El desarrollo de nuestra aplicación web denominada: "Cálculo de la radiación solar horaria en la República Mexicana por medio de un gestor de contenidos web", que implementamos y ya utilizamos dentro de uno de los servidores de la UACM, logra solucionar la necesidad de obtener cálculos de Geometría Solar y estimaciones de Irradiancia Solar, tanto para plano horizontal y plano inclinado, ", sin la necesidad de contar con una estación meteorológica o un dispositivo especial al efecto.

Al aplicar los dos modelos elegidos Hottel y Liu and Jordan, graficados y detallados, e igualmente de 5 estaciones meteorológicas localizadas en sus respectivas Ciudades: "Tacubaya", "Tuxtla Gutiérrez", "Villa Ahumada", "Tampico" y "Chmr Mérida", es posible la obtención de la estimación de la irradiancia solar.

El modelo de Hottel resulta muy sencillo de aplicar, dado que se basa en transmitancia para días claros con visibilidad a 23 km, condiciones climáticas que ocurren en el Norte y Noroeste de la República Mexicana y obtuvimos valores estimados, para Villa Ahumada, Tampico y Chmr Mérida

El modelo de Liu and Jordan, se caracteriza por su índice de claridad dado lo cual, decidimos emplearlo para condiciones de nubosidad que ocurren en el Centro y Sureste de la República Mexicana, e igualmente, obtuvimos valores estimados, para Tacubaya y Tuxtla Gutiérrez.

Utilizar un modelo único para considerar la estimación de la irradiación solar, no es lo más recomendable, en cambio, se hace necesario usar más de un modelo tal y como lo trabajamos nosotros, de acuerdo a las diversas y cambiantes condiciones del clima de la zona en estudio.

Con un servidor web Linux Ubuntu, Apache y PHP, es muy sencillo instalar Joomla; este gestor de contenidos nos permitió la creación del módulo en el cual se desarrolla la programación de los algoritmos en php, permitiendo los cálculos aproximados de la irradiancia solar.

La aplicación web es completamente funcional en la intranet de la UACM y al día de hoy la tenemos lista y funcionando para ser empleada por las presentes y futuras generaciones.

El contenido de este trabajo y el desarrollo de nuestra aplicación web presentan una útil herramienta para apoyo de la asignatura de Geometría Solar y Solarimetría en virtud de que abarca los puntos principales y teóricos de dicha materia, para obtener los cálculos de Irradiancia solar. Esta aplicación queda de "libre uso".

## 6.2 Trabajos Futuros

Con el desarrollo de la herramienta web, las fórmulas y cálculos presentados se podrán realizar:

- Seguidores solares.
- Estudio de Sombras.
- Cartas solares (Estereográfica, Esférica y Cilíndrica).
- Prototipo de Heliodon.
- Enlaces con otros centros educativos nacional e internacional, los cuales se podrán compartir y/o intercambiar investigaciones y mejoras en el desarrollo de la página.
- Conexión a puertos de bases de datos a estaciones meteorológicas en tiempo real; para obtener la irradiancia solar.
- Agregar modelos de radiación solar anisotrópos.
- Desarrollo como Software didactico.
- La mayoría de estos trabajos se podrán incorporar en Realidad Mixta (Realidad Virtual con Realidad Avanzada).



# GLOSARIO

**Afelio.** La distancia mayor entre la tierra y el sol.

**Altitud solar ( $\alpha$ ).** Es la medida de la distancia angular desde el horizonte.

**Ángulo horario.** Es el arco formado del punto de intersección del ecuador con el meridiano local. Es medido en grados, su medida es la hora, que equivale a  $15^\circ$ .

**Ángulo Cenital.** Ángulo entre la línea del cenit y una línea dirigida hacia el sol.

**Ángulo de Inclinación.** Ángulo formado en un plano horizontal y la línea de un cuerpo que mide menos de  $90^\circ$ .

**Ángulo de Incidencia Solar.** Se define como el ángulo entre la normal a la superficie plana y el rayo solar. Mientras más pequeño es mayor intensidad de radiación incide sobre la superficie.

**Perihelio.** La distancia menor entre la tierra y el sol.

**Cenit (Zenit).** Posición del sol en el medio día solar.

**Constante Solar.** Es la energía proveniente del sol que, por unidad de tiempo, es recibida en la unidad de área por una superficie perpendicular a la radiación ubicada en el espacio a la Distancia media Sol-Tierra.

**Declinación solar.** Es el ángulo entre la dirección de los rayos solares al medio día solar verdadero sobre el plano del ecuador terrestre; positivo al norte y negativo al sur. (Ángulo que forman el vector tierra-sol y el plano ecuatorial).

**Día Juliano Medio Mensual.** Es el número de día juliano característico para cada mes.

**Esfera celeste.** Es la esfera imaginaria con centro en la tierra y distancia indefinida desde ese centro.

**El Sol.** Viaja a través de esta esfera, así como otros objetos celestes.

**EMA.** Estación Meteorológica Automática. Es un conjunto de dispositivos eléctricos y mecánicos que realizan mediciones de las variables meteorológicas de forma automática (sobre todo en forma numérica) (*Referencia OMM 182*).

**Horizonte.** Al plano perpendicular a la vertical del lugar que pasa por el centro de la esfera celeste.

**Latitud:** mide el ángulo entre cualquier punto y el Ecuador.(de 0 a +90° y 0 a -90 ). (Paralelos: Circunferencias de diferentes medidas, perpendiculares al eje terrestre. Ecuador)

**Longitud:** Mide el ángulo a lo largo del Ecuador desde cualquier punto de la Tierra.(de 0 a 360°). (Meridianos: Circunferencias que tienen sus extremos en los polos. Meridiano de Greenwich)

**Hora máxima de radiación.** Cuando el sol se encuentra en el punto más alto de su trayectoria, es decir cuando  $\omega$  es igual a cero o al mediodía solar.

**Irradiación.** Es la energía que en forma de radiación se integra o totaliza durante cierto tiempo en una superficie o zona, sus unidades son  $J/m^2$  o  $kWh/m^2$

**Radiación.** Es la energía electromagnética emitida, transferida o recibida en todas direcciones sus unidades son el Joule o W/hr.

**Radiación solar directa.** Es la radiación solar que se recibe del ángulo sólido del disco solar, y que no ha sido dispersa por la atmósfera.

**Radiación difusa.** Es la radiación solar cuya dirección original ha sido también cambiada por la dispersión en la atmósfera.

**Radiación solar global.** Es la suma del componente de la radiación difusa más el componente de la radiación directa.

**TIC.** Tecnologías de la información y la comunicación.

**TSI.** La Irradiancia Solar Total Extraterrestre, es la cantidad total de energía solar por unidad de área presente en cada momento fuera de la atmósfera terrestre.

**Irradiación extraterrestre.** Es la irradiación incidente sobre una superficie horizontal en el tope de la atmósfera. Varía con la latitud y la fecha.

**Irradiancia solar total extraterrestre.** (TSI, por sus siglas en inglés) es la cantidad de energía proveniente del sol, por unidad de área, que recibe todo punto por encima de la atmósfera terrestre, en cada instante de tiempo; por lo tanto, es una cantidad que varía tanto

espacial como temporalmente, de acuerdo a la posición de un punto en particular sobre la Tierra y de la posición de ésta respecto del Sol.

**Insolación.** Es la cantidad de energía recibida en una localidad por unidad de área en un periodo de tiempo.

**UA.** Unidad Astronómica la distancia media sol-tierra.

**Valor Medio Mensual del Ángulo Horario.** Para un valor de declinación medio en un lugar ubicado a una latitud  $\varphi$ , se determina un valor de ángulo solar de salida del sol  $\omega_s$  medio para el mes, deseado, a partir de la siguiente fórmula.

**Vertical.** El horizonte y el meridiano del lugar permiten representar la esfera celeste referida a un lugar determinado de la Tierra. (de un lugar a la dirección del hilo de la plomada, o sea la dirección de la fuerza de la gravedad en dicho punto).

**WMO.** Organización Meteorológica Mundial

**Arquitectura:** En las tecnologías de la información (TI), especialmente en lo que refiere a computadores y más recientemente en lo que se refiere a redes, arquitectura es un término que se aplica al proceso y resultado de pensar y especificar la estructura, componentes lógicos, e interrelaciones lógicas de un computador, sistema operativo, red u otro concepto.

**Bases de datos:** Es una colección de datos, organizada de tal forma que sus contenidos pueden ser fácilmente obtenidos, gestionados y actualizados. El tipo de base de datos dominante actualmente es el modelo relacional (aunque en Chile aún hay un gran número de bases de datos que usa archivos indexados). En este tipo de bases de datos, los datos están definidos de tal manera, que es posible reorganizarlos y obtenerlos de diferentes maneras. Una base de datos distribuida es aquella que está dispersa o replicada en diferentes puntos de la red. Una base de datos orientada al objeto es aquella que es congruente con los datos definidos en clases de objetos y subclases.

**Código Fuente:** Consiste en declaraciones de programación que son creadas por un programador, mediante un editor de texto o una herramienta visual de programación y que posteriormente es grabada en un archivo con un determinado nombre. Después de este proceso el código fuente está listo para ser compilado. El resultado de esta compilación es el código objeto (esto no tiene que ver con orientación al objeto).

**Código Objeto:** Contiene una secuencia de instrucciones que el procesador puede entender, pero que es difícil de ser leído o modificado por seres humanos.

**Cliente/Servidor:** Describe la relación entre dos programas computacionales en el cual un programa, el cliente, pide un servicio a otro programa, el servidor, el cual satisface el requerimiento. La idea de cliente/servidor puede ser usada por programas localizados en un único computador, pero este concepto es más importante en redes. En una red, el modelo cliente/servidor provee una manera conveniente para interconectar programas que están distribuidos en diferentes lugares. Estas transacciones son muy comunes en las redes.

**Plataforma:** Se entiende que la plataforma es el sistema computacional base, dónde se ejecutan las aplicaciones. La plataforma está compuesta por el Sistema Operativo y el hardware sobre el cual este se ejecuta. También se entiende por plataforma cualquier base tecnológica, que sirve para que otras tecnologías o procesos sean construidos.

**Programa:** En computación un programa es un conjunto de instrucciones ordenadas, expresadas en algún lenguaje de programación.

**Programa de aplicación:** Llamado comúnmente como aplicación, es cualquier programa diseñado para una función específica, para él, usuario o en algunos casos para otros programas de aplicación.

**Servidor:** En general un servidor es un programa computacional que provee servicios a otros programas computacionales en la misma computadora o en otras. También se le llama servidor al computador en que se ejecutan los programas computacionales servidores.

**Sistema Operativo:** Es el programa que después de ser inicializado en el computador mediante, otro programa llamado Boot, gestiona los demás programas en un computador.

**TCP/IP (Transmisión Control Protocol/ Internet Protocol):** Es el lenguaje de comunicación básico o protocolo en Internet. Puede ser usado también como protocolo de comunicación en una red privada (intranet o extranet). TCP/IP es un programa de dos capas. La capa más alta (TCP), administra la división del mensaje o archivo enviado en pequeños paquetes, los cuales son transmitidos y recibidos por otra capa TCP que ensambla los paquetes para recuperar la información original. La capa más baja (IP) maneja la dirección de cada paquete de manera que estos lleguen al destino correcto. TCP/IP usa el modelo cliente/servidor de comunicación, en la cual un computador usuario (cliente) pide servicios (tal como pedir una página Web), los cuales son proveídos por otro computador (servidor).

**Web Server:** Un servidor Web es un software, que sirve peticiones de páginas HTML o archivos.

# BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, C. E. (2014). *Metodología de desarrollo para sistemas de información basados en WEB*. Querétaro. Qro.: Universidad Autónoma de Querétaro.
- Albizzati, E. D. (2001). RADIACIÓN SOLAR DIARIA PROMEDIO MENSUAL SOBRE SUPERFICIES INCLINADAS CALCULADA CON MODELOS ISOTRÓPICOS Y ANISOTRÓPICO. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 6.
- Alonso, J. A. (2007). *Joomla! para principiantes*.
- aulacliic. (2000). *aulacliic*. Recuperado el 26 de Febrero de 2017, de [aulacliic.es: http://aulacliic.es/html/t\\_1\\_1.htm](http://aulacliic.es/html/t_1_1.htm)
- Ayala, A. P. (2006). *Ingeniería de Software: Una Guía para Crear Sistemas de Información*. México / Printed in México: INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL.
- Barrón, M. V. (2010). Sección de Radiación Solar. *Geonoticias*, 8.
- Canada, N. R. (13 de 01 de 2017). *Natural Resources Canada*. Recuperado el 8 de 01 de 2017, de [www.nrcan.gc.ca: https://www.nrcan.gc.ca/energy/software-tools/7465](http://www.nrcan.gc.ca/energy/software-tools/7465)
- Carlos Sánchez, D. P. (2016). *cubasolar*. Recuperado el 26 de Febrero de 2017, de [www.cubasolar.cu: http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Ecosolar/Ecosolar15/HTML/articulo02.htm](http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Ecosolar/Ecosolar15/HTML/articulo02.htm)
- Cataldi, I. Z. (2000). *Metodología de diseño, desarrollo y evaluación*. Buenos Aires, Argentina: UNLP Universidad Nacional de la Plata.
- Chávez, C. S. (30 de Octubre de 2011). *El Diseño, según Papanek*. Recuperado el 13 de Abril de 2016, de [blogspot: http://carloszymanski.blogspot.mx/2011/10/el-diseno-segun-papanek.html](http://carloszymanski.blogspot.mx/2011/10/el-diseno-segun-papanek.html)
- Chi, R. I. (2013). *GUÍA TÉCNICA DE LA INGENIERÍA WEB*. Ciudad Valles S.L.P.: INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CIUDAD VALLES.
- desarrolloweb.com. (2016). *desarrolloweb.com*. Recuperado el 19 de Mayo de 2016, de [desarrolloweb.com: http://www.desarrolloweb.com/articulos/181.php](http://www.desarrolloweb.com/articulos/181.php)
- Díaz Félix, G. (2012). *OCHO MODELOS PARA ESTIMAR LA CANTIDAD DE IRRADIACIÓN SOLAR GLOBAL EN LA REPÚBLICA MEXICANA*. XALAPA, ENRÍQUEZ, VER.: UNIVERSIDAD VERACRUZANA.
- Duffie, J. A., & Beckman, W. A. (2006). *Solar Engineering of Thermal Processes*. Hoboken, New Jersey: WILEY, John Wiley & Sons, INC.
- e.create. (18 de 05 de 2016). *notepad-plus-plus*. Recuperado el 07 de 06 de 2016, de [notepad-plus-plus: https://notepad-plus-plus.org/](https://notepad-plus-plus.org/)

- ecotecnia. (2012). *ecotecnia*. Recuperado el 13 de Junio de 2015, de ecotecnia.com:  
<http://www.econotecnia.com/radiacion-solar.html>
- EcuRed. (Enero de 2017). *EcuRed*. Recuperado el 26 de Febrero de 2017, de  
[https://www.ecured.cu/index.php/Metodolog%C3%ADa\\_%C3%A1gil](https://www.ecured.cu/index.php/Metodolog%C3%ADa_%C3%A1gil):  
[https://www.ecured.cu/EcuRed:Enciclopedia\\_cubana](https://www.ecured.cu/EcuRed:Enciclopedia_cubana)
- EDL, J. (8 de Octubre de 2015). *Joomla! Documentation*. Recuperado el 10 de Mayo de 2016, de Joomla! Documentation: [https://docs.joomla.org/Joomla\\_info\\_page/es-ES](https://docs.joomla.org/Joomla_info_page/es-ES)
- Edson Plasencia S.1, L. M. (2007). Estimación horaria de la irradiancia solar total extraterrestre. *Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG*, 6.
- Estrada-Cajigal, V. (16 de Septiembre de 2009). *IER - UNAM*. Recuperado el 13 de Abril de 2016, de <http://www.cie.unam.mx/~ipf/pub>:  
[http://www.cie.unam.mx/~ipf/pub/5.%20Fuentes\\_de\\_informacion\\_V.%20Estrada.pdf](http://www.cie.unam.mx/~ipf/pub/5.%20Fuentes_de_informacion_V.%20Estrada.pdf)
- Figueroa, M. A. (2015). *Calidad en la Industria del Software. La Norma ISO-9126*. Orizba: División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Orizaba.
- Flores Pulgarín, C. (12 de 01 de 2011). *RECERCAT*. Recuperado el 02 de 06 de 2016, de RECERCAR.COM: <http://www.recercat.cat/handle/2072/116448>
- Foundation, W. W. (2009). *World Wide Web Foundation*. Recuperado el 4 de Mayo de 2016, de World Wide Web Foundation: <http://webfoundation.org/about/vision/history-of-the-web/>
- Freire, P. (2004). *Pedagogía de la autonomía*. Sao Paulo: Paz y Tierra.
- FREIXANET, V. A. (2009). *Arquitectura Bioclimática*. México D.F.,: UAM.
- Graf, H. (2012, 26 Sep). *Joomla! 3 in 10 Easy Steps*.
- Group, P. (2014). *PHP NET*. Recuperado el 10 de Mayo de 2016, de PHP NET:  
[http://php.net/license/3\\_01.txt](http://php.net/license/3_01.txt)
- Hagen Graf, M. M. (2012). *Joomla! 2.5 Guía para Principiantes*. COMPLUSOFT Software Development Company.
- ISO. (2016). *ISO*. Recuperado el 11 de 06 de 2016, de ISO: <http://www.iso.org/iso/home.htm>
- Jaime J. Vera M., W. M. (Abril de 2008). *FPUNE Scientific*. Recuperado el 15 de Julio de 2017, de [http://www.une.edu.py:82/fpune\\_scientific/index.php](http://www.une.edu.py:82/fpune_scientific/index.php):  
[http://www.une.edu.py:82/fpune\\_scientific/index.php/fpunescientific/article/viewFile/77/79](http://www.une.edu.py:82/fpune_scientific/index.php/fpunescientific/article/viewFile/77/79)
- Koehler, M. J. (24 de Septiembre de 2012). *TPACK*. Recuperado el 26 de Febrero de 2017, de TPACK ORG: <http://tpack.org/>

- Lagos, P. S. (28 de 08 de 2002). *Ingeniería de software educativo, teorías y metodologías que la*. Recuperado el 05 de Marzo de 2016, de [www.inf.udec.cl](http://www.inf.udec.cl):  
<http://www.inf.udec.cl/revista/edicion6/psalcedo.htm>
- Manuel Trigás, G. (2012). *Metodología Scrum*. Catalunya: Universitat Oberta de Catalunya.
- Massachusetts, I. T. (Abril de 2001). *OpenCourseWare Universidad Politecnica de Madrid*. Recuperado el 13 de Febrero de 2016, de [ocw.upm.es](http://ocw.upm.es): <http://ocw.upm.es/ingenieria-agroforestal/climatologia-aplicada-a-la-ingenieria-y-medioambiente/contenidos/tema-3/TABLA-RADIACION-SOLAR-EXTRATERRESTRE.pdf/view?searchterm=radiacion%20solar%20extraterrestre>
- Matehuala, I. T. (2016). *Programacion Web*. Recuperado el 23 de 05 de 2016, de Programacion Web: <https://programacionwebisc.wordpress.com/2-1-arquitectura-de-las-aplicaciones-web/>
- Mella, N. V. (22 de 09 de 2005). *UPCommons*. Recuperado el 11 de 07 de 2016, de <http://upcommons.upc.edu>: <http://upcommons.upc.edu/handle/2117/94149>
- Mothelet, L. D. (2010). *Metodología del Diseño*. Mexico, D.F.: Universidad de Londres.
- Muñoz, S. P., & López, S. R. (17 de Noviembre de 2014). *traduversia*. Recuperado el 3 de Mayo de 2016, de [traduversia](http://traduversia.com): <http://traduversia.com/7-herramientas-para-crear-tu-propia-pagina-web-de-una-forma-sencilla/>
- Palomo, D. M. (2007). *Programación en PHP a través de ejemplos*. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- Papanek., V. (2014). *Design for the real world*. NEW YORK, NEW YORK, USA.: Pol-len edicions (El Tinter, SAL), Segunda edición en castellano: enero.
- Passamai, V. J. (2000). DETERMINACIÓN DE RADIACIÓN SOLAR HORARIA PARA DÍAS CLAROS MEDIANTE PLANILLA DE CÁLCULO. *INENCO – CIUNSa2 - CONICET*, 6.
- Perez, J. (5 de Junio de 2007). *Maestros del Web*. Recuperado el 3 de Mayo de 2016, de Maestros del Web: <http://www.maestrosdelweb.com/herramientas-adecuadas-para-el-diseno-y-desarrollo-de-un-sitio-web/>
- PHP, G. (2014). *php.net*. Recuperado el 10 de Mayo de 2016, de [php.net](http://php.net):  
[http://php.net/license/3\\_01.txt](http://php.net/license/3_01.txt)
- Planificación, M. d. (s.f.). *Metodología de Proyectos Informáticos*. Santiago de Chile: Ministerio de Planificación y Cooperación División de Planificación.
- Rincón, E. A., & Pereyra., M. A. (4 de Julio de 2011). *IPSIEDAD*. Recuperado el 23 de Julio de 2017, de <http://ipsiedad.blogspot.mx>: <http://ipsiedad.blogspot.mx/2011/07/agustin-muhlia-1942-2009-in-memoriam.html>

- Sánchez, J. (2003). *Manual de Referencia CSS1*.
- Santamarina, Á. E. (2009). *Ingeniería web dirigida por modelos*. Castilla: Universidad de Castilla-La Mancha.
- Sierra, E. (2010). *Fundamentos de Energía Solar Térmica*.
- SODA. (8 de Julio de 2012). *SODA solar radiation solar*. Recuperado el 8 de Enero de 2017, de [www.soda-is.com](http://www.soda-is.com): <http://www.soda-is.com/eng/index.html>
- System, I. (25 de 08 de 2010). *Ingeniería System*. Recuperado el 11 de 06 de 2016, de Ingeniería System: <http://www.ingenieriasystems.com/2013/05/Estandares-modelos-y-normas-internacionales.html>
- Talancón, H. P. (2007). LA MATRIZ FODA: ALTERNATIVA DE DIAGNÓSTICO Y DETERMINACIÓN DE ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN EN DIVERSAS ORGANIZACIONES. *ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN PSICOLOGÍA*, 20.
- UNAM. (2015). *Universidad Nacional Autónoma de México*. Recuperado el 13 de Junio de 2015, de Instituto de Geofísica: <http://www.geofisica.unam.mx/ors/objetivo.html>
- Vásquez, S. G. (2003). *ESTIMACIÓN DE LA RADIACIÓN SOLAR*. Lima, Peru: UNATSABAR.
- Velázquez, A. M. (3 de Junio de 2010). *IPSIEDAD*. Recuperado el 5 de Febrero de 2016, de [ipsiedad.blogspot.mx](http://ipsiedad.blogspot.mx): <http://ipsiedad.blogspot.mx/2010/06/dr-agustin-muhlia-en-el-df-soles-rojos.html>
- Vera, J., & Mereles, W. (Mayo de 2009). *FPUNE Scientific*. Recuperado el 17 de Julio de 2017, de [http://www.une.edu.py:82/fpune\\_scientific/index.php](http://www.une.edu.py:82/fpune_scientific/index.php): [http://une.edu.py:82/fpune\\_scientific/index.php/fpunescientific/article/viewFile/103/104](http://une.edu.py:82/fpune_scientific/index.php/fpunescientific/article/viewFile/103/104)
- W3Techs. (4 de Febrero de 2016). *W3Techs*. Recuperado el 4 de Mayo de 2016, de W3Techs: [http://w3techs.com/technologies/overview/content\\_management/all](http://w3techs.com/technologies/overview/content_management/all)

# APÉNDICES

# APÉNDICE A

## Código fuente de la página web

```
<!DOCTYPE html PUBLIC "-//W3C//DTD XHTML 1.0 Transitional//EN"
"http://www.w3.org/TR/xhtml1/DTD/xhtml1-transitional.dtd">
<html xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml">
<head>
<meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=utf-8" />
<title>Cálculo Solar</title>
</head>
<body>
<?php
//
//                                GEOMETRIA SOLAR
//                                cálculos:
//                                Flujo(incidente) de radiación extraterrestre Gon
//                                $B = ($di-1)*(360/365); /
//                                $Be = (360*($di-1))/365 ;
//                                $Gon1=
//                                $Gsc*(1.000110+(0.034221*(cos(deg2rad($B))))+(0.001280*(sin(deg2rad($B))))+(0.000719*(cos(deg
//                                2rad(2*$B))))+(0.000077*(sin(deg2rad(2*$B)))));
//                                $Gon=round(($Gon1),2);
//                                $GonMJ=$Gon*3600/1000000;
//                                Declinación Solar
//                                $D21 = 0.006918 - (0.399912*(cos(deg2rad($Be)))) + (0.070257*(sin(deg2rad($Be)))) -
//                                (0.006758*(cos(deg2rad(2*$Be)))) + (0.000907*(sin(deg2rad(2*$Be)))) -
//                                (0.002697*(cos(deg2rad(3*$Be)))) + (0.00148*(sin(deg2rad(3*$Be)))) ;
//                                $D2 = round(($D21)*(180/PI()),2);
//                                Altura Solar
//                                $Alf = round( (asin(( cos(deg2rad($lat)))
//                                *(cos(deg2rad($D3)))*(cos(deg2rad($w))))+(sin(deg2rad($lat)))*(sin(deg2rad($D3))))*180/PI()),2);
//                                Ángulo de Incidencia cosenoZeta
//                                $cosZeta= ((sin(deg2rad($D3)))*(sin(deg2rad($lat)))*(cos(deg2rad($Beta))))-
//                                ((sin(deg2rad($D3)))*(cos(deg2rad($lat)))*(sin(deg2rad($Beta)))*(cos(deg2rad($gamma))))+((cos(deg
//                                2rad($D3)))*(cos(deg2rad($lat)))*(cos(deg2rad($Beta)))*(cos(deg2rad($w))))+((cos(deg2rad($D3)))*(si
//                                n(deg2rad($lat)))*(sin(deg2rad($Beta)))*(cos(deg2rad($gamma)))*(cos(deg2rad($w))))+((cos(deg2rad(
//                                $D3)))*(sin(deg2rad($Beta)))*(sin(deg2rad($gamma)))*(sin(deg2rad($w)))));
//                                $CosZeta= (cos(deg2rad($lat-$Beta)))*(cos(deg2rad($D3)))*(cos(deg2rad($w))) +
//                                ((sin(deg2rad($lat-$Beta)))*(sin(deg2rad($D3))));
//                                $Zeta= round((acos($cosZeta)*(180/PI()),2);
//                                $ZETA= round((acos($CosZeta)*(180/PI()),2);
//                                Angulo de Incidencia Para un plano rotado sobre la horizontal
//                                $Zeta1= round((acos( sqrt(1 - (pow(cos(deg2rad($D3)),2) * pow(sin(deg2rad($w)),2)))
//                                )*(180/PI()),2);
//                                Angulo Zenital cosZeta_z
//                                $cosZeta_z = ((cos(deg2rad($lat)))*(cos(deg2rad($D3)))*(cos(deg2rad($w))))+(
//                                (sin(deg2rad($lat)))*(sin(deg2rad($D3))));
```

```

$Zeta_z = round((acos (( cos(deg2rad($lat))
*(cos(deg2rad($D3))*(cos(deg2rad($w))))+( sin(deg2rad($lat))*(sin(deg2rad($D3))) )) *(180/PI()),2);
// Azimut Solar gamma_s
$gamma_s = round( ($w/abs($w))*acos ( ((cos(deg2rad($Zeta_z))*(sin(deg2rad($lat)))
- (sin(deg2rad($D3)))) / ((sin(deg2rad($Zeta_z))*(cos(deg2rad($lat))))*(180/PI()),2) ;
// Ángulo de altitud solar Alfa_s
$Alfa_s = round ( (asin (( cos(deg2rad($lat))
*(cos(deg2rad($D3))*(cos(deg2rad($w))))+( sin(deg2rad($lat))*(sin(deg2rad($D3))) )) *(180/PI()),2);
$Zeta_z1=90-$Alfa_s;
// Ángulo de perfil Alfa_p
$Alfa_p = round( (atan ( (tan(deg2rad($Alfa_s)) / (cos(deg2rad($gamma_s -
$gamma))) )*(180/PI()),2);
// Beta Cuesta de inclinación slope surface
$BETA = round( (atan ( (tan(deg2rad($Zeta_z)) * abs(cos(deg2rad($gamma_s)))
)*(180/PI()),2);
// Angulo Horario ws sunset
$ws = round((acos ( (-tan(deg2rad($D3))) * (tan(deg2rad($lat))) )*(180/PI()),2);
$wsh=round(($ws/15),2);
// Duración del Día N
$DD =round((( 2*(acos ( (-tan(deg2rad($lat))) * (tan(deg2rad($D3))) )*(180/PI())))/15
),2);
// Angulo Horario Orto
$AHorto = round( (acos ( (tan(deg2rad($lat))) * (tan(deg2rad($D3))) )*(180/PI() ),2);
// Orto
$orto = round( ((acos ( (tan(deg2rad($lat))) * (tan(deg2rad($D3))) )*(180/PI() )/15 ),2);
// Angulo horario Ocaso ws
$AHocaso = round( ((acos ( (-tan(deg2rad($lat))) * (tan(deg2rad($D3))) ))*(180/PI()
),2);
// Ocaso
$ocaso = round( (($AHocaso / 15) + 12),2);
// Radiación Solar en un plano Horizontal
// Angulo Radiación de Emisión en una superficie horizontal Rd
$Rb_hi = round(($CosZeta/$cosZeta_z),2) ;
$Rb1= round((((cos(deg2rad($lat-
$Beta)))*(cos(deg2rad($D3))*(cos(deg2rad($w))))+(sin(deg2rad($lat-$Beta))*(sin(deg2rad($D3)))) /
(((cos(deg2rad($lat))*(cos(deg2rad($D3))*(cos(deg2rad($w))))+(sin(deg2rad($lat))*(sin(deg2rad($D
3))))))),2) ;
$Rbnoon= round((((cos(deg2rad(abs($lat-$D3-$Beta))))/ (cos(deg2rad(abs($lat-
$D3))))),2);
// Radiación Solar Extraterrestre horaria sobre una superficie normal al sol "Go"
$Go1 = (($Gsc) * ( 1+(0.033*(cos(deg2rad((360*$di)/365)))))) * ($cosZeta_z ) /1000000;
$Go = round(($Go1),6);
$GoW =round(($Go1*1000000/3600),3);
// Radiación Solar Extraterrestre diaria sobre una superficie normal al sol "Ho"
$Ho1 = ((24*3600*$Gsc)/PI())* ( 1+(0.033*(cos(deg2rad((360*$di)/365))))* (
((cos(deg2rad($lat))*cos(deg2rad($D3))*sin(deg2rad($AHocaso)))+(PI()*$AHocaso/180)*(sin(deg2r
ad($lat))*sin(deg2rad($D3))) ) /1000000;
$Ho = round(($Ho1),2);
$HoW =round(($Ho*1000000/3600),2);
// Radiación Solar Extraterrestre horaria sobre una superficie horizontal al sol "Io"
$Io1 = ( (((12*3600)/PI())*$Gsc)*
(1+(0.033*(cos(deg2rad((360*$di)/365)))))*
( (cos(deg2rad($lat))*cos(deg2rad($D3))*(sin(deg2rad($w2))-sin(deg2rad($w1))))+

```

```

( ((PI()*($w2-$w1)/180)*(sin(deg2rad($lat))*sin(deg2rad($D3))) ))/1000000;
$Ilo =round(($Ilo1),2);
$IloW = round(($Ilo*1000000/3600),2);
//          Radiación Solar Horizontal en un plano Inclinado
//          Constantes a0, a1, rk
$a0=0.4237- (0.00821*pow((6-$alt),2));
$a1=0.5055+ (0.00595*pow((6.5-$alt),2));
$k=0.2711+ (0.01858*pow((2.5-$alt),2));
//  Tb Transmitancia Atmosférica Estándar limpia
$Ib1=($a0*$r0)+($a1*$r1)*(exp((-k*($rk/$cosZeta_z))));
$Ib = round(($Ib1),2);
//          Radiación en la viga Gonb
$Igonb1=$Gon*$Ib;
$IgonbMJ=$Igonb1*3600/1000000;
$Igonb = round(($Igonb1),2);
//          Radiación directa de la componente en un plano horizontal Gcb
$Igcb = round(($Gon*$cosZeta_z*$Ib),2);
$IgcbMJ=$Igcb*3600/1000000;
//          Cielo despejado radiación de emisión horizontal Icb
//          Td Coeficiente de transmisión para la emisión radiación difusa para días limpios
$Itd1=0.271-(0.294*$Ib);
$Itd = round(($Itd1),4);
//          Radiación difusa Gcd
$Igcd1=$Gon*$cosZeta_z*$Itd;
$IgcdMJ=round(($Igcd1),2)*3600/1000000;
$Igcd = round(($Igcd1),2);
//          Radiación Total en un plano horizontal por hora Gct
$Igct=$Igcb+$Igcd;
$IgctMJ=round(($Igct*3600/1000000),3);
//  Índice de Nubosidad o Factor de Turbiedad de la atmósfera KT
$Ikt1=$Hd/$Ho;
$Ikt = round(($Ikt1),2);
//          Radiación Total diaria en una superficie horizontal Hd
$IhdH_d=1.0+(0.2832*$Ikt)-(2.5557*pow($Ikt,2))+0.8448*pow($Ikt,3);
$IhdH1=round(($IhdH_d),2);
//          Correlación de índice de claridad de fracción difuso mensual Hd/H
$IhdH_m=1.311-(3.022*$Ikt)+(3.427*pow($Ikt,2))-(1.821*pow($Ikt,3));
$IhdH2=round(($IhdH_m),2);
//          Correlación de índice de claridad de fracción difuso diario Id/I
$Iidl=round((0.9511-(0.1604*$Ikt)+(4.388*pow($Ikt,2))-
(16.638*pow($Ikt,3))+12.336*pow($Ikt,4))),2);
$Iidl2=round(($Iidl*100),2);
//          La Media DIARIO de la radiación difusa Hd/H * Hd   mdrd
$Imrdd = round($IhdH_m*$Hd, 1) ;
//          Función de longitud de día y la hora en cuestión   rt
$a=0.409+ (0.5016*(sin(deg2rad($ws-60))));
$b=0.6609- (0.4767*(sin(deg2rad($ws-60))));
$Irt_ab= ((PI()/24)*($a+($b*(cos(deg2rad($w))))))* (((cos(deg2rad($w)))-
(cos(deg2rad($ws))))/ ((sin(deg2rad($ws)))- ((PI()*$ws/180)*(cos(deg2rad($ws)))))) ;
$Irt=round(($Irt_ab),4);
$Irt1=(((PI()/24)*($a+($b*(cos(deg2rad($w))))));
$Irt2=(((cos(deg2rad($w)))-cos(deg2rad($ws))));
$Irt3=(((sin(deg2rad($ws)))- ((PI()*$ws/180)*(cos(deg2rad($ws)))))) ;

```

```

        $rt0=$rt1*($rt2/$rt3);
//      La radiación estimada en la hora de w1 y w2  rt * Hd = mrth
        $mrth1=$rt*$Hd;
        $mrth = round(($mrth1),4);
//      Media horaria de la radiación difusa rd , lo/Ho=ld/Hd
        $loHo=$lo/$Ho;
        $rd1=(PI()/24)* ((cos(deg2rad($w)))-(cos(deg2rad($ws))))/ ((sin(deg2rad($ws)))-
((PI()*$ws/180)*(cos(deg2rad($ws)))));
        $rd = round(($rd1),4);
//      Promedio Energía difusa para aquellas HORAS rd * mrdd = mrdh
        $mrth1=$rd * $mrdd;
        $mrth = round(($mrth1),4);
//      Promedio de la radiación de emisión media es el diferencia entre el total y difusa mrth -
mrth = rem
        $rem1=$mrth - $mrth;
        $rem = round(($rem1),3);
//      a y b de Rb,ave Media de la emisión de radiación en una superficie horizontal
inclinada Beta
        $a_i=( (sin(deg2rad($D3)))*(sin(deg2rad($lat)))*(cos(deg2rad($Beta)))-
(sin(deg2rad($D3)))*(cos(deg2rad($lat)))*(sin(deg2rad($Beta)))*(cos(deg2rad($gamma)))) *
((1/180)*($w2-(-$ws))*PI()) + ( ( (cos(deg2rad($D3)))*(cos(deg2rad($lat)))*(cos(deg2rad($Beta))) ) + (
(cos(deg2rad($D3)))*(sin(deg2rad($lat)))*(sin(deg2rad($Beta)))*(cos(deg2rad($gamma)))) ) * (
(sin(deg2rad($w2)))-(sin(deg2rad(-$ws))) ) - (
(cos(deg2rad($D3)))*(sin(deg2rad($Beta)))*(sin(deg2rad($gamma))) ) * ( (cos(deg2rad($w2)))-
(cos(deg2rad(-$ws))) ) ) ;
        $b_i= ( (cos(deg2rad($lat)))*(cos(deg2rad($D3))) ) * ( (cos(deg2rad($w2)))-
(cos(deg2rad(-$ws))) ) + ( (sin(deg2rad($lat)))*(sin(deg2rad($D3))) ) * ((1/180)*($w2-(-$ws))*PI());
        $Rb_ave=round(($a_i/$b_i),4);
//      Radiación Difusa y Diaria ld, lb Horaria , l_cb
        $I = ($lo*$Hd)/$Ho;
        $ld=round(($ld*$I),4);
        $ldW = $ld*1000000/3600;
        $lb= round(((1-$ld)*$I),4);
        $lbW = $lb*1000000/3600;
//      La radiación solar total en la superficie inclinada durante una hora como la suma de
tres componentes IT
        $IT1= ($lb*$Rb1)+($ld*((1+(cos(deg2rad($Beta))))/2)) + (($I*$rog)*((1-
(cos(deg2rad($Beta))))/2)) ;
        $IT11 = round(($lb*$Rb1),2) ;
        $IT12 = round( ($ld*((1+(cos(deg2rad($Beta))))/2)), 2 ) ;
        $IT13 = round( (($I*$rog)*((1-(cos(deg2rad($Beta))))/2)), 2 ) ;
        $ITW = round(($IT1*1000000/3600),2);
        $IT = round(($IT1),3);
//      Ecuación de Tiempo E ET
        $ET= round((229.2*(0.000075+ (0.001868*(cos(deg2rad($B)))) -
(0.032077*(sin(deg2rad($B)))) - (0.014615*(cos(deg2rad(2*$B)))) - (0.04089*(sin(deg2rad(2*$B))))
)),2);
        if($w1 == -105) $TS= 5;
        elseif($w1 == -90) $TS= 6;
        elseif($w1 == -75) $TS= 7;
        elseif($w1 == -60) $TS= 8;
        elseif($w1 == -45) $TS= 9;
        elseif($w1 == -30) $TS= 10;

```

```
elseif($w1 == -15) $TS= 11;
elseif($w1 == 0) $TS= 12;
elseif($w1 == 15) $TS= 13;
elseif($w1 == 30) $TS= 14;
elseif($w1 == 45) $TS= 15;
elseif($w1 == 60) $TS= 16;
elseif($w1 == 75) $TS= 17;
elseif($w1 == 90) $TS= 18;
elseif($w1 == 105) $TS= 19;
elseif($w1 == 120) $TS= 20;
elseif($w1 == 135) $TS= 21;
else "horario Nocturno";
$TSV1= -(4*($Lst+$long))- $ET;
$TSV2= $TSV1/60;
$TSV3= $TSV2+$TS;
$TSV31=floor($TSV3);
$TSV4=$TSV3-$TSV31;
$TSV5=$TSV4*60;
$TSV51=floor($TSV5);
$TSV6=$TSV5-$TSV51;
$TSV7=round(($TSV6*60),1);
$TSV8=($TSV3-$TSV4);
$TSV9=$TSV5-$TSV6;
```

```
?>
</body>
</html>
```

## APÉNDICE B

### Mapas de Irradiación Solar Global Mensual (MJ/m<sup>2</sup>).

Con valores de irradiación solar global mensual dentro los 600 y 830 MJ/m<sup>2</sup>, en los meses marzo, abril y mayo, parte norte y noroeste para los estados de Durango y Zacatecas, y mayo de 750-830 MJ/m<sup>2</sup>.

En junio, julio y agosto son; 580 y 840 MJ/m<sup>2</sup>, en Baja California Norte y Sur, Sonora, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Durango, Zacatecas y San Luis Potosí, y una parte en los estados Hidalgo y Guanajuato en el mes de julio. Junio de mayor irradiación en los estados Ensenada, Tijuana y Mexicali valor de 840 MJ/m<sup>2</sup>.

La temporada de lluvias entre los meses de marzo a agosto, los agentes geográficos y físicos que regulan la proporción de irradiación solar global mensual recibida en México, se observa una irradiación solar menor en la Sierra Madre Occidental y Sur, en las *Ilustraciones 27 a 32*.

En septiembre, octubre y noviembre en los estados: Baja California Norte, Zacatecas, Sonora, Chihuahua, Hidalgo, Tlaxcala, Puebla, en el sur de Oaxaca y norte de Chiapas, valores de 390-700 MJ/m<sup>2</sup>. Los mas bajos se presentaron en noviembre en los estados de Sonora y sur de Chihuahua de 390-520 MJ/m<sup>2</sup>.

En diciembre, enero y febrero, con valores de 320 y 550 MJ/m<sup>2</sup>, los estados Sonora, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León y parte norte de Veracruz, mínimos de 320-400 MJ/m<sup>2</sup>. La zona con más irradiación es centro-sur, máxima en los estados Tijuana, Ensenada, Zacatecas. En estos meses obteniendo un mínimo, *Ilustraciones 33 a 38*. (Díaz Félix, 2012)

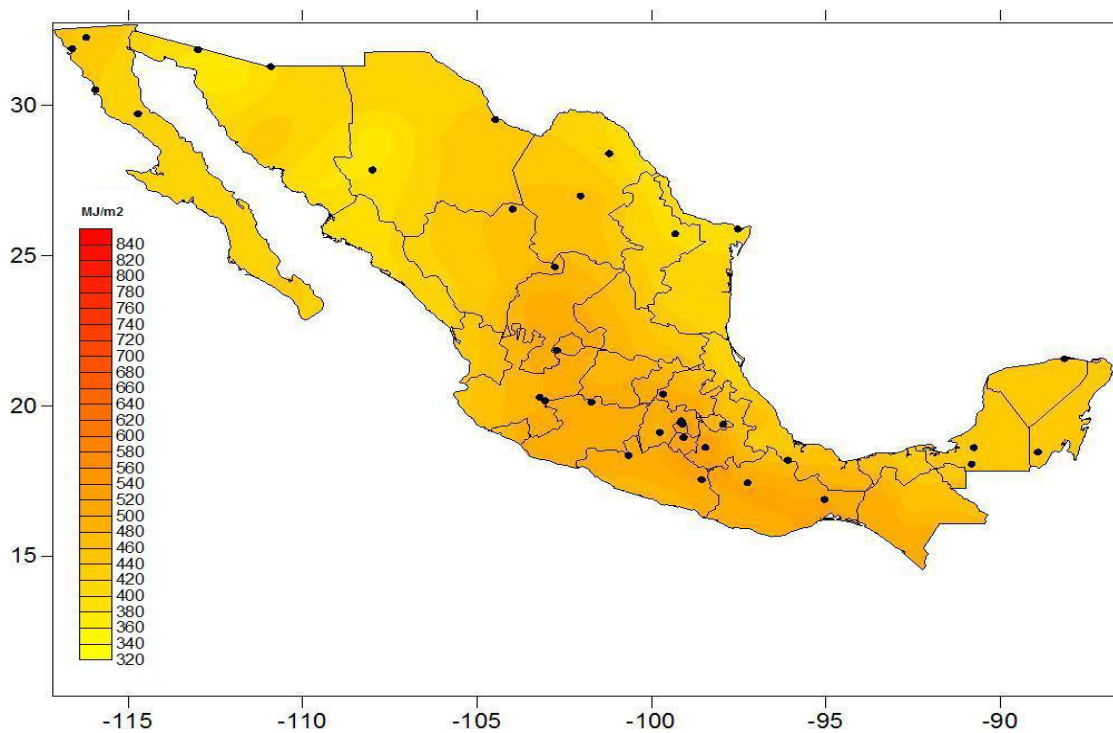


Ilustración 27. Irradiación solar global ( $\text{MJ}/\text{m}^2$ ) estimada mes de enero.

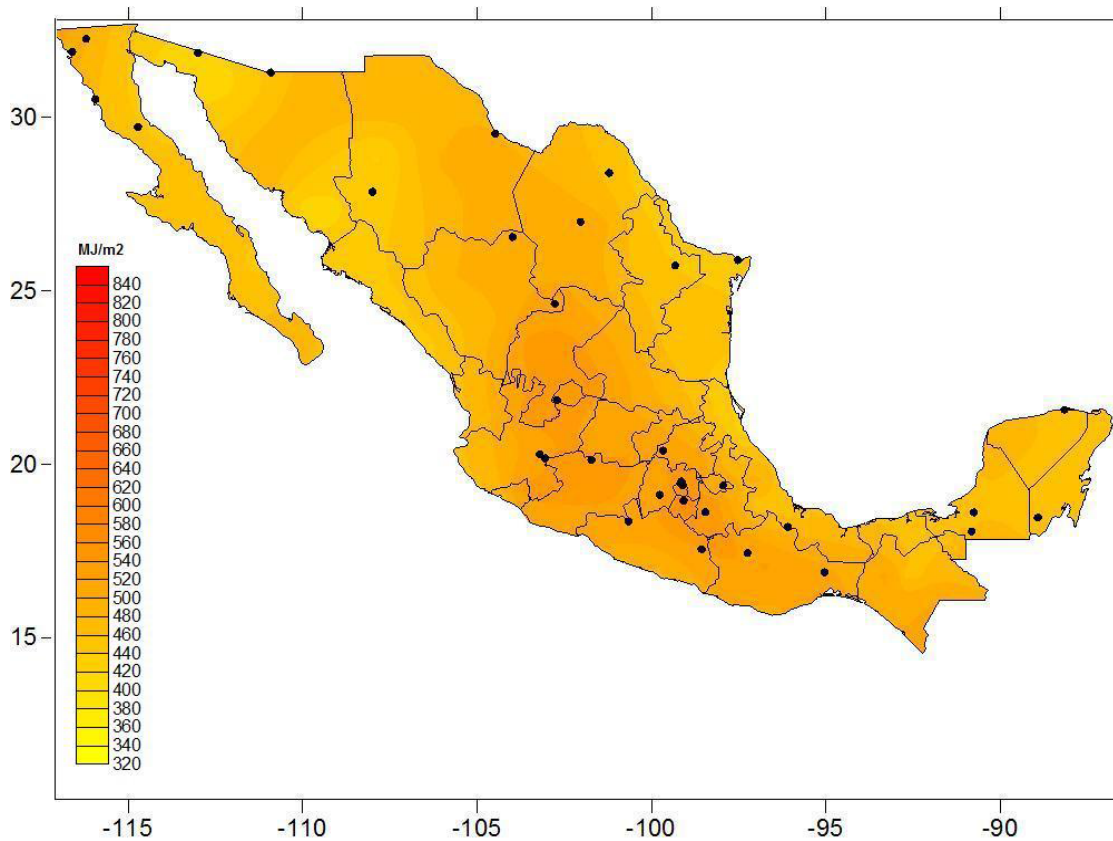


Ilustración 28. Irradiación solar global ( $\text{MJ}/\text{m}^2$ ) estimada mes de febrero.

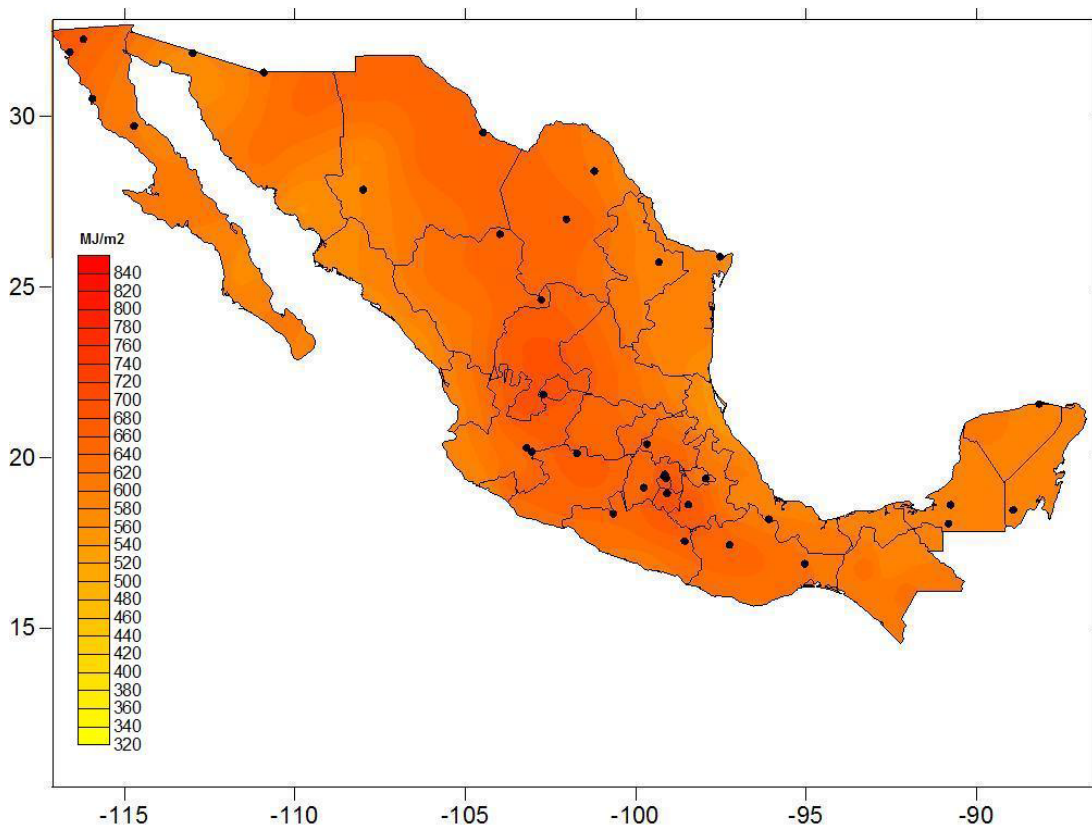


Ilustración 29. Irradiación solar global (MJ/m<sup>2</sup>) estimada mes de marzo.

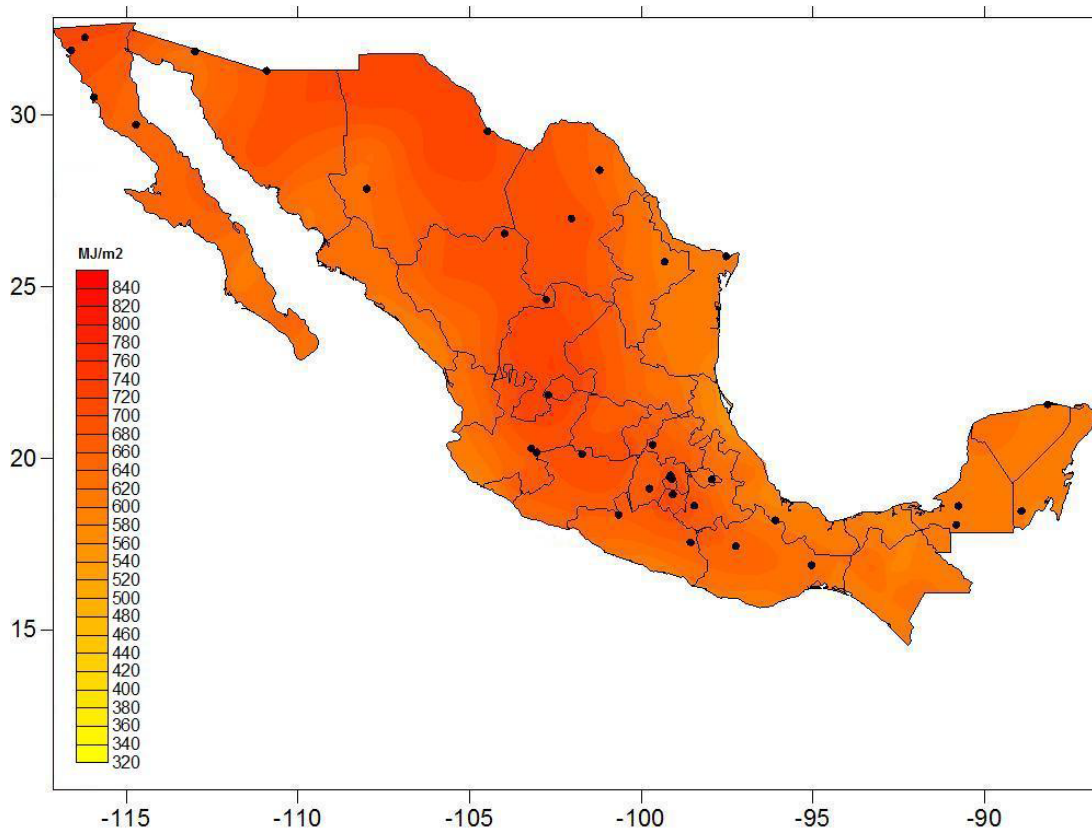
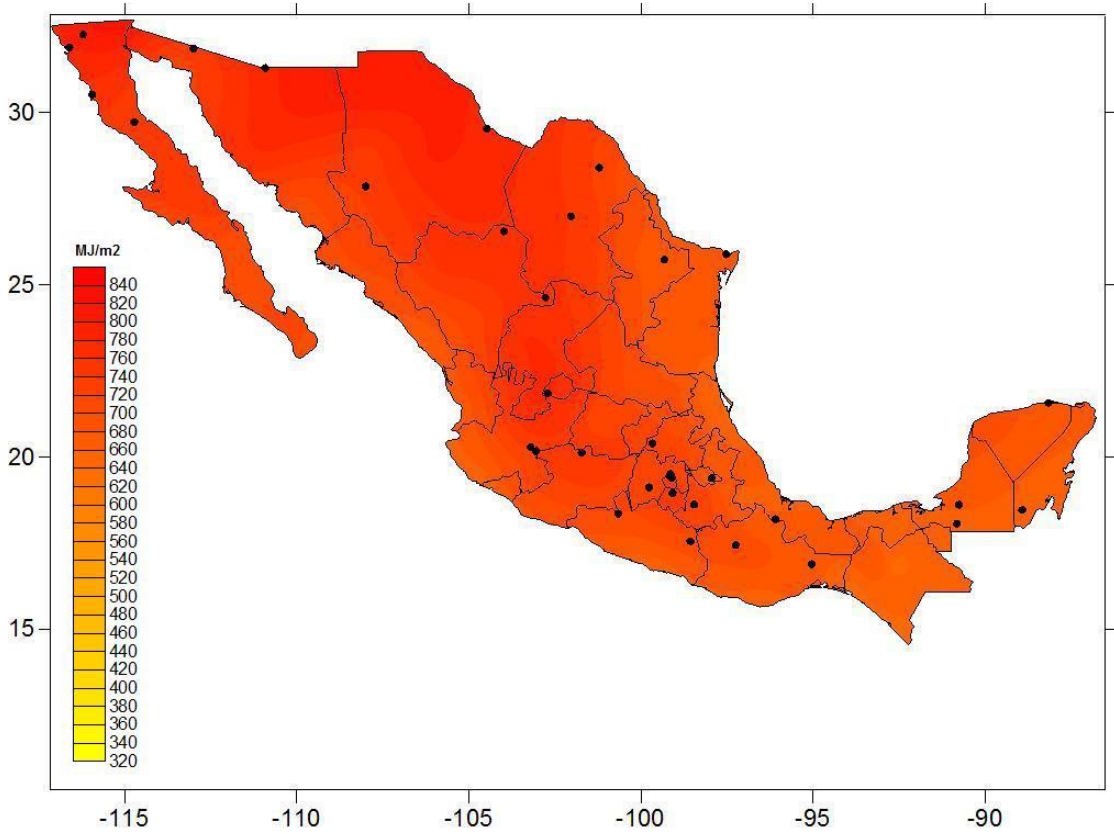
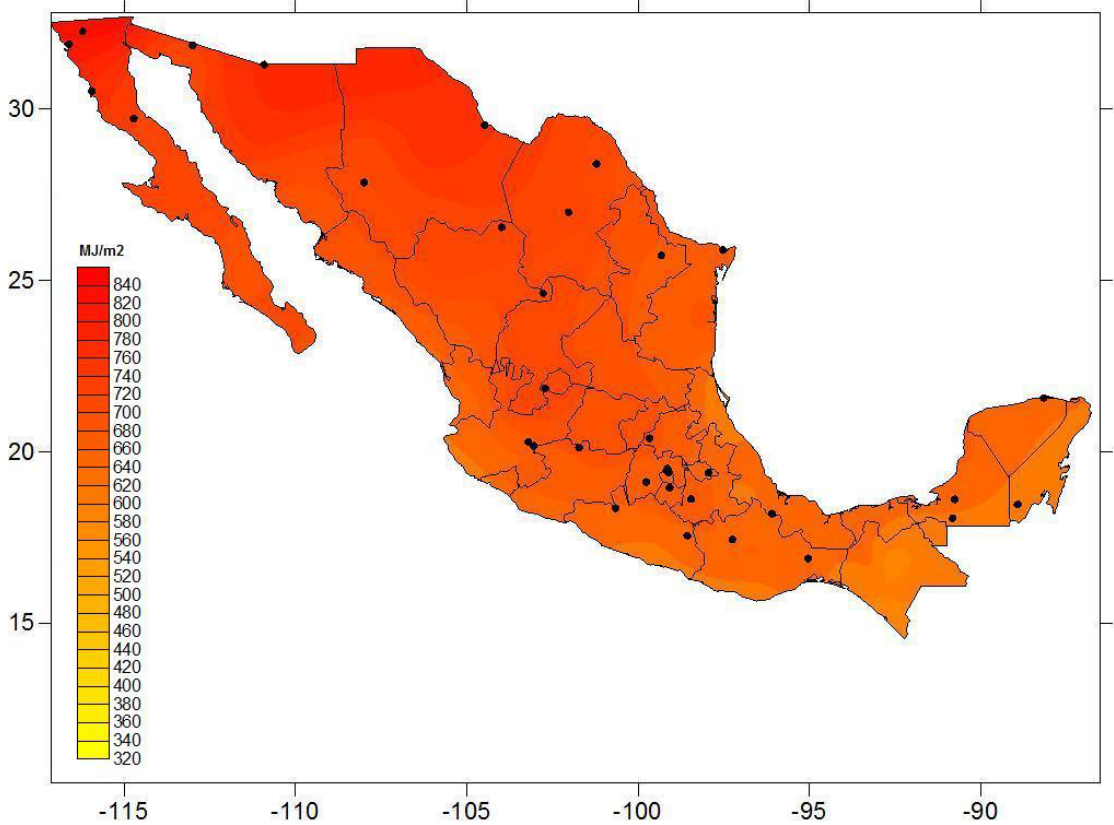


Ilustración 30. Irradiación solar global (MJ/m<sup>2</sup>) estimada mes de abril.



*Ilustración 31. Irradiación solar global ( $\text{MJ/m}^2$ ) estimada mes de mayo.*



*Ilustración 32. Irradiación solar global ( $\text{MJ/m}^2$ ) estimada mes de junio.*

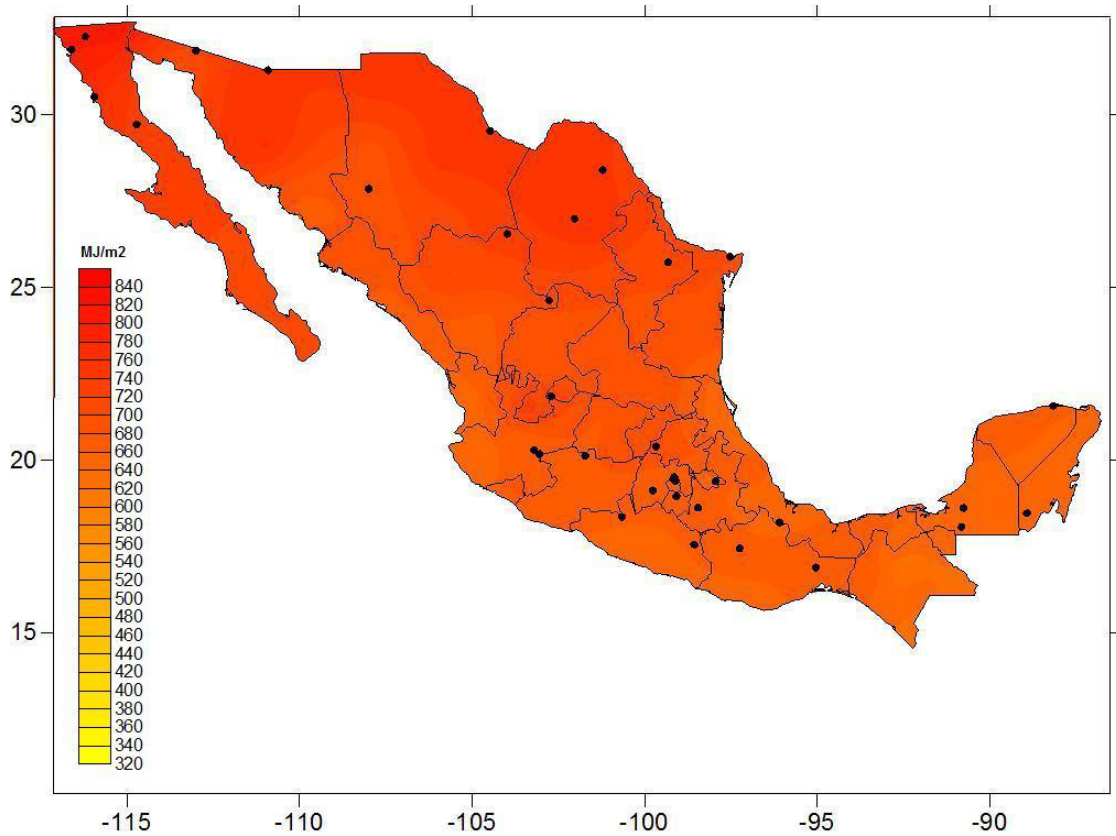


Ilustración 33. Irradiación solar global (MJ/m<sup>2</sup>) estimada mes de julio.

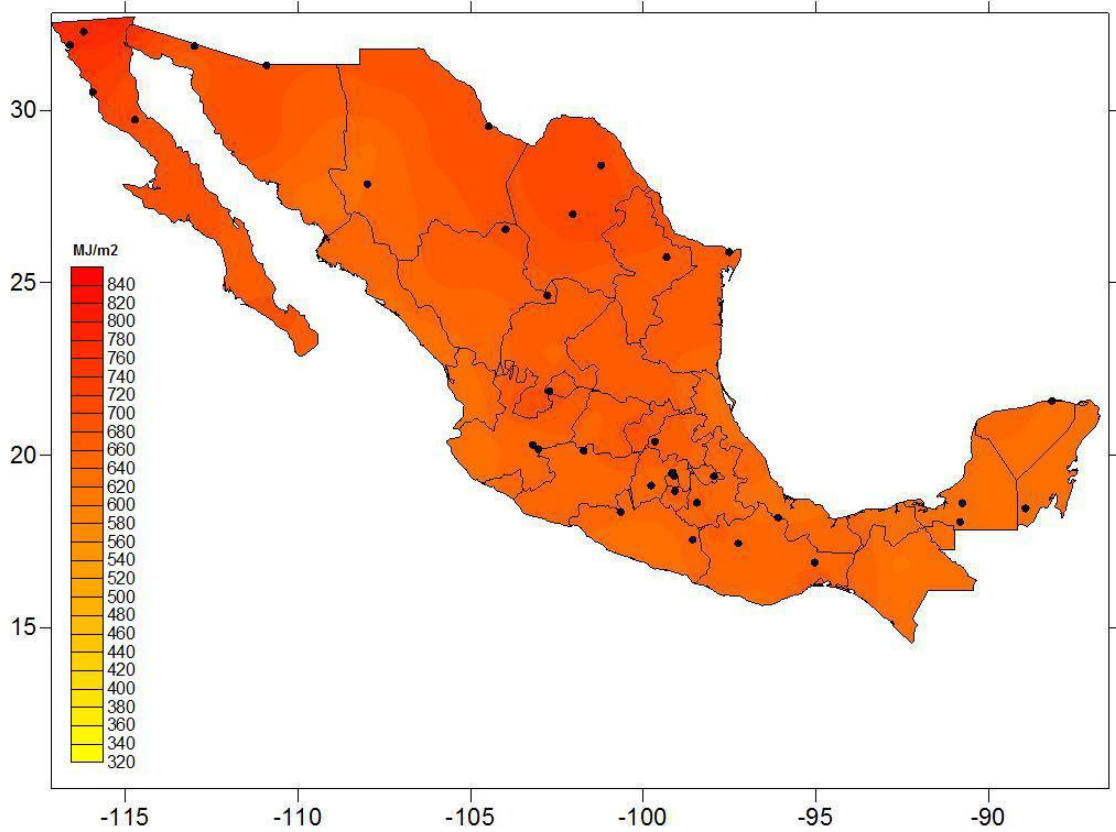
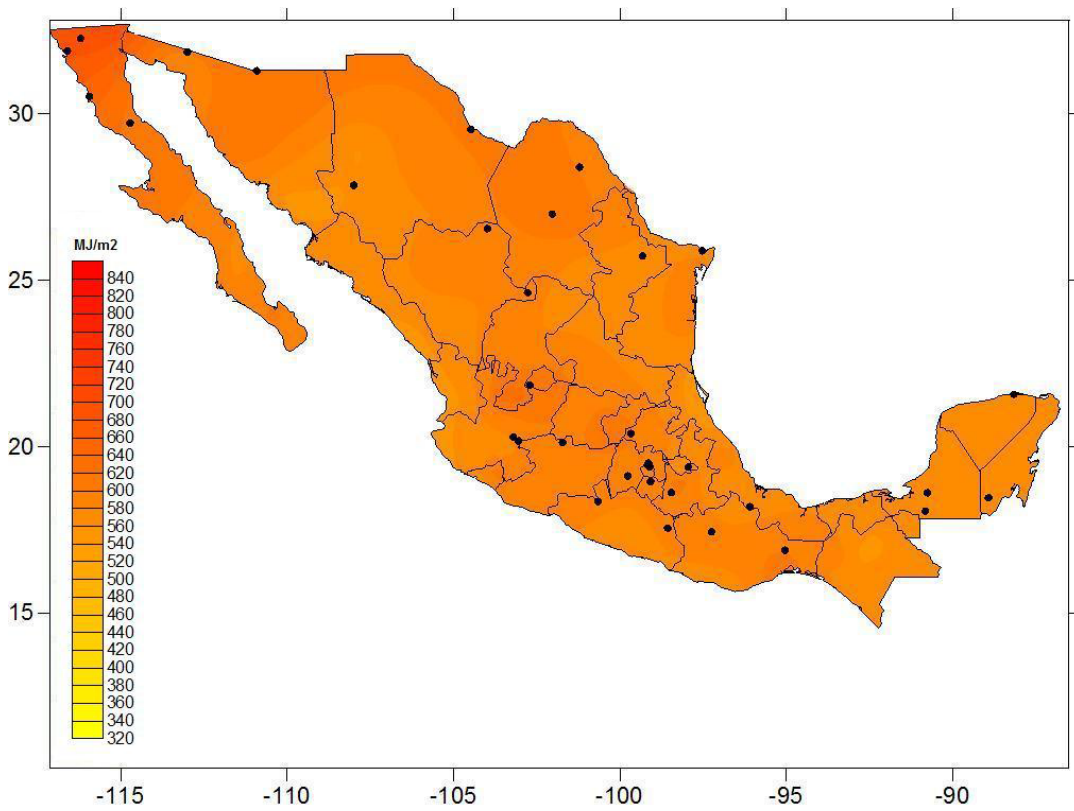
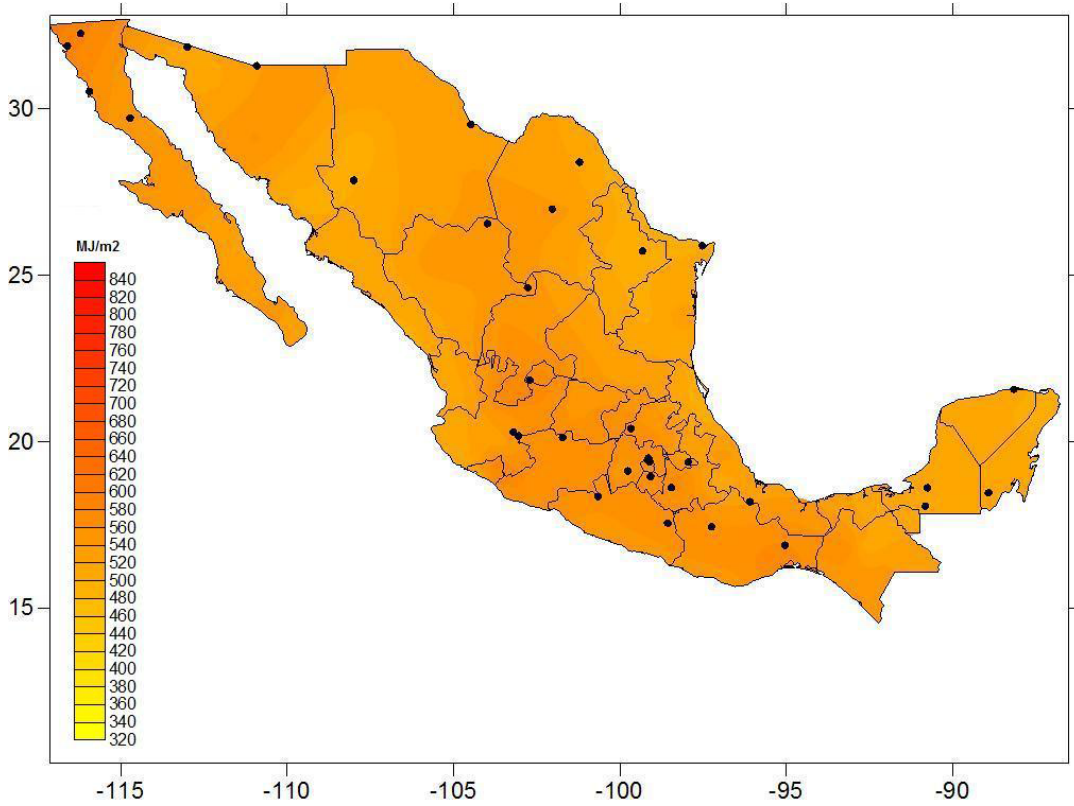


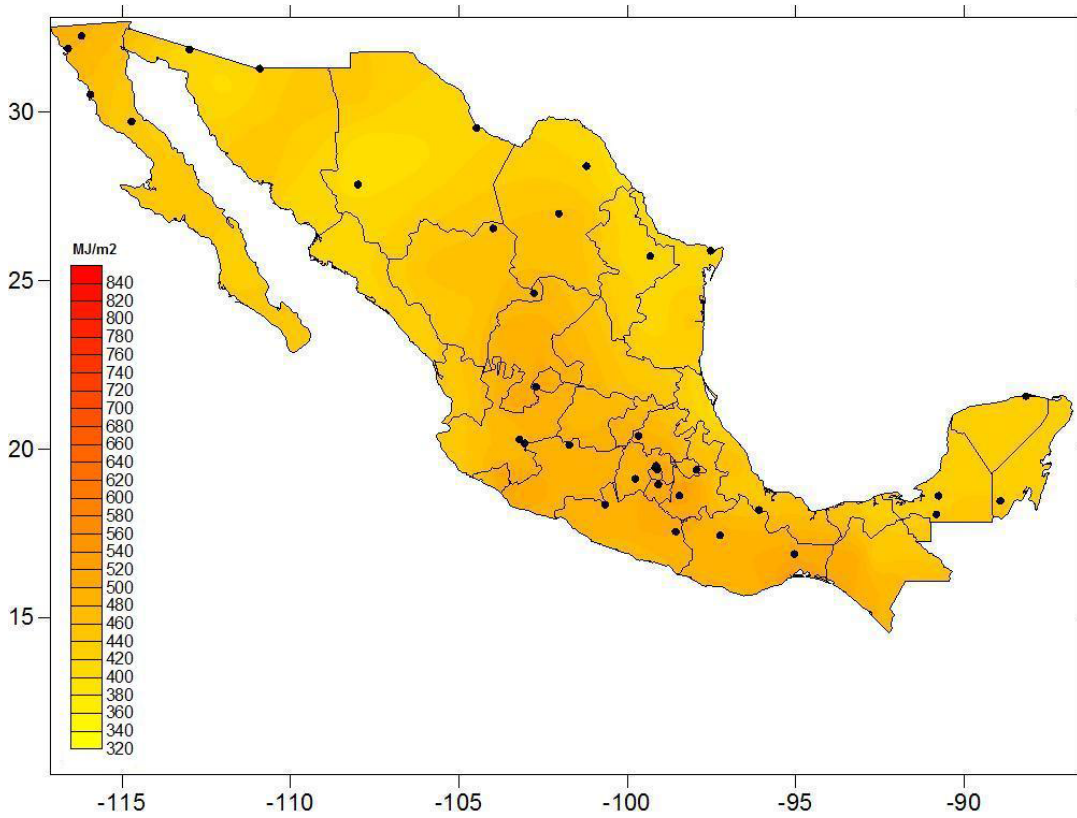
Ilustración 34. Irradiación solar global (MJ/m<sup>2</sup>) estimada mes de agosto.



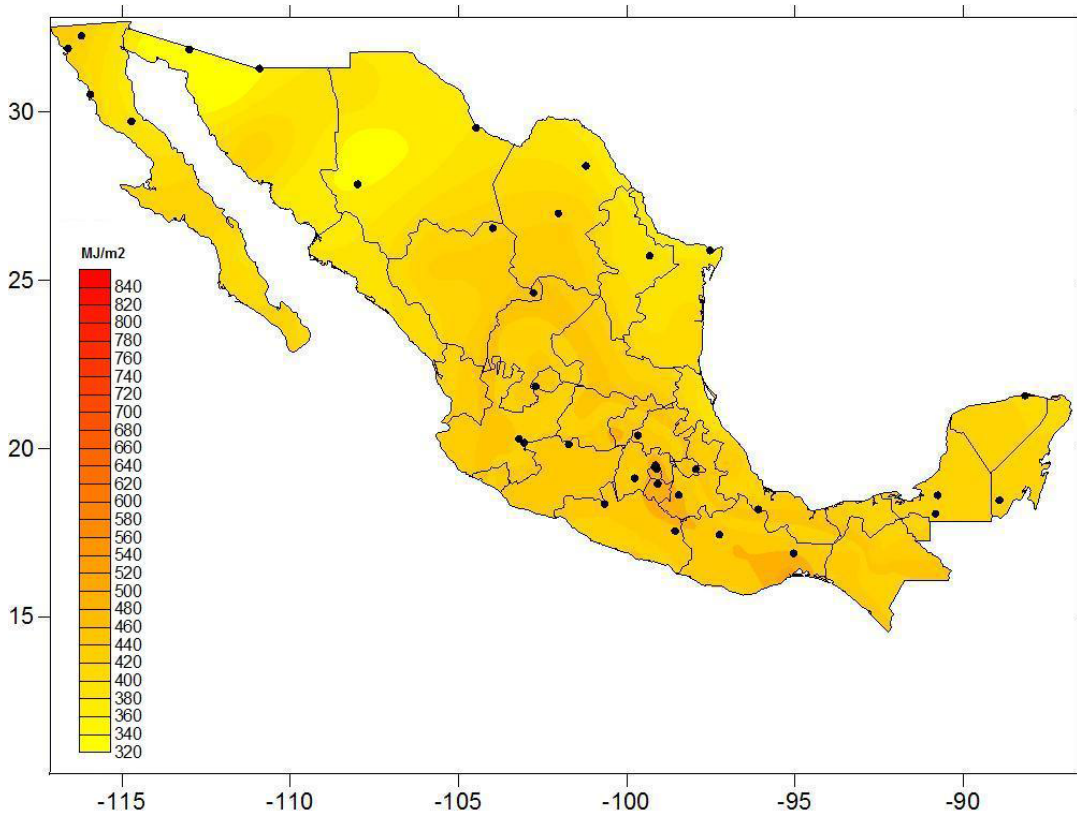
*Ilustración 35. Irradiación solar global (MJ/m<sup>2</sup>) estimada mes de septiembre.*



*Ilustración 36. Irradiación solar global (MJ/m<sup>2</sup>) estimada mes de octubre.*



*Ilustración 37. Irradiación solar global (MJ/m<sup>2</sup>) estimada mes de noviembre.*



*Ilustración 38. Irradiación solar global (MJ/m<sup>2</sup>) estimada mes de diciembre.*

# APÉNDICE C

## Tablas de Radiación Solar

Radiación solar de estaciones EMAs: Tacubaya, Villa Ahumada, Tuxtla Gtz., Tampico y Chmr Mérida.

hora	Tacubaya	V. Ahumada	Tuxtla	Tampico	Chmr Mérida
05:00	-4	0	0	1	0
05:10	-5	0	0	5	0
05:20	-4	0	0	13	0
05:30	-5	0	0	23	0
05:40	-6	0	0	38	0
05:50	-5	0	0	87	3
06:00	-1	0	6	113	10
06:10	10	0	16	149	33
06:20	31	0	28	186	67
06:30	66	0	40	216	86
06:40	81	5	59	263	84
06:50	136	25	76	304	77
07:00	185	51	131	340	148
07:10	202	80	160	388	270
07:20	247	113	205	422	326
07:30	301	151	247	462	349
07:40	135	188	283	508	226
07:50	331	220	328	540	281
08:00	368	253	360	585	451
08:10	420	286	397	611	513
08:20	453	320	429	642	558
08:30	487	353	469	684	582
08:40	601	385	509	715	637
08:50	563	417	539	739	711
09:00	393	450	580	779	722
09:10	567	478	626	805	211
09:20	639	508	669	831	284
09:30	210	536	695	850	815
09:40	690	561	740	883	254
09:50	671	583	750	889	872
10:00	700	606	785	917	860
10:10	724	626	714	933	932
10:20	738	646	835	958	178
10:30	835	661	863	982	902
10:40	661	678	886	986	922
10:50	876	690	926	995	593
11:00	855	703	916	1007	949
11:10	886	711	914	1043	976
11:20	850	716	953	1099	1013
11:30	840	719	986	328	844
11:40	580	727	943	866	973
11:50	923	725	965	1030	1008

hora	Tacubaya	V. Ahumada	Tuxtla	Tampico	Chmr Mérida
12:00	651	721	944	1060	1026
12:10	470	716	1001	1066	1011
12:20	951	716	995	971	983
12:30	628	709	1013	958	924
12:40	515	699	989	944	941
12:50	393	689	1002	921	585
13:00	481	675	989	937	962
13:10	529	657	981	932	477
13:20	276	644	987	900	927
13:30	608	629	982	860	946
13:40	312	612	948	877	178
13:50	559	589	947	850	492
14:00	459	569	851	811	808
14:10	303	543	833	774	788
14:20	375	519	234	742	748
14:30	304	491	822	734	644
14:40	301	471	758	683	660
14:50	425	446	596	673	601
15:00	291	418	323	643	579
15:10	319	387	583	615	543
15:20	252	352	461	576	308
15:30	406	318		535	485
15:40	382	285	236	509	410
15:50	305	250	604	465	315
16:00	172	214	200	426	274
16:10	234	178	125	394	272
16:20	196	62	178	353	244
16:30	114	56	126	295	180
16:40	35	46	76	237	136
16:50	20	46	44	235	104
17:00	9	22	47	205	56
17:10	7	4	34	169	41
17:20	6	0	27	132	12
17:30	1	0	22	96	5
17:40	0	0	24	66	0
17:50	0	0	20	38	0
18:00	0	0	10	16	0
18:10	0	0	4	4	4
18:20	0	0	-1	0	0
18:30	0	0	-1	0	0
18:40	0	0	-1	0	0
18:50	0	0	-1	0	0
19:00	0	0	-1	0	0

Tabla 19. Tabla de radiación solar, creación propia utilizando datos de estaciones meteorológicas EMAs: ejemplos capítulo 5.

Radiación solar extraterrestre, (Massachusetts, 2001)

Fuente: OpenCourseWare de la Universidad Politécnica de Madrid, 2001

	Hemisferio Norte Radiación en MJ/m <sup>2</sup> -día											
Lat ° Norte	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0.0	36.1	37.6	38.0	36.8	34.8	33.4	33.8	35.5	37.1	37.4	36.5	35.7
2.0	35.3	37.1	37.9	37.1	35.4	34.2	34.5	36.0	37.2	37.1	35.8	34.8
4.0	34.5	36.6	37.7	37.4	36.0	34.9	35.2	36.4	37.3	36.8	35.1	33.9
6.0	33.6	36.0	37.5	37.6	36.6	35.6	35.8	36.8	37.3	36.4	34.3	33.0
8.0	32.7	35.4	37.3	37.8	37.1	36.3	36.4	37.2	37.2	35.9	33.5	32.1
10.0	31.8	34.7	37.0	38.0	37.5	36.9	37.0	37.5	37.1	35.4	32.7	31.1
12.0	30.9	34.0	36.7	38.0	38.0	37.5	37.6	37.8	37.0	34.9	31.8	30.1
14.0	29.9	33.3	36.3	38.1	38.4	38.1	38.0	38.0	36.8	34.3	30.9	29.0
16.0	28.9	32.5	35.8	38.1	38.7	38.6	38.5	38.2	36.6	33.7	30.0	27.9
18.0	27.8	31.7	35.4	38.1	39.0	39.1	38.9	38.3	36.4	33.0	29.1	26.9
20.0	26.7	30.8	34.8	38.0	39.3	39.5	39.3	38.4	36.0	32.3	28.1	25.7
22.0	25.6	29.9	34.3	37.8	39.5	39.9	39.6	38.4	35.7	31.6	27.0	24.6
24.0	24.5	29.0	33.7	37.7	39.7	40.3	39.9	38.5	35.3	30.8	26.0	23.4
26.0	23.4	28.1	33.0	37.4	39.8	40.6	40.2	38.4	34.9	30.0	24.9	22.3
28.0	22.2	27.1	32.4	37.2	39.9	40.9	40.4	38.3	34.4	29.2	23.8	21.1
30.0	21.1	26.1	31.6	36.9	40.0	41.1	40.6	38.2	33.9	28.3	22.7	19.8
32.0	19.9	25.0	30.9	36.5	40.0	41.3	40.7	38.1	33.3	27.4	21.6	18.6
34.0	18.7	24.0	30.1	36.1	39.9	41.5	40.8	37.9	32.7	26.4	20.4	17.4
36.0	17.4	22.9	29.3	35.7	39.9	41.7	40.9	37.6	32.0	25.5	19.2	16.2
37.0	16.8	22.3	28.8	35.4	39.8	41.7	40.9	37.5	31.7	25.0	18.7	15.5
38.0	16.2	21.7	28.4	35.2	39.8	41.7	40.9	37.3	31.4	24.5	18.1	14.9
39.0	15.6	21.2	27.9	34.9	39.7	41.8	40.9	37.2	31.0	24.0	17.5	14.3
40.0	15.0	20.6	27.5	34.7	39.6	41.8	40.9	37.0	30.6	23.4	16.9	13.7
41.0	14.4	20.0	27.0	34.4	39.5	41.8	40.9	36.8	30.3	22.9	16.3	13.1
42.0	13.8	19.5	26.6	34.1	39.4	41.8	40.8	36.6	29.9	22.4	15.7	12.4
43.0	13.2	18.9	26.1	33.8	39.3	41.8	40.8	36.4	29.5	21.9	15.1	11.8
45.0	11.9	17.7	25.1	33.2	39.1	41.8	40.7	36.0	28.7	20.8	13.8	10.6
46.0	11.3	17.1	24.6	32.9	39.0	41.8	40.6	35.8	28.3	20.2	13.2	10.0
47.0	10.7	16.5	24.1	32.6	38.8	41.8	40.6	35.6	27.8	19.6	12.6	9.4
48.0	10.1	15.9	23.6	32.2	38.7	41.8	40.5	35.3	27.4	19.1	12.0	8.8
49.0	9.5	15.3	23.0	31.9	38.5	41.7	40.4	35.1	27.0	18.5	11.4	8.2
50.0	8.9	14.7	22.5	31.5	38.4	41.7	40.3	34.8	26.5	17.9	10.8	7.6
60.0	3.3	8.5	16.8	27.5	36.5	41.2	39.3	31.9	21.6	12.0	4.9	2.2

Tabla 20. Taba Radiación solar extraterrestre, Javier Almorox Alonso 2010.

Irradiación solar en kWh/m<sup>2</sup> - Día en cada uno de los meses en la República Mexicana.  
(ecotecnia, 2012)

Fuente: Actualización de los Mapas de Irradiación Global solar en la República Mexicana (R. Almanza S., E. Cajigal R., J. Barrientos A. 1997) Reportes de insolación de México. Southwest Technology Development Institute, NMSU, 1999

Estado	Ciudad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Min	Max	Med
Ags	Aguascalientes	4.5	5.2	5.9	6.6	7.2	6.3	6.1	5.9	5.7	5.1	4.8	4	4	7.2	5.6
BCS	La Paz	4.4	5.5	6	6.6	6.5	6.6	6.3	6.2	5.9	5.8	4.9	4.2	4.2	6.6	5.7
BC	Mexicali	4.1	4.4	5	5.6	6.6	7.3	7	6.1	6.1	5.5	4.5	3.9	3.9	7.3	5.5
BC	San Javier	4.2	4.6	5.3	6.2	6.5	7.1	6.4	6.3	6.4	5.1	4.7	3.7	3.7	7.1	5.5
BCS	S. José del Cabo	5	5.6	5.8	5.9	6.9	6.1	5.8	6.2	5.8	5.8	5.2	4.4	4.5	6.3	5.7
Cam	Campeche	4.8	5.7	6	5.3	5.4	4.9	4.9	5.3	5.2	5.4	5	4.3	4.4	6	5.2
Chis	Arriaga	5.1	5.4	5.5	5.9	5.6	5.2	5.9	5.5	5.1	5.3	5.1	4.7	4.7	5.9	5.4
Chis	Juan Aldama	4.4	5.1	4.9	4.5	4.5	4.1	4.4	4.5	4.1	4.3	4.4	4.2	4.1	5.1	4.5
Chis	San Cristóbal	4	4.3	4.5	4.5	4.8	4.7	5.4	5.3	4.6	4.2	3.9	3.7	3.7	5.4	4.5
Chis	Tapachula	5.4	4.9	4.8	4.6	4.7	4.7	5.2	5.1	4.6	4.1	4.3	4.1	4.1	5.4	4.7
Chis	Tuxtla Gutiérrez	3.8	4.4	4.6	4.8	5.3	5.1	5.4	5.3	4.9	4.4	4.1	3.7	3.7	5.4	4.7
Chih	Chihuahua	5.8	6.4	6.8	6.9	6.9	6.4	6.4	6.5	6.8	6.8	6	5.2	5.3	8.9	5.9
Chih	Guachochi	3.3	3.5	3.9	4.4	5.1	5.3	5.4	5.6	5.7	5.1	4.9	4.4	3.3	6.9	6.4
Chih	Cd. Juárez	6	7.2	7.3	7.3	6.9	6.5	6.3	6.5	6.8	7.4	6.6	5.9	5.9	7.4	6.7
Coah	Piedras Negras	3.1	3.6	4.2	4.5	4.8	6	6.7	6.3	4.9	4.1	3.3	2.9	2.9	6.7	4.5
Coah	Saltillo	3.8	4.2	4.8	5.1	5.6	5.9	5.9	5.6	5.2	4.4	3.6	3.3	3.3	5.9	4.8
Col	Colima	4.4	5.1	5.3	5.8	6	5.2	4.9	5	4.6	4.4	4.4	3.9	3.9	6	4.9
D.F.	Tacubaya	5.4	6	6.4	5.9	5.3	5.1	4.5	4.9	4.5	4.8	5.2	5.2	4.5	6.4	5.3
Dgo	Durango	4.4	5.4	6.5	7	7.5	6.8	6	5.6	5.7	5.1	4.8	3.9	3.9	7.5	5.7
Gto	Guanajuato	4.4	5.1	6.1	6.3	6.6	6	6	5.9	5.8	5.2	4.8	4.6	4.4	6.6	5.6
Gro	Acapulco	4.8	5.3	6.1	5.9	5.6	5.1	5.3	5.4	4.9	5.2	5	4.7	4.7	6.1	5.3
Gro	Aguas Blancas	5.8	5.9	6	5.8	5.8	5.4	5.6	5.8	5.5	5.6	5.5	5.5	5.4	6	5.7
Gro	Chilpancingo	4.1	4.5	4.9	5.2	5.2	5.2	5.1	5.1	4.7	4.4	4.1	3.8	3.8	5.2	4.7
Hlgo	Pachuca	4.6	5.1	5.6	6.8	6	5.7	5.9	5.8	5.3	4.9	4.6	4.2	4.2	6.8	5.4
Jal	Colotlán	4.6	5.7	6.5	7.5	8.2	6.6	5.8	5.6	5.8	5.3	4.9	4.1	4.1	8.2	5.9
Jal	Guadalajara	4.6	5.5	6.3	7.4	7.7	5.9	5.3	5.3	5.2	4.9	4.8	4	4	7.7	5.6
Jal	L. de Moreno	4.5	5.3	6.1	6.7	7.2	6.1	5.8	5.6	5.5	5	4.7	4	4	7.2	5.5
Jal	Puerto Vallarta	5.2	5.7	6	5.8	5.7	5.5	5.6	5.7	5.5	5.6	5.2	4.7	4.7	6	5.5
Méx	Chapingo	4.5	5.1	5.6	5.8	5.9	5.4	5.2	5.2	5	4.7	4.6	3.9	3.9	5.9	5.1
Mich	Morelia	4.2	4.9	5.5	5.8	5.9	5.2	5	5.1	4.9	4.6	4.3	3.7	3.7	5.9	4.9
Nay	Tepic	3.9	4.3	4.8	5.5	6.1	5.3	4.9	5.3	4.4	4.4	4	4.8	3.9	6.1	4.8
NL	Monterrey	3.2	3.6	4.1	4.3	4.8	5.5	6.1	5.6	5	3.8	3.3	3	3	6.1	4.4
Oax	Oaxaca	4.9	5.7	5.8	5.5	6	5.4	5.9	5.6	5	4.9	4.8	4.4	4.4	6	5.3
Oax	Salina Cruz	5.4	6.3	6.6	6.4	6.1	5	5.6	5.9	5.2	5.9	5.7	5.2	5	6.6	5.8
Pue	Puebla	4.9	5.5	6.2	6.4	6.1	5.7	5.8	5.8	5.2	5	4.7	4.4	4.4	6.4	5.5

Qro	Querétaro	5	5.7	6.4	6.8	6.9	6.4	6.4	6.4	6.3	5.4	5	4.4	4.4	6.9	5.9
QR	Chetumal	3.9	4.7	5.4	5.7	5.3	4.7	4.9	5	4.5	4.4	4	3.7	3.7	5.7	4.7
QR	Cozumel	3.9	4.6	5.3	5.7	5.2	4.8	4.9	4.9	4.6	4.4	4	3.8	3.8	5.7	4.7
SLP	Río Verde	3.6	4	4.6	4.9	5.4	5.6	5.8	5.8	5.1	4.3	3.7	3.3	3.3	5.8	4.7
SLP	San Luis Potosí	4.3	5.3	5.8	6.4	6.3	6.1	6.4	6	5.5	4.7	4.2	3.7	3.7	6.4	5.4
Sin	Culiacán	3.6	4.2	4.8	5.4	6.2	6.2	5.4	5.1	5.2	4.6	4.2	3.4	3.4	6.2	4.9
Sin	Los Mochis	4.9	5.4	5.8	5.9	5.8	5.8	5.3	5.5	5.5	5.8	4.9	4.3	4.3	5.9	5.4
Sin	Mazatlán	3.9	4.8	5.4	5.7	5.7	5.6	4.8	4.9	4.7	5	4.5	3.9	3.9	5.7	4.9
Son	Ciudad Obregón	5.8	6.4	6.8	6.9	6.9	6.7	6.4	6.5	6.8	7.3	6	5.2	5.3	7.26	6.5
Son	Guaymas	4.5	5.7	6.5	7.2	7.3	6.8	5.9	5.8	6.3	5.9	5.1	5.6	4.5	7.3	6
Son	Hermosillo	4	4.6	5.4	6.6	8.3	8.6	6.9	6.6	6.7	6	4.7	3.9	3.9	8.6	6
Tamps	Soto la Marina	3.4	4.2	4.9	4.9	5.1	5.3	5.4	5.4	4.9	4.6	3.7	3.2	3.2	5.4	4.6
Tamps	Tampico	3.3	4.1	4.7	6.4	5	4.9	4.9	4.9	4.6	4.6	3.7	3.2	3.2	6.4	4.5
Tlax	Tlaxcala	4.6	5.1	5.5	5.4	5.6	5.2	5.3	5.2	5.1	4.9	4.7	4	4	5.6	5.1
Ver	Córdoba	3.1	3.3	3.6	3.8	4.1	4.4	4.6	4.5	4.1	3.5	3.1	2.8	2.8	4.6	3.7
Ver	Jalapa	3.2	3.5	3.8	4.3	4.6	4.4	4.9	5	4.4	3.7	3.3	3	3	5	4
Ver	Veracruz	3.7	4.5	4.9	5.1	5.1	4.8	4.7	5.1	4.6	4.8	4.1	3.6	3.6	5.1	4.6
Yuc	Mérida	3.7	4	4.6	5.2	5.7	5.5	5.7	5.5	5	4.2	3.8	3.4	3.4	5.7	4.7
Yuc	Progreso	4.1	4.9	5.4	5.5	5.3	5.1	5.3	5.3	5	5	4.4	4	4	5.5	4.9
Yuc	Valladolid	3.7	4.1	3.1	5.4	5.7	5.3	5.4	5.4	4.9	4.2	3.8	3.5	3.1	5.7	4.5
Zac	Zacatecas	4.9	5.7	6.6	7.5	7.8	6.2	6.2	5.9	5.4	4.8	4.8	4.1	4.1	7.8	5.8

Tabla 21. Tabla Radiación solar diaria promedio mensual R. Almanza S., E. Cajigal R., J. Barrientos A. 1999.

Fuente: Programa de energías limpias desarrollado por el Gobierno de Canadá, cuenta con varias bases de datos a libre acceso a los usuarios, incluyendo una base de datos de condiciones climáticas de 6,700 estaciones terrestres y de datos satelitales de la NASA. 2016. (Canada, 2017)

Estado	Ciudad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Min	Max	Med
Ags	Aguascalientes	4.6	5.5	6.4	7.2	7.3	6.3	6.1	5.9	5.3	5.2	4.8	4.4	4.4	7.3	5.7
BCS	La Paz	4.2	5.0	6.0	7.0	7.2	6.8	6.1	5.9	5.3	5.0	4.4	3.7	3.7	7.2	5.6
BC	Mexicali	3.5	4.3	5.8	7.2	7.9	8.4	7.7	7.0	6.0	5.0	3.8	3.2	3.2	8.4	5.9
BC	San Javier	3.9	4.8	6.3	7.6	8.1	8.1	6.9	6.3	5.9	5.2	4.2	3.6	3.6	8.1	6.1
BCS	S. José del Cabo	4.2	5.0	5.9	6.8	7.2	6.6	6.0	5.8	5.2	5.0	4.4	3.8	3.8	7.2	5.5
Cam	Campeche	4.0	4.8	5.5	6.1	6.3	5.9	6.3	5.8	4.9	4.5	4.1	3.7	3.7	6.3	5.2
Chis	Arriaga	4.6	5.2	5.7	6.0	5.7	5.3	5.5	5.2	4.8	4.7	4.5	4.3	4.3	6.0	5.2
Chis	Juan Aldama	4.5	5.4	6.5	7.3	7.6	6.8	6.3	5.9	5.3	5.3	4.7	4.2	4.2	7.6	5.6
Chis	San Cristóbal	4.7	5.3	5.9	6.2	6.0	5.7	6.0	5.6	5.0	4.9	4.6	4.5	4.5	6.2	5.4
Chis	Tapachula	4.6	5.2	5.6	5.8	5.4	5.1	5.4	5.1	4.7	4.8	4.5	4.4	4.4	5.8	5.1
Chis	Tuxtla Gutiérrez	4.5	5.1	5.7	6.0	5.9	5.5	5.7	5.3	4.8	4.7	4.4	4.3	4.3	6.0	5.2
Chih	Chihuahua	4.2	5.0	6.4	7.5	7.9	7.4	6.6	6.0	5.6	5.1	4.4	3.8	3.8	7.9	5.8
Chih	Guachochi	4.4	5.2	6.6	7.7	8.0	7.4	6.4	6.0	5.6	5.4	4.7	4.0	4.0	8.0	5.8
Chih	Cd. Juárez	3.8	4.7	6.2	7.4	8.0	8.0	7.0	6.4	5.8	5.0	4.0	3.5	3.5	8.0	6.0
Chih	Villa Humada	4.0	4.8	6.2	7.4	7.9	7.7	6.8	6.2	5.7	5.0	4.1	3.6	3.6	7.9	6.0
Coah	Piedras Negras	3.9	4.7	5.8	6.8	7.1	7.0	6.9	6.2	5.4	4.8	4.0	3.6	3.6	7.1	5.6
Coah	Saltillo	4.3	5.2	6.2	7.1	7.3	6.9	6.9	6.2	5.4	5.0	4.5	3.9	3.9	7.3	5.8
Col	Colima	4.4	5.3	6.0	6.8	6.7	5.8	5.6	5.3	4.8	4.8	4.5	4.2	4.2	6.8	5.3
D.F.	Tacubaya	4.5	5.4	6.1	6.8	6.7	5.9	5.9	5.7	5.1	4.9	4.6	4.3	4.3	6.8	5.6
Dgo	Durango	4.5	5.5	6.4	7.3	7.6	6.8	6.2	5.7	5.3	5.2	4.8	4.1	4.1	7.6	5.6
Gto	Guanajuato	4.6	5.6	6.4	7.0	7.3	6.2	6.1	5.9	5.3	5.1	4.8	4.4	4.4	7.3	5.7
Gro	Acapulco	4.5	5.3	6.0	6.4	6.3	5.3	5.4	5.1	4.7	4.7	4.4	4.3	4.3	6.4	5.2
Gro	Aguas Blancas	4.5	5.4	6.0	6.4	6.3	5.5	5.4	5.2	4.7	4.7	4.5	4.3	4.3	6.4	5.3
Gro	Chilpancingo	4.7	5.5	6.1	6.7	6.4	5.6	5.5	5.2	4.8	4.8	4.6	4.4	4.4	6.7	5.4
Hlgo	Pachuca	4.5	5.4	6.1	6.8	7.0	6.1	6.0	5.8	5.2	4.9	4.6	4.3	4.3	7.0	5.6
Jal	Colotlán	4.6	5.5	6.4	7.2	7.5	6.4	6.1	5.7	5.1	5.2	4.8	4.3	4.3	7.5	5.6
Jal	Guadalajara	4.6	5.5	6.2	7.1	7.2	6.1	5.9	5.6	5.1	5.0	4.8	4.3	4.3	7.2	5.5
Jal	L. de Moreno	4.6	5.4	6.2	7.1	7.3	6.3	5.9	5.5	5.0	5.0	4.8	4.3	4.3	7.3	5.5
Jal	Puerto Vallarta	4.4	5.3	6.0	6.8	6.9	6.0	5.7	5.4	4.9	4.8	4.6	4.1	4.1	6.9	5.4
Méx	Chapingo	4.5	5.4	6.0	6.7	6.7	5.9	5.9	5.7	5.0	4.9	4.6	4.2	4.2	6.7	5.5
Mich	Morelia	4.6	5.5	6.3	7.0	6.9	6.0	5.8	5.7	5.1	4.9	4.7	4.3	4.3	7.0	5.6
Nay	Tepic	4.5	5.5	6.2	7.0	7.3	6.3	5.9	5.5	5.0	4.9	4.8	4.3	4.3	7.3	5.5
NL	Monterrey	4.1	5.0	6.0	6.9	7.2	6.8	6.8	6.2	5.4	4.9	4.3	3.8	3.8	7.2	5.7
Oax	Oaxaca	4.7	5.3	5.9	6.2	6.1	5.5	5.4	5.2	4.8	4.7	4.6	4.3	4.3	6.2	5.3
Oax	Salina Cruz	4.5	5.2	5.7	6.0	5.8	5.2	5.3	5.1	4.7	4.7	4.5	4.3	4.3	6.0	5.1

Pue	Puebla	4.5	5.4	6.0	6.6	6.6	5.8	5.7	5.5	5.0	4.8	4.6	4.3	4.3	6.6	5.5
Qro	Querétaro	4.6	5.5	6.2	7.0	7.0	6.0	6.0	5.8	5.2	5.0	4.7	4.3	4.3	7.0	5.6
QR	Chetumal	3.9	4.6	5.3	5.9	5.8	5.6	5.9	5.5	4.8	4.4	3.9	3.7	3.7	5.9	5.1
QR	Cozumel	3.7	4.6	5.3	5.8	6.0	5.8	6.0	5.5	4.8	4.3	3.8	3.6	3.6	6.0	5.0
SLP	Río Verde	4.4	5.3	6.1	6.8	7.1	6.2	6.3	5.9	5.2	5.0	4.6	4.1	4.1	7.1	5.6
SLP	San Luis Potosí	4.5	5.5	6.3	7.1	7.2	6.4	6.4	6.0	5.4	5.2	4.7	4.2	4.2	7.2	5.8
Sin	Culiacán	4.3	5.2	6.2	7.2	7.6	6.9	6.0	5.6	5.2	5.1	4.6	3.9	3.9	7.6	5.4
Sin	Los Mochis	4.2	5.1	6.3	7.4	7.8	7.2	6.2	5.9	5.4	5.2	4.5	3.8	3.8	7.8	5.6
Sin	Mazatlán	4.3	5.3	6.1	7.1	7.4	6.5	5.9	5.4	5.0	5.0	4.6	4.0	4.0	7.4	5.4
Son	Cd. Obregón	4.2	4.9	6.3	7.5	8.0	7.6	6.4	6.0	5.7	5.2	4.4	3.7	3.7	8.0	5.9
Son	Guaymas	4.1	4.9	6.4	7.6	8.0	7.7	6.6	6.2	5.8	5.2	4.3	3.8	3.8	8.0	6.0
Son	Hermosillo	4.0	4.8	6.2	7.5	8.1	7.9	6.7	6.1	5.9	5.2	4.4	3.7	3.7	8.1	6.0
Tamps	Soto la Marina	4.0	4.9	5.8	6.5	6.9	6.4	6.5	5.9	5.1	4.8	4.2	3.8	3.8	6.9	5.4
Tamps	Tampico	4.1	4.9	5.7	6.4	6.9	6.2	6.2	5.8	5.1	4.8	4.3	3.8	3.8	6.9	5.4
Tlax	Tlaxcala	4.5	5.3	6.0	6.7	6.8	5.9	5.8	5.6	5.1	4.9	4.6	4.2	4.2	6.8	5.4
Ver	Córdoba	4.3	5.2	5.9	6.3	6.4	5.8	5.7	5.4	4.9	4.8	4.5	4.1	4.1	6.4	5.3
Ver	Jalapa	4.3	5.2	5.9	6.5	6.6	5.9	5.8	5.6	5.1	4.8	4.5	4.2	4.2	6.6	5.4
Ver	Veracruz	4.2	5.1	5.7	6.3	6.3	5.7	5.7	5.3	4.8	4.7	4.3	3.9	3.9	6.3	5.2
Yuc	Mérida	3.8	4.6	5.4	6.0	6.3	6.0	6.3	5.8	4.9	4.5	4.0	3.6	3.6	6.3	5.2
Yuc	Progreso	3.7	4.6	5.3	6.0	6.3	6.0	6.3	5.8	4.9	4.5	4.0	3.6	3.6	6.3	5.1
Yuc	Valladolid	3.7	4.6	5.3	5.9	6.1	5.9	6.1	5.7	4.8	4.4	3.9	3.6	3.6	6.1	5.1
Zac	Zacatecas	4.6	5.6	6.5	7.3	7.5	6.6	6.2	6.0	5.4	5.2	4.8	4.4	4.4	7.5	5.8

Tabla 22. Tabla de Radiación solar diaria promedio mensual ( $kWh/m^2/d$ ), creación propia utilizando datos de Nasa, RETScreen 2016.

Fuente: SoDa solar radiation data es un intermediario de una lista de servicios y servicios web, ofrece un acceso único a un gran conjunto de información relacionada con la radiación solar. SODA 2012. (SODA, 2012)

Estado	Ciudad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Min	Max	Med
Ags	Aguascalientes	4.7	5.7	6.9	7.2	7.2	6.4	6.1	6.0	5.5	5.5	5.2	4.6	4.6	7.2	5.9
BCS	La Paz	3.8	4.7	6.0	6.8	7.4	7.3	6.7	6.2	5.6	5.0	4.2	3.5	3.5	7.4	5.6
BC	Mexicali	3.1	3.9	5.3	6.5	7.3	7.5	6.9	6.3	5.5	4.5	3.5	2.9	2.9	7.5	5.3
BC	San Javier	3.7	4.6	6.2	7.4	8.0	7.9	6.5	6.1	5.8	5.0	4.1	3.5	3.5	8.0	5.7
BCS	S. José del Cabo	4.3	5.2	6.3	7.0	7.5	7.3	6.6	6.1	5.6	5.3	4.5	4.0	4.0	7.5	5.8
Cam	Campeche	4.6	5.5	6.2	6.8	6.9	6.7	6.7	6.5	6.1	5.3	4.8	4.2	4.2	6.9	5.8
Chis	Arriaga	4.0	4.8	5.8	6.4	6.6	6.3	6.5	6.3	5.3	4.7	4.3	3.7	3.7	6.6	5.4
Chis	Juan Aldama	4.4	5.3	6.6	7.0	7.1	6.9	6.3	6.1	5.5	5.4	4.8	4.1	4.1	7.1	5.8
Chis	San Cristóbal	4.7	5.4	6.2	6.4	6.1	5.6	5.9	5.7	5.0	4.7	4.7	4.5	4.5	6.4	5.4
Chis	Tapachula	6.0	6.6	7.2	7.2	6.3	5.7	6.2	6.2	5.5	5.8	5.8	5.7	5.5	7.2	6.2
Chis	Tuxtla Gutiérrez	4.3	5.0	5.9	6.2	5.9	5.3	5.6	5.5	4.7	4.5	4.5	4.3	4.3	6.2	5.2
Chih	Chihuahua	4.0	4.9	6.4	7.1	7.4	6.7	6.0	5.7	5.5	5.1	4.4	3.7	3.7	7.4	5.6
Chih	Guachochi	4.3	5.1	6.6	7.5	8.2	7.4	6.1	6.0	5.8	5.5	4.6	4.0	4.0	8.2	5.9
Chih	Cd. Juárez	3.5	4.2	5.6	6.7	7.3	7.4	6.7	6.1	5.3	4.5	3.7	3.1	3.1	7.4	5.3
Chih	Villa Humada	3.6	4.4	5.8	6.7	7.2	7.1	6.5	5.9	5.3	4.7	3.9	3.3	3.3	7.2	5.4
Coah	Piedras Negras	3.2	3.9	5.1	5.6	6.0	6.3	6.5	5.9	5.1	4.2	3.5	3.1	3.1	6.5	4.9
Coah	Saltillo	3.9	4.7	5.8	6.2	6.6	6.5	6.2	5.9	5.2	4.8	4.3	3.7	3.7	6.6	5.3
Col	Colima	4.9	5.8	6.9	7.2	6.8	5.7	5.3	5.2	4.9	5.0	5.1	4.6	4.6	7.2	5.6
D.F.	Tacubaya	4.8	5.7	6.6	6.5	6.2	5.6	5.5	5.4	5.0	4.9	4.8	4.5	4.5	6.6	5.5
Dgo	Durango	4.4	5.4	6.6	7.0	7.2	6.6	6.0	5.8	5.3	5.4	4.8	4.2	4.2	7.2	5.7
Gto	Guanajuato	4.7	5.6	6.6	6.9	6.9	6.4	6.1	6.0	5.4	5.3	5.1	4.6	4.6	6.9	5.8
Gro	Acapulco	5.5	6.3	7.2	7.4	6.9	6.1	6.3	6.1	5.4	5.8	5.6	5.2	5.2	7.4	6.1
Gro	Aguas Blancas	5.1	6.0	6.9	6.9	6.4	5.5	5.6	5.3	4.9	5.0	5.1	4.9	4.9	6.9	5.6
Gro	Chilpancingo	5.2	6.0	6.8	6.8	6.2	5.4	5.8	5.6	5.1	5.2	5.2	4.9	4.9	6.8	5.7
Hlgo	Pachuca	4.2	5.0	5.9	6.2	6.3	5.7	5.6	5.5	4.8	4.5	4.4	4.0	4.0	6.3	5.2
Jal	Colotlán	4.6	5.6	6.9	7.3	7.5	6.6	6.0	5.9	5.5	5.5	5.1	4.5	4.5	7.5	5.9
Jal	Guadalajara	4.8	5.8	6.9	7.2	7.2	6.2	5.7	5.6	5.2	5.4	5.2	4.6	4.6	7.2	5.8
Jal	L. de Moreno	4.6	5.6	6.8	7.4	7.7	6.6	5.9	5.8	5.3	5.4	5.1	4.4	4.4	7.7	5.9
Jal	Puerto Vallarta	4.7	5.7	6.8	7.4	7.7	7.1	6.4	6.0	5.4	5.5	5.0	4.4	4.4	7.7	6.0
Méx	Chapingo	4.7	5.5	6.2	6.2	6.2	5.6	5.7	5.6	5.0	4.9	4.8	4.5	4.5	6.2	5.4
Mich	Morelia	4.9	5.9	6.9	7.1	6.6	5.6	5.3	5.3	4.9	4.9	5.0	4.7	4.7	7.1	5.6
Nay	Tepic	4.6	5.6	6.8	7.4	7.7	6.6	5.9	5.8	5.3	5.4	5.1	4.4	4.4	7.7	5.9
NL	Monterrey	3.8	4.6	5.7	5.9	6.3	6.2	6.1	5.7	5.1	4.7	4.2	3.6	3.6	6.3	5.2
Oax	Oaxaca	4.7	5.3	6.1	6.4	6.1	5.3	5.3	5.3	4.7	4.7	4.6	4.5	4.5	6.4	5.3
Oax	Salina Cruz	4.9	5.5	6.3	6.5	5.9	5.1	5.4	5.2	4.6	4.8	4.8	4.7	4.6	6.5	5.3
Pue	Puebla	4.7	5.5	6.2	6.2	6.2	5.6	5.7	5.6	5.0	4.9	4.8	4.5	4.5	6.2	5.4

Qro	Querétaro	4.8	5.9	6.8	7.0	6.8	6.4	6.1	6.1	5.5	5.3	5.1	4.6	4.6	7.0	5.9
QR	Chetumal	4.1	4.9	5.5	6.0	5.9	5.3	5.3	5.2	4.9	4.6	4.2	3.9	3.9	6.0	5.0
QR	Cozumel	4.2	5.1	5.8	6.5	6.4	6.0	6.2	6.0	5.2	4.8	4.3	3.9	3.9	6.5	5.4
SLP	Río Verde	4.0	4.9	5.9	6.3	6.4	6.0	5.6	5.8	4.7	4.6	4.4	3.8	3.8	6.4	5.2
SLP	San Luis Potosí	4.3	5.1	6.1	6.4	6.7	6.4	6.1	6.0	5.1	5.0	4.6	4.1	4.1	6.7	5.5
Sin	Culiacán	4.4	5.3	6.6	7.3	7.9	7.7	6.7	6.2	5.7	5.5	4.6	4.0	4.0	7.9	6.0
Sin	Los Mochis	4.2	5.1	6.4	7.2	7.8	7.5	6.5	6.1	5.7	5.3	4.5	3.9	3.9	7.8	5.9
Sin	Mazatlán	4.4	5.4	6.6	7.3	7.8	7.5	6.4	6.0	5.5	5.5	4.8	4.1	4.1	7.8	5.9
Son	Cd. Obregón	4.1	4.9	6.4	7.3	7.8	7.6	6.6	6.1	5.9	5.2	4.4	3.8	3.8	7.8	5.8
Son	Guaymas	4.1	5.0	6.5	7.4	8.1	8.2	7.4	6.7	6.3	5.4	4.4	3.8	3.8	8.2	6.1
Son	Hermosillo	3.8	4.7	6.2	7.3	7.7	7.7	6.7	6.1	5.8	5.1	4.2	3.5	3.5	7.7	5.7
Tamps	Soto la Marina	3.6	4.3	5.2	5.6	6.0	6.1	6.2	6.0	5.1	4.7	4.0	3.5	3.5	6.2	5.0
Tamps	Tampico	3.3	4.1	5.0	5.7	6.3	6.0	5.9	5.9	5.1	4.6	3.8	3.2	3.2	6.3	4.9
Tlax	Tlaxcala	4.7	5.5	6.2	6.2	6.2	5.6	5.7	5.6	5.0	4.9	4.8	4.5	4.5	6.2	5.4
Ver	Córdoba	4.0	4.6	5.4	5.8	5.8	5.4	5.4	5.3	4.7	4.5	4.2	3.9	3.9	5.8	4.9
Ver	Jalapa	3.7	4.2	4.9	5.4	5.5	5.1	5.3	5.1	4.5	4.3	4.0	3.6	3.6	5.5	4.6
Ver	Veracruz	3.7	4.2	4.9	5.4	5.5	5.1	5.3	5.1	4.5	4.3	4.0	3.6	3.6	5.5	4.6
Yuc	Mérida	4.3	5.0	5.8	6.4	6.3	5.9	5.9	5.7	5.4	4.8	4.3	4.0	4.0	6.4	5.3
Yuc	Progreso	4.5	5.4	6.3	7.0	7.4	7.0	7.2	7.0	6.3	5.4	4.7	4.1	4.1	7.4	6.0
Yuc	Valladolid	4.2	4.9	5.6	6.2	6.2	5.6	5.5	5.5	5.1	4.8	4.3	3.9	3.9	6.2	5.2
Zac	Zacatecas	4.6	5.5	6.6	7.0	7.0	6.4	6.0	6.0	5.4	5.3	5.0	4.4	4.4	7.0	5.8

Tabla 23. Tabla Radiación solar diaria promedio mensual (kWh/m<sup>2</sup>/d), creación propia utilizando datos de SODA solar radiation data. 2012.

# APÉNDICE D

## Normas, Estándares y Licencias

Norma Mexicana NMX-AA-166/2-SCFI-2015

Estaciones Meteorológicas, climatológicas e hidrológicas. Parte 2: Especificaciones técnicas que deben cumplir el emplazamiento y exposición de los instrumentos de medición de las estaciones meteorológicas automáticas y convencionales.

Fuente: <http://www.economia-nmx.gob.mx/normasmx/index.nmx>

## Normas y estándares considerados para construir una página web. (ISO, 2016)

World Wide Web Consortium (W3C) y grupo de organizaciones internacionales, establecen recomendaciones y reglas de cómo entender los documentos fundamentándose en la web.

Estándares Web

Fuente: <https://www.w3.org/standards/>

### ISO/IEC 18036:2003

Fuente: <https://www.iso.org/standard/30821.html>

### ISO 9241-151:2008

Fuente: <https://www.iso.org/standard/37031.html>

### ISO/IEC 24824-2:2006

Fuente: <https://www.iso.org/standard/41328.html>

### ISO 19142:2010

Fuente: <https://www.iso.org/standard/42136.html>

### ISO/IEC 29361:2008

Fuente: <https://www.iso.org/standard/45422.html>

## **La licencia de PHP, versión 3.01**

Fuente: [http://php.net/license/3\\_01.txt](http://php.net/license/3_01.txt)

## **Licencia GNU/GLP de Joomla OpenSource**

Joomla CMS es de libre distribución (OpenSource) y gratuita, con licencia pública general (GNU/GLP)

Fuente: <http://www.joomla.cl/comunidad/acerca-de-la-licencia.html>

## **Licencia Pública GNU**

GNU Public License (GPL) versión 2 de junio de 1991, cubriendo mayor parte de Software de libre distribución (Free Software Foundation).

Fuente: <http://gugs.sindominio.net/licencias/gples.html>

## **Desarrollo y Diseño**

imagen26energy@gmail.com