

DETERMINACION DE RADIACION SOLAR DIRECTA A TRAVES DE MODELOS*

L.E.Dawidowski, A.T.Rapallini y M.Schiaroli

RESUMEN

La identificación de lugares adecuados para la instalación de una central solar de potencia utilizando concentradores solares de foco lineal, requiere el conocimiento previo de la radiación solar directa. Dada la limitada existencia de registros de dicho parámetro en nuestro país, en este trabajo se presentan los análisis de dos modelos que permiten estimarlo. Uno de ellos es el que utiliza el programa TRNSYS [1], que a partir de datos de radiación global media mensual, permite obtener radiación directa horaria. Aquí se analiza la confiabilidad de dicho modelo para localidades con altos valores de K_t (índice de claridad de la atmósfera), utilizando para ello datos de una localidad de EEUU, y se lo aplica a algunas localidades de la República Argentina; los datos se procesan tanto sobre base diaria, como diurna, tomando para ello un umbral mínimo considerado energéticamente conveniente para la puesta en marcha de una instalación solar de potencia.

Dada la necesidad de estimar la radiación solar directa en localidades para las cuales no existe medición de radiación solar global, se analizó otro modelo [2] que permite obtenerla para días totalmente claros y totalmente nublados, a partir de datos meteorológicos. Se presentan los datos, resultados y curvas comparativas de radiación para ambos modelos.

INTRODUCCION

La División Energía Solar de la CNEA está realizando un estudio preliminar [3] a fin de identificar las posibles ubicaciones de centrales de potencia para la generación de energía eléctrica, utilizando concentradores solares de foco lineal.

Para poder estimar la energía útil obtenible de una planta solar de potencia es necesario conocer la disponibilidad de energía solar durante todo un año. Esta información, conjuntamente con las características operativas de la planta, permite calcular los costos de la energía generada y por lo tanto efectuar comparaciones.

Dado que el recurso solar es esencialmente variable y que, por otra parte, los concentradores solares de foco lineal utilizan únicamente la componente directa de la radiación solar, es esta componente la que debe conocerse, sobre base horaria, para todo un año tipo y para cada localidad.

Lamentablemente, los registros de radiación solar directa son prácticamente inexistentes en nuestro país. Solo se dispone de datos para días despejados en algunas estaciones del Servicio Meteorológico Nacional y, en ningún caso son series horarias. Esta situación nos llevó a la necesidad de seleccionar modelos que permitiesen estimarla con un razonable grado de aproximación.

* Comisión Nacional de Energía Atómica, Depto Fuentes Renovables y Uso Racional de la Energía, División Energía Solar, Av. del Libertador 8250 - 1429 Buenos Aires

Es de destacar que la preselección de regiones potencialmente aptas para plantas solares de potencia, no se hizo solo sobre la base de la existencia de buenos niveles de radiación solar. Factores como disponibilidad de redes eléctricas y subestaciones transformadoras, gasoductos, vías de comunicación, agua en cantidad y calidad adecuadas, terrenos llanos y/o de fácil nivelación, etc., fueron también considerados.

MODELOS ANALIZADOS

Se dijo anteriormente que la ausencia de datos de radiación solar directa sobre base horaria es la situación dominante en nuestro país. En el mejor de los casos, y siempre que la región o localidad preseleccionada este suficientemente próxima o pueda considerarse caracterizada por la información climática contenida en la "Tabla de Datos Meteorológicos para 118 Localidades de la República Argentina..." [4], se dispondrá únicamente de datos correspondientes a radiación solar global sobre plano horizontal. La otra posibilidad es la carencia de todo tipo de medición de radiación solar, para estos casos será necesario recurrir a modelos predictivos que partan de otros datos meteorológicos.

Para el primero de los casos se decidió utilizar un modelo, que por simplicidad denominaremos modelo TRNSYS, que permite, a partir de promedios mensuales, generar valores horarios de los principales parámetros meteorológicos. En nuestro caso la generación de valores horarios de radiación solar directa se hace a partir de los promedios mensuales de radiación global sobre plano horizontal.

El modelo TRNSYS, desarrollado por K.M.Knight [5], es en realidad un módulo (Weather Data Generator - Type 54) de la versión 12.1 del TRNSYS. Este módulo ha sido validado para distintas localidades de EEUU y permite obtener valores horarios representativos del comportamiento de las variables climáticas en el largo plazo, mediante un tratamiento estadístico de la información.

Para el caso de localidades sin ningún tipo de información solar se decidió analizar el comportamiento de otro modelo [2], que de aquí en más denominaremos modelo Dogniaux, que permite obtener radiación solar directa y difusa para días totalmente claros y totalmente nublados a partir de tensión de vapor (temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo húmedo), altura sobre el nivel del mar y tipo de atmósfera.

COMPORTAMIENTO DEL MODELO TRNSYS

Como las localidades y/o regiones potencialmente interesantes tienen condiciones atmosféricas muy particulares, muy altos valores de K_t y H_t (heliofanía relativa), se consideró conveniente establecer la confiabilidad del modelo. Para ello se obtuvieron datos de radiación solar directa registrados durante el año 1988 en Kramer Junction, California, EEUU, donde operan tres centrales solares de potencia (90 MW en total) con concentradores de foco lineal y se compararon con los obtenidos, utilizando el modelo TRNSYS, a partir de los promedios mensuales de radiación solar global correspondiente a la localidad de Daggett, distante 70 km pero dentro del mismo desierto de Mohave donde está Kramer Jct. Los resultados se observan en las Figuras 1 y 2, donde se presentan los histogramas de distribución diaria y horaria respectivamente, las cuales permiten concluir que el margen de error es aceptable. Sobre todo si se toma en cuenta que el modelo genera datos horarios a partir de promedios obtenidos sobre plazos largos, mientras que los valores medidos corresponden a un único año. Es de destacar que la suma de las energías recibidas en cada nivel, tanto mensual como anual, se corresponde con los promedios de largo plazo, siendo esto último una verificación que realiza el propio modelo TRNSYS.

Figura 1

DISTRIBUCION DE LA RADIACION DIRECTA DIARIA

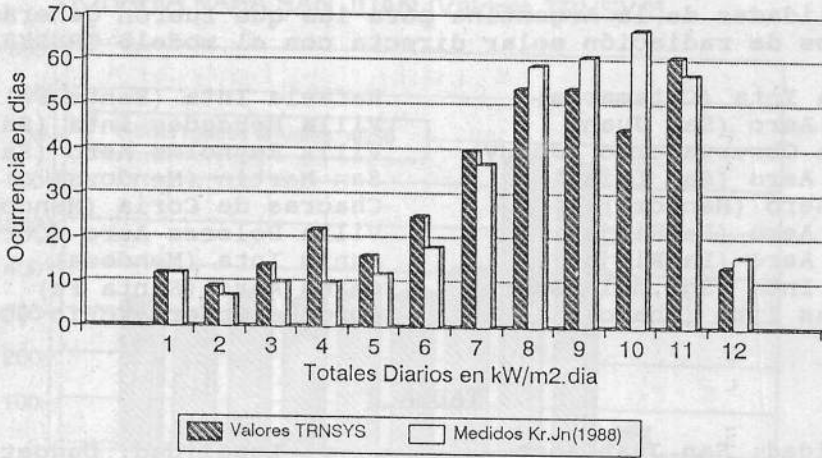
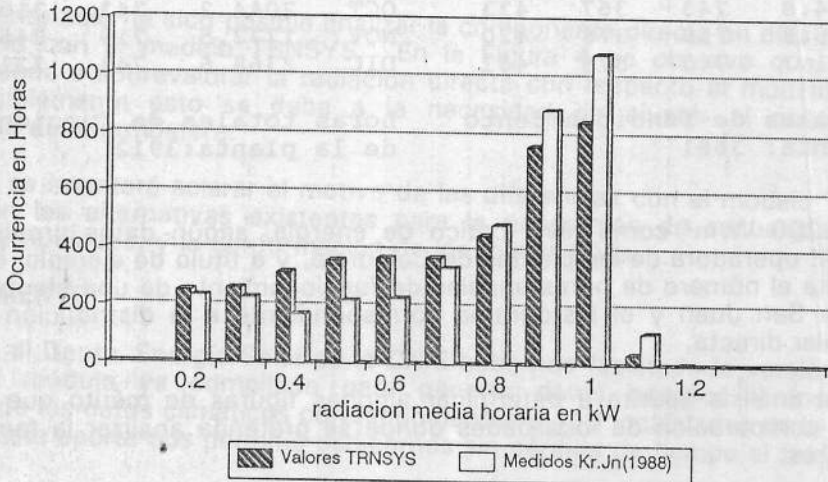


Figura 2

HISTOGRAMA DE RADIACION DIRECTA HORARIA



A partir de los datos climáticos de la referencia [4], se generaron valores horarios de radiación solar directa para las localidades que se resumen en la Tabla I, procediéndose también a obtener los promedios mensuales de radiación directa sobre base diurna (Tabla II), esto es horas de sol, por encima de un umbral mínimo considerado energéticamente conveniente para la puesta en marcha de la instalación.

TABLA 1:

Localidades de la Argentina para las que fueron generados datos de radiación solar directa con el modelo TRNSYS.

Catamarca Inta (Catamarca)	Rafaela Inta (Santa Fe)
San Juan Aero (San Juan)	Villa Mercedes Inta (San Luis)
La Quiaca Observatorio (Jujuy)	Villa Reynolds Aero (San Luis)
San Luis Aero (San Luis)	San Martin (Mendoza)
Mendoza Aero (Mendoza)	Chacras de Coria (Mendoza)
La Rioja Aero (La Rioja)	Villa Dolores Aero (Cordoba)
Chamical Aero (La Rioja)	Junin Inta (Mendoza)
La Banda Inta (Sgo.del Estero)	Ceres Aero (Santa Fe)
Las Brenas Inta (Chaco)	Cordoba Observatorio (Cordoba)

TABLA 2

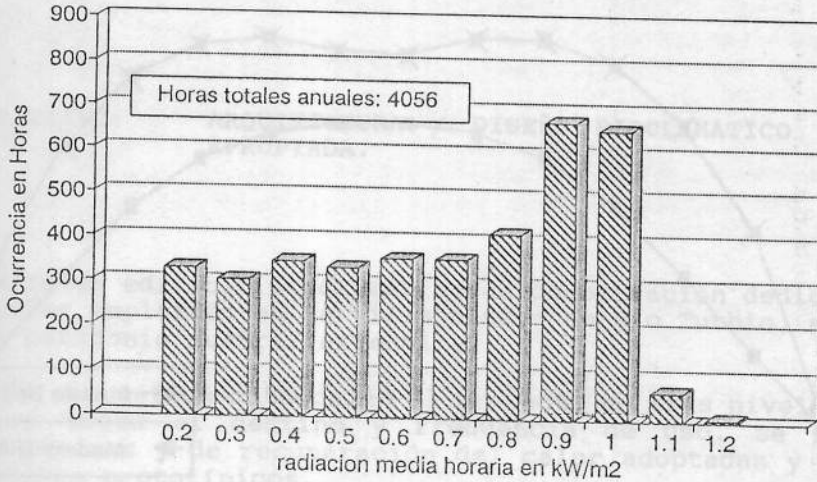
Localidad: San Juan Aero					Localidad: Daggett				
Mes	Rad.Dir. Media	horas mes	horas dir.	horas glob.	Mes	Rad.Dir. Media	horas mes	horas dir.	horas glob.
=====					=====				
ENE	1989.8	745	361	433	ENE	1642.7	745	231	322
FEB	1944.9	671	322	391	FEB	1660.4	671	231	334
MAR	1820.0	743	314	408	MAR	1993.0	743	321	383
ABR	1801.0	719	271	359	ABR	2158.9	719	369	420
MAY	1822.7	743	276	369	MAY	2346.7	743	412	440
JUN	1624.9	719	223	299	JUN	2257.0	719	410	480
JUL	1372.4	743	219	345	JUL	2203.5	743	414	466
AGO	1655.4	743	267	369	AGO	2239.2	743	401	434
SEP	1911.7	719	305	373	SEP	2164.0	719	341	395
OCT	2044.8	743	367	433	OCT	2044.2	743	315	371
NOV	2156.8	719	378	420	NOV	1772.5	719	246	330
DIC	2491.7	743	378	431	DIC	2368.6	743	221	306
horas totales de funcionamiento de la planta: 3681					horas totales de funcionamiento de la planta:3912				

Adoptando 200 W/m² como nivel crítico de energía, según datos provistos por la empresa LUZ operadora de las plantas de California, y a título de ejemplo, en la Figura 3 se presenta el número de horas anuales de funcionamiento de una hipotética planta instalada en San Juan y el histograma correspondiente a la distribución horaria de radiación solar directa.

Este tipo de análisis apunta a determinar algunas figuras de mérito que faciliten la selección y comparación de localidades donde se pretenda analizar la factibilidad de plantas solares.

Figura 3

HISTOGRAMA DE RADIACION DIRECTA
HORARIA PARA SAN JUAN (Valores TRNSYS)



MODELO DOGNIAUX

Este modelo solo permite calcular valores de radiación directa y difusa en condiciones extremas, días totalmente despejados o totalmente nublados.

Por el momento solo ha sido posible analizar la componente directa en días despejados y relacionarlo con el modelo TRNSYS. En la Figura 4 se observa que el modelo Dogniaux tiende a sobrevalorar la radiación directa con respecto al modelo TRNSYS, aunque posiblemente esto se deba a la necesidad de ajustar el coeficiente de transparencia de la atmósfera.

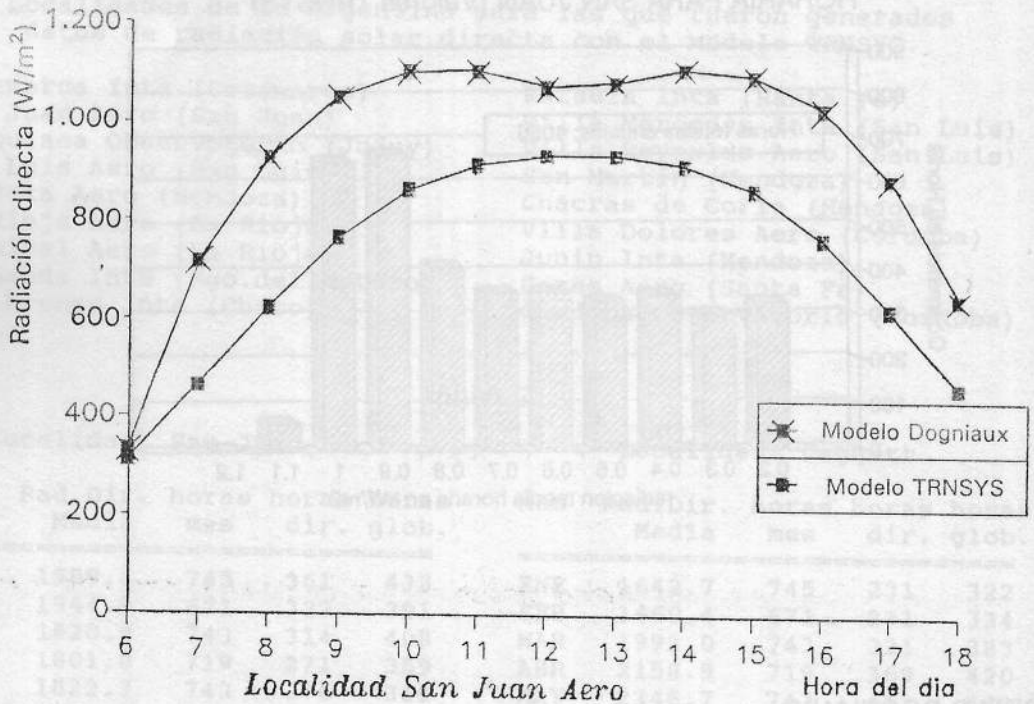
En el futuro se intentará aclarar el motivo de las diferencias con el modelo TRNSYS y se analizarán las alternativas existentes para la generación de secuencias de días despejados y nublados, y la conformación de los meses tipos.

AGRADECIMIENTO

Se agradece al Depto. Energía Solar de la CNIE habernos facilitado la versión 12.1 del TRNSYS, el módulo ya compilado para generar datos horarios y los archivos magnéticos de los datos climáticos correspondientes a 118 localidades de la República Argentina. Este aporte nos permitió dedicarnos sin pérdida de tiempo al tema que nos ocupaba.

Figura 4

Comparación modelo TRNSYS con el modelo Dogniaux 1 de Diciembre (día claro para el TRNSYS)



REFERENCIAS

- [1] TRNSYS 12.1. A Transient System Simulation Program. Solar Energy Laboratory, University of Wisconsin, USA, 1989.
- [2] R.Dogniaux, Program de Calcul pour la Predetermination Precise de Eclairments Energetiques et Lumineux en Relation avec L'Utilisation de L'Energie Solaire, Conferencia Internacional de Toulouse, Marzo 1976.
- [3] J. Moragues y otros, Centrales Solares de Potencia con Concentradores. Estudio para determinar su factibilidad. Trabajo a ser presentado en la 14^o Reunión de Trabajo de la ASADES, Mendoza (1990)
- [4] A.Fabris y otros, Tablas de datos Meteorológicos para 118 localidades de la República Argentina necesarias para el dimensionamiento de Sistemas Solares. CNIE, 1987
- [5] K.M.Knight. Development and Validation of a Weather Data Generation Model, M.S.Thesis, Solar Energy Laboratory, University of Wisconsin, Madison, USA, 1988.