



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRIA EN CIENCIAS MENCIÓN FÍSICA

TESIS

**ESTIMACIÓN DE LA RADIACIÓN SOLAR GLOBAL MEDIANTE
UN MODELO DE SEGUNDO GRADO USANDO COEFICIENTES DE
ÅNGSTRÖM MODIFICADOS PARA LA CIUDAD DE CUSCO-2021**

**PARA OPTAR AL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN CIENCIAS
MENCIÓN FÍSICA**

AUTOR

Br. ROGER OLARTE MAMANI

ASESOR:

Dr. JULIO LUCAS WARTHON ASCARZA

CODIGO ORCID: 0000-0002-9242-7102

CUSCO-PERÚ

2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, asesor del trabajo de investigación/tesis titulado: **ESTIMACIÓN DE LA RADIACIÓN SOLAR GLOBAL MEDIANTE UN MODELO DE SEGUNDO GRADO USANDO COEFICIENTES DE ÅNGSTRÖM MODIFICADOS PARA LA CIUDAD DE CUSCO-2021** presentado por: **Br. ROGER OLARTE MAMANI** con Nro. de DNI: **40619869**, para optar el título profesional/grado académico de **MAESTRO EN CIENCIAS MENCIÓN FÍSICA**.

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por **2** veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del *Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC* y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de **2%**

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto** la primera hoja del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 15 de agosto de 2024



Firma

Dr. Julio Lucas Warthon Ascarza

Nro. de DNI: 23929253

ORCID del Asesor: 0000-0002-9242-7102

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: **oid: 27259:373148595**

NOMBRE DEL TRABAJO

ESTIMACIÓN DE LA RADIACIÓN SOLAR GLOBAL MEDIANTE UN MODELO DE SEGUNDO GRADO USANDO COEFICIENTES DE ÅNGSTRÖM MODIFICADOS PARA LA CIUDAD DE CUSCO-2021

AUTOR

ROGER OLARTE MAMANI

RECUENTO DE PALABRAS

43699 Words

RECUENTO DE CARACTERES

198277 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

147 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

4.1MB

FECHA DE ENTREGA

Aug 15, 2024 7:42 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Aug 15, 2024 7:44 AM GMT-5

● 2% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 2% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 1% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 15 palabras)

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación lo dedico de todo corazón al regalo más grande que me dio la vida, mi Padre Rafael Olarte Ticona, esposa Dora Anita Mamani Chura y mi hijo Brandon Abdul Giordano Olarte Mamani, son la fortaleza, alegría y motivo de superación profesional. Para ustedes todo mi esfuerzo y dedicación

Índice general

RESUMEN	x
ABSTRACT	xii
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1. Situación problemática.....	1
1.2. Formulación del problema.....	3
a. Problema general	3
b. Problemas específicos	3
1.3. Justificación de la investigación	4
1.4. Objetivos de la investigación.....	5
a. Objetivo general.....	5
b. Objetivos específicos.....	5
II. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.....	6
2.1. BASES TEÓRICAS.....	6
2.1.1. RADIACIÓN SOLAR GLOBAL.....	6
2.1.2. RADIACIÓN DIRECTA	6
2.1.3. RADIACIÓN DIFUSA	7
2.1.4. RADIACIÓN SOLAR GLOBAL EXTRATERRESTRE.....	7
2.1.5. MEDICIÓN DE LA RADIACIÓN SOLAR.....	8
2.1.6. CONSTANTE SOLAR.....	9
2.1.7. COORDENADAS GEOGRÁFICAS:.....	12
2.1.8. LATITUD Y LONGITUD.....	14
2.1.9. DECLINACIÓN SOLAR (δ)	14
2.1.10. FACTOR DE EXCENTRICIDAD.....	16
2.1.11. ÍNDICE DE CLARIDAD.....	17
2.1.12. FRACCIÓN DE BRILLO SOLAR.....	17
2.1.13. DURACIÓN ASTRONÓMICA DEL DÍA S_0.....	17
2.1.14. CAMBIO CLIMÁTICO	18
2.1.15. MODELOS DE ESTIMACIÓN	19
2.1.16. MODELO DE ÅNGSTRÖM	20
2.2. Marco conceptual (palabras clave)	23
2.3. Antecedentes empíricos de la investigación (estado del arte)	26

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES	31
3.1. Hipótesis.....	31
a. Hipótesis general.....	31
b. Hipótesis específicas.....	31
3.2. Identificación de variables e indicadores.....	32
3.2.1. Variable independiente	32
3.2.2. Variable dependiente.....	33
3.3. Operacionalización de variables.....	35
3.3.1. Indicadores	38
IV. METODOLOGÍA.....	39
4.1. Ámbito de estudio: localización política y geográfica	39
4.2. Tipo y nivel de investigación	40
4.3. Unidad de análisis	41
4.4. Población de estudio	42
4.5. Tamaño de muestra	42
4.6. Técnicas de selección de muestra	43
4.7. Técnicas de análisis e interpretación de la información del modelo de segundo grado usando coeficientes de Ångström Modificado.	43
4.8. Técnicas estadísticas para demostrar la verdad o falsedad de las hipótesis planteadas	52
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	53
5.1. Procesamiento, análisis, interpretación y discusión de resultados del modelo de segundo grado usando coeficientes de Ångström Modificado.	53
CONCLUSIONES	100
RECOMENDACIONES.....	101
BIBLIOGRAFÍA	102
ANEXOS	106
Matriz de consistencia.....	106
Instrumentos de recolección de información	108
Medios de verificación.....	108

Lista de tablas

Tabla 1	Día Juliano anual.....	22
Tabla 2	Resumen de la operacionalización.....	38
Tabla 3	Resumen de Indicadores	38
Tabla 4	Datos del observatorio meteorológico "LUIS OLAZO OLIVERA"	49
Tabla 5	Datos de la estación meteorológica Senamhi.....	50
Tabla 6	Datos de la estación meteorológica satelitales de Nasa Power.....	51
Tabla 7	Latitud y longitud del observatorio meteorológico.....	54
Tabla 8	Cálculo de la declinación, ángulo horario, factor de excentricidad, radiación solar extraterrestre y duración del día.....	57
Tabla 9	Promedios mensuales de la radiación solar, radiación extraterrestre, horas brillo solar y horas brillo solar máximo - 1990.....	58
Tabla 10	Promedios mensuales de la radiación solar, radiación extraterrestre, horas brillo solar y horas brillo solar máximo-1991.....	59
Tabla 11	Promedios mensuales de la radiación solar, radiación extraterrestre, horas brillo solar y horas brillo solar máximo-1992.....	60
Tabla 12	Promedios mensuales de la radiación solar, radiación extraterrestre, horas brillo solar y horas brillo solar máximo-1993.....	61
Tabla 13	Promedios mensuales de la radiación solar, radiación extraterrestre, horas brillo solar y horas brillo solar máximo-1994.....	62
Tabla 14	Promedios mensuales de la radiación solar, radiación extraterrestre, horas brillo solar y horas brillo solar máximo-1995.....	63
Tabla 15	Promedios mensuales de la radiación solar, radiación extraterrestre, horas brillo solar y horas brillo solar máximo-1996.....	64
Tabla 16	Promedios mensuales de la radiación solar, radiación extraterrestre, horas brillo solar y horas brillo solar máximo-1997.....	65
Tabla 17	Promedios mensuales de la radiación solar, radiación extraterrestre, horas brillo solar y horas brillo solar máximo-1998.....	66
Tabla 18	Promedios mensuales de la radiación solar, radiación extraterrestre, horas brillo solar y horas brillo solar máximo-1999.....	67
Tabla 19	Promedios mensuales de la radiación solar, radiación extraterrestre, horas brillo solar y horas brillo solar máximo-2000.....	68
Tabla 20	Promedios mensuales de la radiación solar, radiación extraterrestre, horas brillo solar y horas brillo solar máximo-2001.....	69
Tabla 21	Promedios mensuales de la radiación solar, radiación extraterrestre, horas brillo solar y horas brillo solar máximo-2002.....	70
Tabla 22	Promedios mensuales de la radiación solar, radiación extraterrestre, horas brillo solar y horas brillo solar máximo-2003.....	71
Tabla 23	Promedios mensuales de la radiación solar, radiación extraterrestre, horas brillo solar y horas brillo solar máximo-2004.....	72
Tabla 24	Promedios mensuales de la radiación solar, radiación extraterrestre, horas brillo solar y horas brillo solar máximo-2005.....	73
Tabla 25	Promedios mensuales de la radiación solar, radiación extraterrestre, horas brillo solar y horas brillo solar máximo-2006.....	74

Tabla 26 Promedios mensuales de la radiación solar, radiación extraterrestre, horas brillo solar y horas brillo solar máximo-2007.	75
Tabla 27 Promedios mensuales de la radiación solar, radiación extraterrestre, horas brillo solar y horas brillo solar máximo-2008.	76
Tabla 28 Promedios mensuales de la radiación solar, radiación extraterrestre, horas brillo solar y horas brillo solar máximo-2009.	77
Tabla 29 Promedios mensuales de la radiación solar, radiación extraterrestre, horas brillo solar y horas brillo solar máximo-2010.	78
Tabla 30 Promedios mensuales de la radiación solar, radiación extraterrestre, horas brillo solar y horas brillo solar máximo-2011.	79
Tabla 31 Promedios mensuales de la radiación solar, radiación extraterrestre, horas brillo solar y horas brillo solar máximo-2012.	80
Tabla 32 Promedios mensuales de la radiación solar, radiación extraterrestre, horas brillo solar y horas brillo solar máximo-2013.	81
Tabla 33 Promedios mensuales de la radiación solar, radiación extraterrestre, horas brillo solar y horas brillo solar máximo-2014.	82
Tabla 34 Promedios mensuales de la radiación solar, radiación extraterrestre, horas brillo solar y horas brillo solar máximo-2015.	83
Tabla 35 Promedios mensuales de la radiación solar, radiación extraterrestre, horas brillo solar y horas brillo solar máximo-2016.	84
Tabla 36 Promedios mensuales de la radiación solar, radiación extraterrestre, horas brillo solar y horas brillo solar máximo-2017.	85
Tabla 37 Promedios mensuales de la radiación solar, radiación extraterrestre, horas brillo solar y horas brillo solar máximo-2018.	86
Tabla 38 Promedios mensuales de la radiación solar, radiación extraterrestre, horas brillo solar y horas brillo solar máximo-2019.	87
Tabla 39 Promedios mensuales de la radiación solar, radiación extraterrestre, horas brillo solar y horas brillo solar máximo-2020.	88
Tabla 40 Promedios mensuales de la radiación solar, radiación extraterrestre, horas brillo solar y horas brillo solar máximo-2021.	89
Tabla 41 Cálculo de coeficientes de Ångström de segundo grado y el grado de correlación del periodo 1990-2021.	95
Tabla 42 Cálculo del error de la radiación solar vs radiación solar estimado.	97
Tabla 43 Cálculo del error de la radiación solar global vs radiación solar global estimado.	98
Tabla 44 Cálculo de la declinación, ángulo horario, factor de excentricidad, Radiación solar extraterrestre y duración del día en radianes.	108
Tabla 45 Cálculo de la declinación, ángulo horario, factor de excentricidad, Radiación solar extraterrestre y duración del día en grados sexagesimal.	117
Tabla 46 Cálculo de la declinación, ángulo horario, factor de excentricidad, radiación solar extraterrestre y duración del día sistema sexagesimal.	126

Lista de figuras

Figura 1	Radiación solar radiación directa, difusa y reflejada o albedo.....	7
Figura 2	Radiación solar extraterrestre.....	8
Figura 3	a) Piranómetro, b) Heliógrafo, c) Estación meteorológica, d) Solarímetro	9
Figura 4	Intensidad de radiación solar en la tierra.....	10
Figura 5	Irradiancias global, directa y difusa.	11
Figura 6	La estructura del sol	12
Figura 7	Sistema de coordenadas horizontales.	13
Figura 8	Cenit es el punto de la esfera celeste situado en la vertical del observador	13
Figura 9	Latitud y longitud.....	14
Figura 10	Declinación solar en los solsticios de verano e invierno.....	15
Figura 11	Variación diaria de la declinación solar.	15
Figura 12	Clasificación de las nubes.	19
Figura 13	Mapa de departamento de Cusco.....	40
Figura 14	Análisis Cuantitativo.	46
Figura 15	Ajuste lineal y ajuste polinómico de 1990 y 2021	51
Figura 16	Ubicación de la estación meteorológica Luis Olazo Olivera.	53
Figura 17	Declinación solar en radianes.....	55
Figura 18	Correlación de estimación lineal y cuadrático de los coeficientes de Ångström año 1990.....	58
Figura 19	Correlación de estimación lineal y cuadrático de los coeficientes de Ångström año 1991.....	59
Figura 20	Correlación de estimación lineal y cuadrático de los coeficientes de Ångström año 1992.....	60
Figura 21	Correlación de estimación lineal y cuadrático de los coeficientes de Ångström año 1993.....	61
Figura 22	Correlación de estimación lineal y cuadrático de los coeficientes de Ångström año 1994.....	62
Figura 23	Correlación de estimación lineal y cuadrático de los coeficientes de Ångström año 1995.....	63
Figura 24	Correlación de estimación lineal y cuadrático de los coeficientes de Ångström año 1996.....	64
Figura 25	Correlación de estimación lineal y cuadrático de los coeficientes de Ångström año 1997.....	65
Figura 26	Correlación de estimación lineal y cuadrático de los coeficientes de Ångström año 1998.....	66
Figura 27	Correlación de estimación lineal y cuadrático de los coeficientes de Ångström año 1999.....	67
Figura 28	Correlación de estimación lineal y cuadrático de los coeficientes de Ångström año 2000.....	68
Figura 29	Correlación de estimación lineal y cuadrático de los coeficientes de Ångström año 2001.....	69
Figura 30	Correlación de estimación lineal y cuadrático de los coeficientes de Ångström año 2002.....	70
Figura 31	Correlación de estimación lineal y cuadrático de los coeficientes de Ångström año 2003.....	71

Figura 32 Correlación de estimación lineal y cuadrático de los coeficientes de Ångström año 2004.....	72
Figura 33 Correlación de estimación lineal y cuadrático de los coeficientes de Ångström año 2005.....	73
Figura 34 Correlación de estimación lineal y cuadrático de los coeficientes de Ångström año 2006.....	74
Figura 35 Correlación de estimación lineal y cuadrático de los coeficientes de Ångström año 2007.....	75
Figura 36 Correlación de estimación lineal y cuadrático de los coeficientes de Ångström año 2008.....	76
Figura 37 Correlación de estimación lineal y cuadrático de los coeficientes de Ångström año 2009.....	77
Figura 38 Correlación de estimación lineal y cuadrático de los coeficientes de Ångström año 2010.....	78
Figura 39 Correlación de estimación lineal y cuadrático de los coeficientes de Ångström año 2011.....	79
Figura 40 Correlación de estimación lineal y cuadrático de los coeficientes de Ångström año 2012.....	80
Figura 41 Correlación de estimación lineal y cuadrático de los coeficientes de Ångström año 2013.....	81
Figura 42 Correlación de estimación lineal y cuadrático de los coeficientes de Ångström año 2014.....	82
Figura 43 Correlación de estimación lineal y cuadrático de los coeficientes de Ångström año 2015.....	83
Figura 44 Correlación de estimación lineal y cuadrático de los coeficientes de Ångström año 2016.....	84
Figura 45 Correlación de estimación lineal y cuadrático de los coeficientes de Ångström año 2017.....	85
Figura 46 Correlación de estimación lineal y cuadrático de los coeficientes de Ångström año 2018.....	86
Figura 47 Correlación de estimación lineal y cuadrático de los coeficientes de Ångström año 2019.....	87
Figura 48 Correlación de estimación lineal y cuadrático de los coeficientes de Ångström año 2020.....	88
Figura 49 Correlación de estimación lineal y cuadrático de los coeficientes de Ångström año 2021.....	89
Figura 50 Análisis de horas de brillo solar anual diario.	90
Figura 51 Horas de brillo solar anual promedio mensual.	90
Figura 52 Análisis de la radiación medida en la superficie anual.	91
Figura 53 Análisis de horas de brillo solar anual.....	91
Figura 54 Análisis de la intensidad de radiación solar anual 2019.....	92
Figura 55 Análisis de la intensidad de radiación solar anual 2019.....	92
Figura 56 Análisis de horas de brillo solar promedio anual 1990-2021.....	93
Figura 57 Análisis de la radiación medida en la superficie anual diario, promedio del periodo 1990-2021.	94
Figura 58 Radiación solar vs radiación solar estimada - 2020.	97

Figura 59	Radiación solar vs radiación solar estimada -2021.	98
Figura 60	Radiación solar vs radiación solar estimada del periodo 1990-2021.	99
Figura 61	Instrumento de medición Pirómetro y estación total.....	108

RESUMEN

El presente trabajo de investigación explica el proceso de determinación de la radiación solar global para una superficie horizontal que se encuentra paralela al plano del horizonte terrestre, ubicada en la ciudad de Cusco mediante un modelo de segundo grado usando coeficientes de Ångström modificado.

El objetivo del presente estudio es estimar la radiación solar global del periodo 1990-2021 mediante un modelo de segundo grado usando coeficientes de Ångström modificados para la ciudad de Cusco. Siendo de gran importancia estimar su variabilidad temporal y espacial, por lo cual será de utilidad para estudios hidrológicos, diseños térmicos, biológicos y sistemas solares.

La investigación que se ha desarrollado es de tipo aplicativo, cuantitativo, correlacional y con diseño no experimental, realizado con datos registrados por el observatorio meteorológico, LUIS OLAZO OLIVERA de la Universidad Nacional San Antonio Abad de Cusco, datos meteorológicos SENAMHI datos meteorológicos satelitales de NASA POWER, quienes nos proporcionaron datos diarios de los años 1990 a 2021. Para medir el grado de correlación entre las variables se utilizó el modelo de Ångström, por método de mínimos cuadrados se determinó los coeficientes de primer y segundo grado.

Se obtuvo los coeficientes de segundo orden de Ångström $a = -6.500891$, $b = 7.82296$ y $c = -1.61553$, donde la ecuación estimada para la ciudad de Cusco es $H = \left(-6.50891 + 7.82296 \left(\frac{S}{S_0} \right) - 1.61553 \left(\frac{S}{S_0} \right)^2 \right) H_0$, donde S representa el número de horas de brillo solar diario, S_0 representa

número de horas por día juliano y H_0 representa radiación solar extraterrestre lo cual nos permite estimar la radiación solar global diario con un error de 0,02% a 15.67% para la zona de estudio de la ciudad de Cusco. En conclusión describe el típico comportamiento promedio anual de la radiación solar global esto es producto del fenómeno de afelio y perihelio, es decir la distancia Tierra - Sol, en consecuencia, durante la estación de invierno y otoño (junio-septiembre); existe un decaimiento de la energía solar, mientras que durante el verano y primavera (diciembre-marzo) hay un crecimiento en nuestro hemisferio la intensidad solar promedio en los diferentes años varía tanto el comportamiento de horas solar.

PALABRAS CLAVE: Coeficientes de Ångström, hora de sol, Radiación solar global, intensidad de radiación solar.

ABSTRACT

The present research work explains the process of determining global solar radiation for a horizontal surface that is parallel to the plane of the Earth's horizon, located in the city of Cusco through a second degree model using modified Ångström coefficients.

The objective of the present study is to estimate global solar radiation for the period 1990-2021 using a second-degree model using modified Ångström coefficients for the city of Cusco. It is of great importance to estimate its temporal and spatial variability, which is why it will be useful for hydrological studies, thermal, biological designs and solar systems.

The research that has been developed is of a correlational, evaluative type and with a non-experimental design, carried out with data recorded by the meteorological observatory, LUIS OLAZO OLIVERA of the National University San Antonio Abad of Cusco, SENAMHI meteorological data, NASA POWER meteorological data, who They provided us with daily data from the years 1990 to 2021. To measure the degree of correlation between the variables, the Ångström model was used; the first and second degree coefficients were determined using the least squares method.

The second-order coefficients of Ångström $a = -6.500891$, $b = 7.82296$ y $c = -1.61553$, were obtained, which the estimated equation for the city of es $H = \left(-6.50891 + 7.82296 \left(\frac{S}{S_0} \right) - 1.61553 \left(\frac{S}{S_0} \right)^2 \right) H_0$, where S represents the number of hours of daily sunlight, S0 represents the number of hours per Julian day and H0 represents extraterrestrial solar radiation which allows us to

estimate the daily global solar radiation with an error of 0.02% to 15.67% for the area study of the city of Cusco. In conclusion, it describes the typical annual average behavior of global solar radiation, this is a product of the phenomenon of aphelion and perihelion, that is, the distance Earth - Sun, consequently, during the winter and autumn season (June-September); There is a decline in solar energy, while during the summer and spring (December-March) there is growth in our hemisphere, the average solar intensity in different years varies so much the behavior of solar hours.

KEY WORDS: Ångström coefficients, hour of sunshine, Global solar radiation, solar radiation intensity.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.Situación problemática

En la actualidad, la radiación solar tiene mucha importancia a nivel local, regional, nacional y mundial, debido a los cambios climáticos y el calentamiento global en zonas como Cusco y otras ciudades del Perú, el problema de la estimación y cuantificación de la radiación solar global en un lugar específico no existe considerando el modelo de segundo grado usando coeficientes de Ångström modificado. Carece de medios de información *in situ* para realizar consultas, lo cual es un problema científico que hasta el momento no se aborda el cálculo de la radiación solar global(Daniele Silva Dornelas et al., 2006).

La ciudad de Cusco, ubicada en la región andina del Perú, posee una ubicación geográfica privilegiada para la captación de energía solar debido a su altitud y las características de su clima. La radiación solar en Cusco es un recurso abundante, lo que la convierte en una opción viable para la implementación de tecnologías solares. Sin embargo, la estimación precisa de la radiación solar global es un desafío debido a la variabilidad atmosférica y la topografía compleja de la región (Martínez, 2010).

El principal problema radica en la falta de modelos específicos y precisos para la estimación de la radiación solar global en Cusco. Los modelos tradicionales, como el modelo lineal de Ångström, que han sido utilizados en otras regiones del mundo, no siempre se ajustan adecuadamente a las condiciones únicas de Cusco, especialmente debido a su elevada altitud y la complejidad de su entorno geográfico (Gueymard, 2004). Estos modelos tienden a

subestimar o sobreestimar la radiación solar, lo que puede llevar a errores significativos en la planificación y diseño de proyectos solares en la región.

Impacto:

La imprecisión en la estimación de la radiación solar tiene consecuencias directas en la eficiencia y viabilidad de los sistemas solares. Un error en la estimación puede resultar en el sobredimensionamiento o subdimensionamiento de los sistemas fotovoltaicos, lo que afecta su rendimiento y la rentabilidad de los proyectos. Además, esto podría desalentar la inversión en tecnologías solares, limitando el potencial de Cusco para aprovechar sus recursos solares de manera sostenible (Duffie & Beckman, 2013).

La información de la radiación solar global es importante para la agricultura, ecología e hidrología. Los modelos de transferencia de energía en la atmósfera (Thornton & Running, 1999). A pesar de su importancia de la radiación solar no se miden en comparación con otros sistemas meteorológicos debido al costo y los requisitos de mantenimiento y calibración de la medición de equipos en estaciones meteorológicas. La radiación ha sido un problema mundial debido a los cambios climáticos causados por procesos naturales internos y por la acción del hombre (Iziomon & Mayer, 2002).

Necesidad de Solución:

Para superar estas limitaciones, es necesario desarrollar un modelo de estimación de radiación solar global que esté específicamente adaptado a las condiciones climatológicas y geográficas de Cusco. Un enfoque de segundo grado, utilizando coeficientes de Ångström

modificados, podría ofrecer una mayor precisión en la estimación, al incorporar la variabilidad atmosférica y otros factores locales que los modelos lineales no consideran (Iqbal, 1983).

La problemática radica en la falta de un modelo de estimación de radiación solar global que sea adecuado para la ciudad de Cusco. Esta deficiencia limita la capacidad de realizar estimaciones precisas, afectando la eficiencia y viabilidad económica de los proyectos e investigaciones y pronósticos. Por lo tanto, es imperativo desarrollar un modelo de segundo grado basado en los coeficientes de Ångström modificados para mejorar la precisión en la estimación de la radiación solar global en Cusco.

1.2. Formulación del problema

a. Problema general

¿Es posible la estimación de la radiación solar global mediante un modelo de segundo grado usando coeficientes de Ångström modificados para la ciudad de Cusco-2021?

b. Problemas específicos

¿Como influyen los factores climáticos en la determinación de la radiación solar global de la ciudad de Cusco?

¿Es posible obtener datos meteorológicos de la ciudad del Cusco de los años 1990 al 2021 con el fin de realizar la estimación de la radiación solar global?

¿La inclusión de un término cuadrático en el modelo de Ångström reduce el error de estimación de la radiación solar global en comparación con el modelo de primer grado para la ciudad de Cusco en el año 2021?

1.3. Justificación de la investigación

Ante la falta de información de la radiación solar global *in situ* resulta de especial interés conocer cuáles son los datos meteorológicos importantes para realizar la estimación de la radiación solar global mediante modelo de segundo orden usando coeficientes Ångström modificados para la ciudad de Cusco en el periodo 1990-2021.

La presente investigación es de gran relevancia para la ciudad de Cusco, dado que la estimación precisa de la radiación solar global es crucial para diversos sectores, incluyendo la planificación energética, la agricultura y la evaluación del impacto ambiental. Al investigar si es posible estimar la radiación solar global mediante un modelo de segundo grado utilizando coeficientes de Ångström modificados, se busca mejorar la precisión en comparación con modelos de primer grado, lo que podría ofrecer estimaciones más exactas y confiables.

Además, la consideración de factores climáticos y la posibilidad de obtener datos meteorológicos históricos desde 1990 hasta 2021 permitirá desarrollar un modelo que no solo sea adecuado para el contexto actual, sino también adaptable a condiciones climáticas cambiantes. La inclusión de un término cuadrático en el modelo de Ångström es particularmente relevante, ya que podría reducir el error en la estimación, mejorando así la confiabilidad de los resultados y, por ende, la toma de decisiones en aplicaciones prácticas. (Tarawneh, 2007).

Este estudio tiene el potencial de contribuir significativamente a la optimización del aprovechamiento de la energía solar en Cusco, y también podría servir como base para investigaciones futuras en otras regiones con características similares.

Por este motivo, el conocimiento oportuno de la radiación solar global permitirá considerar esta magnitud en los diferentes proyectos aplicativos y de investigación, de aquí la importancia de los modelos de segundo grado usando coeficientes de Ångström modificado (Ogelman et al., 1984) que nos permita estimar la radiación solar global de la ciudad de Cusco.

1.4.Objetivos de la investigación

a. Objetivo general

Estimar la radiación solar global mediante un modelo de segundo grado usando coeficiente de Ångström modificado para la ciudad de Cusco-2021.

b. Objetivos específicos

- Identificar los factores climáticos que influyen en la determinación de la radiación solar global de la ciudad de Cusco.
- Identificar las fuentes disponibles para obtener datos meteorológicos históricos de la ciudad del Cusco de los años 1990 al 2021 con el fin de realizar la estimación de la radiación solar global.
- Evaluar si la inclusión de un término cuadrático en el modelo de Ångström reduce el error de estimación de la radiación solar global para la ciudad de Cusco en el año 2021.

II. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

2.1.BASES TEÓRICAS

2.1.1. RADIACIÓN SOLAR GLOBAL

Suma de la radiación directa, difusa y reflejada o albedo sobre una superficie inclinada (Duffie & Beckman, 2020).

RADIACIÓN SOLAR

La radiación solar es la energía que emite el Sol en forma de ondas electromagnéticas y llega a la superficie terrestre. Esta radiación puede ser descrita en términos de su intensidad, longitud de onda, y distribución a través de la atmósfera terrestre. En términos más técnicos, la radiación solar es el flujo de energía solar por unidad de área que se recibe en una superficie determinada, medida en vatios por metro cuadrado (W/m^2) (Duffie & Beckman, 2020).

IRRADIACIÓN

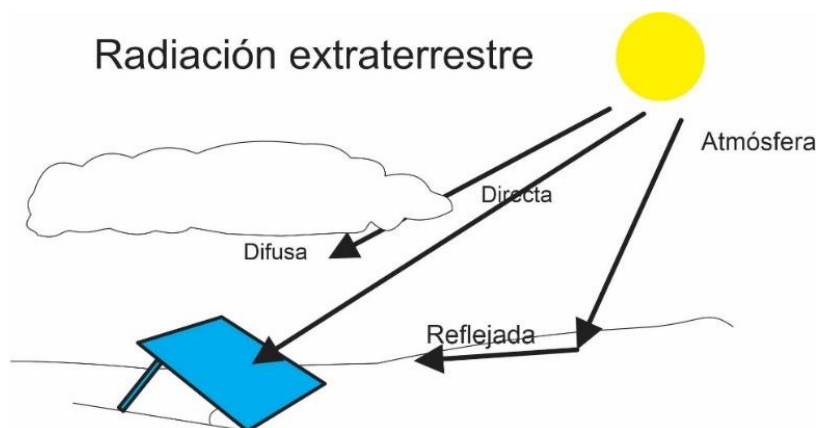
La irradiación es el flujo de radiación solar que incide sobre la unidad de superficie por unidad de tiempo, se mide en watts por metro cuadrado (W/m^2); varía de una zona a otra, esto se debe a las variaciones climáticas y a la diferencia con respecto a la posición relativa del sol, la cual depende de la latitud del lugar (Kalogirou, 2009).

2.1.2. RADIACIÓN DIRECTA

Es la porción de la radiación solar que llega directamente desde el Sol a la superficie terrestre sin ser dispersada ni reflejada. Se mide en una superficie perpendicular a los rayos solares (Kalogirou, 2009).

Figura 1

Radiación solar radiación directa, difusa y reflejada o albedo



Fuente: Propia

2.1.3. RADIACIÓN DIFUSA

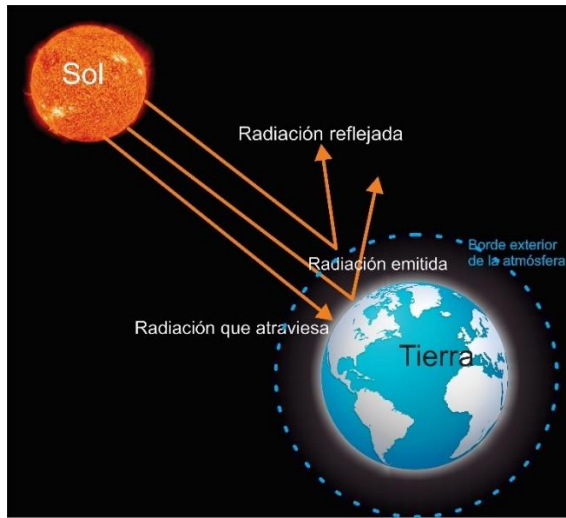
Es la radiación solar que se ha dispersado en la atmósfera antes de llegar a la superficie terrestre. Esta radiación no tiene una dirección definida y llega de manera difusa desde el cielo (Duffie & Beckman, 2020).

2.1.4. RADIACIÓN SOLAR GLOBAL EXTRATERRESTRE

La radiación solar global extraterrestre es la cantidad total de energía solar recibida en una superficie perpendicular a los rayos del Sol en el borde exterior de la atmósfera terrestre. Este valor representa el flujo de energía solar que llega al límite superior de la atmósfera sin ser alterado por los efectos atmosféricos. Se mide en vatios por metro cuadrado (W/m^2) y es un parámetro esencial para el análisis de la radiación solar en la superficie terrestre. (Duffie & Beckman, 2020).

Figura 2

Radiación solar extraterrestre



Nota. Radiación solar global extraterrestre es la cantidad total de energía solar recibida en una superficie perpendicular a los rayos del Sol en el borde exterior de la atmósfera terrestre.

2.1.5. MEDICIÓN DE LA RADIACIÓN SOLAR

La radiación solar se puede medir mediante los siguientes instrumentos (Figura 3).

- Piranómetro: Mide la radiación solar global que llega a una superficie horizontal, incluyendo componentes directa y difusa. (W/m^2). (Duffie & Beckman, 2020).
- Heliógrafo: Mide la duración de la insolación diaria en un lugar determinado cuando el Sol está visible en el cielo, así como la posición del sol en cada momento en horas diarias de sol (Duffie & Beckman, 2020).
- Estación meteorológica: Es un conjunto de equipos y dispositivos utilizados para medir y registrar variables meteorológicas como temperatura, humedad, presión atmosférica, velocidad y dirección del viento, precipitación, entre otras. La información recopilada se utiliza para la predicción del tiempo, estudios climáticos, y aplicaciones en agricultura, aviación, y gestión de desastres naturales. (Gonzalo, 2013).

- Solarímetro: es un instrumento utilizado para medir la intensidad de la radiación solar, que incluye tanto la radiación directa del Sol como la radiación difusa del cielo. La medición de la intensidad de la radiación electromagnética que realiza el Solarímetro se relaciona con el valor medio del vector de Poynting. (Kraus, J.D. 1989).

Figura 3

a) Piranómetro, b) Heliógrafo, c) Estación meteorológica, d) Solarímetro



(a)



(b)



(c)



(d)

Fuente: Especialistas y distribuidores en España (SENCOVANT, 2014)

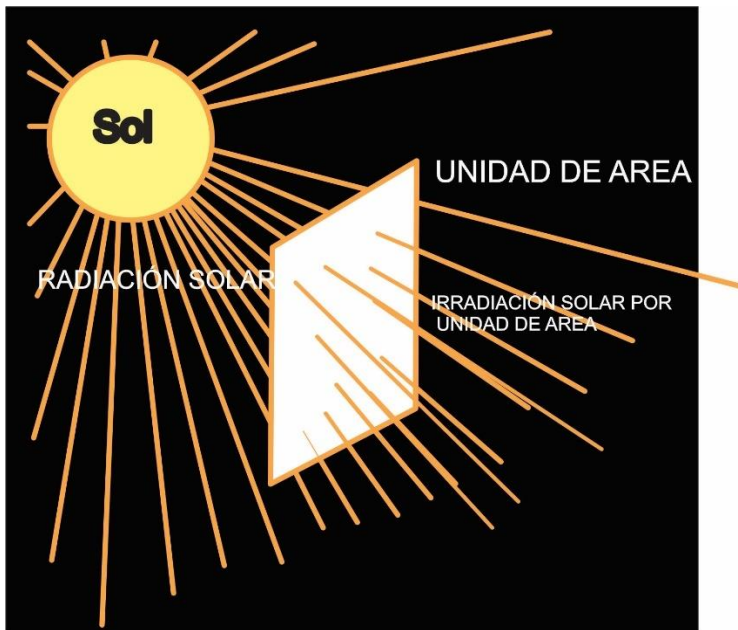
2.1.6. CONSTANTE SOLAR

La constante solar es la irradiancia media de la radiación solar que incide sobre una superficie plana perpendicular a los rayos solares en el borde exterior de la atmósfera terrestre. Su valor es aproximadamente 1367 W/m². (Gonzalo, 2013).

Este valor representa la cantidad de energía que llega a la Tierra desde el Sol y es fundamental para entender el balance energético del planeta y para el diseño de sistemas solares. La constante solar puede variar ligeramente debido a cambios en la distancia entre la Tierra y el Sol a lo largo del año, así como a la actividad solar. (Gonzalo, 2013).

Figura 4

Intensidad de radiación solar en la tierra

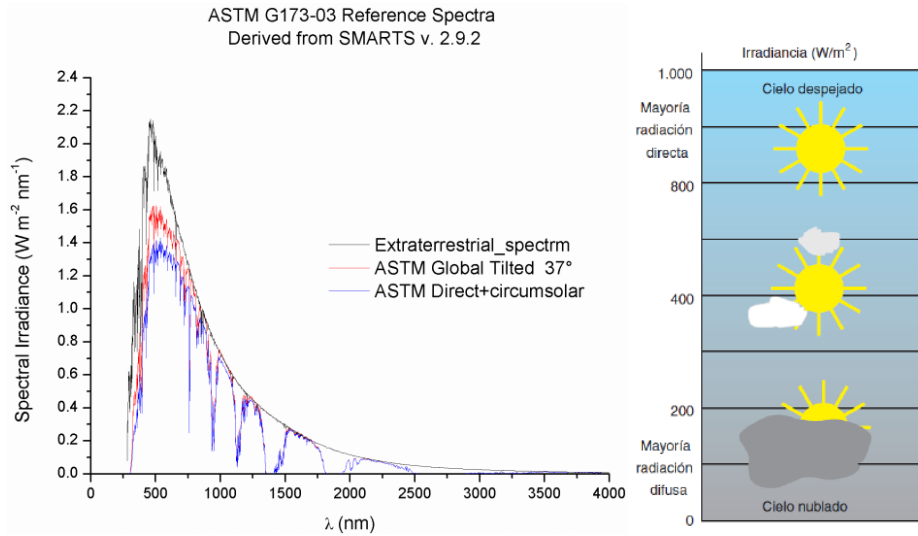


La constante solar, $I_0 = 1367 \text{ W} / \text{m}^2$, es un límite natural para la energía solar disponible en un punto de la superficie de la Tierra (Gonzalo, 2013).

La radiación solar abarca todas las formas de energía que llegan a la Tierra procedentes del Sol, ya sea de manera directa o indirecta. El Sol, considerado como un cuerpo negro, emite radiación debido a su temperatura superficial aproximada de 5800 K. Según esta temperatura, el Sol irradia energía en un espectro amplio, con el 99,9% de su energía concentrada entre las longitudes de onda de 0,15 μm y 4 μm . (García, 2015).

Figura 5

Irradiancias global, directa y difusa.



Fuente: Espectros de referencia ASTM G173-03 derivados de SMARTS v.2.9.2, disponibles en (American Society for Testing and Materials, 2012; Gueymard, 2004; Gueymard et al., 2002; NREL, 2015)

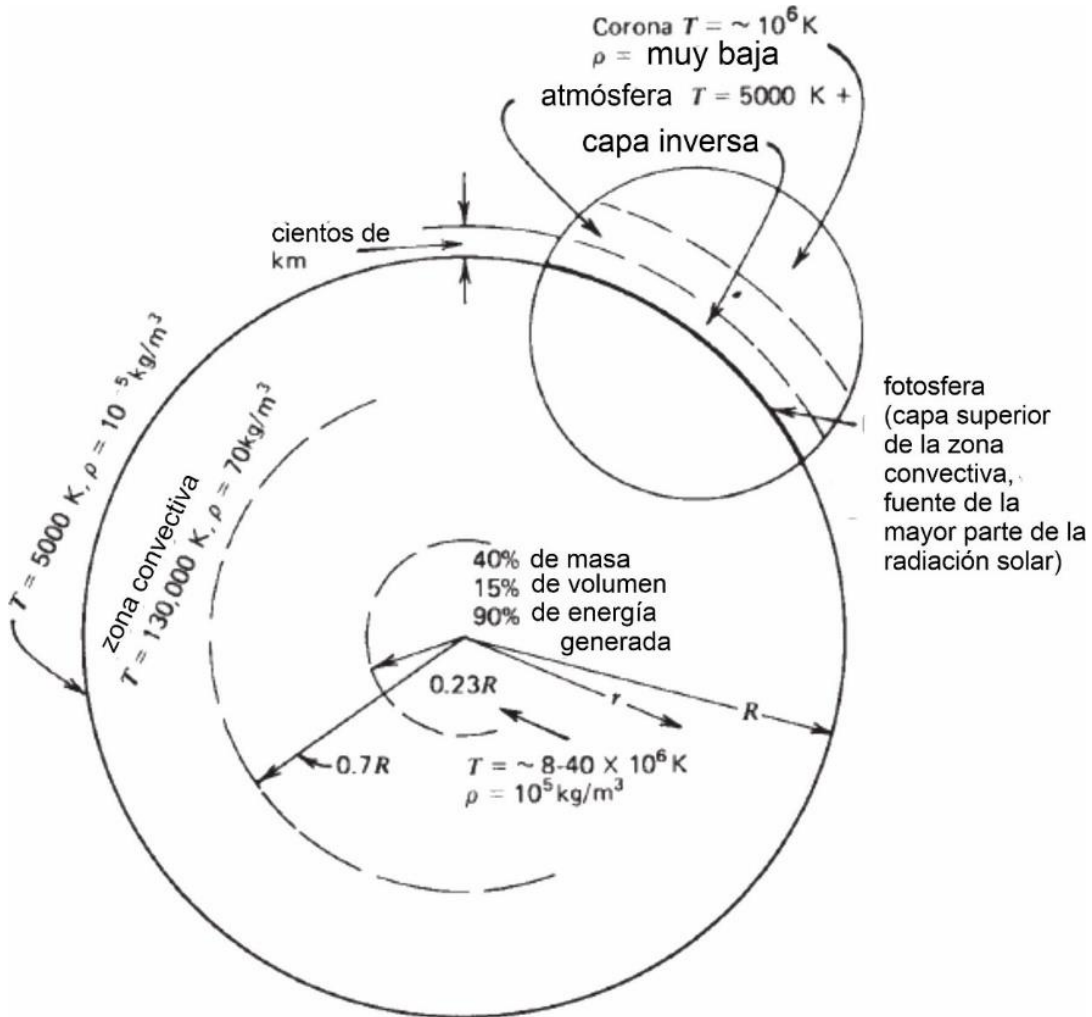
A medida que la radiación procedente del Sol atraviesa la atmósfera, es absorbida, reflejada y difundida. Debido a estos procesos, la intensidad de radiación que nos llega a la superficie de la Tierra es menor: la reducción es del orden del 30 por ciento en un día claro y del orden del 90% en un día cubierto (García, 2015).

EL SOL

El sol es una estrella ubicada en el centro del sistema solar que emite energía en forma de radiación electromagnética, que incluye luz visible, infrarrojo y ultravioleta. Esta energía es fundamental para los procesos climáticos en la Tierra y constituye la fuente primaria de energía para las tecnologías de aprovechamiento solar, como los sistemas fotovoltaicos y térmicos. La radiación solar llega a la Tierra y se puede clasificar en diferentes tipos según su interacción con la atmósfera y la superficie terrestre (Duffie & Beckman, 2020).

Figura 6

La estructura del sol



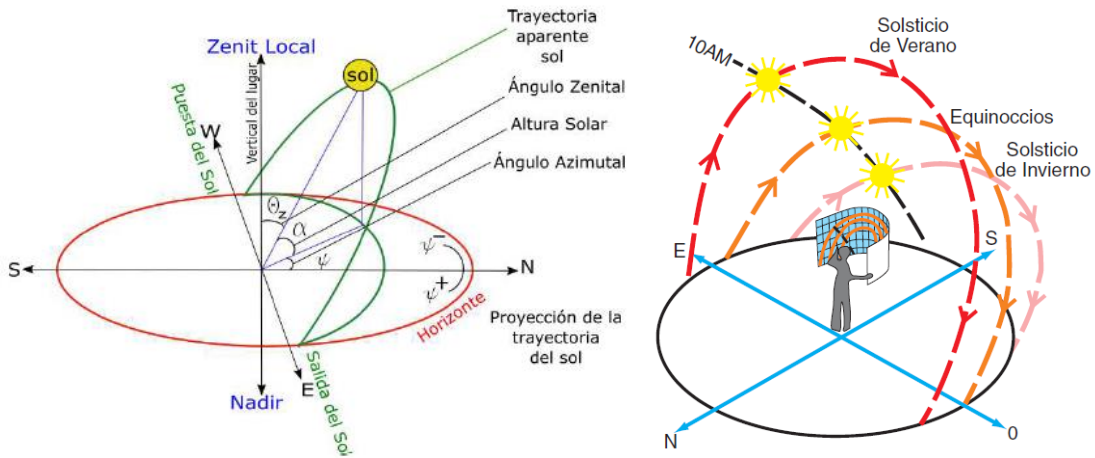
Fuente: (Duffie & Beckman, 2013)

2.1.7. COORDENADAS GEOGRÁFICAS:

Un sistema de referencia que utiliza dos ángulos, latitud y longitud, para especificar la ubicación de un punto en la superficie terrestre. La latitud mide la distancia norte o sur del ecuador, mientras que la longitud mide la distancia este u oeste del meridiano de Greenwich (Mghouchi et al., 2016).

Figura 7

Sistema de coordenadas horizontales.



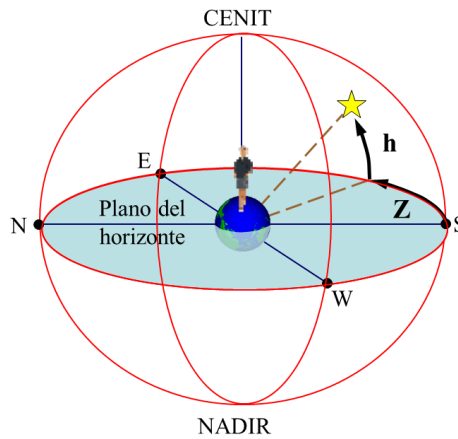
Fuente: (Larrayoz et al., 2014).

CENIT (θ_z):

El punto en el cielo directamente sobre un observador en la Tierra. Es el ángulo de elevación máximo del Sol en el cielo durante el mediodía solar, cuando el Sol está directamente sobre el meridiano del observador. En este punto, la altitud del Sol es 90° menos la latitud del lugar. (Duffie & Beckman, 2013).

Figura 8

Cenit es el punto de la esfera celeste situado en la vertical del observador



Fuente: (AristaSur, 2008)

2.1.8. LATITUD Y LONGITUD

LATITUD (ϕ)

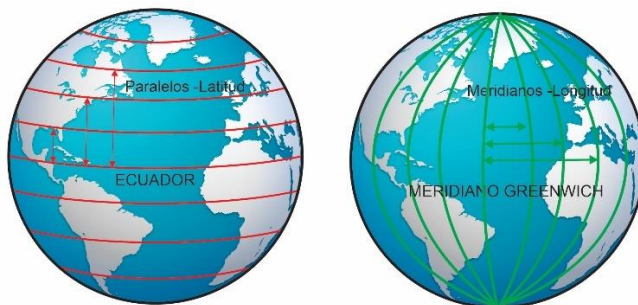
La latitud es una coordenada geográfica que especifica la posición de un punto en la superficie terrestre en relación con el ecuador. Se expresa en grados, minutos y segundos, y se mide a partir del plano del ecuador hacia el norte es positiva o el sur es negativa $-90^\circ \leq \phi \leq 90^\circ$. La latitud determina la altura máxima del Sol en el cielo durante el mediodía solar y afecta la intensidad y distribución de la radiación solar en la superficie terrestre (Duffie & Beckman, 2013).

LONGITUD:

La longitud es una coordenada geográfica que indica la posición de un punto en la superficie terrestre, pero en relación con el meridiano de Greenwich, que es el punto de referencia con una longitud de 0° . La longitud también se mide en grados, minutos, y segundos, y puede variar desde 0° en el meridiano de Greenwich hasta 180° al este o al oeste.

Figura 9

Latitud y longitud



Fuente: Propia

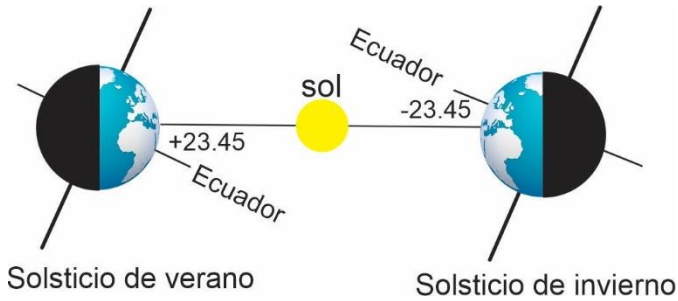
2.1.9. DECLINACIÓN SOLAR (δ)

La declinación solar es el ángulo entre los rayos del Sol y el plano del ecuador terrestre. Es una medida angular que varía a lo largo del año debido a la inclinación del eje de la Tierra con respecto al plano de su órbita alrededor del Sol. La declinación solar determina la altura del Sol en el cielo a mediodía y afecta la duración del día y la noche en

diferentes estaciones del año. Su valor oscila entre $+23,45^\circ$ en el solsticio de verano (21-22 de junio) y $-23,45^\circ$ en el solsticio de invierno (21-22 de diciembre). Toma el valor 0 en los equinoccios de primavera (21-21 de marzo) y otoño (22-23 de septiembre) (Bautista, 2016).

Figura 10

Declinación solar en los solsticios de verano e invierno.

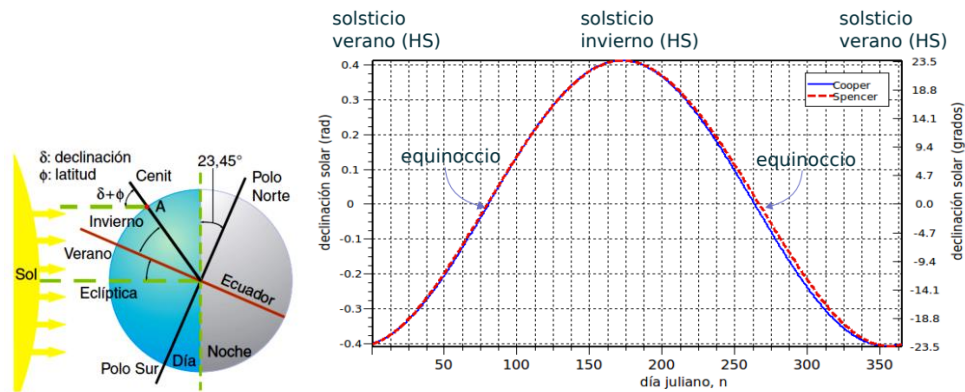


Fuente: propia

La declinación solar es el ángulo formado por la línea Tierra-Sol con el plano ecuatorial de la Tierra. Por convención, se toma positivo cuando la Tierra-Sol esta al Norte del plano ecuatorial, lo que corresponde al invierno del H.S.(Abal & Durañona, 2013).

Figura 11

Variación diaria de la declinación solar.



Fuente: (Abal & Durañona, 2013)

Método de solución

1. La siguiente expresión según Spencer (1971)

$$\delta = [0,006918 - 0,399912 \cos \Gamma + 0,070257 \operatorname{sen} \Gamma - 0,006758 \cos 2\Gamma + 0,000907 \operatorname{sen} 2\Gamma - 0,002697 \cos 3\Gamma + 0,00148 \operatorname{sen} 3\Gamma](180 / \pi)$$

$$\text{Donde: } \Gamma = \frac{360}{365}(n-1)$$

2. Perrin de Brichanbaut (1975) indica:

$$\delta = \operatorname{ArcSeno} \left(0,4 * \operatorname{seno} \left(2\pi \frac{(n-32)}{365} \right) \right)$$

3. Cooper (1969) establece:

$$\delta = 23,45^\circ \left(\frac{\pi}{180} \right) \operatorname{seno} \left(2\pi \frac{(284+n)}{365} \right)$$

4. García (1994) indica:

$$\delta = -23,45^\circ \left(\frac{\pi}{180} \right) * \cos \left(2\pi \frac{(n+9)}{365} \right)$$

Donde:

$n = \text{Dia Juliano}$

2.1.10. FACTOR DE EXCENTRICIDAD

El factor de excentricidad es una medida que describe la variación en la distancia entre la Tierra y el Sol a lo largo del año debido a la forma elíptica de la órbita terrestre. Se define como la relación entre la distancia media de la Tierra al Sol y la distancia real a lo largo del año, variando desde un valor de 1 en una órbita circular hasta valores mayores en órbitas más elípticas."(Duffie & Beckman, 2020).

El factor de excentricidad es un parámetro que indica cuánto se aparta la órbita de la Tierra de una forma circular perfecta. En una órbita circular, el factor de excentricidad

es 0, mientras que, en una órbita elíptica, el factor es mayor que 0. (Duffie & Beckman, 2020).

$$\varepsilon_0 = 1 + 0,033 \times \cos\left(\frac{2\pi \times n}{365}\right)$$

Dónde: n corresponde al número del día Juliano del año ($1 \leq n \leq 365$).

2.1.11. ÍNDICE DE CLARIDAD

El índice de claridad es una medida de la transmitancia de la atmósfera para la radiación solar directa en un lugar y momento específicos. Se define como la relación entre la radiación solar directa medida en la superficie terrestre y la radiación solar directa teórica (H/H_0) que se recibiría si la atmósfera fuera completamente transparente.(Duffie & Beckman, 2020).

H = Radiación solar global diaria, medida en el lugar (W/m^2)

H₀ = Radiación solar global diaria recibida (W/m^2).

2.1.12. FRACCIÓN DE BRILLO SOLAR

Es la relación entre el número de horas de sol en el sitio con el número de horas de brillo solar diarias astronómicamente (S/S_0) la ecuación obtenida por Angströms-PreScott aplicada a cada una de las estaciones meteorológicas (Duffie & Beckman, 2020).

S = Número de horas de sol en el sitio (medidas del heliógrafo).

S₀ = Máximo número de horas de brillo solar diarias astronómicamente.

2.1.13. DURACIÓN ASTRONÓMICA DEL DÍA S₀

Es la duración en horas del día desde la salida hasta la puesta del Sol; se determina a partir de la ecuación:

$$\text{sen } h = \text{sen } \phi \text{sen } \delta + \cos \phi \cos \delta \cos \omega$$

considerando $h = 0^\circ$ y $h = 180^\circ$ (para la salida y puesta del Sol, respectivamente), despejando el ángulo horario y de allí la duración del día. Cuando $h = 0$ o 180 (Duffie & Beckman, 2020).

$$\cos \omega = \frac{-\text{sen}\phi \text{sen}\delta}{\cos \phi \cos \delta}$$

$$\cos \omega_s = -\text{tg}\phi \cdot \text{tg}\delta$$

La duración del día se determina duplicando el ángulo horario ω_s ("s" de salida del Sol) y dividiéndolo entre 15 para pasar de grados a horas.

$$\omega_s = \frac{2}{15} \arccos(-\text{tg}\phi \cdot \text{tg}\delta)$$

2.1.14. CAMBIO CLIMÁTICO

De acuerdo con la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), éste se entiende como un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables. Por otro lado, el Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC) lo define como cualquier cambio en el clima con el tiempo debido a la variabilidad natural o como resultado de actividades humanas.

"El cambio climático desde el punto de vista meteorológico es una modificación significativa y prolongada en los patrones de clima de una región o del planeta entero que se extiende más allá de las variaciones normales del clima diario. Este cambio puede ser inducido por factores naturales, como la variabilidad solar y los ciclos climáticos, o por actividades humanas, como el aumento de gases de efecto invernadero." (Pomares, 2012).

El clima

Conjunto de fenómenos meteorológicos que caracterizan las condiciones habituales o más probables de un punto determinado de la superficie terrestre. La climatología es la ciencia que estudia el clima y sus variaciones a lo largo del tiempo (Pomares, 2012).

La meteorología

Es la ciencia que se encarga del estudio de los fenómenos, las leyes y el estado de la atmósfera en las capas bajas, donde se desarrolla la vida de las plantas y animales. Uno de sus objetivos es el conocimiento de dichos fenómenos orientados a su predicción (Pomares, 2012).

Figura 12

Clasificación de las nubes.



Fuente: (Pomares, 2012).

2.1.15. MODELOS DE ESTIMACIÓN

Los **modelos de estimación** son herramientas cruciales en el estudio del cambio climático. Estos modelos ayudan a predecir futuros escenarios climáticos, entender los procesos climáticos y evaluar los impactos potenciales de diferentes estrategias de mitigación y adaptación. (Ocampo & Rivas, 2013).

2.1.16. MODELO DE ÅNGSTRÖM

El Modelo de Ångström es un modelo empírico que calcula la radiación solar en la superficie terrestre basándose en la relación entre la radiación global, la radiación extraterrestre y la atmósfera. Se utiliza para estimar la cantidad de radiación solar disponible en función de parámetros atmosféricos como la nubosidad. (Angstrom Anders, 1923). A continuación, se describen la metodología y el modelo de Ångström modificado utilizado para evaluar la información meteorológica para obtener los datos de radiación solar.

Modelo de Ångström modificado

Desde el principio del siglo XX se ha intentado estimar la radiación solar, con base en parámetros meteorológicos (Angstrom, 1924; Prescott, 1940). En 1924 Ångström propone una ecuación de la forma:

$$\frac{H}{H_c} = \left(\alpha + (1 - \alpha) \frac{S}{S_0} \right) \dots\dots\dots(1)$$

Donde:

H_c : es la radiación superficial para condiciones de cielo despejado, tomando valores promedio mensuales.

S: es el valor de brillo solar,
y S_0 la duración astronómica del día.

Debido a la dificultad de determinar teóricamente H_c , en 1940 se comenzó a trabajar con valores promedio mensuales de irradiancia y brillo; pero en lugar de considerar la irradiancia superficial en días claros, se tomó el valor de la radiación fuera del límite superior de la atmósfera (Daniele Silva Dornelas et al., 2006).

Esta ecuación se denomina modelo de Ångström modificado, o modelo de Ångström-Prescott. La expresión matemática utilizada en este caso tiene la forma:

$$\frac{H}{H_0} = \left(a + b \frac{S}{S_0} \right) \dots\dots\dots(2)$$

Donde:

H: es la integral de la radiación global medida en la superficie.

H_0 : es la radiación solar global extraterrestre, para un día determinado sobre la localización deseada; S es el número de horas de brillo solar medidas en superficie.

S_0 es la duración del día calculada a partir de consideraciones astronómicas; a y b son, respectivamente, el término independiente y la pendiente de la recta de ajuste determinada por mínimos cuadrados entre H/ H_0 y S/ S_0 . Tanto H_0 como S_0 se calculan teniendo en cuenta la posición geográfica del lugar, la declinación solar y el ángulo horario para la salida del Sol (Duffie & Beckman, 2020). Específicamente tenemos para cada día del año:

Donde I_0 es la constante solar 1367 W/m^2 ; $(R_0/R)^2$ es la corrección por excentricidad de la órbita terrestre; δ es la declinación solar en radianes; φ es la latitud del lugar en radianes, y ω el ángulo horario para la salida del Sol en el día determinado en radianes (Duffie & Beckman, 2020).

Donde:

$$I_0 = 1367 \frac{W}{m^2} \text{ constante solar}$$

$$I_0 = 118,1088 \frac{MJ}{m^2 d} \text{ constante solar}$$

Excentricidad

$$\varepsilon_0 = 1 + 0,033 \times \cos\left(\frac{2\pi \times n}{365}\right)$$

es la corrección por excentricidad de la órbita terrestre, es decir

la distancia relativa inversa Tierra-sol.

Tabla 1

Día Juliano anual

MES	“n” para el i-ésimo día del mes
Enero	i
Febrero	31+i
Marzo	59+i
Abril	90+i
Mayo	120+i
Junio	151+i
Julio	181+i
Agosto	212+i
Setiembre	243+i
Octubre	273+i
Noviembre	304+i
Diciembre	334+i

Fuente: (Duffie & Beckman, 2020).

Día juliano n=1 y así calculando en la tabla

$$\varepsilon_0 = 1 + 0,033 \times \cos\left(\frac{2\pi \times 1}{365}\right) \dots\dots\dots(3)$$

Declinación Solar δ

Calculando la declinación

$$\delta = 0,409 \text{sen}\left[\frac{2\pi n}{365} - 1,39\right] \dots\dots\dots(4)$$

ÁNGULO HORARIO

ω_s el ángulo horario para la salida del Sol, en el día determinado en radianes (Duffie & Beckman, 2013).

$$\omega_s = \cos^{-1}(-\text{tg } \phi \text{tg } \delta) \dots\dots\dots(5)$$

Finalmente, cálculo de Radiación Solar Extraterrestre

determinamos H_0 la radiación solar extraterrestre en $\frac{MJ}{m^2 d}$

$$H_0 = \left(\frac{24 \times 60}{\pi}\right) I_0 \varepsilon_0 \left[(\omega_s \text{sen} \phi \text{sen} \delta) - (\cos \phi \cos \delta \text{sen} \omega_s) \right] \dots\dots\dots(6)$$

Duración del día (S0)

Realizando todo el procedimiento se ha completado la tabla en Excel tal como se muestra:

$$S_0 = \frac{24}{\pi} \omega_s \dots\dots\dots(7)$$

Los cálculos astronómicos de la corrección por excentricidad, la declinación solar y el ángulo horario se realizan por medio de aproximaciones en series de Fourier, desarrolladas por Spencer en términos del ángulo orbital, que depende del día del año (Duffie & Beckman, 2020).

El estudio de (Ogelman et al., 1984) proporciona una correlación de estimación cuadrática. Este modelo utiliza la duración de la insolación como parámetro.

$$\frac{H}{H_0} = a + b \left(\frac{S}{S_0}\right) + c \left(\frac{S}{S_0}\right)^2 \dots\dots\dots(8)$$

Donde: a, b y c constantes

2.2. Marco conceptual (palabras clave)

Radiación directa: es la que llega sin interacción alguna y sin cambios de dirección a la superficie de la tierra (Duffie & Beckman, 2020).

Radiación difusa: es el resultado de los choques de la radiación directa con las partículas y componentes atmosféricos; es la radiación típica de los días nublados (Duffie & Beckman, 2020).

Radiación global: es la radiación que llega a un punto sobre la superficie terrestre y se divide en tres componentes: directa, difusa y reflejada (Duffie & Beckman, 2020).

Radiación reflejada: también conocida como albedo, es la que llega procedente de la reflexión de radiación directa en los elementos del entorno (Duffie & Beckman, 2020).

Radiancia: total de energía radiada en una determinada dirección por unidad de área y por unidad de ángulo sólido de medida (Duffie & Beckman, 2020).

Irradiación: es la integral o sumatoria de irradiancias en un lapso o rango de tiempo (Duffie & Beckman, 2020).

Irradiancia: total de energía radiada o incidente sobre una unidad de área y por una unidad de tiempo (Duffie & Beckman, 2020).

Albedo: Porcentaje de radiación incidente que es reflejada por una superficie bidimensional (Duffie & Beckman, 2020).

δ Declinación solar, es el ángulo formado por la línea Tierra-Sol y el plano ecuatorial, siendo positiva al Norte y negativa al Sur; $-23.5^\circ \leq \delta \leq 23.5^\circ$ (Duffie & Beckman, 2020).

γ Ángulo Acimut de la superficie, si se realiza la proyección normal de una superficie sobre un plano horizontal, la desviación de esta proyección respecto al meridiano local se denomina ángulo Acimut de la superficie, tiene un valor de cero al Sur, es negativo al Este y positivo al Oeste; $-180^\circ \leq \gamma \leq 180^\circ$ (Duffie & Beckman, 2020).

β Inclinación de la superficie, es el ángulo formado entre el plano de la superficie en análisis y la horizontal; $0^\circ \leq \beta \leq 180^\circ$, si $\beta \geq 90^\circ$ el plano está mirando hacia abajo (Duffie & Beckman, 2020).

θ Ángulo de incidencia, es el ángulo entre la radiación directa que incide sobre una superficie y la normal a esa superficie (Duffie & Beckman, 2020).

ω Ángulo horario, es el desplazamiento angular del Sol en dirección Este u Oeste respecto al meridiano local, se debe al movimiento de rotación de la Tierra y avanza con una velocidad de 15° por hora; es negativo en la mañana y positivo en la tarde (Duffie & Beckman, 2020).

α_s Ángulo de altitud solar, es el ángulo entre la horizontal y una línea hacia el Sol, siendo también el complemento del ángulo cenital (Duffie & Beckman, 2020).

θ_z Ángulo cenital, es el ángulo entre la vertical y una línea hacia el Sol, es decir, el ángulo de incidencia de la radiación directa sobre una superficie horizontal (Duffie & Beckman, 2020).

γ_s Ángulo Acimut solar, es el ángulo que forma respecto al Sur la proyección de la radiación directa sobre un plano horizontal; los desplazamientos al Este del Sur son negativos y hacia el Oeste del Sur son positivos (Duffie & Beckman, 2020).

2.3. Antecedentes empíricos de la investigación (estado del arte)

Antecedentes a nivel internacional

Gana, N. N., & Akpootu, D. O. (2013). Realizo una investigación “**ANGSTROM TYPE EMPIRICAL CORRELATION FOR ESTIMATING GLOBAL SOLAR RADIATION IN NORTH-EASTERN NIGERIA.**” se llevó a cabo en el noreste de Nigeria. El objetivo principal del estudio fue desarrollar modelos de regresión lineal tipo Angstrom para estimar la radiación solar global en el noreste de Nigeria, utilizando datos de horas de sol y otros parámetros meteorológicos. Esto es esencial para promover el uso de energía solar en áreas rurales con infraestructura eléctrica limitada. El estudio se diseñó para analizar datos de radiación solar y duración de la luz solar en seis ubicaciones meteorológicas en el noreste de Nigeria durante un período de quince años (1990-2005). Se utilizaron modelos de correlación empírica para establecer relaciones entre la duración de la luz solar y la radiación solar global. Aplicaron tres modelos basados en la duración de la luz solar: el modelo de Angstrom-Prescott (1940), el modelo de Ogelman et al. (1984) y el modelo de Samuel (1991). Se calcularon los coeficientes de determinación (R^2) y se realizaron análisis estadísticos para validar la precisión de los modelos. Se utilizaron técnicas estándar para calcular el error medio (MBE), el error porcentual medio (MPE) y pruebas t. Los resultados mostraron que los modelos de Angstrom se ajustaron bien a los datos, con coeficientes de determinación (R^2) superiores al 99% para todos los modelos. El modelo de Samuel (1991) demostró ser el mejor estimador con un R^2 de 99.93%. Además, se observó que la duración de la luz solar y el índice de claridad presentaron patrones similares, aunque con diferencias significativas en algunas ubicaciones. El estudio concluyó que múltiples modelos basados en la duración

de la luz solar pueden ser utilizados para predecir la radiación solar global en el noreste de Nigeria. La investigación subraya la importancia de estos modelos para el desarrollo de tecnologías de energía solar, especialmente en áreas rurales donde la infraestructura eléctrica es limitada. Se destaca la necesidad de datos precisos de radiación solar para diversas aplicaciones científicas y de ingeniería, así como para la planificación de sistemas de energía solar.

Guzmán, M. O. &, Baldión, J. V. (2013). Realizo una investigación **“COEFICIENTES PARA ESTIMAR LA RADIACIÓN SOLAR GLOBAL A PARTIR DEL BRILLO SOLAR EN LA ZONA CAFETERA COLOMBIANA”**. El objetivo del estudio fue aplicar la ecuación modificada de Ångström para establecer los coeficientes de regresión a y b en diferentes lugares de la zona cafetera colombiana, con el fin de estimar la radiación solar global en una superficie horizontal. Se utilizó un enfoque cuantitativo, basado en la recopilación y análisis de datos de radiación solar global y brillo solar. Se registraron datos en 17 estaciones climatológicas durante el período de 1998 a 2002. El diseño del estudio fue observacional y descriptivo, utilizando datos de estaciones meteorológicas para desarrollar modelos de regresión que relacionan la radiación solar global con el brillo solar. La muestra consistió en datos de 17 estaciones meteorológicas ubicadas en la zona cafetera de Colombia, donde se registraron datos de radiación solar y brillo solar. Los resultados se obtuvieron diferentes modelos de regresión para estimar la radiación solar global, destacando el modelo de una sola ecuación ($RG/RA = 0,221 + 0,553 (n/N)$) como el más práctico. Sin embargo, se observó que los coeficientes a y b varían según la ubicación, lo que sugiere

la necesidad de datos locales para mejorar la precisión de las estimaciones. El estudio concluyó que los modelos desarrollados son un primer acercamiento para estimar la radiación solar global en la zona cafetera colombiana. Se recomendó el uso de piranómetros para obtener mediciones más precisas y un programa de calibración regular para mejorar la confiabilidad de los datos. Además, se enfatizó la importancia de contar con datos locales para obtener estimaciones más precisas de la radiación solar.

Liu, X.Y., & Li, Y.Z. (2007). Realizó una investigación **“CALIBRATION OF THE ÅNGSTRÖM–PRESCOTT COEFFICIENTS (A, B) UNDER DIFFERENT TIME SCALES AND THEIR IMPACTS IN ESTIMATING GLOBAL SOLAR RADIATION IN THE YELLOW RIVER BASIN”** se realizó en la cuenca del río Amarillo (Yellow River basin) en China. El objetivo principal del estudio fue calibrar los coeficientes de Ångström–Prescott (a,b) bajo diferentes escalas de tiempo (diaria, mensual y anual) y evaluar cómo estas variaciones afectan la precisión de las estimaciones de la radiación solar global (Rs) en la cuenca del río Amarillo en China. El estudio utilizó datos a largo plazo de 31 sitios en la cuenca del río Amarillo. Se realizó una calibración paralela de los coeficientes A–P en tres escalas de tiempo diferentes: diaria, media mensual diaria y media anual diaria. Se compararon las estimaciones de Rs utilizando los coeficientes calibrados en cada escala de tiempo para determinar la precisión de las predicciones. Los resultados mostraron que los coeficientes A–P (a,b) variaron significativamente según la escala de tiempo utilizada para la calibración. La calibración a escala diaria proporcionó estimaciones más precisas de Rs en comparación con las calibraciones a escalas mensuales y anuales. El estudio concluyó que la calibración

de los coeficientes de Ångström–Prescott debe considerar la escala de tiempo para optimizar la precisión de las estimaciones de radiación solar global.

Dornelas et al. (2006), Realizó una investigación “**COEFICIENTES MÉDIOS DA EQUAÇÃO DE ANGSTRÖM-PRESCOTT, RADIAÇÃO SOLAR E EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA EM BRASÍLIA**”, objetivo es estimar los coeficientes medios a y b de la ecuación de Ångström-Prescott en Brasilia y evaluar su impacto en la estimación de la radiación solar global y la evapotranspiración de referencia utilizando datos meteorológicos de la estación de Embrapa Hortaliças entre 1978 y 2003. Utilizo el diseño de la investigación es cuantitativo y descriptivo, basado en el análisis de datos meteorológicos históricos. Se utilizó un enfoque de análisis de regresión lineal para determinar los coeficientes a y b de la ecuación de Ångström-Prescott, La muestra consistió en datos meteorológicos diarios recopilados de la estación de Embrapa Hortaliças en Brasilia, abarcando un período de 25 años (1978-2003). Se utilizaron datos de radiación solar global, horas de insolación real y duración máxima posible del brillo solar para calcular los coeficientes a y b en diferentes períodos (mensual, anual y general). Obtuvo los Resultados los coeficientes medios mensuales a variaron de 0,241 a 0,345 y b de 0,430 a 0,515. Los coeficientes anuales fueron 0,278 para a y 0,498 para b, mientras que los coeficientes generales fueron 0,282 y 0,490, respectivamente. La conclusión de la investigación logró estimar los coeficientes medios a y b de la ecuación de Ångström-Prescott para Brasilia, proporcionando valores ajustados a las condiciones climáticas locales. Los resultados indican que la ecuación es efectiva para estimar la radiación solar global.

Akinoglu, B. G., & Ecevit, A. (1990). Realizo una investigación **“CONSTRUCTION OF A QUADRATIC MODEL USING MODIFIED, ANGSTROM COEFFICIENTS TO ESTIMATE GLOBAL SOLAR RADIATION”** en la Universidad Técnica del Medio Oriente (Middle East Technical University) en Ankara, Turquía. El objetivo del estudio es desarrollar y presentar un nuevo modelo cuadrático que utilice coeficientes de Angstrom modificados para estimar la radiación solar global promedio diaria mensual, y compararlo con correlaciones existentes para evaluar su eficacia y aplicabilidad. El diseño del estudio es de tipo empírico y comparativo. Se basa en la recopilación y análisis de datos de radiación solar y horas de sol brillante de diversas localidades, utilizando modelos matemáticos para establecer correlaciones y evaluar el rendimiento predictivo de diferentes métodos. La muestra incluye datos de 58 localidades situadas entre 20.15 grados al sur y 53.30 grados al norte, con variaciones de altitud entre 0 y 2600 metros. Los datos utilizados provienen de la literatura existente y abarcan diferentes climas y condiciones geográficas. Los resultados del estudio indican que el nuevo modelo cuadrático presenta un mejor rendimiento en términos de aplicabilidad global en comparación con las correlaciones de Rietveld, Benson et al., y Ogelman et al. Se observó que el modelo cuadrático proporciona estimaciones más precisas de la radiación solar global cuando se dispone de datos sobre horas de sol brillante. Se concluye que el modelo cuadrático propuesto es preferible para la estimación de la radiación solar global promedio diaria mensual, especialmente en contextos donde se cuenta con datos de horas de sol brillante. Este avance en la modelización de la radiación solar puede contribuir significativamente a la planificación

y desarrollo de proyectos de energía solar, mejorando la precisión de las estimaciones de recursos solares en diversas regiones.

Antecedentes a nivel nacional y local

No existen Antecedentes a nivel nacional y local

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1.Hipótesis

a. Hipótesis general

El modelo de segundo grado utilizando coeficientes de Ångström modificados proporciona una estimación precisa de la radiación solar global para la ciudad de Cusco en 2021.

b. Hipótesis específicas

- Los factores climáticos influyen en la estimación de la radiación solar global para la ciudad de Cusco-2021.
- Es posible obtener datos meteorológicos históricos completos y precisos de la ciudad de Cusco desde 1990 hasta 2021, lo que permitirá realizar una estimación precisa de la radiación solar global.
- La inclusión de un término cuadrático en el modelo de Ångström reducirá el error de estimación en comparación con el modelo de primer grado.

3.2. Identificación de variables e indicadores

3.2.1. Variable independiente

Se identifican variables independientes las cuales son:

Variable dependiente: Radiación solar global modelo de Ångström de segundo orden.

Definición conceptual: Radiación solar global modelo de Ångström de segundo orden “Es el flujo de radiación solar que incide sobre la unidad de superficie por unidad de tiempo se mide en watts sobre metro cuadrado (W/m^2); varía de una zona a otra, esto se debe a las variaciones climáticas y a la diferencia con respecto a la posición relativa del sol, la cual depende de la latitud del lugar”(Ogelman et al., 1984).

Definición operacional: Esta variable Estimar la radiación solar global mediante el uso del modelo de segundo orden usando coeficientes Ångström Modificados determinara mediante la correlación de las variables independientes.

- **Variable independiente:** H: radiación medida en la superficie.

Definición conceptual: La Radiación medida en la Superficie “Es la que llega sin interacción alguna y sin cambios de dirección a la superficie de la tierra” (Kalogirou, 2009).

Definición operacional: Esta variable será analizada de la estación meteorológica del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) de la ciudad de Cusco Radiación solar global diaria, medida en el lugar (lecturas del Piranómetro).

- **Variable independiente:** n: número de horas de brillo solar medidas en superficie.

Definición conceptual: Brillo solar “La duración del brillo solar o insolación es el tiempo. Con fines climatológicos, se utilizan expresiones tales como: "horas de Sol al día", "horas de Sol efectivo en el día" u "horas de insolación diaria" (Angstrom, 1924).

Definición operacional: Esta variable será analizada de la estación meteorológica de SENAMHI de la ciudad de Cusco Radiación solar global diaria, medida en el lugar (medidas del heliógrafo).

3.2.2. Variable dependiente

Las variables dependientes identificados son:

- **Variable dependiente:** Ho: radiación solar global extraterrestre.

Definición conceptual: La Radiación solar global extraterrestre “Es la energía que recibe, durante un periodo de tiempo, una superficie del plano tangencial al planeta Tierra en un punto situado al exterior de la atmósfera; plano que será también el plano horizontal

de ese punto. Se trata por lo tanto de una densidad de flujo de radiación solar, con unidades, en el Sistema Internacional, de MJ/d.m² o W/m² (Bautista, 2016).

Definición operacional: Esta variable se determinará de los parámetros geográficos o variaciones estacionales *in situ* (Glover & Mc-Culloch, 1958).

- **Variable dependiente:** S₀: la duración astronómica del día.

Definición conceptual: duración astronómica del día “Es la duración en horas desde la salida hasta la puesta del Sol; se determina a partir de consideraciones $h = 0^\circ$ y $h = 180^\circ$ (para la salida y puesta del Sol, respectivamente” (República de Colombia Ministerio de Minas y Energía, 2002).

Definición operacional: Esta variable será analizada de las ecuaciones de acuerdo a la ubicación.

- **Variable dependiente:** H/H₀: índice de claridad.

Definición conceptual: índice de claridad “Es la relación entre Radiación solar global diaria, medida en el lugar y Radiación solar global diaria recibida con la ecuación obtenida por Ångström-Prescott aplicada a cada una de las estaciones meteorológicas (Duffie & Beckman, 2020).

Definición operacional: Esta variable se analizará de la relación radiación medida en la superficie y radiación solar global extraterrestre H/H_0 .

- **Variable dependiente:** S/S_0 fracción de brillo solar.

Definición conceptual: fracción de brillo solar “Es la relación entre el número de horas de sol en el sitio con el número de horas de brillo solar diarias astronómicamente (S/S_0) la ecuación obtenida por Ångström- Prescott aplicada a cada una de las estaciones meteorológicas” (Duffie & Beckman, 2020).

Definición operacional: Esta variable será analizada de la relación S/S_0 .

3.3. Operacionalización de variables

La operacionalización de variables implica definir cómo se medirán y manipularán las variables de un estudio para asegurar que puedan ser evaluadas de manera precisa y consistente.

1. Variable Dependiente

- **Nombre:** Radiación Solar Global Diaria (H)
 - **Definición Conceptual:** Cantidad total de energía solar que incide sobre una superficie horizontal en un día específico. (Duffie & Beckman, 2020).
 - **Definición Operacional:** Se medirá en unidades de energía por unidad de área, típicamente en megajulios por metro cuadrado ($\text{MJ}/\text{d}\cdot\text{m}^2$) o vatios-hora por metro cuadrado (W/m^2). (Duffie & Beckman, 2020).

Instrumento de Medición: Piranómetro.

Escala de Medición: Escala de razón.

Unidades de Medida: MJ/d.m² o W/m².

Frecuencia de Medición: Diaria.

2. Variables Independientes

- **Nombre:** Relación de Horas de Sol (S/S_0)

Definición Conceptual: Proporción entre las horas de sol efectivas y las horas de sol posibles en un día específico.

Definición Operacional: Se calculará dividiendo las horas de sol efectivas (S) por las horas de sol posibles (S_0), donde S representa el número de horas de sol directo que alcanza la superficie terrestre, y S_0 es el máximo número de horas de sol en un día claro. (Duffie & Beckman, 2020).

Instrumento de Medición: Piranómetro o heliógrafo.

Escala de Medición: Escala de razón.

Unidades de Medida: Adimensional (proporción).

Frecuencia de Medición: Diaria.

- **Nombre:** Cuadrado de la Relación de Horas de Sol ($(S/S_0)^2$)

Definición Conceptual: Valor cuadrático de la proporción entre las horas de sol efectivas y las horas de sol posibles en un día.

Definición Operacional: Se calculará elevando al cuadrado el valor de la relación de horas de sol (S/S_0). (Duffie & Beckman, 2020).

Instrumento de Medición: Derivado matemáticamente de la relación de horas de sol.

Escala de Medición: Escala de razón.

Unidades de Medida: Adimensional (proporción).

Frecuencia de Medición: Diaria.

3. Coeficientes de Ångström Modificados (a, b, c)

- **Nombre:** Coeficientes a, b y c

Definición Conceptual: Parámetros ajustables del modelo de segundo grado de Ångström que determinan la relación entre la radiación solar global y las horas de sol. (Duffie & Beckman, 2020).

Definición Operacional: Se calcularán mediante técnicas de regresión no lineal utilizando los datos recolectados. Estos coeficientes permiten adaptar el modelo empírico de Ångström a las condiciones climáticas y geográficas específicas de Cusco. (Duffie & Beckman, 2020).

Instrumento de Medición: Software de análisis estadístico.

Escala de Medición: Escala de razón.

Unidades de Medida: Adimensionales.

Frecuencia de Ajuste: Una vez para todo el conjunto de datos (ajuste de modelo).

Tabla 2*Resumen de la operacionalización*

VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN	ESCALA DE MEDICIÓN	UNIDADES DE MEDIDA	FRECUENCIA DE MEDICIÓN
Radiación Solar Global Diaria (H)	Energía solar medida en una superficie horizontal diaria	Piranómetro	Razón	MJ/d.m ² o W/m ²	Diaria
Relación de Horas de Sol (S/S ₀)	Proporción entre horas de sol efectivas y posibles	Piranómetro / Heliógrafo	Razón	Adimensional	Diaria
Cuadrado de la Relación de Horas de Sol (S/S ₀) ²	Cuadrado de la relación de horas de sol	Derivado matemáticamente	Razón	Adimensional	Diaria
Coefficientes de Ångström (a, b, c)	Parámetros ajustables del modelo	Software de análisis	Razón	Adimensional	Ajuste inicial

Anexo (matriz de consistencia)

3.3.1. Indicadores**Tabla 3***Resumen de Indicadores*

VARIABLE	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	FUENTE DE DATOS	FRECUENCIA DE MEDICIÓN
Radiación Solar Global Diaria (H)	Nivel de energía solar diaria	MJ/d.m ² o W/m ²	Piranómetro, estación meteorológica	Diaria
Relación de Horas de Sol (S/S ₀)	Proporción de horas de sol efectivas sobre posibles	Adimensional (proporción)	Piranómetro / Heliógrafo	Diaria
Cuadrado de la Relación de Horas de Sol (S/S ₀) ²	Valor cuadrado de la relación de horas de sol	Adimensional (proporción)	Derivado matemáticamente	Diaria
Coefficientes de Ångström (a, b, c)	Valores ajustados de los coeficientes del modelo	Adimensional	Software de análisis estadístico	Ajuste único

Estos indicadores permitirán cuantificar y evaluar las variables del estudio de manera sistemática, facilitando la estimación precisa de la radiación solar global en la ciudad de Cusco utilizando el modelo de segundo grado con coeficientes de Ångström modificados.

IV. METODOLOGÍA

4.1.Ámbito de estudio: localización política y geográfica

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO (UNSAAC)

Localización Política: La Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC) se encuentra en la ciudad de Cusco, capital de la región y provincia de Cusco, en el sureste de Perú. Cusco es un importante centro administrativo y político, siendo la sede del gobierno regional y provincial. Es conocida mundialmente por su historia como capital del Imperio Inca y como un sitio del Patrimonio Mundial de la UNESCO. (UNSAAC, s.f.)

Localización Geográfica:

Coordenadas Geográficas:

Latitud: 13.517° S

Longitud: 71.978° O

Altitud:

La ciudad de Cusco está situada a una altitud promedio de 3,399 metros sobre el nivel del mar. (IGN, s.f.).

Clima:

Cusco tiene un clima típico de la región andina, con una estación seca que se extiende de mayo a octubre y una estación lluviosa de noviembre a abril. La radiación solar en la región varía significativamente entre estas estaciones debido a cambios en la cobertura nubosa y la duración del día. (IGN, s.f.).

Figura 13

Mapa de departamento de Cusco



Fuente: (IGN, s.f.).

4.2. Tipo y nivel de investigación

La presente investigación es de tipo aplicativo, cuantitativo y correlacional.

Tipo de investigación

Tipo Aplicado: El estudio es de tipo aplicado, ya que pretende utilizar el conocimiento generado para resolver un problema práctico, en este caso, la estimación precisa de la radiación solar global en la ciudad de Cusco. Según Sabino (1992), la investigación aplicada busca generar conocimientos que se traduzcan en aplicaciones inmediatas o que sirvan para solucionar problemas concretos.

Tipo Cuantitativo: El enfoque de la investigación es cuantitativo, dado que se fundamenta en la recolección y análisis de datos numéricos y en la aplicación de técnicas estadísticas para modelar la relación entre las variables. De acuerdo con Creswell (2013), el enfoque cuantitativo se caracteriza por la recolección de datos medibles, que luego se analizan

estadísticamente para comprobar hipótesis. que se verificará la cantidad de datos de diferentes periodos los datos radiación medida en la superficie, número de horas de brillo solar medidas en superficie y otras variables meteorológicas registradas por la estación meteorológica del observatorio meteorológico "LUIS OLAZO OLIVERA" de la Universidad Nacional San Antonio Abad De Cusco, estación meteorológica de SENAMHI y datos NASA POWER

Nivel Correlacional: El estudio se sitúa en el nivel correlacional, dado que busca determinar la relación existente entre la radiación solar global diaria y variables como la relación de horas de sol efectivas sobre las horas de sol posibles. El objetivo principal de este nivel es identificar cómo una variable puede asociarse o predecir otra, sin que el investigador intervenga directamente en ellas.

Según Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio (2014), el nivel correlacional "mide el grado de relación existente entre dos o más conceptos o variables. En este tipo de estudio no se trata de explicar por qué ocurre un fenómeno, sino de establecer relaciones entre variables" (p. 85). En este caso, se busca establecer una relación cuantificable entre las variables involucradas en la estimación de la radiación solar.

4.3.Unidad de análisis

Los datos meteorológicos de una estación del área de estudio por la estación meteorológica del observatorio meteorológico "LUIS OLAZO OLIVERA" de la Universidad Nacional San Antonio Abad de Cusco, datos meteorológicos de SENAMHI y datos meteorológicos satelitales de NASA POWER.

4.4.Población de estudio

Población diana: definida por características demográficas con una fuente de información de una estación meteorológica del observatorio meteorológico "LUIS OLAZO OLIVERA" de la Universidad Nacional San Antonio Abad De Cusco de los años 1990-2021, Estación de SENAMHI y datos meteorológicos satelitales de NASA POWER

4.5.Tamaño de muestra

Como son muestreos no probabilísticos no requiere de una técnica de muestreo la investigación que se realiza.

La muestra en estudio la constituyen los registros diarios de los años 1990-2021 radiación directa, horas solares obtenidas de la estación meteorológica convencionales y estación Davis perteneciente del observatorio meteorológico "LUIS OLAZO OLIVERA" de la Universidad Nacional San Antonio Abad De Cusco, estación SENAMHI y datos meteorológicos satelitales de NASA POWER

Se ha analizado solamente los datos radiación directa, horas solares por día, equivalen a datos para cada variable, estos son medidos a las 12:05 a.m. hasta 11:55 p.m. medidos cada 2 minutos de los 365 días de cada año.

4.6. Técnicas de selección de muestra

No requiere de una técnica de muestreo la investigación son muestreos no probabilísticos.

Con el propósito de obtener los registros de datos radiación directa, hora solar y otras variables en la zona de estudio, se solicitó los registros pertenecientes del observatorio meteorológico "LUIS OLAZO OLIVERA" de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, estación de SENAMHI y datos meteorológicos satelitales de NASA POWER.

4.7. Técnicas de análisis e interpretación de la información del modelo de segundo grado usando coeficientes de Ångström Modificado.

Para llevar a cabo un análisis exhaustivo y una interpretación precisa de los datos meteorológicos en el estudio de la estimación de la radiación solar global en Cusco, se pueden emplear las siguientes técnicas:

1. Análisis Estadístico Descriptivo

- **Objetivo:** Resumir y describir las características básicas de los datos.
- **Métodos:**
 - **Medidas de Tendencia Central:** Media, mediana, moda.
 - **Medidas de Dispersión:** Desviación estándar, rango, varianza.
 - **Visualización:** gráficos de para visualizar la distribución y detectar valores atípicos.

2. Análisis de Regresión

- **Objetivo:** Modelar y examinar la relación entre la radiación solar global y las variables independientes.
- **Métodos:**
 - **Regresión Lineal Simple:** Establecer la relación entre una variable independiente y la radiación solar global.
 - **Regresión Lineal Múltiple:** Incluir varias variables independientes para mejorar la precisión del modelo.
 - **Regresión de Segundo Grado:** Incorporar términos cuadráticos para capturar relaciones no lineales.

3. Análisis de Series Temporales

- **Objetivo:** Examinar patrones y tendencias en datos secuenciales a lo largo del tiempo.

- **Métodos:**

Descomposición de la Serie Temporal: Separar la serie en componentes de tendencia, estacionalidad. (Duffie & Beckman, 2020).

Visualización: Gráficos de series temporales para identificar patrones estacionales y tendencias. (Duffie & Beckman, 2020).

4. Análisis de Correlación

- **Objetivo:** Evaluar la fuerza y dirección de las relaciones entre variables.

- **Métodos:**

Visualización: Diagramas de dispersión para ilustrar la relación entre la radiación solar global y otras variables meteorológicas. (Duffie & Beckman, 2020).

5. Visualización de Datos

- **Objetivo:** Facilitar la interpretación y comunicación de los resultados.
- **Métodos:**

Gráficos de Líneas: Mostrar tendencias y comparaciones.

Mapas de Calor: Visualizar patrones espaciales y temporales en la radiación solar.

Para un análisis detallado de la radiación solar global:

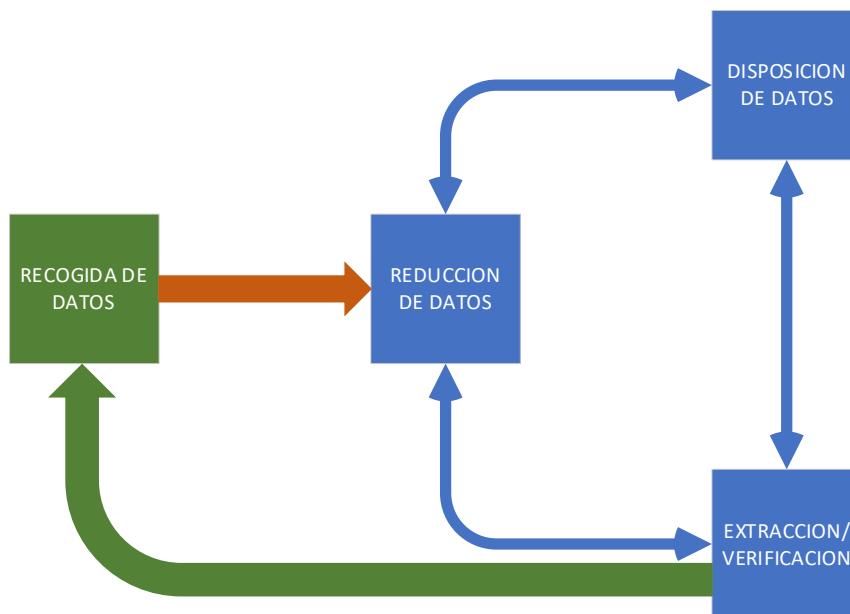
1. **Estadístico Descriptivo:** Calcular la media y desviación estándar de la radiación solar global y crear histogramas para visualizar su distribución. (Duffie & Beckman, 2020).
2. **Regresión:** Ajustar un modelo de regresión lineal múltiple utilizando variables como duración de la insolación, temperatura, y humedad para predecir la radiación solar global. (Duffie & Beckman, 2020).
3. **Series Temporales:** Descomponer la serie temporal de radiación solar para identificar patrones estacionales y tendencias a lo largo del año. (Duffie & Beckman, 2020).

4. **Correlación:** Analizar la correlación entre la duración de la insolación y la radiación solar global.
5. **Validación del Modelo:** Evaluar el modelo ajustado con un conjunto de datos independiente y analizar los residuos para verificar la precisión.
6. **Visualización:** Crear gráficos de líneas para mostrar tendencias temporales y diagramas de dispersión para ilustrar relaciones entre variables.
7. **Sensibilidad:** Realizar simulaciones para analizar cómo las variaciones en la duración de la insolación afectan la estimación de la radiación solar global. (Duffie & Beckman, 2020).

Estas técnicas proporcionarán un enfoque comprensivo para analizar e interpretar los datos meteorológicos y realizar una estimación precisa de la radiación solar global.

Figura 14

Análisis Cuantitativo.



Fuente: Propia

- **RECOGIDA DE DATOS**

Obtener la recolección de la información de una fuente confiable los datos meteorológicos registradas por la estación meteorológica del observatorio meteorológico "LUIS OLAZO OLIVERA" de la Universidad Nacional San Antonio Abad de Cusco, estación de SENAMHI y datos meteorológicos satelitales de NASA POWER.

- **REDUCCIÓN DE DATOS**

En fase se ha realizado el filtrado de los datos diarios y mensuales necesarios para la realización de un estudio. Esto se debe a que se tienen datos en redundancia para eso realizo los criterios de filtrado de datos son esenciales para asegurar la calidad y la relevancia de los datos utilizados en el análisis de la radiación solar global en Cusco. A continuación, se presentan algunos criterios clave que se pueden emplear para filtrar los datos antes de su análisis:

El conjunto de datos de radiación solar global, duración de la insolación, y temperatura de Cusco entre 1990 y 2021:

1. **Aplicar el Criterio de Completitud:** Filtrar los registros que no tengan datos de radiación solar global, duración de la insolación. Completar o eliminar registros con datos faltantes. (Duffie & Beckman, 2020).
2. **Aplicar el Criterio de Consistencia:** Verificar que los registros sigan un orden cronológico correcto y que no existan inconsistencias entre la

duración de la insolación y la radiación solar global. (Duffie & Beckman, 2020).

3. **Aplicar el Criterio de Validez:** Excluir cualquier valor de radiación solar global que sea negativo o exceda los límites físicamente posibles. (Duffie & Beckman, 2020).
4. **Aplicar el Criterio de Outliers:** Detectar y revisar valores atípicos en los datos de radiación solar. Decidir si esos valores deben ser eliminados o tratados como casos especiales. (Duffie & Beckman, 2020).
5. **Aplicar el Criterio de Temporalidad:** Filtrar los datos para incluir solo los años completos o eliminar años con registros insuficientes. (Duffie & Beckman, 2020).

Estos criterios asegurarán que los datos utilizados sean confiables, representativos y adecuados para el análisis.

- **DISPOSICIÓN DE DATOS**

En esta fase se tiene los datos seleccionados el procesamiento de la información y su subsiguiente interpretación.

DATOS DEL OBSERVATORIO METEOROLÓGICO "LUIS OLAZO OLIVERA"

Tabla 4

Datos del observatorio meteorológico "LUIS OLAZO OLIVERA"

Date	Time	Temp	Hi	Low	Out	Dew	Hi	Hi	Wind	Heat	Rain		Solar	Solar	Hi	Heat	Cool	In	In	In Air	
		Out	Temp	Temp	Hum	Pt.	Speed	Dir	Chill	Index	Bar	Rate	Rad.	Energy	Rad.	D-D	D-D	Temp	Hum	Density	
1/01/2017	12:15 a. m.	13.3	13.3	13.3	71	8.1	1.8	S	13.3	12.8	514.5	0	0	0	0	0.053	0	14.1	44	0.8237	
1/01/2017	12:30 a. m.	13.3	13.3	13.2	73	8.5	1.3	S	13.3	12.9	514.4	0	0	0	0	0.053	0	14	44	0.8239	
1/01/2017	12:45 a. m.	12.9	13.2	12.9	73	8.2	0.4	S	12.9	12.6	514.4	0	0	0	0	0.056	0	14	45	0.8237	
1/01/2017	1:00 a. m.	12.4	12.9	12.4	75	8.1	1.3	S	12.4	12.2	514.4	0	0	0	0	0.061	0	13.9	45	0.8239	
1/01/2017	1:15 a. m.	12.2	12.4	12.2	76	8.1	0.9	S	12.2	11.9	514.2	0	0	0	0	0.064	0	13.9	44	0.8238	
1/01/2017	1:30 a. m.	11.8	12.2	11.8	77	7.9	0	---	11.8	11.6	514.1	0	0	0	0	0.068	0	13.8	45	0.8239	
1/01/2017	1:45 a. m.	11.7	11.8	11.7	78	8	0	---	11.7	11.5	514	0	0	0	0	0.069	0	13.8	45	0.8237	
1/01/2017	2:00 a. m.	11.8	11.8	11.7	78	8.1	0.4	S	11.8	11.6	514	0	0	0	0	0.068	0	13.7	45	0.824	
1/01/2017	2:15 a. m.	11.9	11.9	11.8	77	8	0.4	S	11.9	11.7	513.8	0	0	0	0	0.067	0	13.7	44	0.8239	
1/01/2017	2:30 a. m.	12	12	11.9	77	8.1	0.9	S	12	11.8	513.8	0	0	0	0	0.066	0	13.7	45	0.8237	
1/01/2017	2:45 a. m.	11.9	12	11.9	77	8	0	---	11.9	11.7	513.8	0	0	0	0	0.067	0	13.7	45	0.8239	
1/01/2017	3:00 a. m.	11.8	11.9	11.8	77	7.9	0.4	S	11.8	11.6	513.8	0	0	0	0	0.068	0	13.7	45	0.8239	
1/01/2017	3:15 a. m.	11.7	11.8	11.7	78	8	0	---	11.7	11.4	513.7	0.2	0	0	0	0.069	0	13.6	45	0.8241	
1/01/2017	3:30 a. m.	11.5	11.7	11.5	78	7.8	0	---	11.5	11.3	513.6	0	0	0	0	0.071	0	13.6	45	0.8239	
1/01/2017	3:45 a. m.	11.4	11.6	11.4	78	7.7	1.3	S	11.4	11.2	513.3	0	0	0	0	0.072	0	13.5	45	0.8237	
1/01/2017	4:00 a. m.	11.2	11.4	11.2	78	7.5	0.4	S	11.2	11	513.2	0	0	0	0	0.075	0	13.5	45	0.8235	
1/01/2017	4:15 a. m.	10.9	11.2	10.9	78	7.2	0.4	S	10.9	10.8	513.3	0	0	0	0	0.078	0	13.4	45	0.824	
1/01/2017	4:30 a. m.	10.6	10.9	10.6	78	6.9	0	---	10.6	10.4	513.4	0	0	0	0	0.081	0	13.4	45	0.8241	
1/01/2017	4:45 a. m.	10.2	10.6	10.2	79	6.7	0	---	10.2	10.2	513.4	0	0	0	0	0.084	0	13.3	45	0.8245	
1/01/2017	5:00 a. m.	10.1	10.2	10.1	80	6.8	0	---	10.1	10.1	513.6	0	0	0	0	0.086	0	13.3	45	0.8247	
1/01/2017	5:15 a. m.	10.2	10.2	10.1	80	6.9	0	---	10.2	10.2	513.6	0	0	0	0	0.085	0	13.2	45	0.8251	
1/01/2017	5:30 a. m.	10.3	10.3	10.2	81	7.2	0	---	10.3	10.3	513.6	0	0	0	0	0.084	0	13.2	45	0.8252	
1/01/2017	5:45 a. m.	10.5	10.5	10.3	81	7.4	0	---	10.5	10.4	513.7	0	0	0	0	0.082	0	13.2	45	0.8255	
1/01/2017	6:00 a. m.	10.6	10.6	10.5	81	7.5	0	---	10.6	10.6	513.9	0	0	0	0	0.08	0	13.2	44	0.826	
1/01/2017	6:15 a. m.	10.8	10.8	10.6	81	7.6	0.4	S	10.8	10.7	514	0	0	0	0	0.079	0	13.2	44	0.8262	
1/01/2017	6:30 a. m.	10.9	10.9	10.8	79	7.4	0	---	10.9	10.8	514.2	0	0	1	0.02	5	0.077	0	13.1	44	0.8268
1/01/2017	6:45 a. m.	11.1	11.1	10.9	79	7.6	0	---	11.1	10.9	514.2	0	0	16	0.34	28	0.076	0	13.1	44	0.8269
1/01/2017	7:00 a. m.	11.2	11.2	11.1	79	7.7	0	---	11.2	11.1	514.4	0	0	40	0.86	54	0.074	0	13.1	44	0.8271

1/01/2017	7:15 a. m.	11.5	11.5	11.2	78	7.8	0.4	S	11.5	11.3	514.5	0	0	64	1.38	72	0.071	0	13.1	44	0.8274
1/01/2017	7:30 a. m.	11.8	11.8	11.5	77	7.9	0.4	S	11.8	11.6	514.7	0	0	85	1.83	97	0.068	0	13.1	44	0.8277
1/01/2017	7:45 a. m.	12.2	12.2	11.8	77	8.3	0	---	12.2	12	514.9	0	0	106	2.28	113	0.064	0	13.2	44	0.8276
1/01/2017	8:00 a. m.	12.5	12.5	12.2	75	8.2	0.4	S	12.5	12.2	515.1	0	0	122	2.62	134	0.061	0	13.2	44	0.8279
1/01/2017	8:15 a. m.	13	13	12.6	75	8.7	0.4	S	13	12.7	515.2	0	0	176	3.78	213	0.056	0	13.2	44	0.8279
1/01/2017	8:30 a. m.	13.8	13.8	13	70	8.5	0.4	S	13.8	13.4	515.2	0	0	371	7.98	482	0.047	0	13.8	43	0.826
1/01/2017	8:45 a. m.	15.2	15.2	13.8	66	8.9	1.3	S	15.2	14.7	515.2	0	0	451	9.7	508	0.033	0	14.9	41	0.8226

Fuente: Estación meteorológica del observatorio meteorológico "LUIS OLAZO OLIVERA" de la Universidad Nacional San Antonio Abad de Cusco.

DATOS METEOROLÓGICOS SENAMHI

Tabla 5

Datos de la estación meteorológica Senamhi

Código	Planilla	Año	Mes	V Dia	HR101	PT101	TM101	TM102	TM103	VT107
844	52	2020	1	1	67.1	1.5	16.2	22.8	9	2
844	52	2020	1	2	68.5	1.4	17.3	22.8	10.6	2.7
844	52	2020	1	3		22.5		22	10.5	5.3
844	52	2020	1	4		23		23.3	10.3	1.3
844	52	2020	1	5		8.5		22.5	8.8	4.7
844	52	2020	1	6	65.8	0	17	24.5	8.4	4
844	52	2020	1	7	63	0	17.5	23	10.5	7
844	52	2020	1	8	64.2	0	17.1	25	10.3	4.7
844	52	2020	1	9	64.5	0.1	17.1	22	11	3.3
844	52	2020	1	10	66.7	1.8	15.9	23.5	6.7	2
844	52	2020	1	11	67.7	1	16.7	23.8	8.5	4
844	52	2020	1	12	65	0	16.3	25	8	7.3

Fuente: SENAMHI

DATOS METEOROLÓGICOS NASA POWER

Tabla 6

Datos de la estación meteorológica satelitales de Nasa Power

NASA/POWER CERES/MERRA2 Native Resolution Climatology Climatologies

Location: Latitude -13.52 Longitude -71.96

Elevation from MERRA-2: Average for 0.5 x 0.625 degree lat/lon region = 3739.76 meters

Parameter(s):

T2M_MAX MERRA-2 Temperature at 2 Meters Maximum (C)

T2M_MIN MERRA-2 Temperature at 2 Meters Minimum (C)

SG_DAY_HOURS SRB V4/CERES SYN1deg Solar Geometry Day Hours (Hours)

-END HEADER-

PARAMETER, JAN, FEB, MAR, APR, MAY, JUN, JUL, AUG, SEP, OCT, NOV, DEC, ANN

T2M_MAX,19.54,19.16,18.4,19.4,19.93,17.84,19.35,20.65,20.81,22.43,22.49,20.14,22.49

T2M_MIN,1.08,1.06,0.98,0.69,-2.79,-3.67,-4.49,-3.88,-1.01,-1.18,1.51,1.44,-4.49

SG_DAY_HOURS,12.7,12.4,12.06,11.69,11.37,11.22,11.29,11.55,11.9,12.27,12.6,12.78,-999.0

ALLSKY_SFC_SW_DNI,2.48,2.32,2.57,3.65,5.13,5.78,5.9,5.35,4.02,3.66,3.53,2.71,3.93

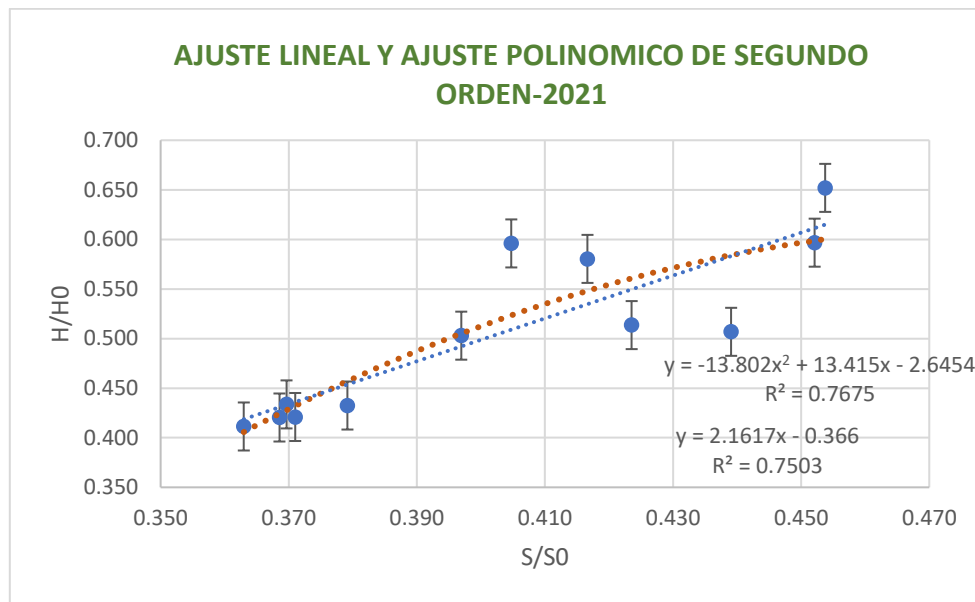
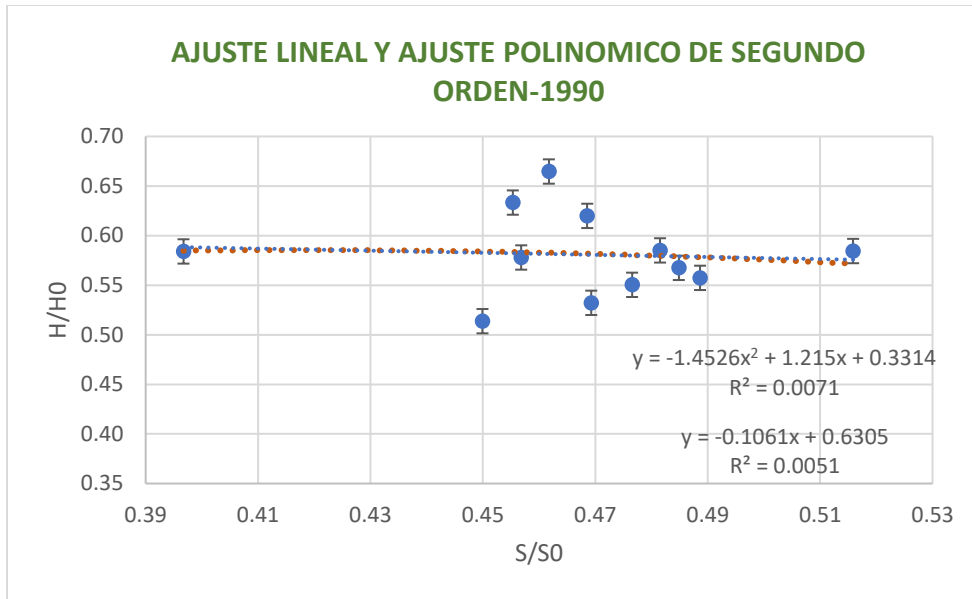
Fuente: NASA POWER

- **EXTRACCIÓN Y VERIFICACIÓN DE DATOS**

En esta etapa se realizó la correlación lineal y cuadrática de la radiación solar global de los datos de los periodos 1990-2021

Figura 15

Ajuste lineal y ajuste polinómico de 1990 y 2021



Nota: Se ha realizado el análisis de cada año del periodo 1990-2021.

4.8. Técnicas estadísticas para demostrar la verdad o falsedad de las hipótesis planteadas

No corresponde ya que no se ha utilizado un método para la prueba de hipótesis.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Procesamiento, análisis, interpretación y discusión de resultados del modelo de segundo grado usando coeficientes de Ångström Modificado.

Procesamiento

Para el procesamiento de datos meteorológicos, se ha determinado las variables importantes que determinan la radiación solar global en el modelo para el filtrado de datos.

Identificando la tabla muestra latitud longitud del observatorio meteorológico "LUIS OLAZO OLIVERA" (estación meteorológica) de la Universidad Nacional San Antonio Abad de Cusco que es la ubicación.

Figura 16

Ubicación de la estación meteorológica Luis Olazo Olivera.



Fuente: propia

Tabla 7

Latitud y longitud del observatorio meteorológico.

Estacion	Provincia	Distrito	Latitud	Longitud	Altitud
observatorio meteorológico "LUIS OLAZO OLIVERA"	cusco	cusco	-13.52003933	-71.95997968	3399 m.s.n.m.

Desarrollo del Modelo de Ångström modificado de segundo orden

Para el desarrollo del procesamiento de datos analizaremos del periodo 1990 al 2021 con datos de la estación meteorológica.

REALIZANDO EL CÁLCULO DE UN DÍA PARTICULAR 1 ENERO

Definiendo la Latitud

De la ubicación en la ciudad de cusco del observatorio "LUIS OLAZO OLIVERA" de la Universidad Nacional San Antonio Abad de Cusco.

Definimos la altitud y longitud del centro observatorio: de la Tabla 2 obtenemos la ubicación del centro observatorio.

$$\varphi = -13.52003933$$

Para calcular la radiación solar primero calcularemos la radiación solar extraterrestre, luego se calculó.

- La excentricidad
- Declinación
- Angulo horario
- La radiación solar extraterrestre

Excentricidad

$\varepsilon_0 = 1 + 0.033 \times \cos\left(\frac{2\pi \times n}{365}\right)$ es la corrección por excentricidad de la órbita terrestre, es

decir la distancia relativa inversa Tierra-sol.

Día juliano $n=1$

$$\varepsilon_0 = 1 + 0.033 \times \cos\left(\frac{2\pi \times 1}{365}\right)$$

$$\varepsilon_0 = 1.03300$$

Declinación Solar δ

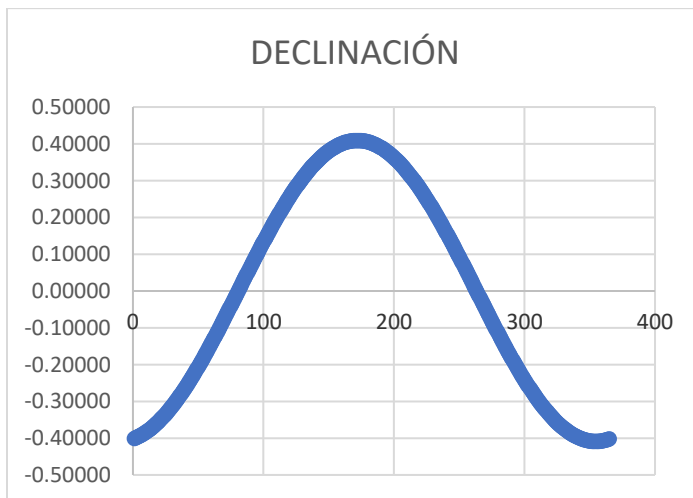
Calculando la declinación

$$\delta = 0,409 \text{sen}\left[\frac{2\pi n}{365} - 1,39\right]$$

$$\delta = -0.40101 \text{ rad}$$

Figura 17

Declinación solar en radianes



Nota: Es la declinación solar (radianes) en los 365 días describe de todo el año gráficamente.

ÁNGULO HORARIO

ω_s el ángulo horario para la salida del Sol, en el día determinado en radianes (Duffie & Beckman, 2020).

$$\omega_s = \cos^{-1}(-\operatorname{tg} \phi \operatorname{tg} \delta)$$

$$\omega_s = \cos^{-1}(-\operatorname{tg}(-0.40101) \operatorname{tg}(-13.52003633))$$

$$\omega_s = 1.67292 \operatorname{rad} / s$$

Finalmente, cálculo de Radiación Solar Extraterrestre

Radiación Solar Extraterrestre

Determinamos H_0 la radiación solar extraterrestre:

$$H_0 = \left(\frac{24 \times 60}{\pi} \right) I_0 \cdot \varepsilon_0 \left[(\omega_s \operatorname{sen} \phi \operatorname{sen} \delta) - (\cos \phi \cos \delta \operatorname{sen} \omega_s) \right]$$

Donde:

$$I_0 = 1\,367 \operatorname{W}/\operatorname{m}^2 \text{ constante solar}$$

$$I_0 = 0.082 \frac{\operatorname{MJ}}{\operatorname{m}^2 d} \text{ constante solar}$$

Determinamos H_0 la radiación solar extraterrestre en $\frac{\operatorname{MJ}}{\operatorname{m}^2 d}$

$$H_0 = \left(\frac{24 \times 60}{\pi} \right) I_0 \cdot \varepsilon_0 \left[(\omega_s \operatorname{sen} \phi \operatorname{sen} \delta) - (\cos \phi \cos \delta \operatorname{sen} \omega_s) \right]$$

$$H_0 = \left(\frac{24 \times 60}{\pi} \right) \cdot (0.082) \cdot (1.03300) \left[1.67292 (\operatorname{sen}(-0.40101) \operatorname{sen}(-13.52003933)) + (\cos(-0.40101) \cos(-13.52003933) \operatorname{sen}(1.67292)) \right]$$

$$H_0 = 34.88960 \frac{\operatorname{MJ}}{\operatorname{m}^2 d}$$

Y finalmente:

Duración del Día(S_0)

$$S_0 = \frac{24}{\pi} \omega_s$$

$$S_0 = \frac{2}{\pi} (1.67292)$$

$$S_0 = 12.78016$$

Realizando todo el procedimiento se ha completado la tabla en Excel tal como se muestra.

Tabla 8

Cálculo de la declinación, ángulo horario, factor de excentricidad, radiación solar extraterrestre y duración del día.

meses	día	Latitud cusco	"n" día de año	Declinación (Radianes)	Angulo Horario (radianes)	factor de excentricidad	H0(MJ/(m ² d))	duración del (S_0) horas
enero	1	-13.52003933	1	-0.40101	1.67292	1.03300	34.88960	12.78016
	2	-13.52003933	2	-0.39956	1.67251	1.03298	34.90952	12.77702

Nota: Cálculo anual. (los datos completos en anexos de años bisiestos más)

Análisis de datos del año 1990 al 2021

A continuación, analizaremos los datos consolidados del año 1990 al 2021

Tabla 9

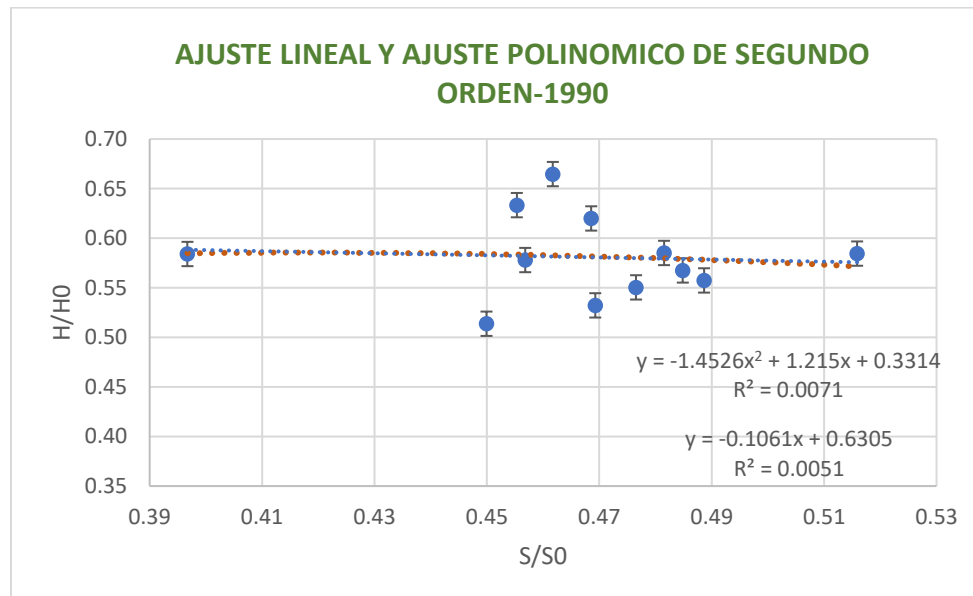
Promedios mensuales de la radiación solar, radiación extraterrestre, horas brillo solar y horas brillo solar máximo - 1990.

MES	H(W/m ²)	H0(W/m ²)	K=H/H0	S(horas)	ωs(rad/s)	So(horas)	i=S/So
Enero	496.774	933.371	0.532	5.96	1.662458	12.70	0.469
Febrero	534.474	914.476	0.584	6.41	1.626500	12.43	0.516
Marzo	487.605	859.252	0.567	5.85	1.579359	12.07	0.485
Abril	445.347	770.563	0.578	5.34	1.530162	11.69	0.457
Mayo	431.743	681.698	0.633	5.18	1.489195	11.38	0.455
Junio	370.795	634.861	0.584	4.45	1.468282	11.22	0.447
Julio	434.274	653.383	0.665	5.21	1.477019	11.28	0.462
Agosto	450.478	726.695	0.620	5.41	1.511360	11.55	0.469
Setiembre	477.701	816.466	0.585	5.73	1.557671	11.90	0.482
Octubre	487.799	886.290	0.550	5.85	1.606906	12.28	0.477
Noviembre	513.696	921.605	0.557	6.16	1.650196	12.61	0.489
Diciembre	479.279	932.967	0.514	5.75	1.672873	12.78	0.450

Nota: Cálculo anual.

Figura 18

Correlación de estimación lineal y cuadrático de los coeficientes de Ångström año 1990.



Nota: El grado de correlación cuadrático es 0.0071 mientras que la correlación de primer grado es 0.0075 eso implicaría que la correlación de segundo tiene mejor correlación que el de primer grado.

Tabla 10

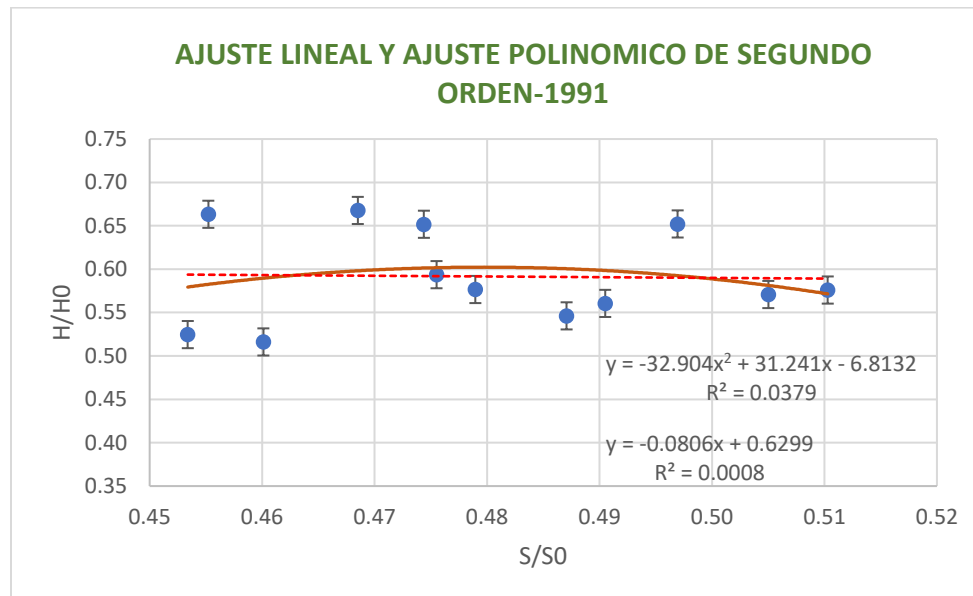
Promedios mensuales de la radiación solar, radiación extraterrestre, horas brillo solar y horas brillo solar máximo-1991.

MES	H(W/m ²)	H0(W/m ²)	K=H/H0	S(horas)	ωs(rad/s)	So(horas)	i=S/So
Enero	481.556	933.020	0.516	5.78	1.662458	12.70	0.455
Febrero	499.611	914.716	0.546	5.99	1.626500	12.43	0.482
Marzo	451.150	860.006	0.525	5.41	1.579359	12.07	0.448
Abril	458.063	771.605	0.594	5.5	1.530162	11.69	0.471
Mayo	444.713	682.318	0.652	5.34	1.489195	11.38	0.469
Junio	420.980	634.715	0.663	5.05	1.468282	11.22	0.450
Julio	436.051	653.076	0.668	5.23	1.477019	11.28	0.464
Agosto	473.641	726.299	0.652	5.68	1.511360	11.55	0.492
Setiembre	470.332	815.748	0.577	5.64	1.557671	11.90	0.474
Octubre	496.393	885.566	0.561	5.96	1.606906	12.28	0.486
Noviembre	530.934	921.844	0.576	6.37	1.650196	12.61	0.505
Diciembre	532.146	932.295	0.571	6.39	1.672873	12.78	0.500

Nota: Cálculo anual.

Figura 19

Correlación de estimación lineal y cuadrático de los coeficientes de Ångström año 1991.



Nota: El grado de correlación cuadrático es 0.0379 mientras que la correlación de primer grado es 0.0008 eso implicaría que la correlación de segundo tiene mejor correlación que el de primer grado.

Tabla 11

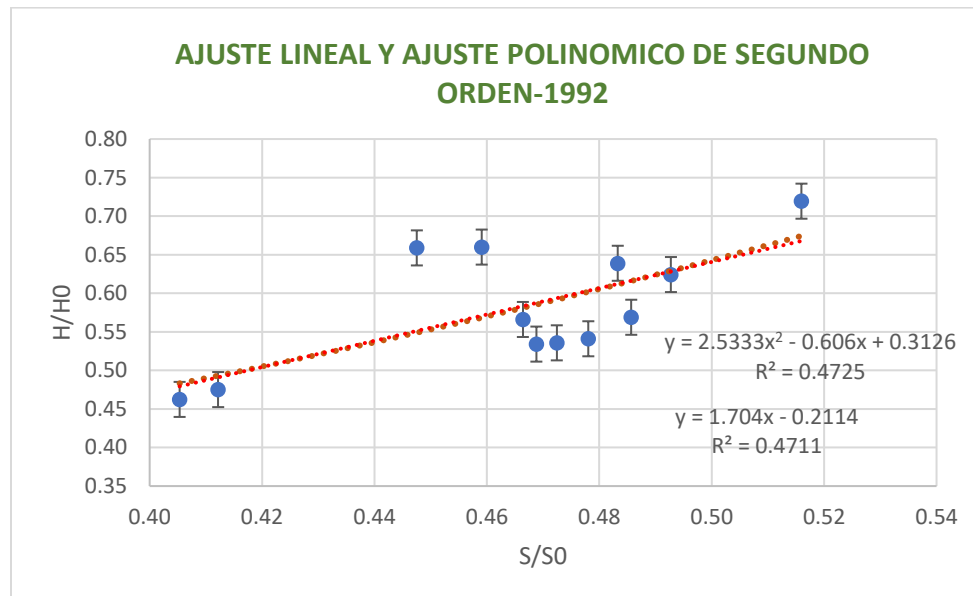
Promedios mensuales de la radiación solar, radiación extraterrestre, horas brillo solar y horas brillo solar máximo-1992.

MES	H(W/m ²)	H0(W/m ²)	K=H/H0	S(horas)	ωs(rad/s)	So(horas)	i=S/So
Enero	500.105	933.490	0.536	6	1.662458	12.70	0.472
Febrero	494.652	914.312	0.541	5.94	1.626500	12.43	0.478
Marzo	488.224	858.199	0.569	5.86	1.579359	12.07	0.486
Abril	479.915	768.773	0.624	5.76	1.530162	11.69	0.493
Mayo	489.449	680.354	0.719	5.87	1.489195	11.38	0.516
Junio	417.924	634.344	0.659	5.02	1.468282	11.22	0.448
Julio	431.661	654.137	0.660	5.18	1.477019	11.28	0.459
Agosto	465.226	728.181	0.639	5.58	1.511360	11.55	0.483
Setiembre	462.716	817.469	0.566	5.55	1.557671	11.90	0.466
Octubre	421.311	886.746	0.475	5.06	1.606906	12.28	0.412
Noviembre	492.407	921.952	0.534	5.91	1.650196	12.61	0.469
Diciembre	431.295	932.758	0.462	5.18	1.672873	12.78	0.405

Nota: Cálculo anual.

Figura 20

Correlación de estimación lineal y cuadrático de los coeficientes de Ångström año 1992.



Nota: El grado de correlación cuadrático es 0.4725 mientras que la correlación de primer grado es 0.4711 eso implicaría que la correlación de segundo tiene mejor correlación que el de primer grado.

Tabla 12

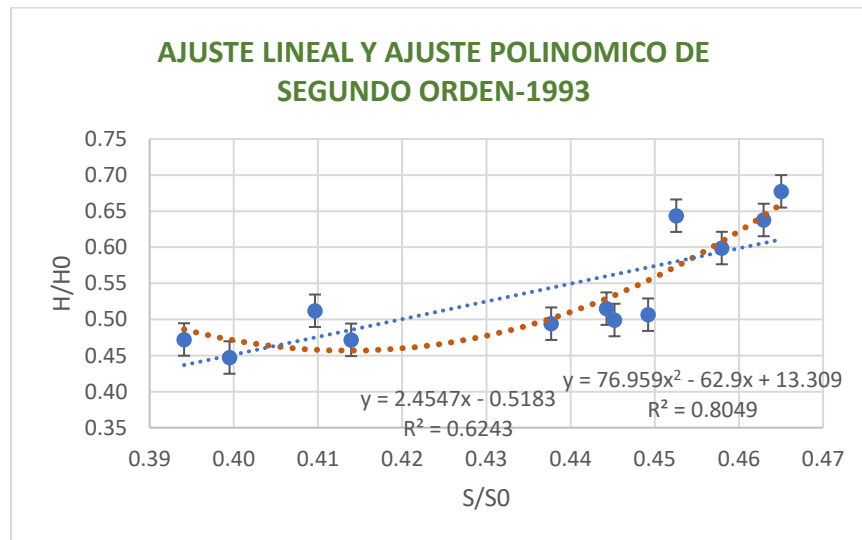
Promedios mensuales de la radiación solar, radiación extraterrestre, horas brillo solar y horas brillo solar máximo-1993.

MES	H(W/m ²)	H0(W/m ²)	K=H/H0	S(horas)	ωs(rad/s)	So(horas)	i=S/So
Enero	417.286	933.035	0.447	5.01	1.662458	12.70	0.394
Febrero	456.052	913.624	0.499	5.47	1.626500	12.43	0.440
Marzo	442.040	858.408	0.515	5.3	1.579359	12.07	0.439
Abril	393.943	769.421	0.512	4.73	1.530162	11.69	0.405
Mayo	434.237	680.817	0.638	5.21	1.489195	11.38	0.458
Junio	429.784	634.367	0.678	5.16	1.468282	11.22	0.460
Julio	420.803	653.644	0.644	5.05	1.477019	11.28	0.448
Agosto	435.685	727.464	0.599	5.23	1.511360	11.55	0.453
Setiembre	385.648	816.682	0.472	4.63	1.557671	11.90	0.389
Octubre	418.048	886.238	0.472	5.02	1.606906	12.28	0.409
Noviembre	466.860	921.590	0.507	5.6	1.650196	12.61	0.444
Diciembre	460.723	932.445	0.494	5.53	1.672873	12.78	0.433

Nota: Cálculo anual.

Figura 21

Correlación de estimación lineal y cuadrático de los coeficientes de Ångström año 1993.



Nota: El grado de correlación cuadrático es 0.8049 mientras que la correlación de primer grado es 0.6243 eso implicaría que la correlación de segundo tiene mejor correlación que el de primer grado, además a mejorado el grado de correlación del método con respecto a los años anteriores.

Tabla 13

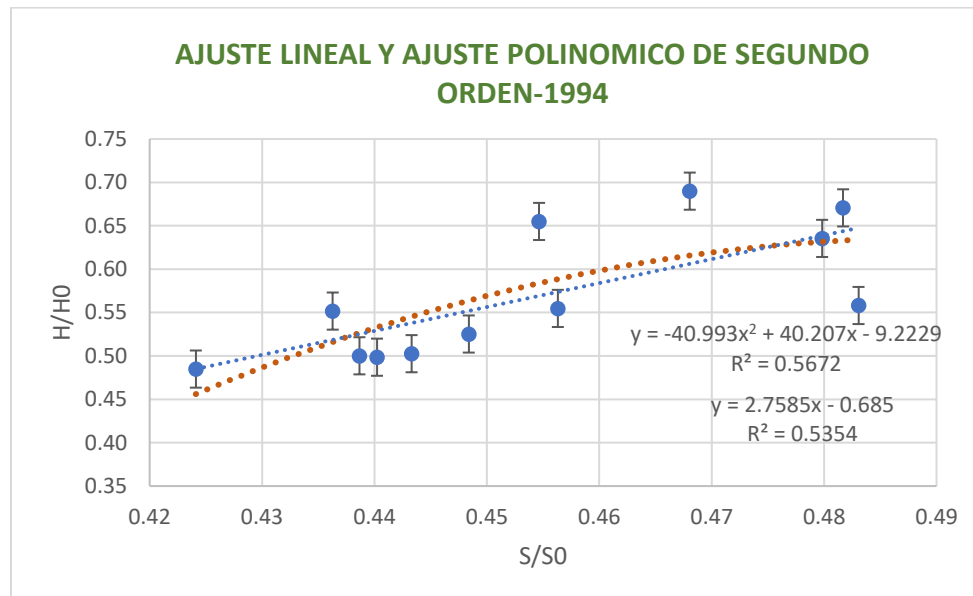
Promedios mensuales de la radiación solar, radiación extraterrestre, horas brillo solar y horas brillo solar máximo-1994.

MES	H(W/m ²)	H0(W/m ²)	K=H/H0	S(horas)	ωs(rad/s)	So(horas)	i=S/So
Enero	468.787	932.743	0.503	5.63	1.662458	12.70	0.443
Febrero	455.688	914.063	0.499	5.47	1.626500	12.43	0.440
Marzo	451.172	858.938	0.525	5.41	1.579359	12.07	0.448
Abril	424.815	770.023	0.552	5.1	1.530162	11.69	0.436
Mayo	456.892	681.265	0.671	5.48	1.489195	11.38	0.482
Junio	437.662	634.375	0.690	5.25	1.468282	11.22	0.468
Julio	427.800	653.129	0.655	5.13	1.477019	11.28	0.455
Agosto	461.708	726.568	0.635	5.54	1.511360	11.55	0.480
Setiembre	452.585	815.818	0.555	5.43	1.557671	11.90	0.456
Octubre	494.400	885.827	0.558	5.93	1.606906	12.28	0.483
Noviembre	460.887	921.474	0.500	5.53	1.650196	12.61	0.439
Diciembre	452.031	932.288	0.485	5.42	1.672873	12.78	0.424

Nota: Cálculo anual.

Figura 22

Correlación de estimación lineal y cuadrático de los coeficientes de Ångström año 1994.



Nota: El grado de correlación cuadrático es 0.5672 mientras que la correlación de primer grado es 0.5354 eso implicaría que la correlación de segundo tiene mejor correlación que el de primer grado.

Tabla 14

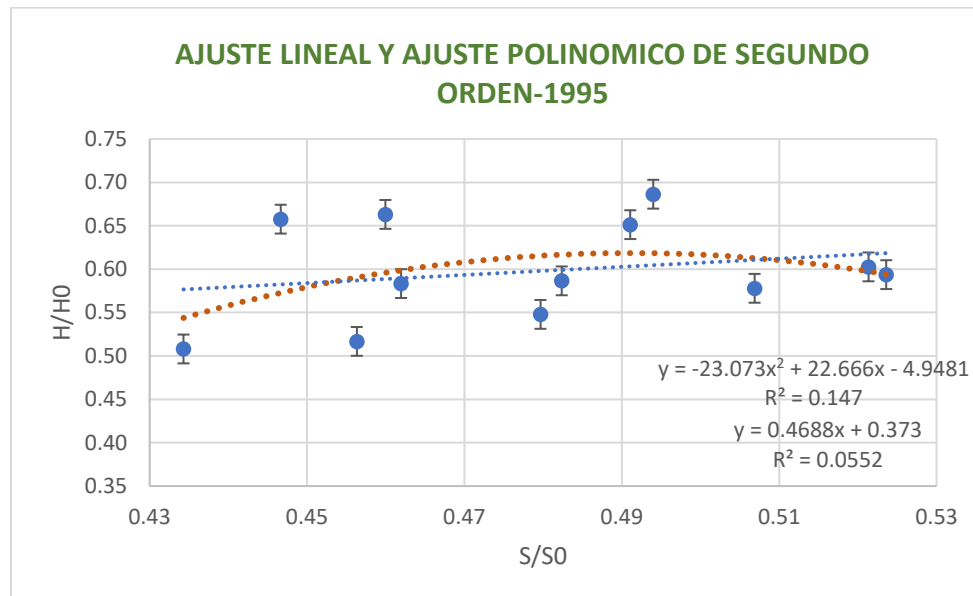
Promedios mensuales de la radiación solar, radiación extraterrestre, horas brillo solar y horas brillo solar máximo-1995.

MES	H(W/m ²)	H0(W/m ²)	K=H/H0	S(horas)	ωs(rad/s)	So(horas)	i=S/So
Enero	553.823	932.826	0.594	6.65	1.662458	12.70	0.524
Febrero	472.412	914.170	0.517	5.67	1.626500	12.43	0.456
Marzo	436.604	859.394	0.508	5.24	1.579359	12.07	0.434
Abril	449.637	770.733	0.583	5.4	1.530162	11.69	0.462
Mayo	467.958	681.780	0.686	5.62	1.489195	11.38	0.494
Junio	417.230	634.429	0.658	5.01	1.468282	11.22	0.447
Julio	432.773	652.643	0.663	5.19	1.477019	11.28	0.460
Agosto	472.782	725.896	0.651	5.67	1.511360	11.55	0.491
Setiembre	478.156	815.185	0.587	5.74	1.557671	11.90	0.482
Octubre	533.542	885.342	0.603	6.4	1.606906	12.28	0.521
Noviembre	532.446	921.265	0.578	6.39	1.650196	12.61	0.507
Diciembre	510.760	932.243	0.548	6.13	1.672873	12.78	0.480

Nota: Cálculo anual.

Figura 23

Correlación de estimación lineal y cuadrático de los coeficientes de Ångström año 1995.



Nota: El grado de correlación cuadrático es 0.147 mientras que la correlación de primer grado es 0.0552 eso implicaría que la correlación de segundo tiene mejor correlación que el de primer grado.

Tabla 15

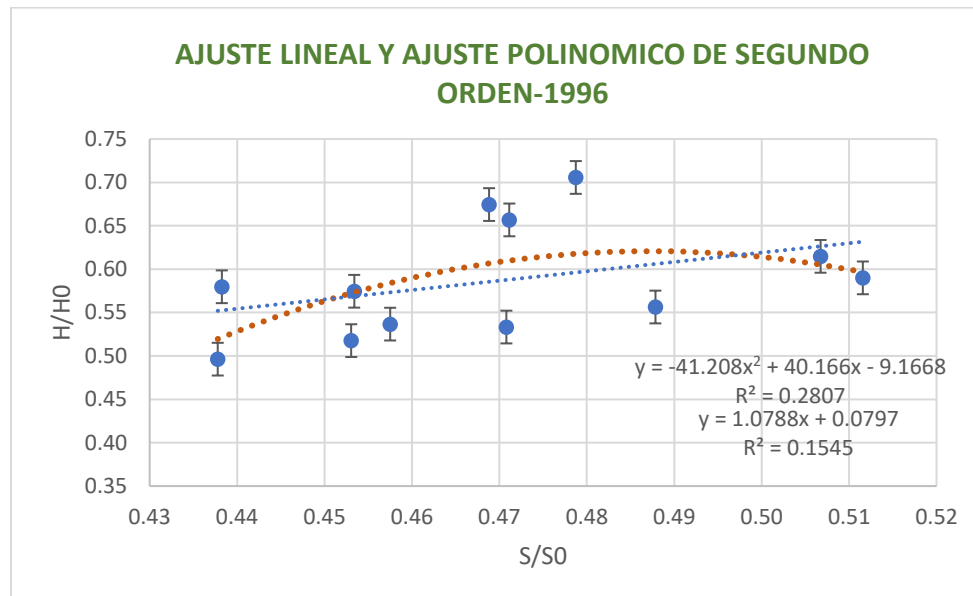
Promedios mensuales de la radiación solar, radiación extraterrestre, horas brillo solar y horas brillo solar máximo-1996.

MES	H(W/m ²)	H0(W/m ²)	K=H/H0	S(horas)	ωs(rad/s)	So(horas)	i=S/So
Enero	462.963	932.855	0.496	5.56	1.662458	12.70	0.438
Febrero	487.308	913.737	0.533	5.85	1.626500	12.43	0.471
Marzo	460.148	857.407	0.537	5.52	1.579359	12.07	0.458
Abril	441.404	768.272	0.575	5.3	1.530162	11.69	0.453
Mayo	446.602	679.988	0.657	5.36	1.489195	11.38	0.471
Junio	447.461	634.074	0.706	5.37	1.468282	11.22	0.479
Julio	441.002	653.853	0.674	5.29	1.477019	11.28	0.469
Agosto	422.036	727.994	0.580	5.06	1.511360	11.55	0.438
Setiembre	502.415	817.238	0.615	6.03	1.557671	11.90	0.507
Octubre	523.126	886.694	0.590	6.28	1.606906	12.28	0.512
Noviembre	512.770	921.605	0.556	6.15	1.650196	12.61	0.488
Diciembre	482.706	932.534	0.518	5.79	1.672873	12.78	0.453

Nota: Cálculo anual.

Figura 24

Correlación de estimación lineal y cuadrático de los coeficientes de Ångström año 1996.



Nota: El grado de correlación cuadrático es 0.2807 mientras que la correlación de primer grado es 0.1545 eso implicaría que la correlación de segundo tiene mejor correlación que el de primer grado.

Tabla 16

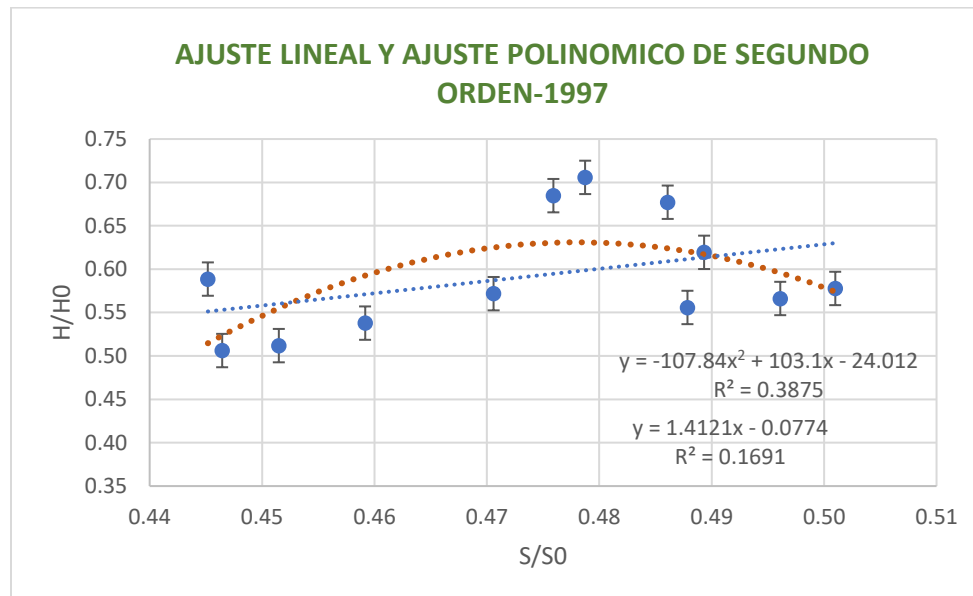
Promedios mensuales de la radiación solar, radiación extraterrestre, horas brillo solar y horas brillo solar máximo-1997.

MES	H(W/m ²)	H0(W/m ²)	K=H/H0	S(horas)	ωs(rad/s)	So(horas)	i=S/So
Enero	472.177	932.766	0.506	5.67	1.662458	12.70	0.446
Febrero	467.675	913.633	0.512	5.61	1.626500	12.43	0.451
Marzo	461.544	858.147	0.538	5.54	1.579359	12.07	0.459
Abril	476.381	769.105	0.619	5.72	1.530162	11.69	0.489
Mayo	460.865	680.600	0.677	5.53	1.489195	11.38	0.486
Junio	447.631	634.236	0.706	5.37	1.468282	11.22	0.479
Julio	447.506	653.554	0.685	5.37	1.477019	11.28	0.476
Agosto	428.121	727.375	0.589	5.14	1.511360	11.55	0.445
Setiembre	466.906	816.613	0.572	5.6	1.557671	11.90	0.471
Octubre	512.209	886.499	0.578	6.15	1.606906	12.28	0.501
Noviembre	512.361	921.713	0.556	6.15	1.650196	12.61	0.488
Diciembre	528.069	932.639	0.566	6.34	1.672873	12.78	0.496

Nota: Cálculo anual.

Figura 25

Correlación de estimación lineal y cuadrático de los coeficientes de Ångström año 1997.



Nota: El grado de correlación cuadrático es 0.3875 mientras que la correlación de primer grado es 0.1691 eso implicaría que la correlación de segundo tiene mejor correlación que el de primer grado.

Tabla 17

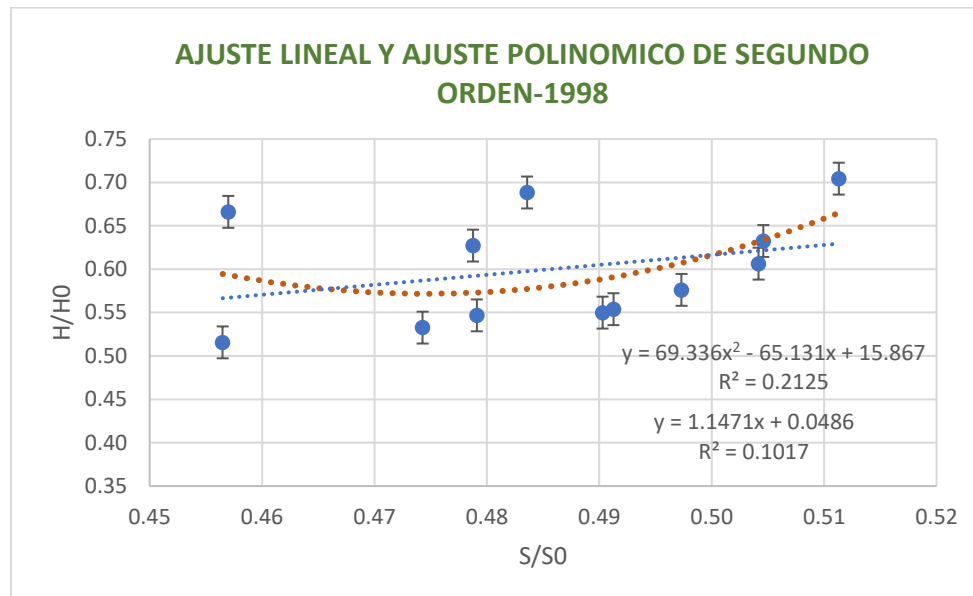
Promedios mensuales de la radiación solar, radiación extraterrestre, horas brillo solar y horas brillo solar máximo-1998.

MES	H(W/m ²)	H0(W/m ²)	K=H/H0	S(horas)	ωs(rad/s)	So(horas)	i=S/So
Enero	496.998	933.042	0.533	5.96	1.662458	12.70	0.469
Febrero	502.703	914.104	0.550	6.03	1.626500	12.43	0.485
Marzo	494.803	858.804	0.576	5.94	1.579359	12.07	0.492
Abril	487.052	770.085	0.632	5.84	1.530162	11.69	0.500
Mayo	479.869	681.332	0.704	5.76	1.489195	11.38	0.506
Junio	422.623	634.529	0.666	5.07	1.468282	11.22	0.452
Julio	449.843	653.495	0.688	5.4	1.477019	11.28	0.479
Agosto	455.892	726.882	0.627	5.47	1.511360	11.55	0.474
Setiembre	494.931	816.219	0.606	5.94	1.557671	11.90	0.499
Octubre	484.610	886.343	0.547	5.82	1.606906	12.28	0.474
Noviembre	510.586	921.813	0.554	6.13	1.650196	12.61	0.486
Diciembre	481.056	932.930	0.516	5.77	1.672873	12.78	0.451

Nota: Cálculo anual.

Figura 26

Correlación de estimación lineal y cuadrático de los coeficientes de Ångström año 1998.



Nota: El grado de correlación cuadrático es 0.2125 mientras que la correlación de primer grado es 0.1017 eso implicaría que la correlación de segundo tiene mejor correlación que el de primer grado.

Tabla 18

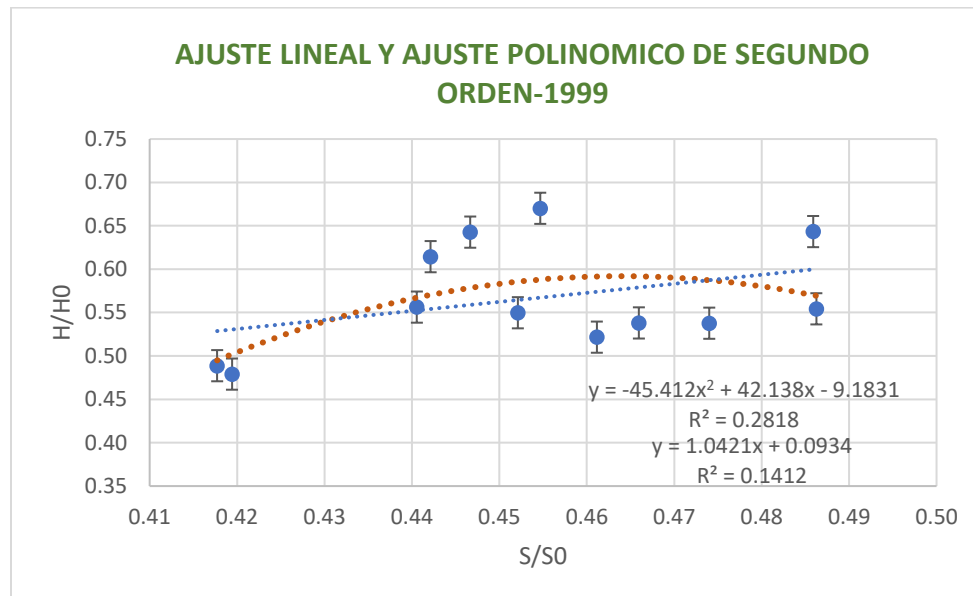
Promedios mensuales de la radiación solar, radiación extraterrestre, horas brillo solar y horas brillo solar máximo-1999.

MES	H(W/m ²)	H0(W/m ²)	K=H/H0	S(horas)	ωs(rad/s)	So(horas)	i=S/So
Enero	501.874	933.348	0.538	6.02	1.662458	12.70	0.474
Febrero	477.125	914.666	0.522	5.73	1.626500	12.43	0.461
Marzo	420.251	859.842	0.489	5.04	1.579359	12.07	0.418
Abril	428.889	770.995	0.556	5.15	1.530162	11.69	0.441
Mayo	419.123	682.146	0.614	5.03	1.489195	11.38	0.442
Junio	425.378	634.745	0.670	5.1	1.468282	11.22	0.455
Julio	419.758	653.121	0.643	5.04	1.477019	11.28	0.447
Agosto	467.316	726.404	0.643	5.61	1.511360	11.55	0.486
Setiembre	448.526	815.849	0.550	5.38	1.557671	11.90	0.452
Octubre	476.591	885.790	0.538	5.72	1.606906	12.28	0.466
Noviembre	510.841	921.605	0.554	6.13	1.650196	12.61	0.486
Diciembre	446.886	932.878	0.479	5.36	1.672873	12.78	0.419

Nota: Cálculo anual.

Figura 27

Correlación de estimación lineal y cuadrático de los coeficientes de Ångström año 1999.



Nota: El grado de correlación cuadrático es 0.2818 mientras que la correlación de primer grado es 0.1412 eso implicaría que la correlación de segundo tiene mejor correlación que el de primer grado.

Tabla 19

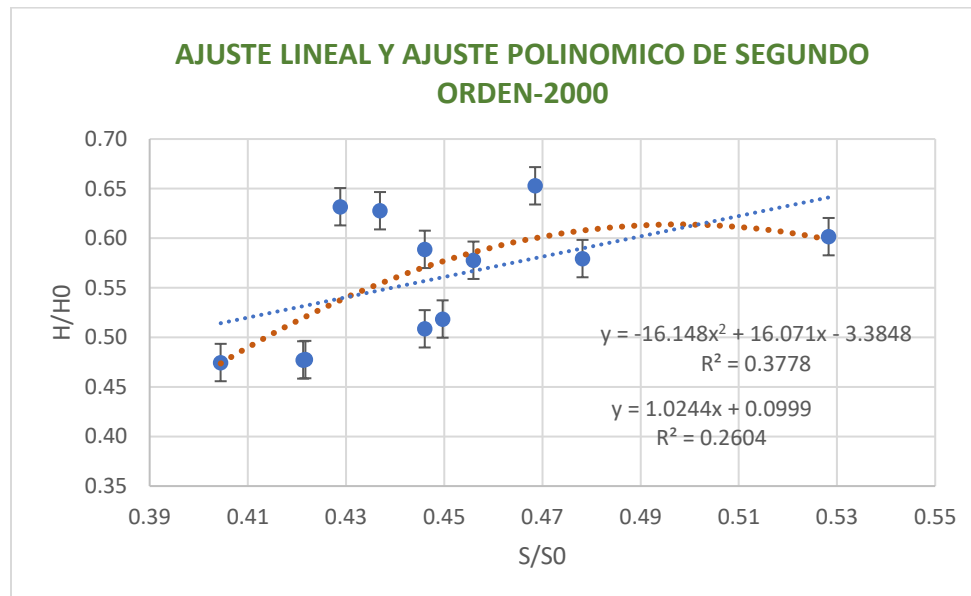
Promedios mensuales de la radiación solar, radiación extraterrestre, horas brillo solar y horas brillo solar máximo-2000.

MES	H(W/m ²)	H0(W/m ²)	K=H/H0	S(horas)	ωs(rad/s)	So(horas)	i=S/So
Enero	445.505	933.595	0.477	5.35	1.662458	12.70	0.421
Febrero	436.750	914.488	0.478	5.24	1.626500	12.43	0.422
Marzo	407.101	857.788	0.475	4.88	1.579359	12.07	0.404
Abril	444.113	768.711	0.578	5.33	1.530162	11.69	0.456
Mayo	444.093	680.264	0.653	5.33	1.489195	11.38	0.469
Junio	400.779	634.421	0.632	4.81	1.468282	11.22	0.429
Julio	410.775	654.428	0.628	4.93	1.477019	11.28	0.437
Agosto	429.077	728.816	0.589	5.15	1.511360	11.55	0.446
Setiembre	473.835	817.770	0.579	5.69	1.557671	11.90	0.478
Octubre	460.223	887.642	0.518	5.52	1.606906	12.28	0.450
Noviembre	554.923	922.492	0.602	6.66	1.650196	12.61	0.528
Diciembre	474.694	933.318	0.509	5.7	1.672873	12.78	0.446

Nota: Cálculo anual.

Figura 28

Correlación de estimación lineal y cuadrático de los coeficientes de Ångström año 2000.



Nota: El grado de correlación cuadrático es 0.3778 mientras que la correlación de primer grado es 0.2604 eso implicaría que la correlación de segundo tiene mejor correlación que el de primer grado.

Tabla 20

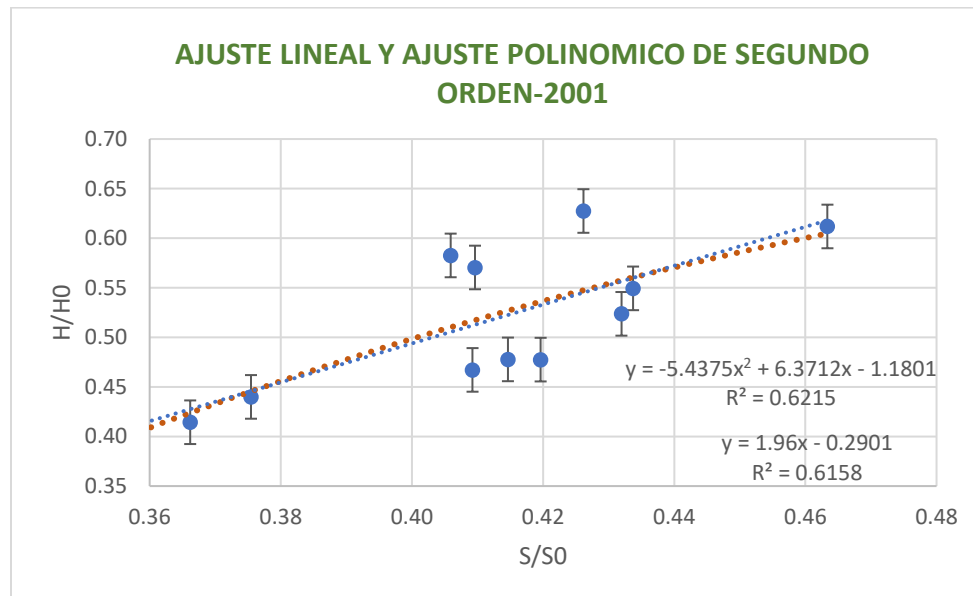
Promedios mensuales de la radiación solar, radiación extraterrestre, horas brillo solar y horas brillo solar máximo-2001.

MES	H(W/m ²)	H0(W/m ²)	K=H/H0	S(horas)	ωs(rad/s)	So(horas)	i=S/So
Enero	377.808	933.826	0.405	4.53	1.662458	12.70	0.357
Febrero	378.877	914.311	0.414	4.55	1.626500	12.43	0.366
Marzo	377.472	858.005	0.440	4.53	1.579359	12.07	0.375
Abril	422.361	768.773	0.549	5.07	1.530162	11.69	0.434
Mayo	388.269	680.623	0.570	4.66	1.489195	11.38	0.410
Junio	398.171	634.614	0.627	4.78	1.468282	11.22	0.426
Julio	381.310	654.503	0.583	4.58	1.477019	11.28	0.406
Agosto	445.579	728.286	0.612	5.35	1.511360	11.55	0.463
Setiembre	428.025	817.292	0.524	5.14	1.557671	11.90	0.432
Octubre	423.872	887.186	0.478	5.09	1.606906	12.28	0.415
Noviembre	440.448	922.338	0.478	5.29	1.650196	12.61	0.420
Diciembre	436.134	933.580	0.467	5.23	1.672873	12.78	0.409

Nota: Cálculo anual.

Figura 29

Correlación de estimación lineal y cuadrático de los coeficientes de Ångström año 2001.



Nota: El grado de correlación cuadrático es 0.6215 mientras que la correlación de primer grado es 0.6158 eso implicaría que la correlación de segundo tiene mejor correlación que el de primer grado.

Tabla 21

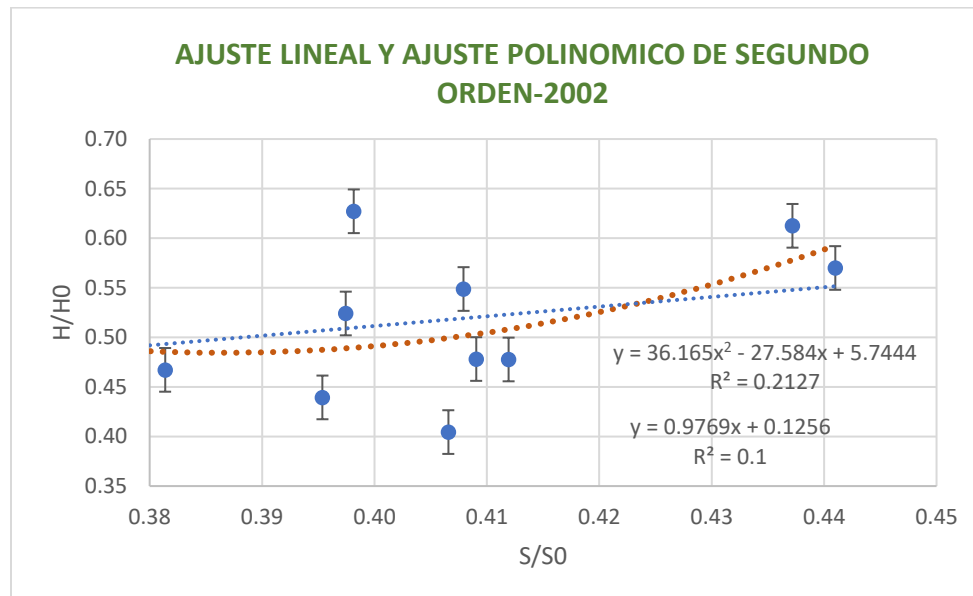
Promedios mensuales de la radiación solar, radiación extraterrestre, horas brillo solar y horas brillo solar máximo-2002.

MES	H(W/m ²)	H0(W/m ²)	K=H/H0	S(horas)	ωs(rad/s)	So(horas)	i=S/So
Enero	377.808	934.102	0.404	5.1	1.662458	12.70	0.402
Febrero	378.877	914.749	0.414	4.46	1.626500	12.43	0.359
Marzo	377.472	859.005	0.439	4.71	1.579359	12.07	0.390
Abril	422.361	769.676	0.549	4.71	1.530162	11.69	0.403
Mayo	388.269	681.235	0.570	4.96	1.489195	11.38	0.436
Junio	398.171	634.907	0.627	4.41	1.468282	11.22	0.393
Julio	381.310	653.823	0.583	4	1.477019	11.28	0.384
Agosto	445.579	727.501	0.612	4.99	1.511360	11.55	0.432
Setiembre	428.025	816.744	0.524	4.67	1.557671	11.90	0.392
Octubre	423.872	886.514	0.478	4.96	1.606906	12.28	0.404
Noviembre	440.448	922.029	0.478	5.13	1.650196	12.61	0.407
Diciembre	436.134	933.505	0.467	4.81	1.672873	12.78	0.376

Nota: Cálculo anual.

Figura 30

Correlación de estimación lineal y cuadrático de los coeficientes de Ångström año 2002.



Nota: El grado de correlación cuadrático es 0.2127 mientras que la correlación de primer grado es 0.1 eso implicaría que la correlación de segundo tiene mejor correlación que el de primer grado.

Tabla 22

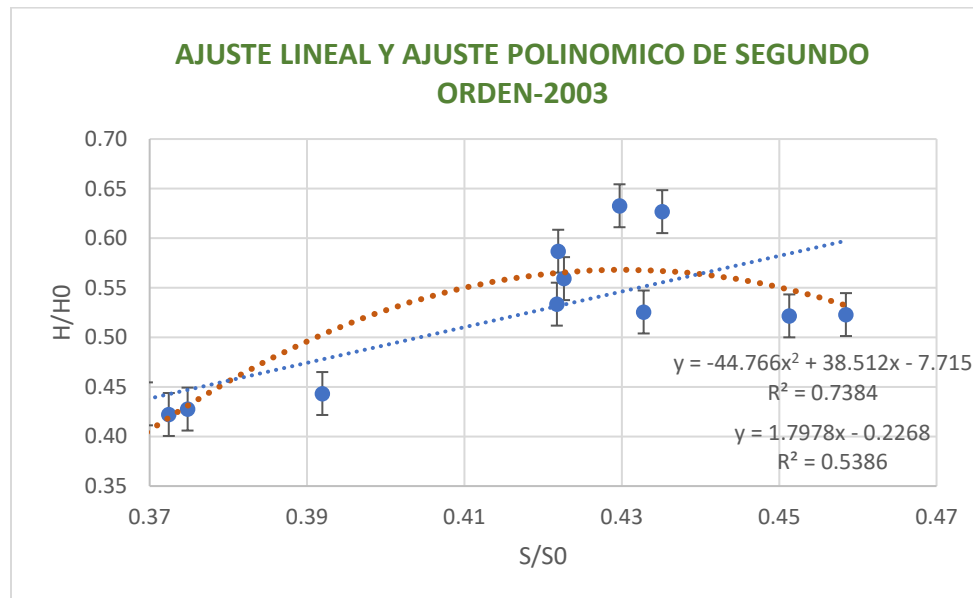
Promedios mensuales de la radiación solar, radiación extraterrestre, horas brillo solar y horas brillo solar máximo-2003.

MES	H(W/m ²)	H0(W/m ²)	K=H/H0	S(horas)	ωs(rad/s)	So(horas)	i=S/So
Enero	394.213	933.751	0.422	4.73	1.662458	12.70	0.372
Febrero	405.522	914.691	0.443	4.87	1.626500	12.43	0.392
Marzo	371.901	859.028	0.433	4.46	1.579359	12.07	0.370
Abril	410.880	770.201	0.533	4.93	1.530162	11.69	0.422
Mayo	399.985	681.571	0.587	4.8	1.489195	11.38	0.422
Junio	401.566	634.684	0.633	4.82	1.468282	11.22	0.430
Julio	409.558	653.435	0.627	4.91	1.477019	11.28	0.435
Agosto	406.459	726.829	0.559	4.88	1.511360	11.55	0.423
Setiembre	428.881	816.026	0.526	5.15	1.557671	11.90	0.433
Octubre	461.828	885.342	0.522	5.54	1.606906	12.28	0.451
Noviembre	481.983	921.659	0.523	5.78	1.650196	12.61	0.458
Diciembre	399.029	933.072	0.428	4.79	1.672873	12.78	0.375

Nota: Cálculo anual.

Figura 31

Correlación de estimación lineal y cuadrático de los coeficientes de Ångström año 2003.



Nota: El grado de correlación cuadrático es 0.7384 mientras que la correlación de primer grado es 0.5386 eso implicaría que la correlación de segundo tiene mejor correlación que el de primer grado.

Tabla 23

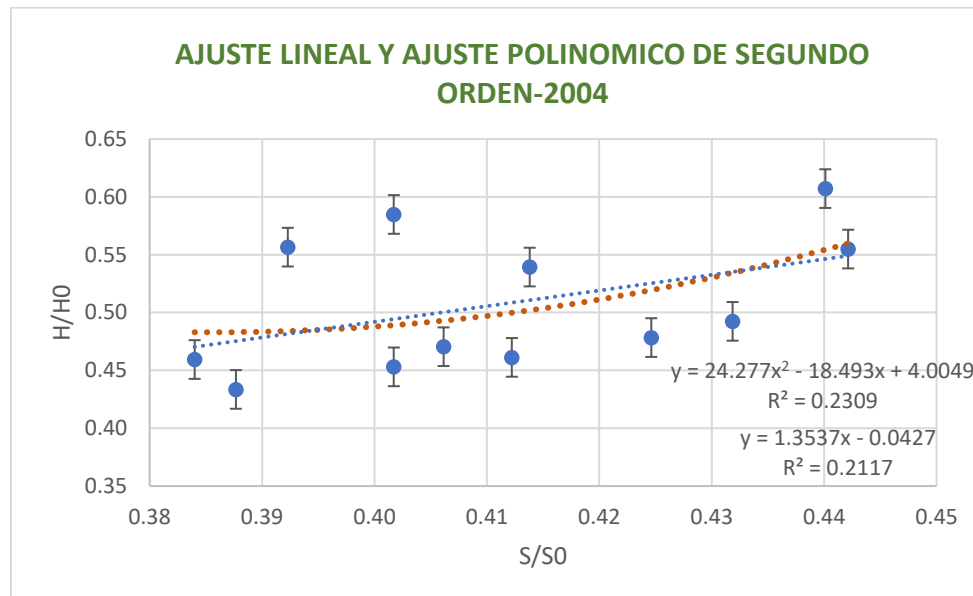
Promedios mensuales de la radiación solar, radiación extraterrestre, horas brillo solar y horas brillo solar máximo-2004.

MES	H(W/m ²)	H0(W/m ²)	K=H/H0	S(horas)	ωs(rad/s)	So(horas)	i=S/So
Enero	404.659	933.348	0.434	4.86	1.662458	12.70	0.383
Febrero	421.520	913.881	0.461	5.06	1.626500	12.43	0.407
Marzo	403.241	857.094	0.470	4.84	1.579359	12.07	0.401
Abril	426.034	767.793	0.555	5.11	1.530162	11.69	0.437
Mayo	412.649	679.667	0.607	4.95	1.489195	11.38	0.435
Junio	370.926	634.290	0.585	4.45	1.468282	11.22	0.427
Julio	364.217	654.443	0.557	4.37	1.477019	11.28	0.417
Agosto	393.033	728.749	0.539	4.72	1.511360	11.55	0.409
Setiembre	375.741	817.917	0.459	4.51	1.557671	11.90	0.419
Octubre	436.850	887.194	0.492	5.24	1.606906	12.28	0.427
Noviembre	441.127	922.122	0.478	5.29	1.650196	12.61	0.420
Diciembre	422.767	933.139	0.453	5.07	1.672873	12.78	0.397

Nota: Cálculo anual.

Figura 32

Correlación de estimación lineal y cuadrático de los coeficientes de Ångström año 2004.



Nota: El grado de correlación cuadrático es 0.2309 mientras que la correlación de primer grado es 0.2117 eso implicaría que la correlación de segundo tiene mejor correlación que el de primer grado.

Tabla 24

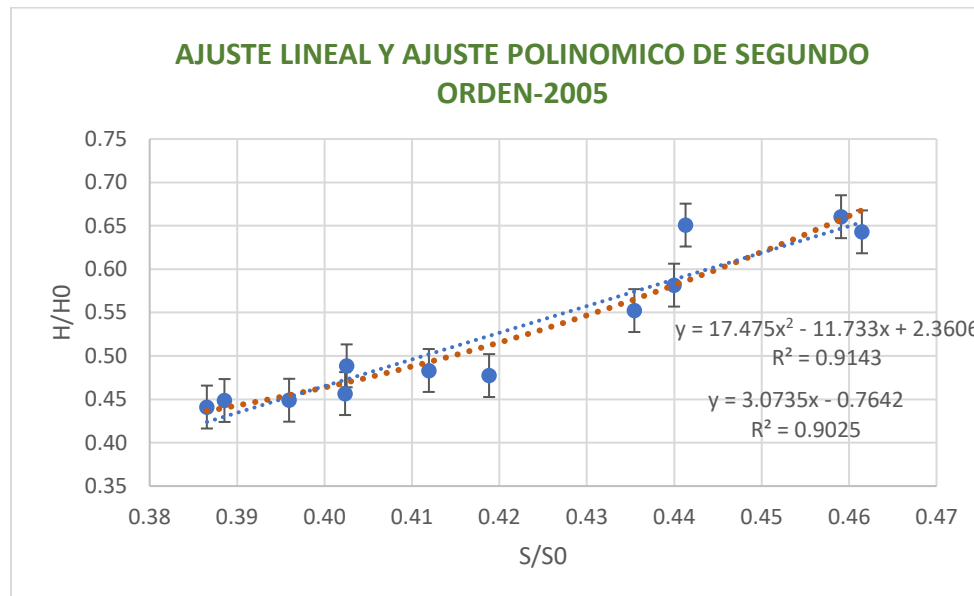
Promedios mensuales de la radiación solar, radiación extraterrestre, horas brillo solar y horas brillo solar máximo-2005.

MES	H(W/m ²)	H0(W/m ²)	K=H/H0	S(horas)	ωs(rad/s)	So(horas)	i=S/So
Enero	425.993	932.938	0.457	5.11	1.662458	12.70	0.402
Febrero	410.111	913.500	0.449	4.92	1.626500	12.43	0.396
Marzo	414.389	857.549	0.483	4.97	1.579359	12.07	0.412
Abril	424.344	768.372	0.552	5.09	1.530162	11.69	0.435
Mayo	437.336	680.122	0.643	5.25	1.489195	11.38	0.461
Junio	412.809	634.306	0.651	4.95	1.468282	11.22	0.441
Julio	432.042	654.137	0.660	5.18	1.477019	11.28	0.459
Agosto	423.477	728.136	0.582	5.08	1.511360	11.55	0.440
Setiembre	399.228	817.114	0.489	4.79	1.557671	11.90	0.403
Octubre	397.782	886.664	0.449	4.77	1.606906	12.28	0.389
Noviembre	440.031	921.798	0.477	5.28	1.650196	12.61	0.419
Diciembre	411.462	932.818	0.441	4.94	1.672873	12.78	0.387

Nota: Cálculo anual.

Figura 33

Correlación de estimación lineal y cuadrático de los coeficientes de Ångström año 2005.



Nota: El grado de correlación cuadrático es 0.9143 mientras que la correlación de primer grado es 0.9025 eso implicaría que la correlación de segundo tiene mejor correlación que el de primer grado.

Tabla 25

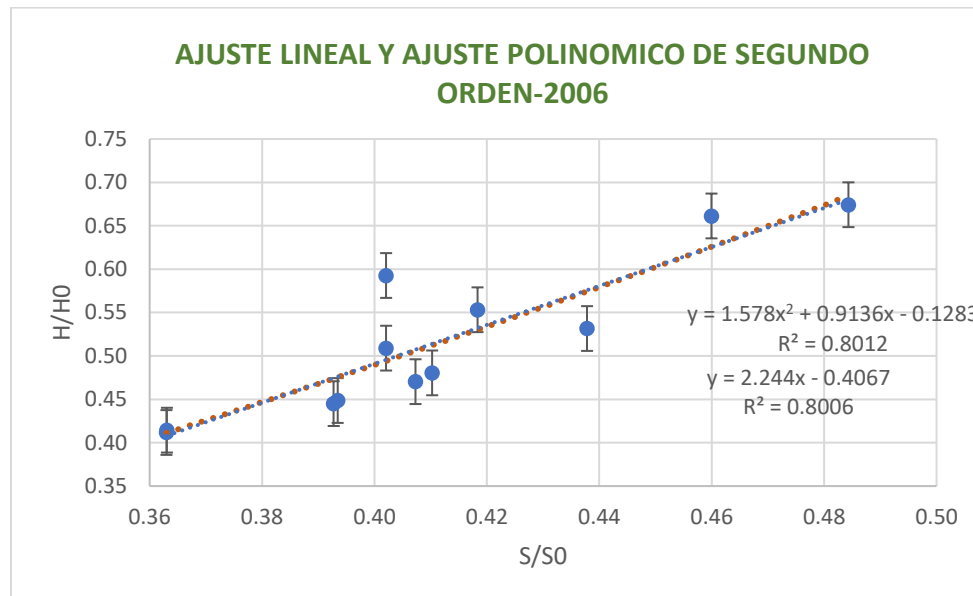
Promedios mensuales de la radiación solar, radiación extraterrestre, horas brillo solar y horas brillo solar máximo-2006.

MES	H(W/m ²)	H0(W/m ²)	K=H/H0	S(horas)	ωs(rad/s)	So(horas)	i=S/So
Enero	384.207	933.079	0.412	4.61	1.662458	12.70	0.363
Febrero	406.672	913.765	0.445	4.88	1.626500	12.43	0.393
Marzo	412.283	858.094	0.480	4.95	1.579359	12.07	0.410
Abril	391.466	769.120	0.509	4.7	1.530162	11.69	0.402
Mayo	459.080	680.847	0.674	5.51	1.489195	11.38	0.484
Junio	376.042	634.460	0.593	4.51	1.468282	11.22	0.402
Julio	432.310	653.689	0.661	5.19	1.477019	11.28	0.460
Agosto	402.345	727.255	0.553	4.83	1.511360	11.55	0.418
Setiembre	433.974	816.381	0.532	5.21	1.557671	11.90	0.438
Octubre	416.771	886.081	0.470	5	1.606906	12.28	0.407
Noviembre	413.387	921.466	0.449	4.96	1.650196	12.61	0.393
Diciembre	386.522	932.631	0.414	4.64	1.672873	12.78	0.363

Nota: Cálculo anual.

Figura 34

Correlación de estimación lineal y cuadrático de los coeficientes de Ångström año 2006.



Nota: El grado de correlación cuadrático es 0.8012 mientras que la correlación de primer grado es 0.8006 eso implicaría que la correlación de segundo tiene igual correlación que el de primer grado.

Tabla 26

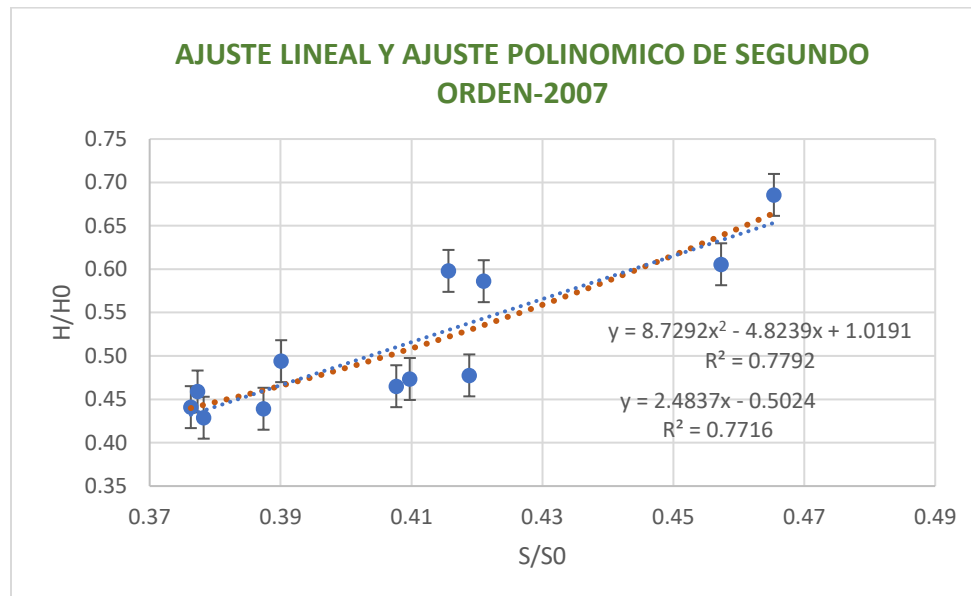
Promedios mensuales de la radiación solar, radiación extraterrestre, horas brillo solar y horas brillo solar máximo-2007.

MES	H(W/m ²)	H0(W/m ²)	K=H/H0	S(horas)	ωs(rad/s)	So(horas)	i=S/So
Enero	409.685	932.975	0.439	4.92	1.662458	12.70	0.387
Febrero	391.915	913.963	0.429	4.7	1.626500	12.43	0.378
Marzo	378.681	858.699	0.441	4.54	1.579359	12.07	0.376
Abril	380.255	769.830	0.494	4.56	1.530162	11.69	0.390
Mayo	399.350	681.295	0.586	4.79	1.489195	11.38	0.421
Junio	435.015	634.506	0.686	5.22	1.468282	11.22	0.465
Julio	390.666	653.271	0.598	4.69	1.477019	11.28	0.416
Agosto	440.039	726.538	0.606	5.28	1.511360	11.55	0.457
Setiembre	374.375	815.586	0.459	4.49	1.557671	11.90	0.377
Octubre	419.243	885.566	0.473	5.03	1.606906	12.28	0.410
Noviembre	440.008	921.335	0.478	5.28	1.650196	12.61	0.419
Diciembre	433.789	932.669	0.465	5.21	1.672873	12.78	0.408

Nota: Cálculo anual.

Figura 35

Correlación de estimación lineal y cuadrático de los coeficientes de Ångström año 2007.



Nota: El grado de correlación cuadrático es 0.7792 mientras que la correlación de primer grado es 0.7716 eso implicaría que la correlación de segundo tiene mejor correlación que el de primer grado.

Tabla 27

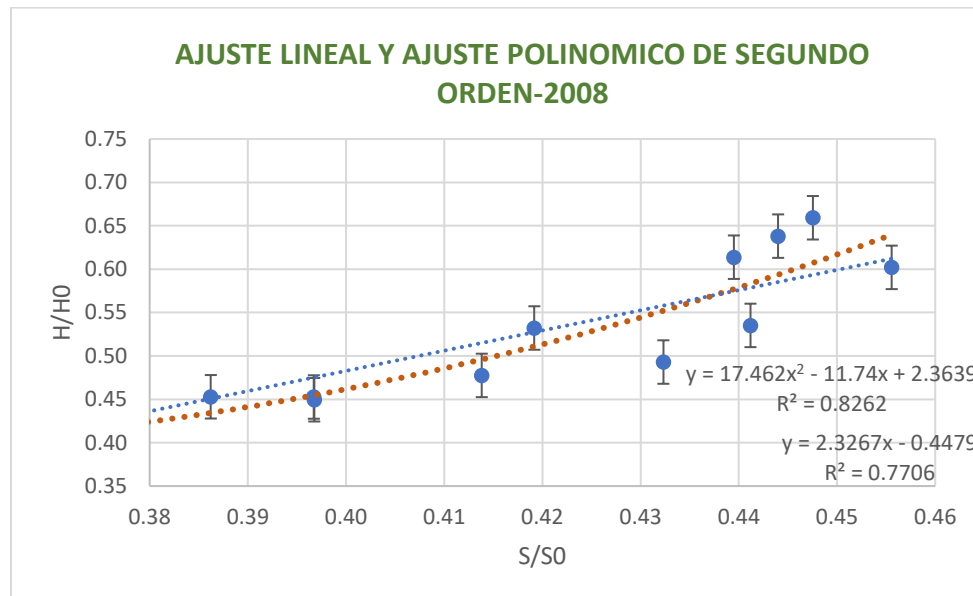
Promedios mensuales de la radiación solar, radiación extraterrestre, horas brillo solar y horas brillo solar máximo-2008.

MES	H(W/m ²)	H0(W/m ²)	K=H/H0	S(horas)	ωs(rad/s)	So(horas)	i=S/So
Enero	362.366	933.139	0.388	4.35	1.662458	12.70	0.343
Febrero	410.640	913.554	0.449	4.93	1.626500	12.43	0.397
Marzo	388.023	856.713	0.453	4.66	1.579359	12.07	0.386
Abril	408.426	767.423	0.532	4.9	1.530162	11.69	0.419
Mayo	417.018	679.406	0.614	5	1.489195	11.38	0.439
Junio	418.032	634.105	0.659	5.02	1.468282	11.22	0.448
Julio	417.608	654.473	0.638	5.01	1.477019	11.28	0.444
Agosto	438.725	728.689	0.602	5.26	1.511360	11.55	0.456
Setiembre	437.585	817.631	0.535	5.25	1.557671	11.90	0.441
Octubre	423.522	886.843	0.478	5.08	1.606906	12.28	0.414
Noviembre	454.437	921.836	0.493	5.45	1.650196	12.61	0.432
Diciembre	422.222	932.743	0.453	5.07	1.672873	12.78	0.397

Nota: Cálculo anual.

Figura 36

Correlación de estimación lineal y cuadrático de los coeficientes de Ångström año 2008.



Nota: El grado de correlación cuadrático es 0.8262 mientras que la correlación de primer grado es 0.7706 eso implicaría que la correlación de segundo tiene mejor correlación que el de primer grado.

Tabla 28

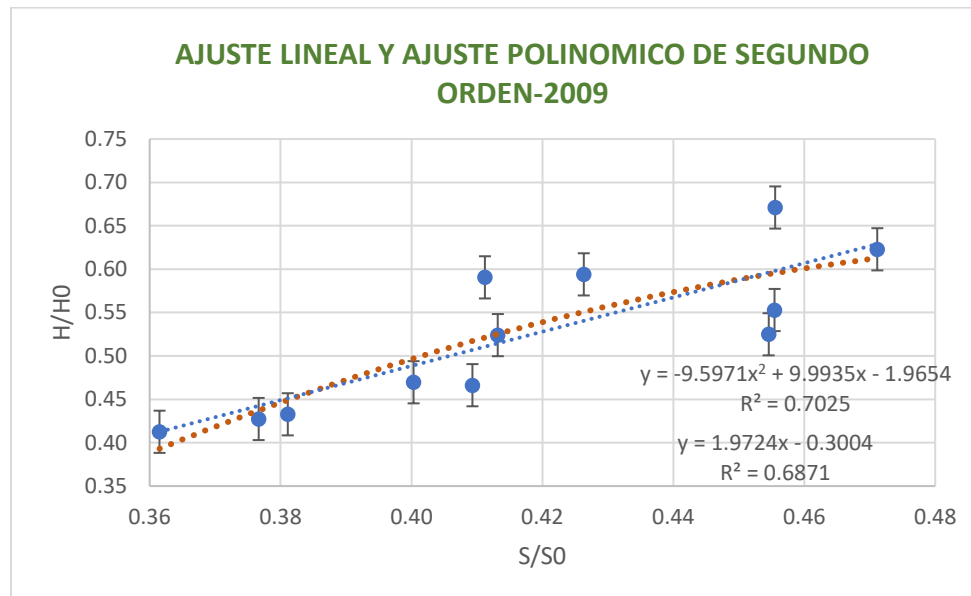
Promedios mensuales de la radiación solar, radiación extraterrestre, horas brillo solar y horas brillo solar máximo-2009.

MES	H(W/m ²)	H0(W/m ²)	K=H/H0	S(horas)	ωs(rad/s)	So(horas)	i=S/So
Enero	403.696	932.900	0.433	4.84	1.662458	12.70	0.381
Febrero	390.294	913.335	0.427	4.68	1.626500	12.43	0.377
Marzo	402.651	857.340	0.470	4.83	1.579359	12.07	0.400
Abril	402.508	768.179	0.524	4.83	1.530162	11.69	0.413
Mayo	403.950	680.040	0.594	4.85	1.489195	11.38	0.426
Junio	425.625	634.244	0.671	5.11	1.468282	11.22	0.456
Julio	386.298	654.107	0.591	4.64	1.477019	11.28	0.411
Agosto	453.502	728.054	0.623	5.44	1.511360	11.55	0.471
Setiembre	451.790	817.068	0.553	5.42	1.557671	11.90	0.455
Octubre	465.352	886.432	0.525	5.58	1.606906	12.28	0.455
Noviembre	429.738	921.644	0.466	5.16	1.650196	12.61	0.409
Diciembre	384.812	932.676	0.413	4.62	1.672873	12.78	0.362

Nota: Cálculo anual.

Figura 37

Correlación de estimación lineal y cuadrático de los coeficientes de Ångström año 2009.



Nota: El grado de correlación cuadrático es 0.7025 mientras que la correlación de primer grado es 0.6871 eso implicaría que la correlación de segundo tiene mejor correlación que el de primer grado.

Tabla 29

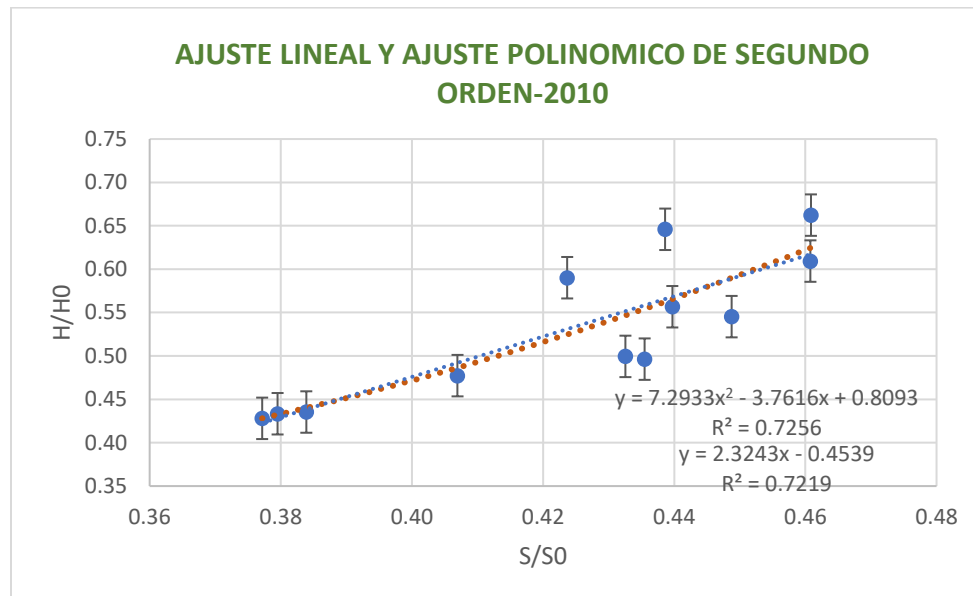
Promedios mensuales de la radiación solar, radiación extraterrestre, horas brillo solar y horas brillo solar máximo-2010.

MES	H(W/m ²)	H0(W/m ²)	K=H/H0	S(horas)	ωs(rad/s)	So(horas)	i=S/So
Enero	399.388	932.997	0.428	4.79	1.662458	12.70	0.377
Febrero	397.842	913.831	0.435	4.77	1.626500	12.43	0.384
Marzo	409.588	858.147	0.477	4.91	1.579359	12.07	0.407
Abril	428.202	769.167	0.557	5.14	1.530162	11.69	0.440
Mayo	401.755	680.765	0.590	4.82	1.489195	11.38	0.424
Junio	409.846	634.491	0.646	4.92	1.468282	11.22	0.439
Julio	433.050	653.861	0.662	5.2	1.477019	11.28	0.461
Agosto	443.265	727.464	0.609	5.32	1.511360	11.55	0.461
Setiembre	445.262	816.551	0.545	5.34	1.557671	11.90	0.449
Octubre	442.593	886.111	0.499	5.31	1.606906	12.28	0.433
Noviembre	457.431	921.659	0.496	5.49	1.650196	12.61	0.435
Diciembre	404.249	932.788	0.433	4.85	1.672873	12.78	0.380

Nota: Cálculo anual.

Figura 38

Correlación de estimación lineal y cuadrático de los coeficientes de Ångström año 2010.



Nota: El grado de correlación cuadrático es 0.7256 mientras que la correlación de primer grado es 0.7219 eso implicaría que la correlación de segundo tiene mejor correlación que el de primer grado.

Tabla 30

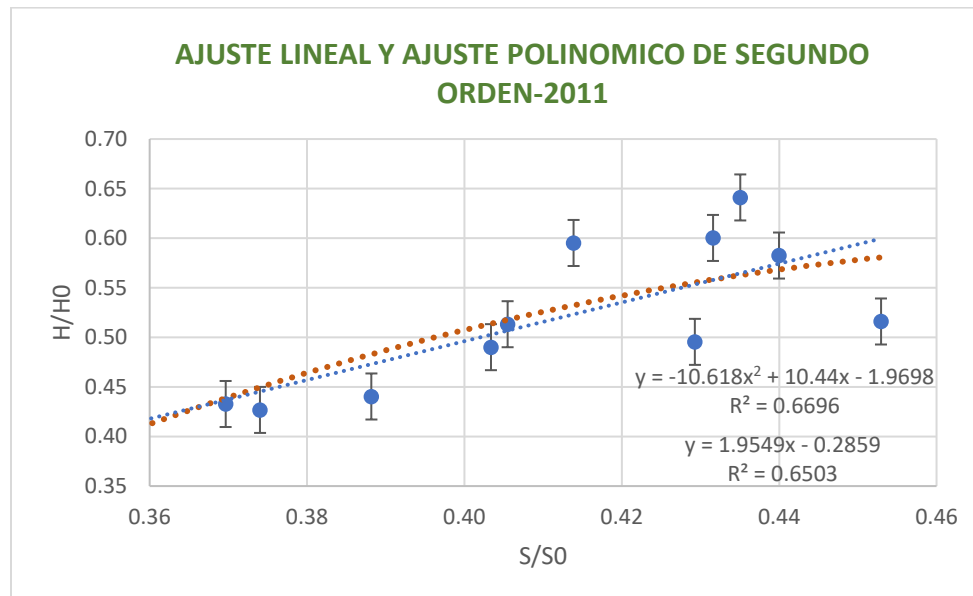
Promedios mensuales de la radiación solar, radiación extraterrestre, horas brillo solar y horas brillo solar máximo-2011.

MES	H(W/m ²)	H0(W/m ²)	K=H/H0	S(horas)	ωs(rad/s)	So(horas)	i=S/So
Enero	410.917	933.154	0.440	4.93	1.662458	12.70	0.388
Febrero	354.646	914.145	0.388	4.26	1.626500	12.43	0.343
Marzo	371.677	858.819	0.433	4.46	1.579359	12.07	0.370
Abril	395.255	770.100	0.513	4.74	1.530162	11.69	0.405
Mayo	409.095	681.549	0.600	4.91	1.489195	11.38	0.432
Junio	406.952	634.784	0.641	4.88	1.468282	11.22	0.435
Julio	388.934	653.480	0.595	4.67	1.477019	11.28	0.414
Agosto	423.380	726.844	0.582	5.08	1.511360	11.55	0.440
Setiembre	399.869	815.910	0.490	4.8	1.557671	11.90	0.403
Octubre	438.941	885.962	0.495	5.27	1.606906	12.28	0.429
Noviembre	475.664	921.860	0.516	5.71	1.650196	12.61	0.453
Diciembre	398.305	933.199	0.427	4.78	1.672873	12.78	0.374

Nota: Cálculo anual.

Figura 39

Correlación de estimación lineal y cuadrático de los coeficientes de Ångström año 2011.



Nota: El grado de correlación cuadrático es 0.6696 mientras que la correlación de primer grado es 0.6503 eso implicaría que la correlación de segundo tiene mejor correlación que el de primer grado.

Tabla 31

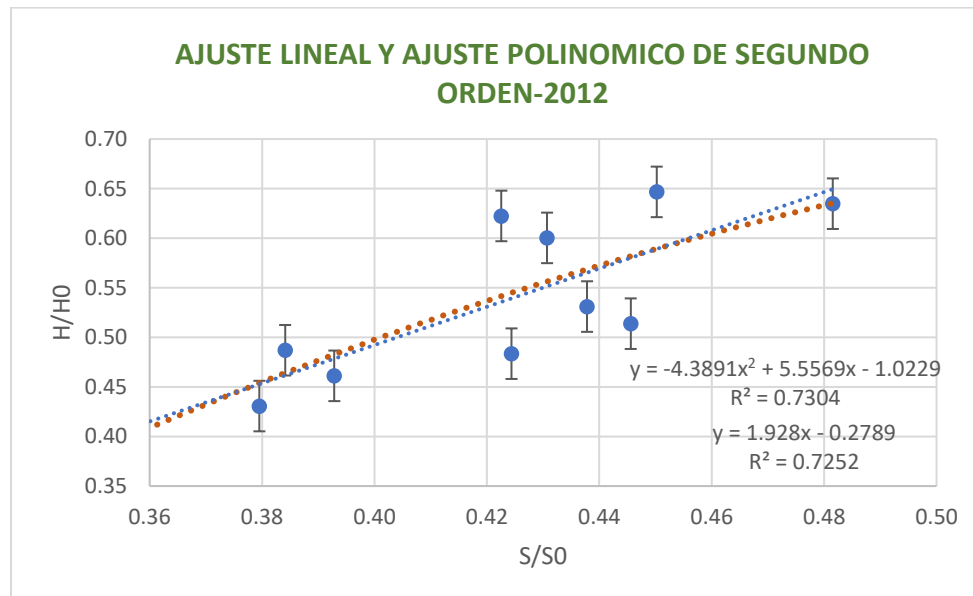
Promedios mensuales de la radiación solar, radiación extraterrestre, horas brillo solar y horas brillo solar máximo-2012.

MES	H(W/m ²)	H0(W/m ²)	K=H/H0	S(horas)	ωs(rad/s)	So(horas)	i=S/So
Enero	402.083	933.557	0.431	4.82	1.662458	12.70	0.380
Febrero	370.075	914.017	0.405	4.44	1.626500	12.43	0.357
Marzo	395.258	857.056	0.461	4.74	1.579359	12.07	0.393
Abril	373.881	767.747	0.487	4.49	1.530162	11.69	0.384
Mayo	407.990	679.659	0.600	4.9	1.489195	11.38	0.431
Junio	394.884	634.421	0.622	4.74	1.468282	11.22	0.423
Julio	423.417	654.742	0.647	5.08	1.477019	11.28	0.450
Agosto	462.926	729.249	0.635	5.56	1.511360	11.55	0.482
Setiembre	434.560	818.302	0.531	5.21	1.557671	11.90	0.438
Octubre	455.929	887.388	0.514	5.47	1.606906	12.28	0.446
Noviembre	445.980	922.330	0.484	5.35	1.650196	12.61	0.424
Diciembre	381.549	933.296	0.409	4.58	1.672873	12.78	0.358

Nota: Cálculo anual.

Figura 40

Correlación de estimación lineal y cuadrático de los coeficientes de Ångström año 2012.



Nota: El grado de correlación cuadrático es 0.7304 mientras que la correlación de primer grado es 0.7252 eso implicaría que la correlación de segundo tiene mejor correlación que el de primer grado.

Tabla 32

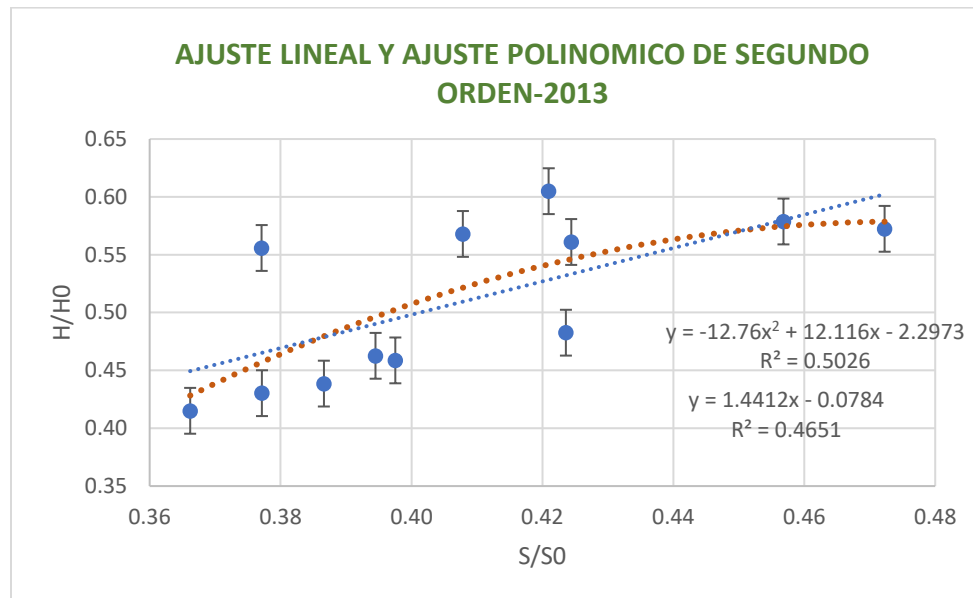
Promedios mensuales de la radiación solar, radiación extraterrestre, horas brillo solar y horas brillo solar máximo-2013.

MES	H(W/m ²)	H0(W/m ²)	K=H/H0	S(horas)	ωs(rad/s)	So(horas)	i=S/So
Enero	409.319	933.266	0.439	4.91	1.662458	12.70	0.387
Febrero	379.274	913.765	0.415	4.55	1.626500	12.43	0.366
Marzo	396.804	857.751	0.463	4.76	1.579359	12.07	0.395
Abril	444.722	768.465	0.579	5.34	1.530162	11.69	0.457
Mayo	386.425	680.384	0.568	4.64	1.489195	11.38	0.408
Junio	352.739	634.630	0.556	4.23	1.468282	11.22	0.397
Julio	395.945	654.547	0.605	4.75	1.477019	11.28	0.421
Agosto	408.722	728.554	0.561	4.9	1.511360	11.55	0.424
Setiembre	467.963	817.569	0.572	5.62	1.557671	11.90	0.472
Octubre	406.698	886.731	0.459	4.88	1.606906	12.28	0.398
Noviembre	444.923	921.929	0.483	5.34	1.650196	12.61	0.424
Diciembre	401.508	933.050	0.430	4.82	1.672873	12.78	0.377

Nota: Cálculo anual.

Figura 41

Correlación de estimación lineal y cuadrático de los coeficientes de Ångström año 2013.



Nota: El grado de correlación cuadrático es 0.5343 mientras que la correlación de primer grado es 0.4996 eso implicaría que la correlación de segundo tiene mejor correlación que el de primer grado.

Tabla 33

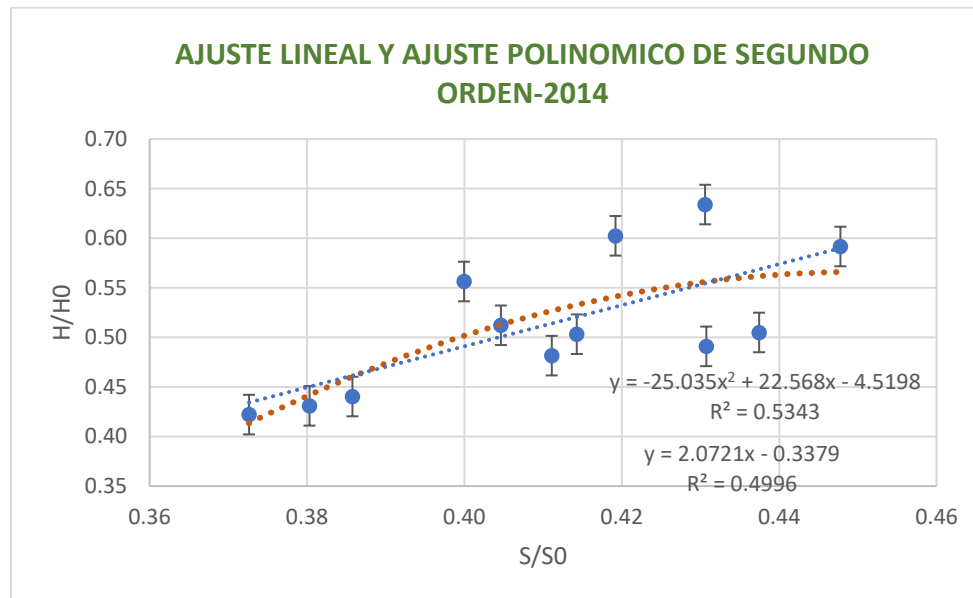
Promedios mensuales de la radiación solar, radiación extraterrestre, horas brillo solar y horas brillo solar máximo-2014.

MES	H(W/m ²)	H0(W/m ²)	K=H/H0	S(horas)	ωs(rad/s)	So(horas)	i=S/So
Enero	402.113	933.154	0.431	4.83	1.662458	12.70	0.380
Febrero	385.640	913.624	0.422	4.63	1.626500	12.43	0.373
Marzo	413.381	858.445	0.482	4.96	1.579359	12.07	0.411
Abril	394.005	769.290	0.512	4.73	1.530162	11.69	0.405
Mayo	378.778	680.884	0.556	4.55	1.489195	11.38	0.430
Junio	402.338	634.653	0.634	4.83	1.468282	11.22	0.431
Julio	393.996	654.055	0.602	4.73	1.477019	11.28	0.419
Agosto	430.593	727.830	0.592	5.17	1.511360	11.55	0.448
Setiembre	411.019	816.883	0.503	4.93	1.557671	11.90	0.414
Octubre	447.431	886.111	0.505	5.37	1.606906	12.28	0.437
Noviembre	452.662	922.068	0.491	5.43	1.650196	12.61	0.431
Diciembre	410.917	933.221	0.440	4.93	1.672873	12.78	0.386

Nota: Cálculo anual.

Figura 42

Correlación de estimación lineal y cuadrático de los coeficientes de Ångström año 2014.



Nota: El grado de correlación cuadrático es 0.5343 mientras que la correlación de primer grado es 0.4996 eso implicaría que la correlación de segundo tiene mejor correlación que el de primer grado.

Tabla 34

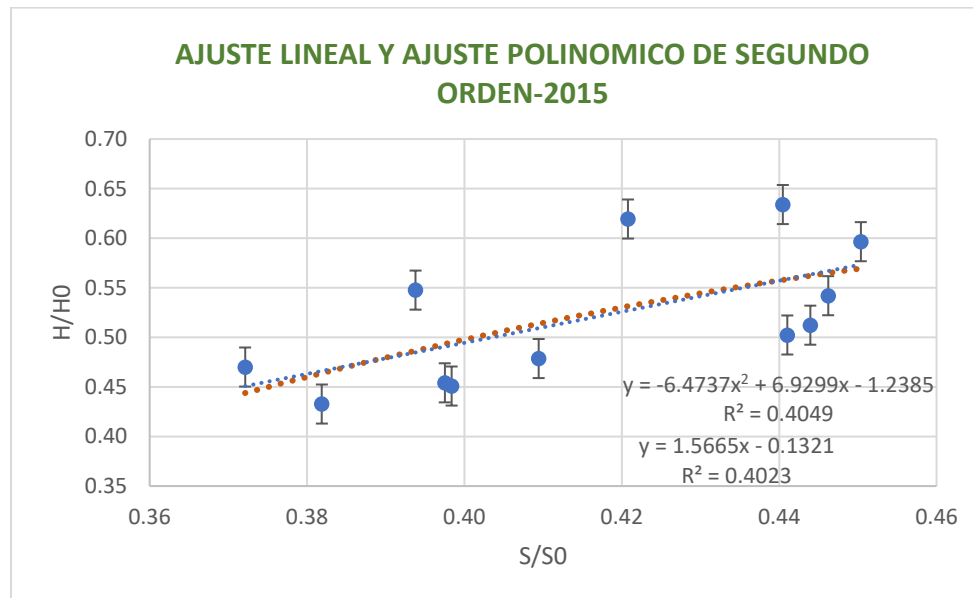
Promedios mensuales de la radiación solar, radiación extraterrestre, horas brillo solar y horas brillo solar máximo-2015.

MES	H(W/m ²)	H0(W/m ²)	K=H/H0	S(horas)	ωs(rad/s)	So(horas)	i=S/So
Enero	404.032	933.654	0.433	4.85	1.662458	12.70	0.382
Febrero	412.483	914.823	0.451	4.95	1.626500	12.43	0.398
Marzo	411.283	859.297	0.479	4.94	1.579359	12.07	0.409
Abril	362.091	770.309	0.470	4.35	1.530162	11.69	0.392
Mayo	373.268	681.608	0.548	4.48	1.489195	11.38	0.414
Junio	393.164	634.830	0.619	4.72	1.468282	11.22	0.421
Julio	414.479	653.808	0.634	4.97	1.477019	11.28	0.440
Agosto	433.669	727.053	0.596	5.2	1.511360	11.55	0.450
Setiembre	442.330	816.119	0.542	5.31	1.557671	11.90	0.446
Octubre	453.920	886.096	0.512	5.45	1.606906	12.28	0.444
Noviembre	463.133	921.898	0.502	5.56	1.650196	12.61	0.441
Diciembre	423.738	933.072	0.454	5.08	1.672873	12.78	0.398

Nota: Cálculo anual.

Figura 43

Correlación de estimación lineal y cuadrático de los coeficientes de Ångström año 2015.



Nota: El grado de correlación cuadrático es 0.4049 mientras que la correlación de primer grado es 0.4023 eso implicaría que la correlación de segundo tiene mejor correlación que el de primer grado.

Tabla 35

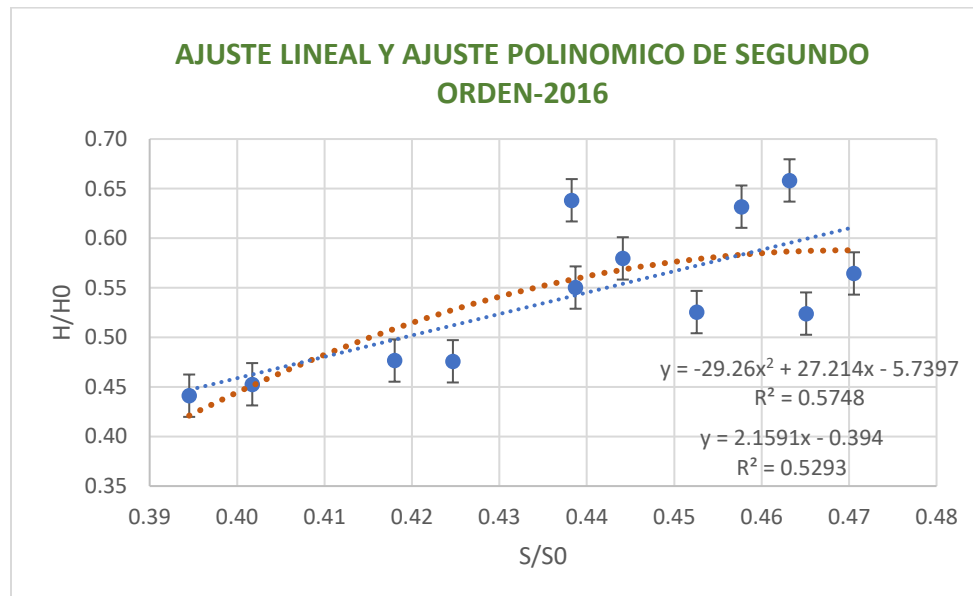
Promedios mensuales de la radiación solar, radiación extraterrestre, horas brillo solar y horas brillo solar máximo-2016.

MES	H(W/m ²)	H0(W/m ²)	K=H/H0	S(horas)	ωs(rad/s)	So(horas)	i=S/So
Enero	444.228	933.550	0.476	5.33	1.662458	12.70	0.420
Febrero	403.217	914.033	0.441	4.84	1.626500	12.43	0.390
Marzo	450.381	857.064	0.525	5.4	1.579359	12.07	0.448
Abril	422.245	767.446	0.550	5.07	1.530162	11.69	0.434
Mayo	429.309	679.510	0.632	5.15	1.489195	11.38	0.453
Junio	404.853	634.336	0.638	4.86	1.468282	11.22	0.433
Julio	430.996	654.794	0.658	5.17	1.477019	11.28	0.458
Agosto	422.611	729.129	0.580	5.07	1.511360	11.55	0.439
Setiembre	461.744	818.094	0.564	5.54	1.557671	11.90	0.466
Octubre	422.857	887.186	0.477	5.07	1.606906	12.28	0.413
Noviembre	483.125	922.099	0.524	5.8	1.650196	12.61	0.460
Diciembre	422.304	932.908	0.453	5.07	1.672873	12.78	0.397

Nota: Cálculo anual.

Figura 44

Correlación de estimación lineal y cuadrático de los coeficientes de Ångström año 2016.



Nota: El grado de correlación cuadrático es 0.5748 mientras que la correlación de primer grado es 0.5293 eso implicaría que la correlación de segundo tiene mejor correlación que el de primer grado.

Tabla 36

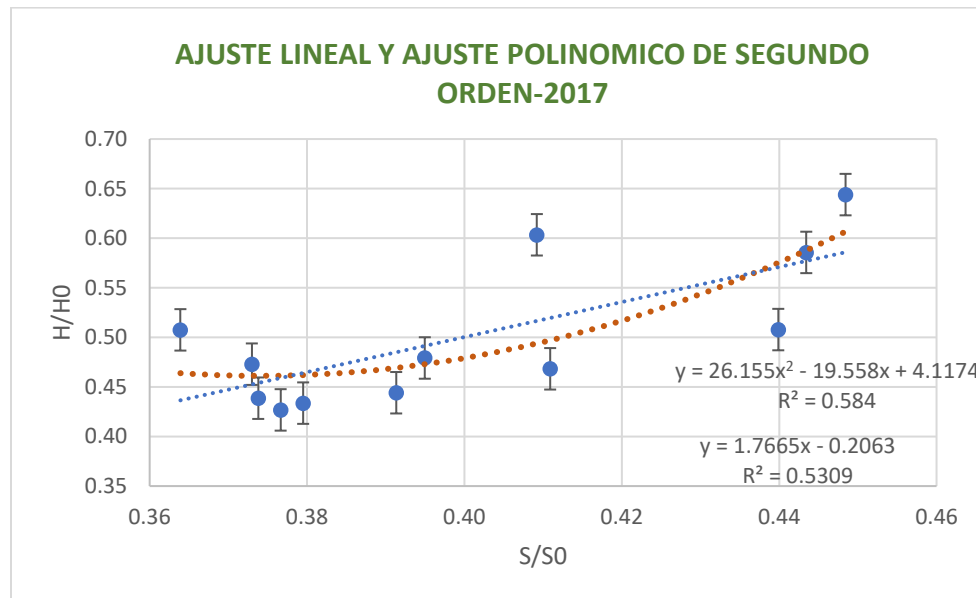
Promedios mensuales de la radiación solar, radiación extraterrestre, horas brillo solar y horas brillo solar máximo-2017.

MES	H(W/m ²)	H0(W/m ²)	K=H/H0	S(horas)	ωs(rad/s)	So(horas)	i=S/So
Enero	414.240	932.684	0.444	4.97	1.662458	12.70	0.391
Febrero	389.881	913.451	0.427	4.68	1.626500	12.43	0.377
Marzo	376.068	857.378	0.439	4.51	1.579359	12.07	0.374
Abril	363.310	768.179	0.473	4.36	1.530162	11.69	0.383
Mayo	345.131	680.010	0.508	4.14	1.489195	11.38	0.377
Junio	382.785	634.367	0.603	4.59	1.468282	11.22	0.409
Julio	421.341	654.301	0.644	5.06	1.477019	11.28	0.448
Agosto	426.523	728.300	0.586	5.12	1.511360	11.55	0.443
Setiembre	391.582	817.184	0.479	4.7	1.557671	11.90	0.395
Octubre	450.314	886.716	0.508	5.4	1.606906	12.28	0.440
Noviembre	431.667	921.836	0.468	5.18	1.650196	12.61	0.411
Diciembre	404.503	932.773	0.434	4.85	1.672873	12.78	0.380

Nota: Cálculo anual.

Figura 45

Correlación de estimación lineal y cuadrático de los coeficientes de Ångström año 2017.



Nota: El grado de correlación cuadrático es 0. 5884 mientras que la correlación de primer grado es 0.5309 eso implicaría que la correlación de segundo tiene mejor correlación que el de primer grado.

Tabla 37

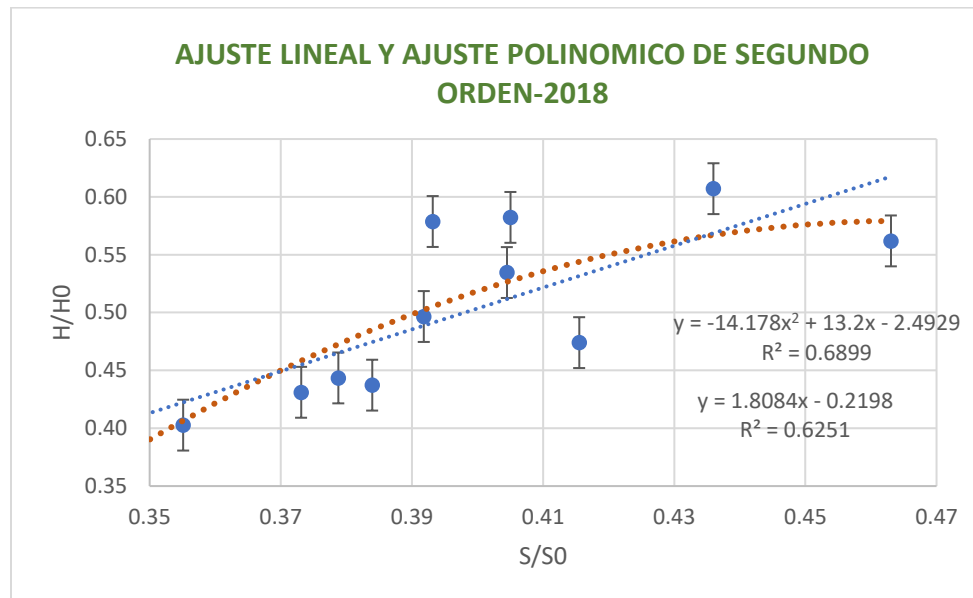
Promedios mensuales de la radiación solar, radiación extraterrestre, horas brillo solar y horas brillo solar máximo-2018.

MES	H(W/m ²)	H0(W/m ²)	K=H/H0	S(horas)	ωs(rad/s)	So(horas)	i=S/So
Enero	375.702	932.967	0.403	4.51	1.662458	12.70	0.355
Febrero	354.142	913.600	0.388	4.25	1.626500	12.43	0.342
Marzo	380.481	857.938	0.443	4.57	1.579359	12.07	0.379
Abril	381.821	768.912	0.497	4.58	1.530162	11.69	0.392
Mayo	413.165	680.578	0.607	4.96	1.489195	11.38	0.436
Junio	367.160	634.460	0.579	4.41	1.468282	11.22	0.393
Julio	380.727	653.890	0.582	4.57	1.477019	11.28	0.405
Agosto	388.978	727.628	0.535	4.67	1.511360	11.55	0.404
Setiembre	458.866	816.582	0.562	5.51	1.557671	11.90	0.463
Octubre	382.004	886.171	0.431	4.58	1.606906	12.28	0.373
Noviembre	402.955	921.590	0.437	4.84	1.650196	12.61	0.384
Diciembre	442.137	932.751	0.474	5.31	1.672873	12.78	0.415

Nota: Cálculo anual.

Figura 46

Correlación de estimación lineal y cuadrático de los coeficientes de Ångström año 2018.



Nota: El grado de correlación cuadrático es 0.6899 mientras que la correlación de primer grado es 0.6251 eso implicaría que la correlación de segundo tiene mejor correlación que el de primer grado.

Tabla 38

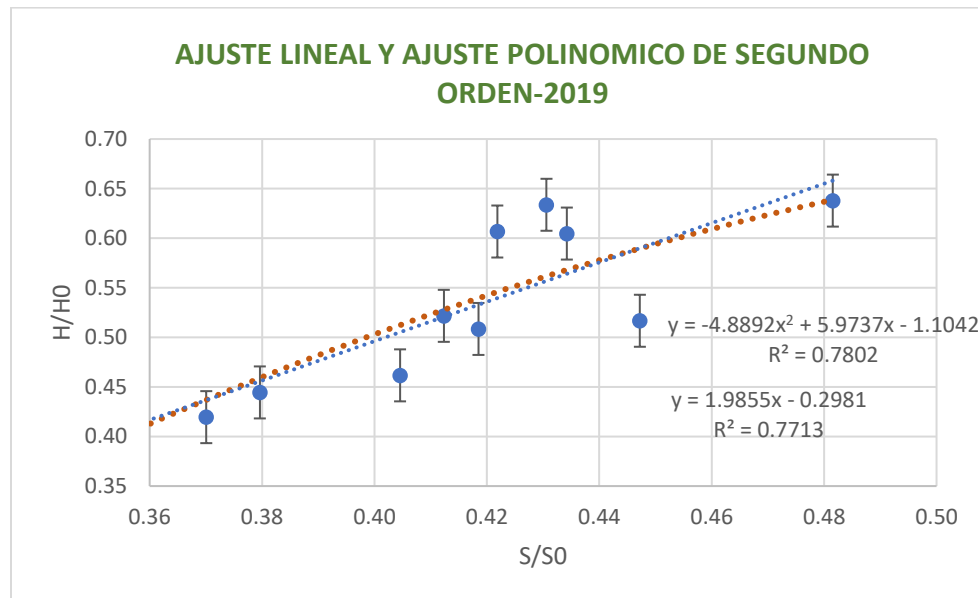
Promedios mensuales de la radiación solar, radiación extraterrestre, horas brillo solar y horas brillo solar máximo-2019.

MES	H(W/m ²)	H0(W/m ²)	K=H/H0	S(horas)	ωs(rad/s)	So(horas)	i=S/So
Enero	391.450	933.094	0.420	4.7	1.662458	12.70	0.370
Febrero	361.566	914.005	0.396	4.34	1.626500	12.43	0.349
Marzo	381.608	858.610	0.444	4.58	1.579359	12.07	0.380
Abril	401.505	769.630	0.522	4.82	1.530162	11.69	0.412
Mayo	411.858	681.138	0.605	4.94	1.489195	11.38	0.434
Junio	402.083	634.522	0.634	4.83	1.468282	11.22	0.431
Julio	396.461	653.450	0.607	4.76	1.477019	11.28	0.422
Agosto	463.702	726.919	0.638	5.56	1.511360	11.55	0.482
Setiembre	414.823	815.818	0.508	4.98	1.557671	11.90	0.418
Octubre	457.646	885.685	0.517	5.49	1.606906	12.28	0.447
Noviembre	425.394	921.420	0.462	5.1	1.650196	12.61	0.405
Diciembre	370.527	932.736	0.397	4.45	1.672873	12.78	0.348

Nota: Cálculo anual.

Figura 47

Correlación de estimación lineal y cuadrático de los coeficientes de Ångström año 2019.



Nota: El grado de correlación cuadrático es 0.7802 mientras que la correlación de primer grado es 0.7713 eso implicaría que la correlación de segundo tiene mejor correlación que el de primer grado.

Tabla 39

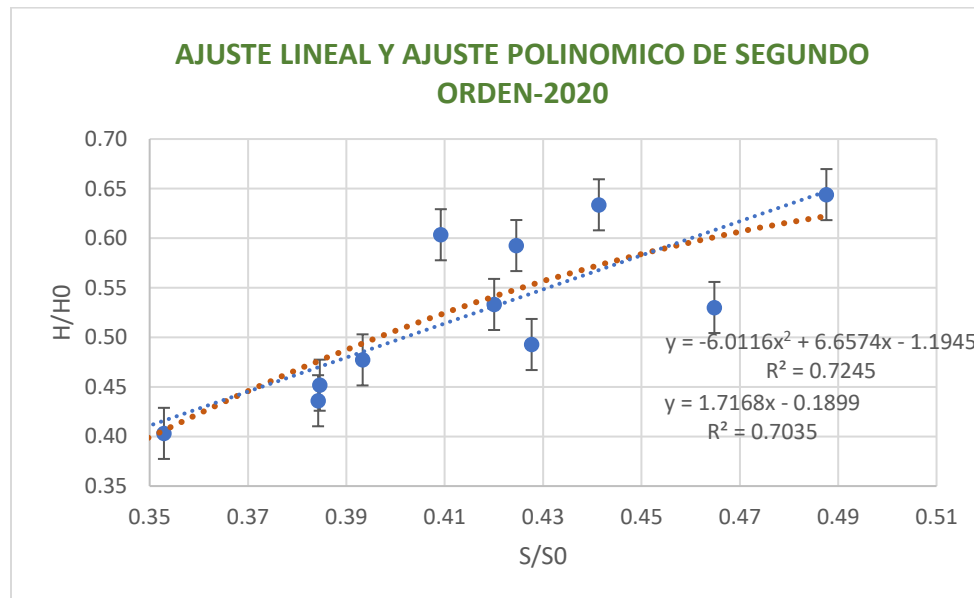
Promedios mensuales de la radiación solar, radiación extraterrestre, horas brillo solar y horas brillo solar máximo-2020.

MES	H(W/m ²)	H0(W/m ²)	K=H/H0	S(horas)	ωs(rad/s)	So(horas)	i=S/So
Enero	406.944	933.206	0.436	4.88	1.662458	12.70	0.384
Febrero	348.619	913.649	0.382	4.18	1.626500	12.43	0.336
Marzo	387.007	856.698	0.452	4.64	1.579359	12.07	0.385
Abril	409.090	767.269	0.533	4.91	1.530162	11.69	0.420
Mayo	402.673	679.540	0.593	4.83	1.489195	11.38	0.425
Junio	382.816	634.360	0.603	4.59	1.468282	11.22	0.423
Julio	414.994	654.913	0.634	4.98	1.477019	11.28	0.441
Agosto	469.512	729.099	0.644	5.63	1.511360	11.55	0.488
Setiembre	390.401	818.002	0.477	4.68	1.557671	11.90	0.393
Octubre	437.142	887.089	0.493	5.25	1.606906	12.28	0.428
Noviembre	488.727	921.952	0.530	5.86	1.650196	12.61	0.465
Diciembre	376.142	933.012	0.403	4.51	1.672873	12.78	0.353

Nota: Cálculo anual.

Figura 48

Correlación de estimación lineal y cuadrático de los coeficientes de Ångström año 2020.



Nota: El grado de correlación cuadrático es 0.7245 mientras que la correlación de primer grado es 0.7035 eso implicaría que la correlación de segundo tiene mejor correlación que el de primer grado.

Tabla 40

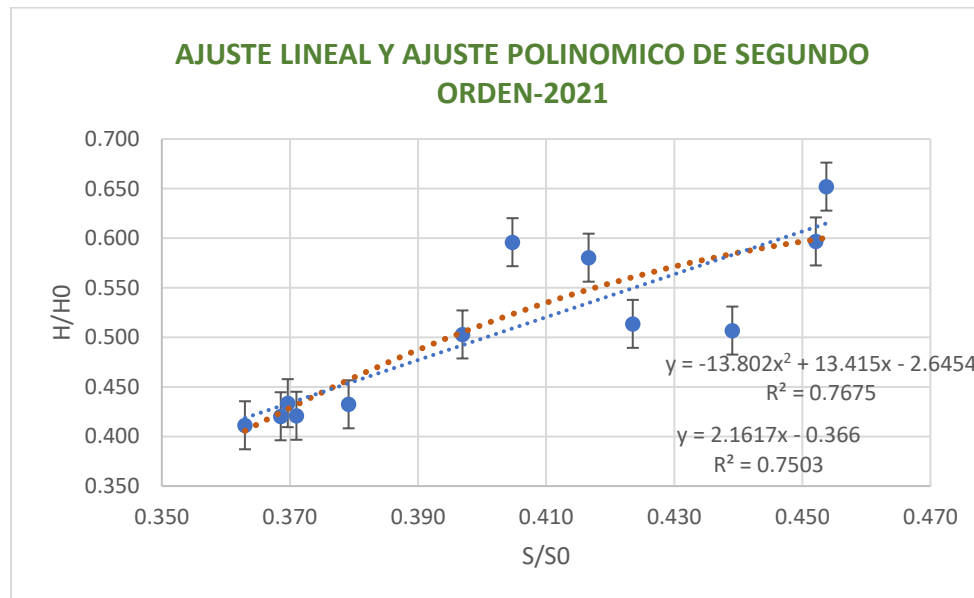
Promedios mensuales de la radiación solar, radiación extraterrestre, horas brillo solar y horas brillo solar máximo-2021.

MES	H(W/m ²)	H0(W/m ²)	K=H/H0	S(horas)	ωs(rad/s)	So(horas)	i=S/So
Enero	383.864	933.191	0.411	4.61	1.662458	12.70	0.363
Febrero	384.516	913.525	0.421	4.61	1.626500	12.43	0.371
Marzo	371.819	857.475	0.434	4.46	1.579359	12.07	0.370
Abril	386.343	768.164	0.503	4.64	1.530162	11.69	0.397
Mayo	394.646	679.996	0.580	4.74	1.489195	11.38	0.417
Junio	378.094	634.429	0.596	4.54	1.468282	11.22	0.415
Julio	426.747	654.533	0.652	5.12	1.477019	11.28	0.454
Agosto	434.737	728.539	0.597	5.22	1.511360	11.55	0.452
Setiembre	419.846	817.461	0.514	5.04	1.557671	11.90	0.424
Octubre	449.447	886.806	0.507	5.39	1.606906	12.28	0.439
Noviembre	398.742	921.991	0.432	4.78	1.650196	12.61	0.379
Diciembre	392.257	933.035	0.420	4.71	1.672873	12.78	0.369

Nota: Cálculo anual.

Figura 49

Correlación de estimación lineal y cuadrático de los coeficientes de Ångström año 2021.



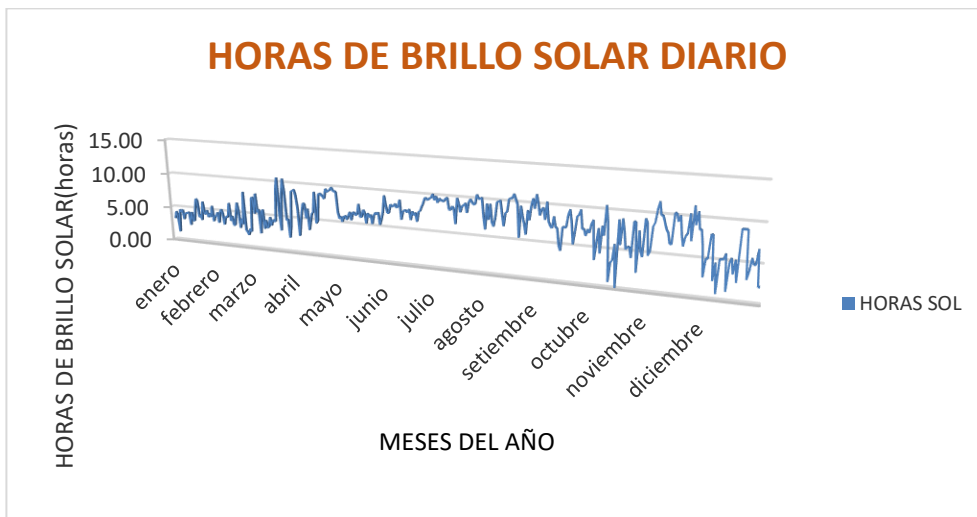
Nota: El grado de correlación cuadrático es 0.7675 mientras que la correlación de primer grado es 0.7503 eso implicaría que la correlación de segundo tiene mejor correlación que el de primer grado.

ANÁLISIS DEL BRILLO SOLAR Y RADIACIÓN SOLAR

El brillo solar el comportamiento y promedio tenemos en la siguiente gráfica:

Figura 50

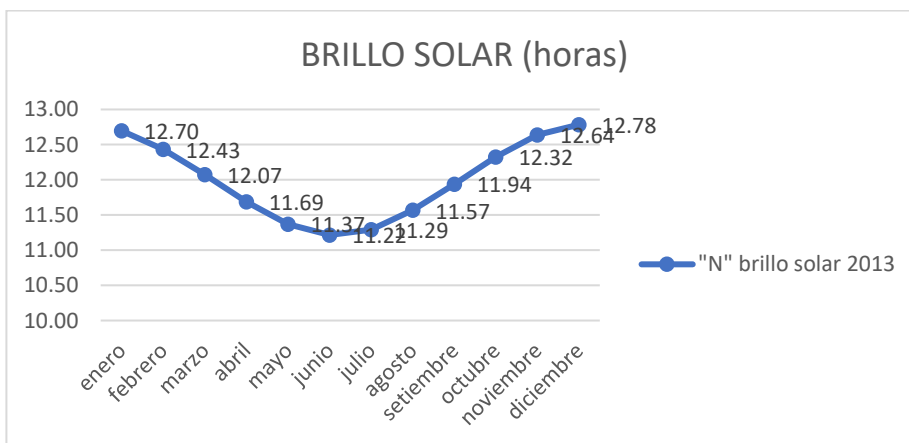
Análisis de horas de brillo solar anual diario.



Nota: el comportamiento del brillo solar diario en diferentes días cambia como se muestra en la gráfica.

Figura 51

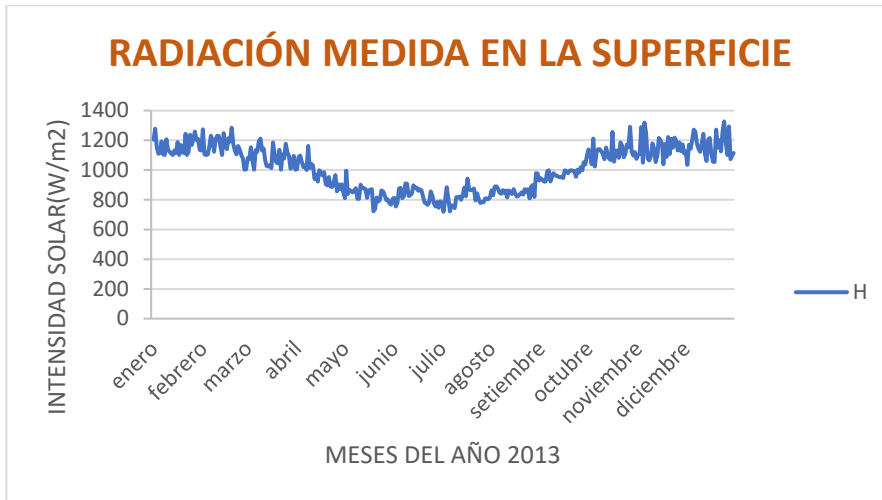
Horas de brillo solar anual promedio mensual.



Nota: el comportamiento del brillo promedio mensual en diferentes meses baja los meses junio, julio y son mayores los meses diciembre, enero.

Figura 52

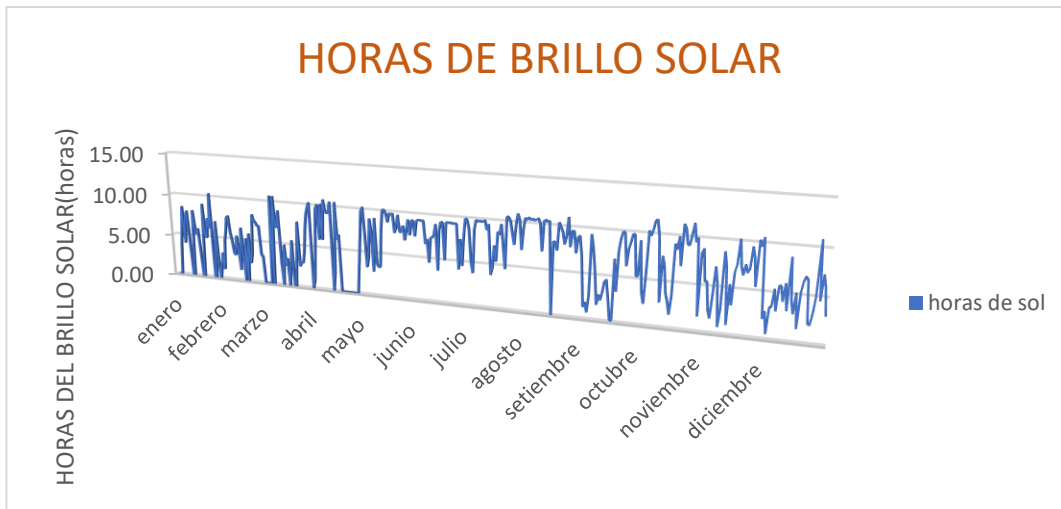
Análisis de la radiación medida en la superficie anual.



En la gráfica muestra comportamiento de la Radiación Solar diario durante un año en los diferentes meses del año como se ve en la gráfica la radiación solar tiende a bajar durante los meses de mayo a agosto.

Figura 53

Análisis de horas de brillo solar anual.



Nota: el comportamiento del brillo solar diario en diferentes días cambia como se muestra en la gráfica.

Figura 54

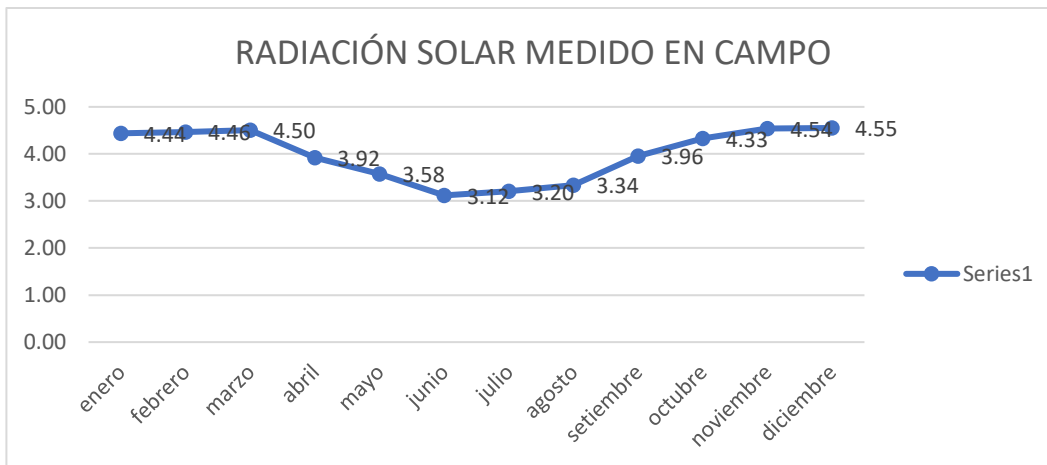
Análisis de la intensidad de radiación solar anual 2019.



En la gráfica muestra comportamiento de la Radiación Solar diario durante un año en los diferentes meses del año como se ve en la gráfica la radiación solar tiende a bajar durante los meses de mayo a agosto.

Figura 55

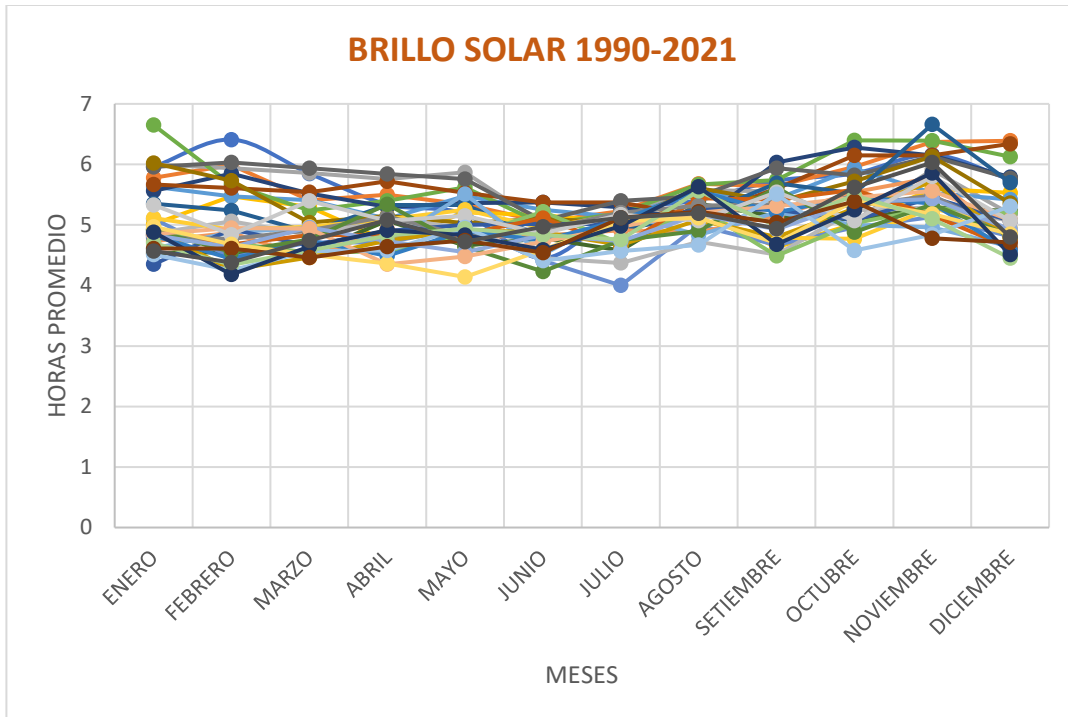
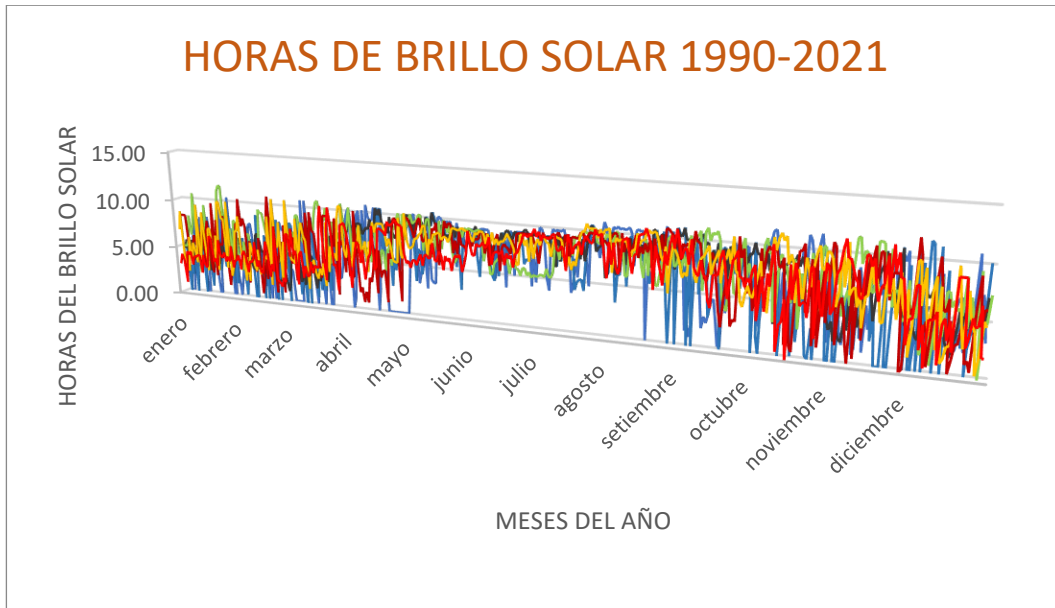
Análisis de la intensidad de radiación solar anual 2019.



Nota: el comportamiento de la radiación solar promedio mensual en diferentes meses baja los meses junio, julio y son mayores los meses diciembre, enero.

Figura 56

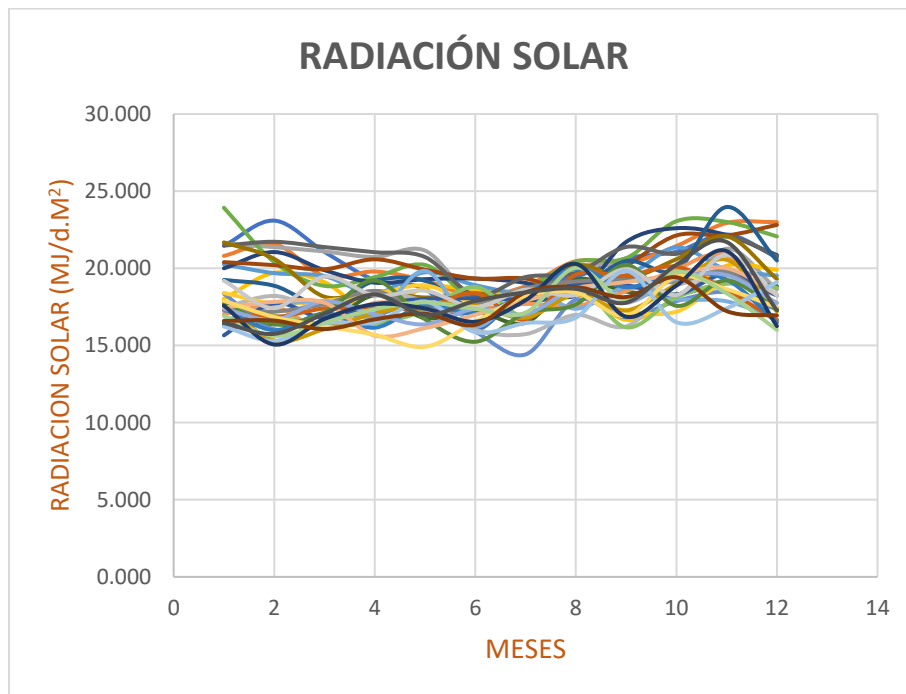
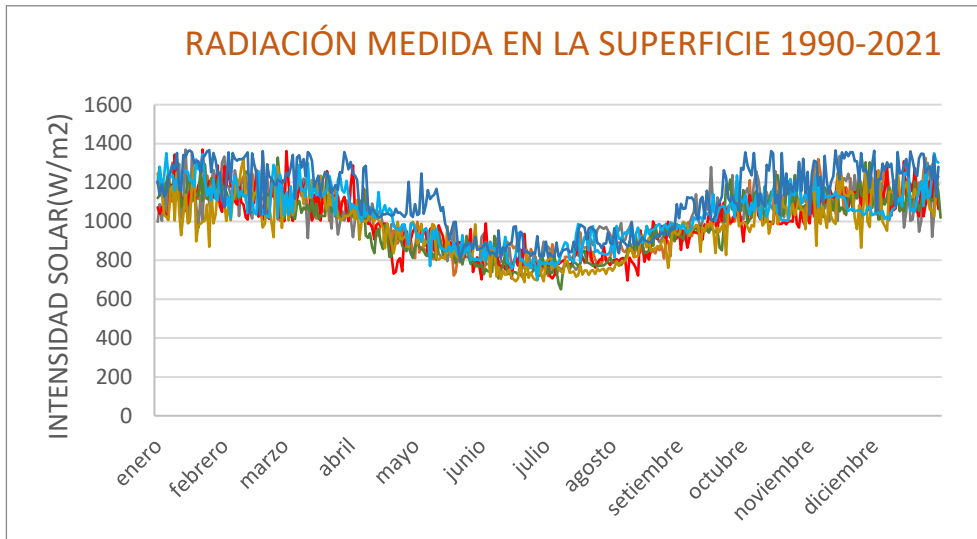
Análisis de horas de brillo solar promedio anual 1990-2021.



El comportamiento del brillo solar promedio mensual del periodo 1990-2021 tiene las mismas tendencias bajas los meses junio, julio y son mayores los meses enero como se muestra en la gráfica.

Figura 57

Análisis de la radiación medida en la superficie anual diario, promedio del periodo 1990-2021.



Analizamos el comportamiento de la Radiación Solar promedio mensual del periodo 1990-2021 tiene las mismas tendencias bajas los meses junio, julio y son mayores los meses enero como se muestra en la gráfica

Radiación medida en la superficie de los periodos 1990-2021 de enero a marzo son altos en los meses de abril a setiembre baja y finalmente de octubre a diciembre sube la radiación solar. Ya que influyen la posición del sol, declinación y radiación extraterrestre tal como se muestra en el gráfico.

DETERMINACIÓN DE LOS COEFICIENTES DE SEGUNDO ORDEN DE ÅNGSTRÖM.

Se ha determinado del promedio de los periodos de 1990 – 2021 según la Tabla 37

Tabla 41

Cálculo de coeficientes de Ångström de segundo grado y el grado de correlación del periodo 1990-2021.

año	a	b	c	R
1990	-1.4526	1.215	0.3314	0.371
1991	-32.904	31.241	-6.8132	0.479
1992	2.5333	-0.606	0.3021	0.4725
1993	76.959	-62.9	13.309	0.8049
1994	-40.993	40.207	-9.2229	0.5672
1995	-23.073	22.666	-4.9481	0.447
1996	-41.208	40.166	-9.1668	0.4807
1997	-107.84	103.1	-24.012	0.4875
1998	69.336	-65.131	15.867	0.5125
1999	-45.412	42.138	-9.1831	0.5818
2000	-16.148	16.071	-3.3848	0.3778
2001	-5.4375	6.3712	-1.1801	0.6215
2002	36.165	-27.584	5.7444	0.4127
2003	-44.766	38.512	-7.715	0.7384
2004	24.277	-18.493	4.0049	0.5309
2005	17.475	-11.733	2.3606	0.9143
2006	1.578	0.9136	-0.1283	0.8012
2007	8.7292	-4.8239	1.0191	0.7792
2008	17.462	-11.74	2.3639	0.8262
2009	-9.5971	9.9935	-1.9654	0.7025
2010	7.2933	-3.7616	0.8093	0.7256
2011	-10.618	10.44	-1.9698	0.6696
2012	-4.3891	5.5569	-1.229	0.7304

2013	-12.76	12.116	-2.2973	0.5026
2014	-25.035	22.568	-4.5198	0.5343
2015	-6.4737	6.9299	-1.2385	0.5049
2016	-29.26	27.214	-5.7397	0.5748
2017	26.155	-19.558	4.1174	0.584
2018	-14.178	13.2	-2.4929	0.6899
2019	-4.8892	5.9737	-1.1042	0.7802
2020	-6.0116	6.6574	-1.1945	0.7245
2021	-13.802	13.415	-2.6454	0.7675
PROMEDIO	-6.50891	7.82296	-1.62255	0.61553

Como vemos en la tabla el grado de correlación es mejor, podemos demostrar entonces que los coeficientes de segundo orden de Ångström son $a = -6.50891$, $b = 7.82296$ y $c = -1.61553$

$$\frac{H}{H_0} = a + b \left(\frac{S}{S_0}\right) + c \left(\frac{S}{S_0}\right)^2$$

$$H = \left(-6.50891 + 7.82296 \left(\frac{S}{S_0}\right) - 1.61553 \left(\frac{S}{S_0}\right)^2\right) H_0 \dots \dots \dots (I)$$

Donde

S: Número de horas de brillo solar diario

H_0 : Radiación solar Extraterrestre

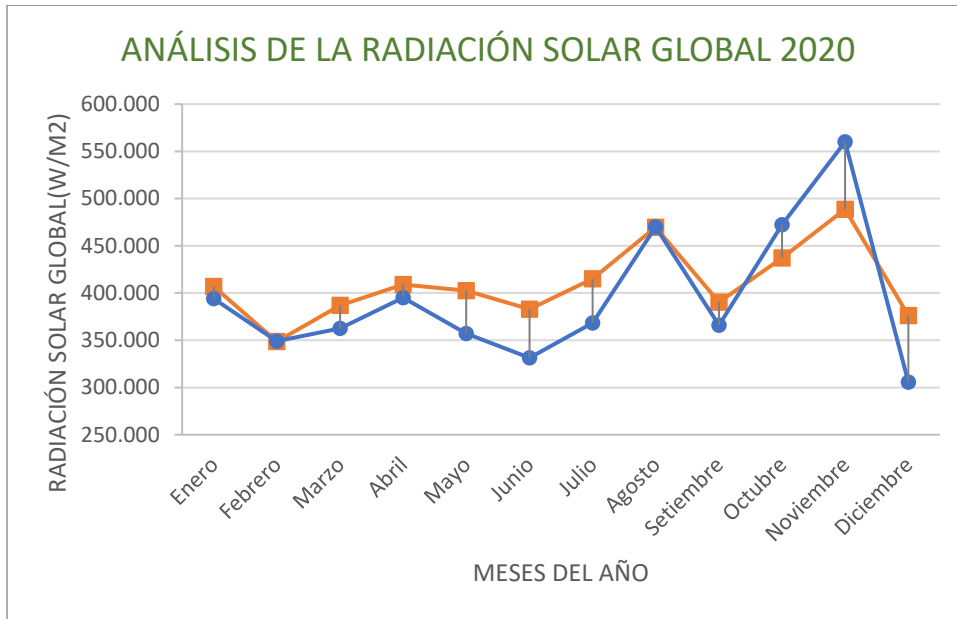
S_0 : Duración del día

Obtenemos la Ecuación (I) es la ecuación de *segundo orden de Ångström* lo cual utilizaremos para calcular la radiación solar global estimado de cualquier día.

A continuación de analizaremos la ecuación (I) y comparar la radiación solar estimado y radiación solar global real.

Figura 58

Radiación solar vs radiación solar estimada - 2020.



Nota: En la figura muestra la radiación solar real de color naranja vs radiación solar estimado de color azul el error con respecto a cada punto que se muestra.

Tabla 42

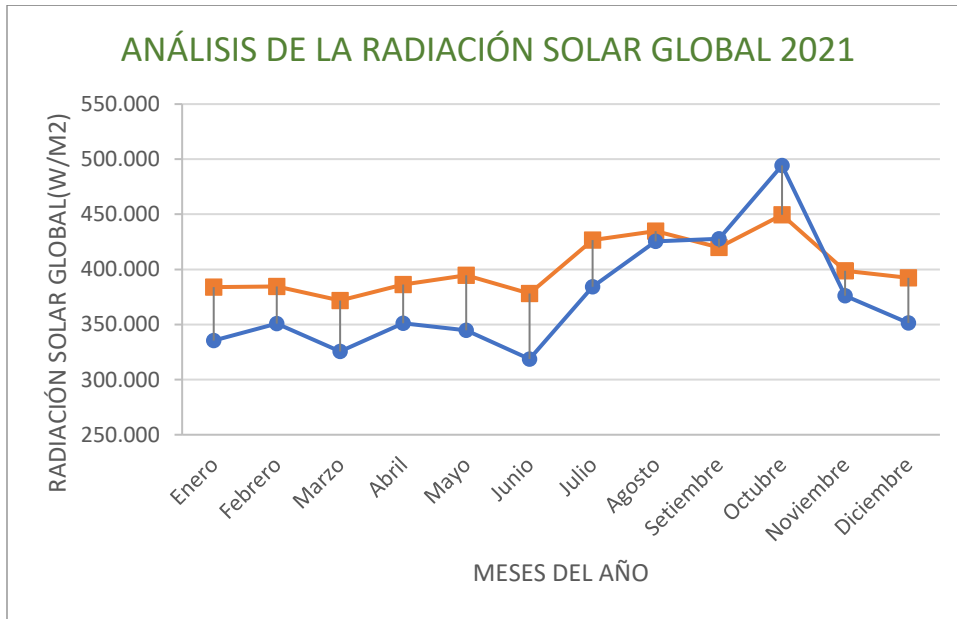
Cálculo del error de la radiación solar vs radiación solar estimado.

H(W/m²)	Hest(W/m²)	Error (%)	
406.944	394.164	3.14	%
348.619	348.991	0.11	%
387.007	362.636	6.30	%
409.090	395.139	3.41	%
402.673	357.107	11.32	%
382.816	331.391	13.43	%
414.994	368.218	11.27	%
469.512	469.854	0.07	%
390.401	365.933	6.27	%
437.142	472.463	8.08	%
488.727	560.036	14.59	%
376.142	305.619	18.75	%

El error tiene un mínimo de 0.07% y 18.75% en algunos puntos y con error promedio de 8.06% anual

Figura 59

Radiación solar vs radiación solar estimada -2021.



Nota: En la figura muestra la radiación solar real de color naranja vs radiación solar estimado de color azul el error con respecto a cada punto que se muestra.

Tabla 43

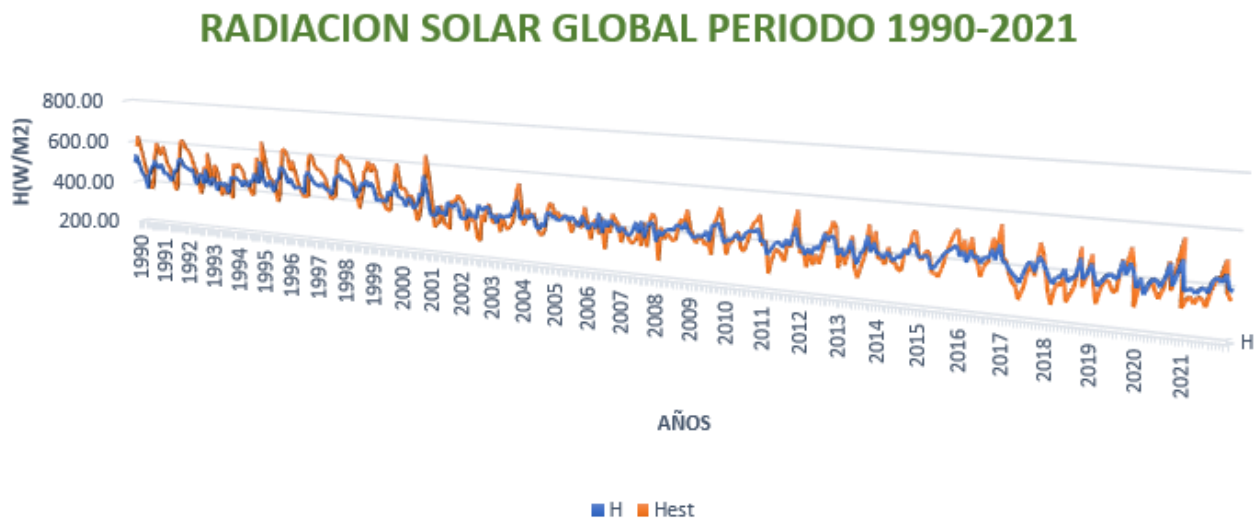
Cálculo del error de la radiación solar global vs radiación solar global estimado.

H(W/m ²)	Hest(W/m ²)	Error (%)	
383.86	335.45	12.61	%
384.52	350.70	8.79	%
371.82	325.69	12.41	%
386.34	351.15	9.11	%
394.65	344.72	12.65	%
378.09	318.72	15.70	%
426.75	384.22	9.97	%
434.74	425.35	2.16	%
419.85	427.67	1.86	%
449.45	494.37	10.00	%
398.74	376.07	5.69	%
392.26	351.29	10.44	%

El error tiene un mínimo de 1.86% y 12.61% en algunos puntos y con error promedio de 9.28% anual.

Figura 60

Radiación solar vs radiación solar estimada del periodo 1990-2021.



Nota: Radiación solar global vs radiación global estimado.

CONCLUSIONES

- Se ha determinado el modelo empírico de Ångström de segundo grado que permite estimar la radiación solar global diaria para cualquier día de la ciudad de Cusco.

$$H = \left(-6.50891 + 7.82296 \left(\frac{S}{S_0} \right) - 1.61553 \left(\frac{S}{S_0} \right)^2 \right) H_0$$

Donde los coeficientes son $a = -6.500891$, $b = 7.82296$ y $c = -1.61553$.

La figura 60, la gráfica describe el típico comportamiento promedio mensual de la radiación solar global esto es producto del fenómeno de afelio y perihelio, es decir la distancia Tierra sol, en consecuencia, durante la estación de invierno y otoño (junio-septiembre); existirá un decaimiento de la energía solar, mientras que durante el verano y primavera (diciembre-marzo) habrá un crecimiento, esto en nuestro hemisferio la intensidad solar promedio en los diferentes años varían tanto el comportamiento de horas solar.

- Los elementos climáticos que influyen en el cálculo de la estimación es hora solar diario y la radiación solar diaria.
- Se logro obtener los datos históricos de la estación meteorológica del observatorio meteorológico "LUIS OLAZO OLIVERA" de la Universidad Nacional San Antonio Abad De Cusco, estación meteorológica de SENAMHI y datos meteorológicos satelitales de NASA POWER de los años 1990-2021.
- La inclusión de un término cuadrático en el modelo de Ångström reduce el grado de correlación es de 0.61553 promedio en comparación con el grado correlación modelo de primer grado tal como se muestra de cada grafica mejora el grado de correlación.

RECOMENDACIONES

Se recomienda implementar más estaciones meteorológicas con equipos piranométricos y su calibración frecuente para tener información amplia y confiable para así desarrollar un trabajo sin dificultad para el modelamiento.

Al determinar la radiación solar global calculada con esta información obtenida se recomienda su uso en aplicaciones para el público en general a través de las fuentes de energías renovables y el desarrollo de las tecnologías.

Se recomienda la calibración de los equipos ya que en varios años de análisis el grado de correlación no es muy buena se ve que realizado con frecuencia.

Se recomienda el cálculo para aproximación del modelo empírico de Ångström de tercer o cuarto grado para aproximar para mejorar la aproximación que será para una futura investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- Acar, H. I. (2002a). ESTIMATION OF GLOBAL MONTHLY IRRADIATION FROM SUNSHINE DURATION DATA AT SIVAS , TURKEY. In *Politeknik Dergisi Journal of Polytechnic Cilt* (Vol. 5, Issue 2).
- Akinoblu, B. G., & Ecevit, A. (1990). *A FURTHER COMPARISON AND DISCUSSION OF SUNSHINE-BASED MODELS TO ESTIMATE GLOBAL SOLAR RADIATION* (Vol. 15, Issue 10).
- Akinoglu, B. G., & Ecevit, A. (1990a). Construction of a quadratic model using modified Ångstrom coefficients to estimate global solar radiation. *Solar Energy*, 45(2), 85–92. [https://doi.org/10.1016/0038-092X\(90\)90032-8](https://doi.org/10.1016/0038-092X(90)90032-8)
- Aksoy, B. (1997a). DATA BANK Estimated monthly average global radiation for Turkey and its comparison with observations. In *Renewable Energy* (Vol. 10, Issue 4).
- Angstrom, A. (1924). *Angstrom solar*.
- Áridas Alta Radiación Solar, Z., & Martínez Ingeniero Agrónomo, M. (2016). *Proyecto Piloto B Estrategia Regional de Innovación de Arica y Parinacota Energía Sustentable para la Agricultura Intensiva bajo Condiciones de RADIACIÓN SOLAR-CONCEPTOS Y APLICACIONES Unidades de energía Equivalencias*.
- Abdel Wahab M. (1993). NEW APPROACH TO ESTIMATE ANGSTROM COEFFICIENTS. *Solar Energy*, 51.
- Bakirci, K. (2009). Models of solar radiation with hours of bright sunshine: A review. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 13, Issue 9, pp. 2580–2588). <https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.07.011>
- Bautista Carrascosa, I. (2016). *Cálculo de la radiación solar extraterrestre en función de la latitud y la declinación solar*.
- Benghanem, M., & Mellit, A. (2010). Radial Basis Function Network-based prediction of global solar radiation data: Application for sizing of a stand-alone photovoltaic system at Al-Madinah, Saudi Arabia. *Energy*, 35(9), 3751–3762. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2010.05.024>
- Besharat, F., Dehghan, A. A., & Faghih, A. R. (2013a). Empirical models for estimating global solar radiation: A review and case study. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 21, pp. 798–821). <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.12.043>
- Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación Grupo de Nuevas Actividades Profesionales. (2007). *Energía solar fotovoltaica*. Colegio Oficial Ingenieros de Telecomunicación.

- Collares-Pereira~, M., & Rabl, A. (n.d.). *THE AVERAGE DISTRIBUTION OF SOLAR RADIATION-CORRELATIONS BETWEEN DIFFUSE AND HEMISPHERICAL AND BETWEEN DAILY AND HOURLY INSOLATION VALUES* (Vol. 22).
- Daniele Silva Dornelas, K., Lopes da Silva, C., & Alberto da Silva Oliveira, C. (2006). Coeficientes médios da equação de Angström-Prescott, radiação solar e evapotranspiração de referência em Brasília Angström-Prescott equation mean coefficients, solar radiation and reference crop evapotranspiration in Brasília. In *Pesq. agropec. bras* (Issue 8).
- Dr. Anders Angstrom. (n.d.). *angstrom1924. 1923*.
- Duffie, J. A., & Beckman, W. A. (2020). *Solar Engineering of Thermal Processes, Photovoltaics and Wind Emeritus Professor of Mechanical Engineering* (Vol. 5). www.wiley.com/go/permissions.
- Duzen, H., & Aydin, H. (2012a). Sunshine-based estimation of global solar radiation on horizontal surface at Lake Van region (Turkey). *Energy Conversion and Management*, 58, 35–46. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2011.11.028>
- Ekici, C. (2019). Total Global Solar Radiation Estimation Models and Applications: A review. *International Journal of Innovative Technology and Interdisciplinary Sciences Wwww.IJITIS.Org*, 2(3), 236–252. <https://doi.org/10.15157/IJITIS.2019.2.3.236-252>
- el Mghouchi, Y., el Bouardi, A., Choulli, Z., & Ajzoul, T. (2016). Models for obtaining the daily direct, diffuse and global solar radiations. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 56, pp. 87–99). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.11.044>
- Elagib, N. A. (2009). Improved Ångström coefficients for estimating incoming radiation across Sudan Three-water" Transformations in the Yellow River Basin (YRB) under Influences of Climate Change and Human Activities. View project Performance of Large-Scale Gezira Irrigation Scheme and its Implications for Downstream River Nile Flow View project IMPROVED ÅNGSTRÖM COEFFICIENTS FOR ESTIMATING INCOMING RADIATION ACROSS SUDAN. In *Sudan Engineering Society Journal* (Vol. 55, Issue 52). <https://www.researchgate.net/publication/288826536>
- Ertekin, C., & Yaldiz, O. (n.d.). *Comparison of some existing models for estimating global solar radiation for Antalya (Turkey)*. www.elsevier.com/locate/enconman
- Gana, N. N., & Akpootu, D. (n.d.). Angstrom Type Empirical Correlation for Estimating Global Solar Radiation in North-Eastern Nigeria. In *The International Journal Of Engineering And Science*. www.theijes.com
- Gelman, H., Ecevit, A., & Tasdemiro~lu, E. (1984). *A NEW METHOD FOR ESTIMATING SOLAR RADIATION FROM BRIGHT SUNSHINE DATA* (Vol. 33, Issue 6).
- Gonzalo Abal, V. D. (2013). *manual técnico de energía solar térmica*.

- Güçlü, Y. S., Yeleğen, M. Ö., Dabanli, I., & Şişman, E. (2014). Solar irradiation estimations and comparisons by ANFIS, Angström-Prescott and dependency models. *Solar Energy*, 109(1), 118–124. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2014.08.027>
- Guzmán Martínez, O., Vicente Baldión Rincón, J., Simbaqueva Fonseca, O., Josué Zapata, H., & Chacón Cardona, C. (2013b). *COEFICIENTES PARA ESTIMAR LA RADIACIÓN SOLAR GLOBAL A PARTIR DEL BRILLO SOLAR EN LA ZONA CAFETERA COLOMBIANA* (Vol. 64, Issue 1).
- Gana, N. N., & Akpootu, D. O. (2013). Angstrom Type Empirical Correlation for Estimating Global Solar Radiation in North-Eastern Nigeria. *The International Journal Of Engineering And Science (IJES)*, 2(11), 58-78.
- Gueymard, C. A. (2004). The Sun's Total and Spectral Irradiance for Solar Energy Applications and Solar Radiation Models. *Solar Energy*, 76(4), 423-453.
- Guzmán, M. O., Baldión, J. V., Simbaqueva, F. O., Zapata, H. J., & Chacón, C. C. (2013). Coeficientes para estimar la radiación solar global a partir del brillo solar en la zona cafetera colombiana. *Revista Cenicafé*, 64(1), 60-76.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (6ta ed.). McGraw-Hill.
- Instituto Geográfico Nacional del Perú (IGN). Información geográfica y cartográfica del Perú. Recuperado de: <http://www.ign.gob.pe>
- Iqbal, M. (1983). *An Introduction to Solar Radiation*. Academic Press.
- Kaba, K., Sarigül, M., Avcı, M., & Kandirmaz, H. M. (2018). Estimation of daily global solar radiation using deep learning model. *Energy*, 162, 126–135. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.07.202>
- Kalogirou, S. A. (2009). *Solar Energy Engineering Processes and Systems*. <http://store.elsevier.com/>
- Katiyar, A. K., & Pandey, C. K. (2013a). A Review of Solar Radiation Models—Part I. *Journal of Renewable Energy*, 2013, 1–11. <https://doi.org/10.1155/2013/168048>
- Lamigueiro, O. P. (2020). *ENERGÍA SOLAR Fotovoltaica*. <https://github.com/oscarperpnan/esf>
- Liu, X., Mei, X., Li, Y., Zhang, Y., Wang, Q., Jensen, J.R., & Porter, J.R. (2009). Calibration of the Ångström–Prescott coefficients (a, b) under different time scales and their impacts in estimating global solar radiation in the Yellow River basin. *Agricultural and Forest Meteorology*, 149(4), 697-710. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2008.10.002>.

- Mabasa, B., Lysko, M. D., Tazvinga, H., Mulaudzi, S. T., Zwane, N., & Moloi, S. J. (2020). The Ångström–Prescott regression coefficients for six climatic zones in South Africa. *Energies*, 13(20). <https://doi.org/10.3390/en13205418>
- Martínez, D. (2010). Estimación de la Radiación Solar en Zonas de Montaña: Una Aplicación para la Región Andina. *Revista de Energía Solar*.
- Naserpour, S., Zolfaghari, H., & Zeaiean Firouzabadi, P. (2020). Calibration and evaluation of sunshine-based empirical models for estimating daily solar radiation in Iran. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 42. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2020.100855>
- Ogelman, H., Ecevit, A., & Tasdemiroglu, E. (1984). *A NEW METHOD FOR ESTIMATING SOLAR RADIATION FROM BRIGHT SUNSHINE DATA* (Vol. 33, Issue 6).
- Ouali, K., & Alkama, R. (2014). A new model of global solar radiation based on meteorological data in Bejaia City (Algeria). *Energy Procedia*, 50, 670–676. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.06.082>
- Poudyal, K. N. (n.d.). *Estimation of Global Solar Radiation using Modified Angstrom Empirical formula on the basis of Meteorological parameters in Himalaya Region Pokhara, Nepal*.
- Rahman, M. M., & Zakaria, M. (2005). Modified Angstrom coefficients for the sunshine-irradiation correlation. In *Indian Journal of Radi o & Space Ph ys ics* (Vol. 34).
- República de Colombia Ministerio de Minas y Energía. (2002). *Atlas de Radiación Solar de Colombia*.
- Shukla, A., Dal Pai, A., & Skific, A. (n.d.). *Angstrom-Prescott model based Regression Coefficient Calculation for the Region of Botucatu, Brazil*. www.ijert.org
- Solar radiation analysis and regression coefficients for the Vhembe Region, Limpopo Province, South Africa*. (n.d.).
- Soteris A. Kalogirou. (2009). *Solar Energy Engineering: Processes and Systems*.
- Zhang, Q., Cui, N., Feng, Y., Jia, Y., Li, Z., & Gong, D. (2018). Comparative Analysis of Global Solar Radiation Models in Different Regions of China. *Advances in Meteorology*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/3894831>.
- Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC). Página oficial. Recuperado de: <http://www.unsaac.edu.pe>

ANEXOS

Matriz de consistencia

CUADRO N° 05: MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO: ESTIMACIÓN DE LA RADIACIÓN SOLAR GLOBAL MEDIANTE UN MODELO DE SEGUNDO GRADO USANDO COEFICIENTES DE ÅNGSTRÖM MODIFICADOS PARA LA CIUDAD DE CUSCO-2021

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	Hipótesis GENERAL	Variables	DIMENSIONES DE LAS VARIABLES	INDICADORES	DISEÑO METODOLÓGICO	MARCO TEORICO
¿Es posible la estimación de la radiación solar global mediante un modelo de segundo grado usando coeficientes de Ångström modificados para la ciudad de Cusco-2021?	Determinar la radiación solar global mediante un modelo de segundo grado usando coeficiente de Ångström modificado para la ciudad de Cusco-2021.	El modelo de segundo grado utilizando coeficientes de Ångström modificados proporciona una estimación precisa de la radiación solar global para la ciudad de Cusco en 2021.	VARIABLES INDEPENDIENTES DE ÅNGSTRÖM DE SEGUNDO ORDEN	D1: H radiación medida en la superficie D2: S número de horas de brillo solar medidas en superficie.	Intensidad (W/m ²) Tiempo(horas)	Tipo de investigación: Cuantitativo y correlacional Diseño: no Experimental	<ul style="list-style-type: none"> • Radiación solar global • Radiación directa • Radiación difusa • Medición de la radiación solar • Radiación solar global • Extraterrestre • Constante solar • El sol
			VARIABLE DEPENDIENTE Radiación solar global	D3: Ho radiación solar global extraterrestre D4: S ₀ la duración astronómica del día. D5: Radiación solar global	Intensidad(W/m ²) tiempo Intensidad		
PROBLEMA ESPECIFICO	OBJETIVO ESPECIFICO	HIPOTESIS ESPECIFICAS				Nivel: aplicativo	<ul style="list-style-type: none"> • Coordenadas geográficas: • Cenit(θz) • Latitud • Declinación solar • Factor de excentricidad • Índice de claridad • Fracción de brillo solar • Duración astronómica del día n. • Cambio climático • Modelos de estimación Modelo de Ångström
¿Como influyen los factores climáticos en la determinación de la radiación solar global de la ciudad de Cusco?	Identificar los factores climáticos que influyen en la determinación de la radiación solar global de la ciudad de Cusco.	Los factores climáticos influyen en la estimación de la radiación solar global para la ciudad de Cusco-2021.	VARIABLE DEPENDIENTE índice de claridad	D5: H/Ho	Constante	Método: deductivo	
			Coeficiente de la ecuación	D6: a	Constante		
¿Es posible obtener datos meteorológicos de la ciudad del Cusco de los años 1990 al 2021 con el fin de realizar la estimación de la radiación solar global?	Identificar las fuentes disponibles para obtener datos meteorológicos históricos de la ciudad del Cusco de los años 1990 al 2021 con el fin de realizar la estimación de la radiación solar global.	Es posible obtener datos meteorológicos históricos completos y precisos de la ciudad de Cusco desde 1990 hasta 2021, lo que permitirá realizar una estimación precisa de la radiación solar global.	VARIABLE DEPENDIENTE fracción de brillo solar	D7: S/So	Constante		
			Coeficiente de la ecuación	D8: c	Constante		
¿La inclusión de un término cuadrático en el modelo de Ångström reduce el error de estimación de la radiación solar global en comparación con el modelo de primer grado para la ciudad de Cusco en el año 2021?	Evaluar si la inclusión de un término cuadrático en el modelo de Ångström reduce el error de estimación de la radiación solar global para la ciudad de Cusco en el año 2021.	La inclusión de un término cuadrático en el modelo de Ångström reducirá el error de estimación en comparación con el modelo de primer grado.	VARIABLE DEPENDIENTE Coeficiente de la ecuación	D8: b	Constante		

Instrumentos de recolección de información

Figura 61

Instrumento de medición Pirómetro y estación total



Nota: Fuente Propia

Medios de verificación

Tabla 44

Cálculo de la declinación, ángulo horario, factor de excentricidad, Radiación solar extraterrestre y duración del día en radianes.

meses	día	Latitud cusco	"n" día de año	declinación	Angulo Horario	factor de excentricidad	H0(MJ/(m ² d)	duración del (S ₀)
enero	1	-13.52003933	1	-0.40101	1.67292	1.03300	34.88960	12.78016
	2	-13.52003933	2	-0.39956	1.67251	1.03298	34.90952	12.77702

	3	-13.52003933	3	-0.39800	1.67206	1.03296	34.93070	12.77362
	4	-13.52003933	4	-0.39632	1.67159	1.03292	34.95312	12.76997
	5	-13.52003933	5	-0.39452	1.67108	1.03288	34.97676	12.76608
	6	-13.52003933	6	-0.39261	1.67053	1.03282	35.00158	12.76193
	7	-13.52003933	7	-0.39058	1.66996	1.03276	35.02756	12.75754
	8	-13.52003933	8	-0.38843	1.66935	1.03269	35.05466	12.75291
	9	-13.52003933	9	-0.38617	1.66871	1.03260	35.08286	12.74804
	10	-13.52003933	10	-0.38379	1.66805	1.03251	35.11210	12.74293
	11	-13.52003933	11	-0.38130	1.66735	1.03241	35.14237	12.73759
	12	-13.52003933	12	-0.37870	1.66662	1.03230	35.17362	12.73202
	13	-13.52003933	13	-0.37598	1.66586	1.03218	35.20580	12.72622
	14	-13.52003933	14	-0.37315	1.66507	1.03205	35.23889	12.72020
	15	-13.52003933	15	-0.37022	1.66425	1.03191	35.27282	12.71396
	16	-13.52003933	16	-0.36717	1.66341	1.03176	35.30758	12.70750
	17	-13.52003933	17	-0.36401	1.66253	1.03160	35.34309	12.70082
	18	-13.52003933	18	-0.36075	1.66163	1.03143	35.37933	12.69394
	19	-13.52003933	19	-0.35738	1.66070	1.03125	35.41623	12.68684
	20	-13.52003933	20	-0.35390	1.65975	1.03106	35.45376	12.67955
	21	-13.52003933	21	-0.35032	1.65877	1.03087	35.49185	12.67205
	22	-13.52003933	22	-0.34663	1.65776	1.03066	35.53047	12.66436
	23	-13.52003933	23	-0.34285	1.65673	1.03045	35.56955	12.65647
	24	-13.52003933	24	-0.33896	1.65567	1.03022	35.60905	12.64840
	25	-13.52003933	25	-0.33497	1.65459	1.02999	35.64890	12.64014
	26	-13.52003933	26	-0.33088	1.65349	1.02975	35.68905	12.63170
	27	-13.52003933	27	-0.32669	1.65236	1.02950	35.72945	12.62308
	28	-13.52003933	28	-0.32240	1.65121	1.02924	35.77004	12.61430
	29	-13.52003933	29	-0.31803	1.65003	1.02897	35.81076	12.60534
	30	-13.52003933	30	-0.31355	1.64884	1.02870	35.85155	12.59621
	31	-13.52003933	31	-0.30898	1.64762	1.02841	35.89236	12.58693
	1	-13.5200393	32	-0.30433	1.64639	1.02812	35.93313	12.57749
	2	-13.5200393	33	-0.29958	1.64513	1.02782	35.97379	12.56789
	3	-13.5200393	34	-0.29474	1.64386	1.02751	36.01429	12.55814
	4	-13.5200393	35	-0.28981	1.64256	1.02719	36.05456	12.54825
	5	-13.5200393	36	-0.28480	1.64125	1.02686	36.09455	12.53822
	6	-13.5200393	37	-0.27971	1.63992	1.02653	36.13420	12.52805
febrero	7	-13.5200393	38	-0.27453	1.63857	1.02619	36.17345	12.51774
	8	-13.5200393	39	-0.26927	1.63720	1.02584	36.21223	12.50731
	9	-13.5200393	40	-0.26393	1.63582	1.02548	36.25049	12.49675
	10	-13.5200393	41	-0.25852	1.63442	1.02512	36.28817	12.48606
	11	-13.5200393	42	-0.25302	1.63301	1.02474	36.32520	12.47526
	12	-13.5200393	43	-0.24745	1.63158	1.02436	36.36154	12.46434
	13	-13.5200393	44	-0.24181	1.63013	1.02398	36.39712	12.45331
	14	-13.5200393	45	-0.23610	1.62868	1.02358	36.43188	12.44217
	15	-13.5200393	46	-0.23031	1.62721	1.02318	36.46577	12.43093

	16	-13.5200393	47	-0.22446	1.62572	1.02278	36.49873	12.41959
	17	-13.5200393	48	-0.21854	1.62422	1.02236	36.53071	12.40815
	18	-13.5200393	49	-0.21256	1.62271	1.02194	36.56165	12.39661
	19	-13.5200393	50	-0.20651	1.62119	1.02151	36.59151	12.38499
	20	-13.5200393	51	-0.20040	1.61966	1.02108	36.62022	12.37328
	21	-13.5200393	52	-0.19424	1.61811	1.02064	36.64773	12.36149
	22	-13.5200393	53	-0.18801	1.61656	1.02019	36.67400	12.34961
	23	-13.5200393	54	-0.18173	1.61500	1.01974	36.69899	12.33766
	24	-13.5200393	55	-0.17540	1.61342	1.01928	36.72263	12.32563
	25	-13.5200393	56	-0.16901	1.61184	1.01882	36.74489	12.31354
	26	-13.5200393	57	-0.16258	1.61025	1.01835	36.76572	12.30137
	27	-13.5200393	58	-0.15609	1.60865	1.01787	36.78508	12.28915
	28	-13.5200393	59	-0.14956	1.60704	1.01739	36.80293	12.27686
	1	-13.5200393	60	-0.14299	1.60542	1.01691	36.81924	12.26451
	2	-13.5200393	61	-0.13637	1.60380	1.01642	36.83395	12.25211
	3	-13.5200393	62	-0.12971	1.60217	1.01592	36.84704	12.23965
	4	-13.5200393	63	-0.12302	1.60053	1.01542	36.85848	12.22715
	5	-13.5200393	64	-0.11628	1.59889	1.01492	36.86823	12.21460
	6	-13.5200393	65	-0.10952	1.59724	1.01441	36.87626	12.20200
	7	-13.5200393	66	-0.10272	1.59558	1.01390	36.88255	12.18937
	8	-13.5200393	67	-0.09589	1.59393	1.01338	36.88707	12.17669
	9	-13.5200393	68	-0.08903	1.59226	1.01286	36.88980	12.16398
	10	-13.5200393	69	-0.08215	1.59059	1.01233	36.89071	12.15124
	11	-13.5200393	70	-0.07524	1.58892	1.01180	36.88979	12.13847
	12	-13.5200393	71	-0.06831	1.58725	1.01127	36.88703	12.12567
	13	-13.5200393	72	-0.06135	1.58557	1.01074	36.88239	12.11285
	14	-13.5200393	73	-0.05438	1.58389	1.01020	36.87589	12.10000
marzo	15	-13.5200393	74	-0.04740	1.58220	1.00966	36.86750	12.08713
	16	-13.5200393	75	-0.04040	1.58052	1.00911	36.85721	12.07425
	17	-13.5200393	76	-0.03339	1.57883	1.00856	36.84503	12.06135
	18	-13.5200393	77	-0.02636	1.57714	1.00801	36.83095	12.04844
	19	-13.5200393	78	-0.01934	1.57545	1.00746	36.81497	12.03552
	20	-13.5200393	79	-0.01230	1.57375	1.00691	36.79709	12.02259
	21	-13.5200393	80	-0.00526	1.57206	1.00635	36.77731	12.00966
	22	-13.5200393	81	0.00178	1.57037	1.00579	36.75565	11.99673
	23	-13.5200393	82	0.00882	1.56868	1.00523	36.73211	11.98380
	24	-13.5200393	83	0.01586	1.56698	1.00467	36.70670	11.97087
	25	-13.5200393	84	0.02289	1.56529	1.00411	36.67944	11.95795
	26	-13.5200393	85	0.02992	1.56360	1.00354	36.65035	11.94503
	27	-13.5200393	86	0.03693	1.56191	1.00298	36.61943	11.93213
	28	-13.5200393	87	0.04394	1.56022	1.00241	36.58672	11.91924
	29	-13.5200393	88	0.05093	1.55854	1.00185	36.55223	11.90636
	30	-13.5200393	89	0.05791	1.55686	1.00128	36.51599	11.89350
	31	-13.5200393	90	0.06487	1.55518	1.00071	36.47803	11.88067

	1	-13.5200393	91	0.07181	1.55350	1.00014	36.43838	11.86786
	2	-13.5200393	92	0.07873	1.55183	0.99957	36.39706	11.85507
	3	-13.5200393	93	0.08563	1.55016	0.99901	36.35411	11.84231
	4	-13.5200393	94	0.09250	1.54849	0.99844	36.30958	11.82959
	5	-13.5200393	95	0.09934	1.54683	0.99787	36.26348	11.81690
	6	-13.5200393	96	0.10616	1.54517	0.99730	36.21587	11.80424
	7	-13.5200393	97	0.11294	1.54352	0.99674	36.16679	11.79162
	8	-13.5200393	98	0.11969	1.54187	0.99617	36.11627	11.77905
	9	-13.5200393	99	0.12641	1.54023	0.99561	36.06437	11.76652
	10	-13.5200393	100	0.13308	1.53860	0.99505	36.01113	11.75404
	11	-13.5200393	101	0.13972	1.53697	0.99449	35.95659	11.74162
	12	-13.5200393	102	0.14632	1.53535	0.99393	35.90081	11.72924
	13	-13.5200393	103	0.15287	1.53374	0.99337	35.84384	11.71692
	14	-13.5200393	104	0.15938	1.53214	0.99282	35.78573	11.70466
abril	15	-13.5200393	105	0.16584	1.53054	0.99226	35.72653	11.69247
	16	-13.5200393	106	0.17225	1.52895	0.99171	35.66631	11.68034
	17	-13.5200393	107	0.17861	1.52737	0.99116	35.60510	11.66828
	18	-13.5200393	108	0.18491	1.52580	0.99062	35.54299	11.65629
	19	-13.5200393	109	0.19117	1.52425	0.99007	35.48001	11.64438
	20	-13.5200393	110	0.19736	1.52270	0.98953	35.41623	11.63254
	21	-13.5200393	111	0.20350	1.52116	0.98900	35.35172	11.62079
	22	-13.5200393	112	0.20958	1.51963	0.98846	35.28653	11.60912
	23	-13.5200393	113	0.21559	1.51811	0.98793	35.22072	11.59754
	24	-13.5200393	114	0.22154	1.51661	0.98740	35.15436	11.58606
	25	-13.5200393	115	0.22743	1.51512	0.98688	35.08751	11.57467
	26	-13.5200393	116	0.23324	1.51364	0.98636	35.02023	11.56337
	27	-13.5200393	117	0.23899	1.51218	0.98585	34.95259	11.55218
	28	-13.5200393	118	0.24467	1.51073	0.98534	34.88465	11.54110
	29	-13.5200393	119	0.25028	1.50929	0.98483	34.81648	11.53013
	30	-13.5200393	120	0.25581	1.50787	0.98433	34.74814	11.51927
	1	-13.5200393	121	0.26126	1.50646	0.98383	34.67970	11.50852
	2	-13.5200393	122	0.26664	1.50507	0.98334	34.61122	11.49790
	3	-13.5200393	123	0.27194	1.50370	0.98285	34.54276	11.48740
	4	-13.5200393	124	0.27716	1.50234	0.98237	34.47440	11.47703
	5	-13.5200393	125	0.28229	1.50100	0.98189	34.40619	11.46679
	6	-13.5200393	126	0.28735	1.49968	0.98142	34.33820	11.45669
mayo	7	-13.5200393	127	0.29231	1.49837	0.98095	34.27050	11.44673
	8	-13.5200393	128	0.29720	1.49709	0.98049	34.20315	11.43691
	9	-13.5200393	129	0.30199	1.49582	0.98003	34.13621	11.42724
	10	-13.5200393	130	0.30669	1.49458	0.97958	34.06974	11.41772
	11	-13.5200393	131	0.31130	1.49335	0.97914	34.00381	11.40836
	12	-13.5200393	132	0.31582	1.49215	0.97870	33.93848	11.39915
	13	-13.5200393	133	0.32025	1.49096	0.97827	33.87381	11.39011
	14	-13.5200393	134	0.32458	1.48980	0.97785	33.80986	11.38124

	15	-13.5200393	135	0.32882	1.48866	0.97743	33.74668	11.37254
	16	-13.5200393	136	0.33296	1.48755	0.97702	33.68435	11.36401
	17	-13.5200393	137	0.33700	1.48645	0.97662	33.62290	11.35566
	18	-13.5200393	138	0.34093	1.48538	0.97622	33.56241	11.34750
	19	-13.5200393	139	0.34477	1.48434	0.97583	33.50292	11.33952
	20	-13.5200393	140	0.34851	1.48332	0.97544	33.44450	11.33173
	21	-13.5200393	141	0.35214	1.48233	0.97507	33.38718	11.32414
	22	-13.5200393	142	0.35567	1.48136	0.97470	33.33103	11.31674
	23	-13.5200393	143	0.35909	1.48042	0.97434	33.27610	11.30955
	24	-13.5200393	144	0.36241	1.47950	0.97399	33.22243	11.30256
	25	-13.5200393	145	0.36562	1.47861	0.97364	33.17007	11.29578
	26	-13.5200393	146	0.36872	1.47775	0.97330	33.11908	11.28921
	27	-13.5200393	147	0.37171	1.47692	0.97297	33.06948	11.28286
	28	-13.5200393	148	0.37460	1.47612	0.97265	33.02134	11.27673
	29	-13.5200393	149	0.37737	1.47535	0.97234	32.97469	11.27082
	30	-13.5200393	150	0.38003	1.47460	0.97203	32.92956	11.26513
	31	-13.5200393	151	0.38257	1.47389	0.97173	32.88601	11.25968
	1	-13.5200393	152	0.38501	1.47320	0.97144	32.84407	11.25446
	2	-13.5200393	153	0.38732	1.47255	0.97116	32.80377	11.24947
	3	-13.5200393	154	0.38953	1.47193	0.97089	32.76515	11.24472
	4	-13.5200393	155	0.39162	1.47134	0.97063	32.72825	11.24021
	5	-13.5200393	156	0.39359	1.47078	0.97037	32.69308	11.23594
	6	-13.5200393	157	0.39545	1.47026	0.97013	32.65969	11.23192
	7	-13.5200393	158	0.39718	1.46976	0.96989	32.62810	11.22815
	8	-13.5200393	159	0.39881	1.46930	0.96966	32.59834	11.22463
	9	-13.5200393	160	0.40031	1.46887	0.96944	32.57043	11.22136
	10	-13.5200393	161	0.40169	1.46848	0.96923	32.54439	11.21834
	11	-13.5200393	162	0.40296	1.46812	0.96903	32.52025	11.21558
	12	-13.5200393	163	0.40410	1.46779	0.96884	32.49803	11.21308
	13	-13.5200393	164	0.40513	1.46750	0.96866	32.47773	11.21084
	14	-13.5200393	165	0.40604	1.46724	0.96849	32.45939	11.20886
junio	15	-13.5200393	166	0.40682	1.46701	0.96832	32.44301	11.20714
	16	-13.5200393	167	0.40749	1.46682	0.96817	32.42860	11.20568
	17	-13.5200393	168	0.40803	1.46666	0.96802	32.41617	11.20449
	18	-13.5200393	169	0.40846	1.46654	0.96789	32.40574	11.20356
	19	-13.5200393	170	0.40876	1.46646	0.96776	32.39731	11.20289
	20	-13.5200393	171	0.40894	1.46640	0.96764	32.39088	11.20250
	21	-13.5200393	172	0.40900	1.46639	0.96754	32.38647	11.20236
	22	-13.5200393	173	0.40894	1.46640	0.96744	32.38406	11.20250
	23	-13.5200393	174	0.40876	1.46646	0.96735	32.38366	11.20290
	24	-13.5200393	175	0.40845	1.46654	0.96727	32.38526	11.20356
	25	-13.5200393	176	0.40803	1.46666	0.96721	32.38887	11.20449
	26	-13.5200393	177	0.40748	1.46682	0.96715	32.39448	11.20569
	27	-13.5200393	178	0.40682	1.46701	0.96710	32.40208	11.20715

	28	-13.5200393	179	0.40603	1.46724	0.96706	32.41165	11.20887
	29	-13.5200393	180	0.40513	1.46750	0.96703	32.42320	11.21085
	30	-13.5200393	181	0.40410	1.46779	0.96701	32.43670	11.21309
	1	-13.5200393	182	0.40295	1.46812	0.96700	32.45214	11.21560
	2	-13.5200393	183	0.40169	1.46848	0.96700	32.46951	11.21836
	3	-13.5200393	184	0.40030	1.46887	0.96701	32.48878	11.22138
	4	-13.5200393	185	0.39880	1.46930	0.96703	32.50994	11.22465
	5	-13.5200393	186	0.39718	1.46976	0.96706	32.53296	11.22817
	6	-13.5200393	187	0.39544	1.47026	0.96710	32.55783	11.23194
	7	-13.5200393	188	0.39358	1.47078	0.96715	32.58451	11.23597
	8	-13.5200393	189	0.39161	1.47134	0.96721	32.61298	11.24023
	9	-13.5200393	190	0.38952	1.47193	0.96727	32.64322	11.24474
	10	-13.5200393	191	0.38731	1.47256	0.96735	32.67518	11.24950
	11	-13.5200393	192	0.38499	1.47321	0.96744	32.70885	11.25448
	12	-13.5200393	193	0.38256	1.47389	0.96754	32.74418	11.25971
	13	-13.5200393	194	0.38001	1.47461	0.96764	32.78114	11.26516
	14	-13.5200393	195	0.37735	1.47535	0.96776	32.81970	11.27085
julio	15	-13.5200393	196	0.37458	1.47612	0.96789	32.85982	11.27676
	16	-13.5200393	197	0.37170	1.47693	0.96802	32.90145	11.28289
	17	-13.5200393	198	0.36871	1.47776	0.96817	32.94457	11.28925
	18	-13.5200393	199	0.36560	1.47862	0.96832	32.98912	11.29581
	19	-13.5200393	200	0.36239	1.47951	0.96849	33.03506	11.30260
	20	-13.5200393	201	0.35908	1.48042	0.96866	33.08234	11.30959
	21	-13.5200393	202	0.35565	1.48136	0.96884	33.13093	11.31678
	22	-13.5200393	203	0.35212	1.48233	0.96903	33.18077	11.32418
	23	-13.5200393	204	0.34849	1.48333	0.96923	33.23182	11.33177
	24	-13.5200393	205	0.34475	1.48435	0.96944	33.28402	11.33956
	25	-13.5200393	206	0.34091	1.48539	0.96966	33.33732	11.34754
	26	-13.5200393	207	0.33697	1.48646	0.96989	33.39168	11.35571
	27	-13.5200393	208	0.33293	1.48755	0.97013	33.44703	11.36406
	28	-13.5200393	209	0.32880	1.48867	0.97037	33.50332	11.37259
	29	-13.5200393	210	0.32456	1.48981	0.97063	33.56051	11.38129
	30	-13.5200393	211	0.32023	1.49097	0.97089	33.61853	11.39016
	31	-13.5200393	212	0.31580	1.49215	0.97116	33.67732	11.39920
agosto	1	-13.5200393	213	0.31128	1.49336	0.97144	33.73683	11.40841
	2	-13.5200393	214	0.30667	1.49458	0.97173	33.79699	11.41777
	3	-13.5200393	215	0.30196	1.49583	0.97203	33.85776	11.42729
	4	-13.5200393	216	0.29717	1.49710	0.97234	33.91907	11.43697
	5	-13.5200393	217	0.29229	1.49838	0.97265	33.98085	11.44678
	6	-13.5200393	218	0.28732	1.49968	0.97297	34.04306	11.45675
	7	-13.5200393	219	0.28227	1.50101	0.97330	34.10562	11.46685
	8	-13.5200393	220	0.27713	1.50235	0.97364	34.16847	11.47709
	9	-13.5200393	221	0.27191	1.50370	0.97399	34.23156	11.48746
	10	-13.5200393	222	0.26661	1.50508	0.97434	34.29482	11.49796

septiembre

11	-13.5200393	223	0.26123	1.50647	0.97470	34.35819	11.50858
12	-13.5200393	224	0.25578	1.50788	0.97507	34.42160	11.51933
13	-13.5200393	225	0.25025	1.50930	0.97544	34.48499	11.53019
14	-13.5200393	226	0.24464	1.51073	0.97583	34.54831	11.54116
15	-13.5200393	227	0.23896	1.51219	0.97622	34.61148	11.55225
16	-13.5200393	228	0.23321	1.51365	0.97662	34.67445	11.56344
17	-13.5200393	229	0.22740	1.51513	0.97702	34.73715	11.57473
18	-13.5200393	230	0.22151	1.51662	0.97743	34.79953	11.58612
19	-13.5200393	231	0.21556	1.51812	0.97785	34.86152	11.59761
20	-13.5200393	232	0.20954	1.51964	0.97827	34.92305	11.60919
21	-13.5200393	233	0.20347	1.52117	0.97870	34.98408	11.62085
22	-13.5200393	234	0.19733	1.52270	0.97914	35.04453	11.63261
23	-13.5200393	235	0.19113	1.52425	0.97958	35.10436	11.64444
24	-13.5200393	236	0.18488	1.52581	0.98003	35.16350	11.65636
25	-13.5200393	237	0.17857	1.52738	0.98049	35.22190	11.66834
26	-13.5200393	238	0.17221	1.52896	0.98095	35.27950	11.68041
27	-13.5200393	239	0.16580	1.53055	0.98142	35.33625	11.69254
28	-13.5200393	240	0.15934	1.53215	0.98189	35.39208	11.70473
29	-13.5200393	241	0.15283	1.53375	0.98237	35.44695	11.71699
30	-13.5200393	242	0.14628	1.53536	0.98285	35.50081	11.72931
31	-13.5200393	243	0.13968	1.53698	0.98334	35.55360	11.74168
1	-13.5200393	244	0.13305	1.53861	0.98383	35.60528	11.75411
2	-13.5200393	245	0.12637	1.54024	0.98433	35.65580	11.76659
3	-13.5200393	246	0.11966	1.54188	0.98483	35.70512	11.77912
4	-13.5200393	247	0.11291	1.54353	0.98534	35.75317	11.79169
5	-13.5200393	248	0.10612	1.54518	0.98585	35.79994	11.80431
6	-13.5200393	249	0.09931	1.54684	0.98636	35.84536	11.81696
7	-13.5200393	250	0.09246	1.54850	0.98688	35.88941	11.82966
8	-13.5200393	251	0.08559	1.55016	0.98740	35.93205	11.84238
9	-13.5200393	252	0.07869	1.55183	0.98793	35.97323	11.85514
10	-13.5200393	253	0.07177	1.55351	0.98846	36.01293	11.86793
11	-13.5200393	254	0.06483	1.55519	0.98900	36.05111	11.88074
12	-13.5200393	255	0.05787	1.55687	0.98953	36.08774	11.89358
13	-13.5200393	256	0.05089	1.55855	0.99007	36.12280	11.90643
14	-13.5200393	257	0.04390	1.56023	0.99062	36.15625	11.91931
15	-13.5200393	258	0.03689	1.56192	0.99116	36.18808	11.93220
16	-13.5200393	259	0.02988	1.56361	0.99171	36.21825	11.94510
17	-13.5200393	260	0.02285	1.56530	0.99226	36.24676	11.95802
18	-13.5200393	261	0.01582	1.56699	0.99282	36.27358	11.97094
19	-13.5200393	262	0.00878	1.56868	0.99337	36.29869	11.98387
20	-13.5200393	263	0.00174	1.57038	0.99393	36.32209	11.99680
21	-13.5200393	264	-0.00530	1.57207	0.99449	36.34376	12.00973
22	-13.5200393	265	-0.01234	1.57376	0.99505	36.36369	12.02267
23	-13.5200393	266	-0.01937	1.57546	0.99561	36.38188	12.03559

	24	-13.5200393	267	-0.02640	1.57715	0.99617	36.39831	12.04851
	25	-13.5200393	268	-0.03342	1.57884	0.99674	36.41300	12.06142
	26	-13.5200393	269	-0.04044	1.58052	0.99730	36.42594	12.07432
	27	-13.5200393	270	-0.04744	1.58221	0.99787	36.43713	12.08720
	28	-13.5200393	271	-0.05442	1.58390	0.99844	36.44657	12.10007
	29	-13.5200393	272	-0.06139	1.58558	0.99901	36.45427	12.11292
	30	-13.5200393	273	-0.06834	1.58726	0.99957	36.46025	12.12574
	1	-13.5200393	274	-0.07527	1.58893	1.00014	36.46451	12.13854
	2	-13.5200393	275	-0.08218	1.59060	1.00071	36.46706	12.15131
	3	-13.5200393	276	-0.08907	1.59227	1.00128	36.46793	12.16405
	4	-13.5200393	277	-0.09593	1.59393	1.00185	36.46712	12.17676
	5	-13.5200393	278	-0.10276	1.59559	1.00241	36.46466	12.18944
	6	-13.5200393	279	-0.10955	1.59725	1.00298	36.46057	12.20207
	7	-13.5200393	280	-0.11632	1.59890	1.00354	36.45488	12.21467
	8	-13.5200393	281	-0.12305	1.60054	1.00411	36.44760	12.22722
	9	-13.5200393	282	-0.12975	1.60218	1.00467	36.43878	12.23972
	10	-13.5200393	283	-0.13641	1.60381	1.00523	36.42843	12.25218
	11	-13.5200393	284	-0.14302	1.60543	1.00579	36.41659	12.26458
	12	-13.5200393	285	-0.14960	1.60705	1.00635	36.40329	12.27693
	13	-13.5200393	286	-0.15613	1.60865	1.00691	36.38858	12.28921
	14	-13.5200393	287	-0.16261	1.61025	1.00746	36.37247	12.30144
octubre	15	-13.5200393	288	-0.16905	1.61185	1.00801	36.35502	12.31360
	16	-13.5200393	289	-0.17543	1.61343	1.00856	36.33627	12.32570
	17	-13.5200393	290	-0.18177	1.61500	1.00911	36.31625	12.33772
	18	-13.5200393	291	-0.18805	1.61657	1.00966	36.29501	12.34968
	19	-13.5200393	292	-0.19427	1.61812	1.01020	36.27260	12.36155
	20	-13.5200393	293	-0.20044	1.61967	1.01074	36.24905	12.37334
	21	-13.5200393	294	-0.20655	1.62120	1.01127	36.22443	12.38505
	22	-13.5200393	295	-0.21259	1.62272	1.01180	36.19877	12.39668
	23	-13.5200393	296	-0.21857	1.62423	1.01233	36.17212	12.40821
	24	-13.5200393	297	-0.22449	1.62573	1.01286	36.14455	12.41965
	25	-13.5200393	298	-0.23034	1.62721	1.01338	36.11609	12.43099
	26	-13.5200393	299	-0.23613	1.62868	1.01390	36.08680	12.44223
	27	-13.5200393	300	-0.24184	1.63014	1.01441	36.05674	12.45337
	28	-13.5200393	301	-0.24748	1.63159	1.01492	36.02595	12.46440
	29	-13.5200393	302	-0.25305	1.63302	1.01542	35.99450	12.47532
	30	-13.5200393	303	-0.25855	1.63443	1.01592	35.96244	12.48612
	31	-13.5200393	304	-0.26396	1.63583	1.01642	35.92983	12.49680
noviembre	1	-13.5200393	305	-0.26930	1.63721	1.01691	35.89672	12.50737
	2	-13.5200393	306	-0.27456	1.63858	1.01739	35.86317	12.51780
	3	-13.5200393	307	-0.27974	1.63993	1.01787	35.82923	12.52810
	4	-13.5200393	308	-0.28483	1.64126	1.01835	35.79497	12.53827
	5	-13.5200393	309	-0.28984	1.64257	1.01882	35.76044	12.54831
	6	-13.5200393	310	-0.29477	1.64386	1.01928	35.72570	12.55820

	7	-13.5200393	311	-0.29960	1.64514	1.01974	35.69081	12.56794
	8	-13.5200393	312	-0.30435	1.64640	1.02019	35.65582	12.57754
	9	-13.5200393	313	-0.30901	1.64763	1.02064	35.62080	12.58698
	10	-13.5200393	314	-0.31358	1.64885	1.02108	35.58579	12.59626
	11	-13.5200393	315	-0.31805	1.65004	1.02151	35.55086	12.60539
	12	-13.5200393	316	-0.32243	1.65121	1.02194	35.51606	12.61434
	13	-13.5200393	317	-0.32671	1.65236	1.02236	35.48145	12.62313
	14	-13.5200393	318	-0.33090	1.65349	1.02278	35.44709	12.63175
	15	-13.5200393	319	-0.33499	1.65460	1.02318	35.41302	12.64019
	16	-13.5200393	320	-0.33898	1.65568	1.02358	35.37930	12.64844
	17	-13.5200393	321	-0.34287	1.65673	1.02398	35.34599	12.65652
	18	-13.5200393	322	-0.34665	1.65777	1.02436	35.31314	12.66440
	19	-13.5200393	323	-0.35034	1.65877	1.02474	35.28080	12.67209
	20	-13.5200393	324	-0.35392	1.65975	1.02512	35.24902	12.67959
	21	-13.5200393	325	-0.35740	1.66071	1.02548	35.21786	12.68688
	22	-13.5200393	326	-0.36077	1.66164	1.02584	35.18735	12.69397
	23	-13.5200393	327	-0.36403	1.66254	1.02619	35.15755	12.70086
	24	-13.5200393	328	-0.36719	1.66341	1.02653	35.12850	12.70753
	25	-13.5200393	329	-0.37023	1.66426	1.02686	35.10025	12.71399
	26	-13.5200393	330	-0.37317	1.66507	1.02719	35.07284	12.72023
	27	-13.5200393	331	-0.37600	1.66586	1.02751	35.04632	12.72626
	28	-13.5200393	332	-0.37871	1.66662	1.02782	35.02073	12.73205
	29	-13.5200393	333	-0.38131	1.66735	1.02812	34.99610	12.73762
	30	-13.5200393	334	-0.38380	1.66805	1.02841	34.97248	12.74296
	1	-13.5200393	335	-0.38618	1.66872	1.02870	34.94990	12.74807
	2	-13.5200393	336	-0.38844	1.66936	1.02897	34.92839	12.75294
	3	-13.5200393	337	-0.39059	1.66996	1.02924	34.90800	12.75757
	4	-13.5200393	338	-0.39262	1.67054	1.02950	34.88876	12.76195
	5	-13.5200393	339	-0.39453	1.67108	1.02975	34.87068	12.76610
	6	-13.5200393	340	-0.39633	1.67159	1.02999	34.85381	12.76999
	7	-13.5200393	341	-0.39801	1.67207	1.03022	34.83817	12.77364
	8	-13.5200393	342	-0.39957	1.67251	1.03045	34.82379	12.77704
	9	-13.5200393	343	-0.40102	1.67292	1.03066	34.81068	12.78018
	10	-13.5200393	344	-0.40234	1.67330	1.03087	34.79888	12.78307
	11	-13.5200393	345	-0.40355	1.67364	1.03106	34.78840	12.78570
	12	-13.5200393	346	-0.40463	1.67395	1.03125	34.77926	12.78807
	13	-13.5200393	347	-0.40560	1.67423	1.03143	34.77148	12.79019
	14	-13.5200393	348	-0.40644	1.67447	1.03160	34.76507	12.79204
	15	-13.5200393	349	-0.40717	1.67468	1.03176	34.76004	12.79362
	16	-13.5200393	350	-0.40777	1.67486	1.03191	34.75641	12.79495
	17	-13.5200393	351	-0.40826	1.67499	1.03205	34.75418	12.79601
	18	-13.5200393	352	-0.40862	1.67510	1.03218	34.75336	12.79681
	19	-13.5200393	353	-0.40886	1.67517	1.03230	34.75396	12.79734

dicembre

20	-13.5200393	354	-0.40899	1.67520	1.03241	34.75599	12.79760
21	-13.5200393	355	-0.40898	1.67520	1.03251	34.75943	12.79760
22	-13.5200393	356	-0.40886	1.67517	1.03260	34.76429	12.79734
23	-13.5200393	357	-0.40862	1.67510	1.03269	34.77057	12.79680
24	-13.5200393	358	-0.40826	1.67499	1.03276	34.77827	12.79601
25	-13.5200393	359	-0.40777	1.67485	1.03282	34.78738	12.79494
26	-13.5200393	360	-0.40717	1.67468	1.03288	34.79788	12.79362
27	-13.5200393	361	-0.40644	1.67447	1.03292	34.80977	12.79203
28	-13.5200393	362	-0.40559	1.67423	1.03296	34.82305	12.79017
29	-13.5200393	363	-0.40463	1.67395	1.03298	34.83768	12.78806
30	-13.5200393	364	-0.40354	1.67364	1.03300	34.85367	12.78569
31	-13.5200393	365	-0.40233	1.67330	1.03300	34.87098	12.78305

Nota: Cálculo anual.

Tabla 45

Cálculo de la declinación, ángulo horario, factor de excentricidad, Radiación solar extraterrestre y duración del día en grados sexagesimal.

"n" día de año	r	declinación cooper	ω	E0	H0(W/m ²)	duración del (S)
1	0	-23.0859	95.8748	1.0330	11252.9643	12.7833
2	0.9863	-23.0127	95.8522	1.0330	11253.0762	12.7803
3	1.9726	-22.9329	95.8274	1.0330	11253.0848	12.7770
4	2.9589	-22.8464	95.8005	1.0329	11252.9836	12.7734
5	3.9452	-22.7534	95.7715	1.0329	11252.7657	12.7695
6	4.9315	-22.6538	95.7404	1.0328	11252.4239	12.7654
7	5.9178	-22.5476	95.7073	1.0328	11251.9503	12.7610
8	6.9041	-22.4350	95.6722	1.0327	11251.3368	12.7563
9	7.8904	-22.3159	95.6350	1.0326	11250.5748	12.7513
10	8.8767	-22.1904	95.5959	1.0325	11249.6551	12.7461
11	9.863	-22.0585	95.5548	1.0324	11248.5684	12.7406
12	10.849	-21.9202	95.5118	1.0323	11247.3051	12.7349
13	11.836	-21.7756	95.4669	1.0322	11245.8550	12.7289
14	12.822	-21.6247	95.4202	1.0320	11244.2078	12.7227
15	13.808	-21.4676	95.3716	1.0319	11242.3529	12.7162
16	14.795	-21.3043	95.3213	1.0318	11240.2794	12.7095
17	15.781	-21.1348	95.2693	1.0316	11237.9761	12.7026
18	16.767	-20.9593	95.2155	1.0314	11235.4319	12.6954
19	17.753	-20.7777	95.1600	1.0313	11232.6353	12.6880

20	18.74	-20.5902	95.1029	1.0311	11229.5746	12.6804
21	19.726	-20.3967	95.0443	1.0309	11226.2381	12.6726
22	20.712	-20.1973	94.9840	1.0307	11222.6141	12.6645
23	21.699	-19.9921	94.9223	1.0304	11218.6906	12.6563
24	22.685	-19.7811	94.8590	1.0302	11214.4557	12.6479
25	23.671	-19.5644	94.7943	1.0300	11209.8977	12.6392
26	24.658	-19.3421	94.7282	1.0297	11205.0045	12.6304
27	25.644	-19.1142	94.6608	1.0295	11199.7644	12.6214
28	26.63	-18.8809	94.5920	1.0292	11194.1655	12.6123
29	27.616	-18.6420	94.5219	1.0290	11188.1964	12.6029
30	28.603	-18.3978	94.4506	1.0287	11181.8453	12.5934
31	29.589	-18.1483	94.3781	1.0284	11175.1011	12.5837
32	30.575	-17.8936	94.3044	1.0281	11167.9524	12.5739
33	31.562	-17.6337	94.2296	1.0278	11160.3885	12.5639
34	32.548	-17.3687	94.1536	1.0275	11152.3983	12.5538
35	33.534	-17.0987	94.0766	1.0272	11143.9717	12.5436
36	34.521	-16.8238	93.9986	1.0269	11135.0982	12.5332
37	35.507	-16.5440	93.9196	1.0265	11125.7680	12.5226
38	36.493	-16.2594	93.8397	1.0262	11115.9708	12.5120
39	37.48	-15.9702	93.7588	1.0258	11105.6987	12.5012
40	38.466	-15.6764	93.6771	1.0255	11094.9422	12.4903
41	39.452	-15.3780	93.5945	1.0251	11083.6927	12.4793
42	40.438	-15.0752	93.5111	1.0247	11071.9421	12.4682
43	41.425	-14.7681	93.4270	1.0244	11059.6827	12.4569
44	42.411	-14.4567	93.3421	1.0240	11046.9072	12.4456
45	43.397	-14.1412	93.2565	1.0236	11033.6088	12.4342
46	44.384	-13.8216	93.1702	1.0232	11019.7811	12.4227
47	45.37	-13.4979	93.0833	1.0228	11005.4181	12.4111
48	46.356	-13.1704	92.9957	1.0224	10990.5144	12.3994
49	47.343	-12.8391	92.9076	1.0219	10975.0652	12.3877
50	48.329	-12.5041	92.8189	1.0215	10959.0658	12.3758
51	49.315	-12.1655	92.7296	1.0211	10942.5123	12.3640
52	50.301	-11.8234	92.6399	1.0206	10925.4014	12.3520
53	51.288	-11.4779	92.5497	1.0202	10907.7300	12.3400
54	52.274	-11.1291	92.4590	1.0197	10889.4959	12.3279
55	53.26	-10.7770	92.3679	1.0193	10870.6970	12.3157
56	54.247	-10.4219	92.2765	1.0188	10851.3322	12.3035
57	55.233	-10.0638	92.1846	1.0183	10831.4005	12.2913
58	56.219	-9.7027	92.0924	1.0179	10810.9018	12.2790
59	57.206	-9.3389	91.9999	1.0174	10789.8362	12.2666
60	58.192	-8.9723	91.9070	1.0169	10768.2047	12.2543
61	59.178	-8.6032	91.8139	1.0164	10746.0086	12.2418
62	60.164	-8.2316	91.7205	1.0159	10723.2498	12.2294
63	61.151	-7.8576	91.6268	1.0154	10699.9306	12.2169

64	62.137	-7.4814	91.5330	1.0149	10676.0541	12.2044
65	63.123	-7.1030	91.4389	1.0144	10651.6237	12.1919
66	64.11	-6.7225	91.3447	1.0139	10626.6435	12.1793
67	65.096	-6.3402	91.2503	1.0134	10601.1180	12.1667
68	66.082	-5.9559	91.1557	1.0129	10575.0522	12.1541
69	67.069	-5.5700	91.0610	1.0123	10548.4517	12.1415
70	68.055	-5.1825	90.9663	1.0118	10521.3226	12.1288
71	69.041	-4.7935	90.8714	1.0113	10493.6714	12.1162
72	70.027	-4.4031	90.7764	1.0107	10465.5051	12.1035
73	71.014	-4.0114	90.6814	1.0102	10436.8313	12.0909
74	72	-3.6185	90.5863	1.0097	10407.6581	12.0782
75	72.986	-3.2247	90.4912	1.0091	10377.9939	12.0655
76	73.973	-2.8299	90.3961	1.0086	10347.8476	12.0528
77	74.959	-2.4342	90.3010	1.0080	10317.2287	12.0401
78	75.945	-2.0379	90.2059	1.0075	10286.1471	12.0275
79	76.932	-1.6410	90.1109	1.0069	10254.6129	12.0148
80	77.918	-1.2436	90.0159	1.0064	10222.6369	12.0021
81	78.904	-0.8459	89.9209	1.0058	10190.2302	11.9895
82	79.89	-0.4479	89.8261	1.0052	10157.4045	11.9768
83	80.877	-0.0498	89.7313	1.0047	10124.1716	11.9642
84	81.863	0.3484	89.6366	1.0041	10090.5438	11.9515
85	82.849	0.7464	89.5420	1.0035	10056.5341	11.9389
86	83.836	1.1442	89.4476	1.0030	10022.1553	11.9264
87	84.822	1.5417	89.3534	1.0024	9987.4211	11.9138
88	85.808	1.9387	89.2592	1.0018	9952.3452	11.9012
89	86.795	2.3352	89.1653	1.0013	9916.9418	11.8887
90	87.781	2.7310	89.0716	1.0007	9881.2255	11.8762
91	88.767	3.1260	88.9780	1.0001	9845.2111	11.8637
92	89.753	3.5202	88.8847	0.9996	9808.9138	11.8513
93	90.74	3.9133	88.7916	0.9990	9772.3491	11.8389
94	91.726	4.3052	88.6988	0.9984	9735.5327	11.8265
95	92.712	4.6960	88.6062	0.9979	9698.4808	11.8142
96	93.699	5.0854	88.5139	0.9973	9661.2097	11.8019
97	94.685	5.4733	88.4220	0.9967	9623.7361	11.7896
98	95.671	5.8596	88.3303	0.9962	9586.0769	11.7774
99	96.658	6.2443	88.2389	0.9956	9548.2492	11.7652
100	97.644	6.6271	88.1479	0.9950	9510.2704	11.7531
101	98.63	7.0081	88.0573	0.9945	9472.1582	11.7410
102	99.616	7.3870	87.9670	0.9939	9433.9305	11.7289
103	100.6	7.7638	87.8772	0.9934	9395.6054	11.7170
104	101.59	8.1383	87.7877	0.9928	9357.2011	11.7050
105	102.58	8.5105	87.6987	0.9923	9318.7361	11.6932
106	103.56	8.8803	87.6101	0.9917	9280.2291	11.6814
107	104.55	9.2475	87.5221	0.9912	9241.6989	11.6696

108	105.53	9.6120	87.4345	0.9906	9203.1646	11.6579
109	106.52	9.9737	87.3474	0.9901	9164.6453	11.6463
110	107.51	10.3326	87.2608	0.9895	9126.1603	11.6348
111	108.49	10.6886	87.1748	0.9890	9087.7256	11.6233
112	109.48	11.0414	87.0894	0.9885	9049.3676	11.6119
113	110.47	11.3910	87.0045	0.9879	9011.1025	11.6006
114	111.45	11.7374	86.9203	0.9874	8972.9500	11.5894
115	112.44	12.0804	86.8367	0.9869	8934.9300	11.5782
116	113.42	12.4198	86.7538	0.9864	8897.0624	11.5672
117	114.41	12.7558	86.6716	0.9858	8859.3670	11.5562
118	115.4	13.0880	86.5901	0.9853	8821.8639	11.5453
119	116.38	13.4164	86.5093	0.9848	8784.5731	11.5346
120	117.37	13.7410	86.4293	0.9843	8747.5146	11.5239
121	118.36	14.0617	86.3500	0.9838	8710.7084	11.5133
122	119.34	14.3783	86.2716	0.9833	8674.1745	11.5029
123	120.33	14.6907	86.1940	0.9828	8637.9329	11.4925
124	121.32	14.9989	86.1173	0.9824	8602.0036	11.4823
125	122.3	15.3028	86.0415	0.9819	8566.4064	11.4722
126	123.29	15.6022	85.9666	0.9814	8531.1612	11.4622
127	124.27	15.8972	85.8927	0.9809	8496.2876	11.4524
128	125.26	16.1876	85.8197	0.9805	8461.8053	11.4426
129	126.25	16.4733	85.7478	0.9800	8427.7337	11.4330
130	127.23	16.7543	85.6768	0.9796	8394.0923	11.4236
131	128.22	17.0304	85.6070	0.9791	8360.9002	11.4143
132	129.21	17.3016	85.5382	0.9787	8328.1766	11.4051
133	130.19	17.5679	85.4706	0.9783	8295.9401	11.3961
134	131.18	17.8291	85.4041	0.9778	8264.2097	11.3872
135	132.16	18.0851	85.3388	0.9774	8233.0036	11.3785
136	133.15	18.3359	85.2747	0.9770	8202.3402	11.3700
137	134.14	18.5815	85.2119	0.9766	8172.2374	11.3616
138	135.12	18.8216	85.1503	0.9762	8142.7129	11.3534
139	136.11	19.0564	85.0901	0.9758	8113.7842	11.3453
140	137.1	19.2857	85.0312	0.9754	8085.4685	11.3375
141	138.08	19.5094	84.9736	0.9751	8057.7825	11.3298
142	139.07	19.7275	84.9175	0.9747	8030.7429	11.3223
143	140.05	19.9399	84.8628	0.9743	8004.3658	11.3150
144	141.04	20.1465	84.8095	0.9740	7978.6670	11.3079
145	142.03	20.3474	84.7577	0.9736	7953.6621	11.3010
146	143.01	20.5423	84.7075	0.9733	7929.3660	11.2943
147	144	20.7314	84.6588	0.9730	7905.7935	11.2878
148	144.99	20.9145	84.6116	0.9727	7882.9588	11.2816
149	145.97	21.0915	84.5661	0.9723	7860.8758	11.2755
150	146.96	21.2625	84.5222	0.9720	7839.5579	11.2696
151	147.95	21.4273	84.4799	0.9717	7819.0180	11.2640

152	148.93	21.5860	84.4394	0.9714	7799.2687	11.2586
153	149.92	21.7384	84.4005	0.9712	7780.3219	11.2534
154	150.9	21.8846	84.3634	0.9709	7762.1892	11.2484
155	151.89	22.0245	84.3280	0.9706	7744.8815	11.2437
156	152.88	22.1580	84.2944	0.9704	7728.4095	11.2392
157	153.86	22.2851	84.2626	0.9701	7712.7830	11.2350
158	154.85	22.4058	84.2326	0.9699	7698.0115	11.2310
159	155.84	22.5201	84.2044	0.9697	7684.1040	11.2273
160	156.82	22.6278	84.1781	0.9694	7671.0688	11.2238
161	157.81	22.7291	84.1537	0.9692	7658.9137	11.2205
162	158.79	22.8238	84.1312	0.9690	7647.6459	11.2175
163	159.78	22.9119	84.1106	0.9688	7637.2721	11.2147
164	160.77	22.9934	84.0918	0.9687	7627.7985	11.2122
165	161.75	23.0682	84.0751	0.9685	7619.2304	11.2100
166	162.74	23.1365	84.0603	0.9683	7611.5727	11.2080
167	163.73	23.1980	84.0474	0.9682	7604.8299	11.2063
168	164.71	23.2529	84.0365	0.9680	7599.0056	11.2049
169	165.7	23.3010	84.0275	0.9679	7594.1028	11.2037
170	166.68	23.3425	84.0206	0.9678	7590.1242	11.2027
171	167.67	23.3772	84.0156	0.9676	7587.0716	11.2021
172	168.66	23.4052	84.0126	0.9675	7584.9462	11.2017
173	169.64	23.4264	84.0116	0.9674	7583.7487	11.2015
174	170.63	23.4409	84.0126	0.9674	7583.4793	11.2017
175	171.62	23.4486	84.0155	0.9673	7584.1372	11.2021
176	172.6	23.4496	84.0204	0.9672	7585.7215	11.2027
177	173.59	23.4438	84.0274	0.9671	7588.2302	11.2036
178	174.58	23.4312	84.0363	0.9671	7591.6610	11.2048
179	175.56	23.4119	84.0471	0.9671	7596.0110	11.2063
180	176.55	23.3858	84.0599	0.9670	7601.2766	11.2080
181	177.53	23.3531	84.0747	0.9670	7607.4536	11.2100
182	178.52	23.3135	84.0914	0.9670	7614.5372	11.2122
183	179.51	23.2673	84.1100	0.9670	7622.5221	11.2147
184	180.49	23.2143	84.1305	0.9670	7631.4033	11.2174
185	181.48	23.1547	84.1529	0.9670	7641.1726	11.2204
186	182.47	23.0883	84.1772	0.9671	7651.8237	11.2236
187	183.45	23.0154	84.2034	0.9671	7663.3491	11.2271
188	184.44	22.9357	84.2314	0.9671	7675.7406	11.2309
189	185.42	22.8495	84.2613	0.9672	7688.9896	11.2348
190	186.41	22.7567	84.2929	0.9673	7703.0868	11.2391
191	187.4	22.6573	84.3263	0.9674	7718.0225	11.2435
192	188.38	22.5514	84.3615	0.9674	7733.7865	11.2482
193	189.37	22.4390	84.3984	0.9675	7750.3681	11.2531
194	190.36	22.3201	84.4370	0.9676	7767.7561	11.2583
195	191.34	22.1948	84.4773	0.9678	7785.9389	11.2636

196	192.33	22.0631	84.5193	0.9679	7804.9042	11.2692
197	193.32	21.9251	84.5629	0.9680	7824.6396	11.2751
198	194.3	21.7807	84.6081	0.9682	7845.1320	11.2811
199	195.29	21.6300	84.6549	0.9683	7866.3680	11.2873
200	196.27	21.4731	84.7033	0.9685	7888.3339	11.2938
201	197.26	21.3100	84.7532	0.9687	7911.0155	11.3004
202	198.25	21.1408	84.8045	0.9688	7934.3981	11.3073
203	199.23	20.9655	84.8573	0.9690	7958.4668	11.3143
204	200.22	20.7841	84.9116	0.9692	7983.2064	11.3215
205	201.21	20.5968	84.9673	0.9694	8008.6013	11.3290
206	202.19	20.4035	85.0243	0.9697	8034.6355	11.3366
207	203.18	20.2043	85.0827	0.9699	8061.2929	11.3444
208	204.16	19.9993	85.1424	0.9701	8088.5570	11.3523
209	205.15	19.7885	85.2034	0.9704	8116.4110	11.3604
210	206.14	19.5720	85.2656	0.9706	8144.8379	11.3687
211	207.12	19.3499	85.3290	0.9709	8173.8205	11.3772
212	208.11	19.1222	85.3937	0.9712	8203.3413	11.3858
213	209.1	18.8890	85.4595	0.9714	8233.3828	11.3946
214	210.08	18.6504	85.5264	0.9717	8263.9270	11.4035
215	211.07	18.4064	85.5945	0.9720	8294.9560	11.4126
216	212.05	18.1570	85.6636	0.9723	8326.4516	11.4218
217	213.04	17.9025	85.7337	0.9727	8358.3954	11.4312
218	214.03	17.6428	85.8049	0.9730	8390.7692	11.4406
219	215.01	17.3779	85.8770	0.9733	8423.5543	11.4503
220	216	17.1081	85.9501	0.9736	8456.7322	11.4600
221	216.99	16.8334	86.0241	0.9740	8490.2841	11.4699
222	217.97	16.5538	86.0990	0.9743	8524.1912	11.4799
223	218.96	16.2694	86.1748	0.9747	8558.4348	11.4900
224	219.95	15.9803	86.2514	0.9751	8592.9961	11.5002
225	220.93	15.6867	86.3288	0.9754	8627.8560	11.5105
226	221.92	15.3885	86.4071	0.9758	8662.9959	11.5209
227	222.9	15.0858	86.4860	0.9762	8698.3967	11.5315
228	223.89	14.7789	86.5658	0.9766	8734.0396	11.5421
229	224.88	14.4676	86.6462	0.9770	8769.9059	11.5528
230	225.86	14.1522	86.7273	0.9774	8805.9767	11.5636
231	226.85	13.8327	86.8091	0.9778	8842.2332	11.5746
232	227.84	13.5093	86.8916	0.9783	8878.6569	11.5855
233	228.82	13.1819	86.9746	0.9787	8915.2292	11.5966
234	229.81	12.8507	87.0583	0.9791	8951.9315	11.6078
235	230.79	12.5158	87.1425	0.9796	8988.7454	11.6190
236	231.78	12.1774	87.2273	0.9800	9025.6527	11.6303
237	232.77	11.8354	87.3126	0.9805	9062.6352	11.6417
238	233.75	11.4900	87.3985	0.9809	9099.6748	11.6531
239	234.74	11.1413	87.4848	0.9814	9136.7537	11.6646

240	235.73	10.7893	87.5716	0.9819	9173.8541	11.6762
241	236.71	10.4343	87.6588	0.9824	9210.9583	11.6878
242	237.7	10.0763	87.7465	0.9828	9248.0491	11.6995
243	238.68	9.7153	87.8346	0.9833	9285.1090	11.7113
244	239.67	9.3516	87.9231	0.9838	9322.1210	11.7231
245	240.66	8.9851	88.0120	0.9843	9359.0682	11.7349
246	241.64	8.6161	88.1013	0.9848	9395.9340	11.7468
247	242.63	8.2446	88.1909	0.9853	9432.7018	11.7588
248	243.62	7.8707	88.2808	0.9858	9469.3553	11.7708
249	244.6	7.4945	88.3711	0.9864	9505.8786	11.7828
250	245.59	7.1162	88.4616	0.9869	9542.2558	11.7949
251	246.58	6.7358	88.5525	0.9874	9578.4712	11.8070
252	247.56	6.3535	88.6436	0.9879	9614.5095	11.8191
253	248.55	5.9693	88.7350	0.9885	9650.3557	11.8313
254	249.53	5.5835	88.8266	0.9890	9685.9948	11.8435
255	250.52	5.1960	88.9185	0.9895	9721.4123	11.8558
256	251.51	4.8070	89.0105	0.9901	9756.5938	11.8681
257	252.49	4.4166	89.1028	0.9906	9791.5283	11.8804
258	253.48	4.0250	89.1953	0.9912	9826.1960	11.8927
259	254.47	3.6322	89.2879	0.9917	9860.5865	11.9051
260	255.45	3.2383	89.3807	0.9923	9894.6865	11.9174
261	256.44	2.8436	89.4737	0.9928	9928.4831	11.9298
262	257.42	2.4480	89.5668	0.9934	9961.9638	11.9422
263	258.41	2.0517	89.6600	0.9939	9995.1163	11.9547
264	259.4	1.6548	89.7533	0.9945	10027.9287	11.9671
265	260.38	1.2574	89.8467	0.9950	10060.3893	11.9796
266	261.37	0.8597	89.9402	0.9956	10092.4869	11.9920
267	262.36	0.4617	90.0338	0.9962	10124.2106	12.0045
268	263.34	0.0636	90.1274	0.9967	10155.5496	12.0170
269	264.33	-0.3346	90.2211	0.9973	10186.4939	12.0295
270	265.32	-0.7326	90.3148	0.9979	10217.0335	12.0420
271	266.3	-1.1304	90.4085	0.9984	10247.1590	12.0545
272	267.29	-1.5279	90.5023	0.9990	10276.8612	12.0670
273	268.27	-1.9250	90.5960	0.9996	10306.1314	12.0795
274	269.26	-2.3215	90.6897	1.0001	10334.9612	12.0920
275	270.25	-2.7173	90.7833	1.0007	10363.3427	12.1044
276	271.23	-3.1124	90.8769	1.0013	10391.2684	12.1169
277	272.22	-3.5065	90.9705	1.0018	10418.7311	12.1294
278	273.21	-3.8996	91.0639	1.0024	10445.7241	12.1419
279	274.19	-4.2917	91.1573	1.0030	10472.2411	12.1543
280	275.18	-4.6824	91.2505	1.0035	10498.2763	12.1667
281	276.16	-5.0719	91.3436	1.0041	10523.8243	12.1791
282	277.15	-5.4598	91.4365	1.0047	10548.8801	12.1915
283	278.14	-5.8462	91.5293	1.0052	10573.4391	12.2039

284	279.12	-6.2310	91.6219	1.0058	10597.4974	12.2163
285	280.11	-6.6139	91.7143	1.0064	10621.0512	12.2286
286	281.1	-6.9949	91.8065	1.0069	10644.0975	12.2409
287	282.08	-7.3739	91.8984	1.0075	10666.6336	12.2531
288	283.07	-7.7507	91.9900	1.0080	10688.6573	12.2653
289	284.05	-8.1254	92.0814	1.0086	10710.1668	12.2775
290	285.04	-8.4977	92.1725	1.0091	10731.1609	12.2897
291	286.03	-8.8675	92.2632	1.0097	10751.6388	12.3018
292	287.01	-9.2348	92.3536	1.0102	10771.6003	12.3138
293	288	-9.5994	92.4436	1.0107	10791.0455	12.3258
294	288.99	-9.9613	92.5332	1.0113	10809.9751	12.3378
295	289.97	-10.3202	92.6224	1.0118	10828.3902	12.3497
296	290.96	-10.6762	92.7112	1.0123	10846.2926	12.3615
297	291.95	-11.0292	92.7995	1.0129	10863.6843	12.3733
298	292.93	-11.3789	92.8873	1.0134	10880.5678	12.3850
299	293.92	-11.7254	92.9745	1.0139	10896.9463	12.3966
300	294.9	-12.0685	93.0612	1.0144	10912.8233	12.4082
301	295.89	-12.4081	93.1473	1.0149	10928.2028	12.4196
302	296.88	-12.7441	93.2329	1.0154	10943.0892	12.4310
303	297.86	-13.0765	93.3177	1.0159	10957.4874	12.4424
304	298.85	-13.4051	93.4019	1.0164	10971.4026	12.4536
305	299.84	-13.7298	93.4854	1.0169	10984.8408	12.4647
306	300.82	-14.0506	93.5682	1.0174	10997.8079	12.4758
307	301.81	-14.3673	93.6502	1.0179	11010.3107	12.4867
308	302.79	-14.6799	93.7314	1.0183	11022.3561	12.4975
309	303.78	-14.9882	93.8118	1.0188	11033.9514	12.5082
310	304.77	-15.2923	93.8913	1.0193	11045.1043	12.5188
311	305.75	-15.5919	93.9699	1.0197	11055.8229	12.5293
312	306.74	-15.8870	94.0475	1.0202	11066.1157	12.5397
313	307.73	-16.1776	94.1242	1.0206	11075.9913	12.5499
314	308.71	-16.4634	94.1999	1.0211	11085.4587	12.5600
315	309.7	-16.7446	94.2745	1.0215	11094.5273	12.5699
316	310.68	-17.0209	94.3481	1.0219	11103.2066	12.5797
317	311.67	-17.2923	94.4205	1.0224	11111.5064	12.5894
318	312.66	-17.5587	94.4918	1.0228	11119.4367	12.5989
319	313.64	-17.8201	94.5618	1.0232	11127.0078	12.6082
320	314.63	-18.0763	94.6307	1.0236	11134.2300	12.6174
321	315.62	-18.3273	94.6982	1.0240	11141.1138	12.6264
322	316.6	-18.5730	94.7644	1.0244	11147.6700	12.6353
323	317.59	-18.8134	94.8293	1.0247	11153.9092	12.6439
324	318.58	-19.0483	94.8928	1.0251	11159.8424	12.6524
325	319.56	-19.2778	94.9549	1.0255	11165.4804	12.6607
326	320.55	-19.5017	95.0155	1.0258	11170.8341	12.6687
327	321.53	-19.7200	95.0745	1.0262	11175.9144	12.6766

328	322.52	-19.9326	95.1321	1.0265	11180.7322	12.6843
329	323.51	-20.1394	95.1880	1.0269	11185.2984	12.6917
330	324.49	-20.3405	95.2423	1.0272	11189.6237	12.6990
331	325.48	-20.5357	95.2950	1.0275	11193.7187	12.7060
332	326.47	-20.7249	95.3460	1.0278	11197.5939	12.7128
333	327.45	-20.9082	95.3952	1.0281	11201.2597	12.7194
334	328.44	-21.0855	95.4426	1.0284	11204.7262	12.7257
335	329.42	-21.2567	95.4883	1.0287	11208.0033	12.7318
336	330.41	-21.4217	95.5321	1.0290	11211.1009	12.7376
337	331.4	-21.5806	95.5740	1.0292	11214.0282	12.7432
338	332.38	-21.7332	95.6141	1.0295	11216.7945	12.7485
339	333.37	-21.8796	95.6522	1.0297	11219.4086	12.7536
340	334.36	-22.0197	95.6883	1.0300	11221.8791	12.7584
341	335.34	-22.1535	95.7224	1.0302	11224.2139	12.7630
342	336.33	-22.2808	95.7546	1.0304	11226.4211	12.7673
343	337.32	-22.4018	95.7846	1.0307	11228.5077	12.7713
344	338.3	-22.5162	95.8126	1.0309	11230.4810	12.7750
345	339.29	-22.6242	95.8385	1.0311	11232.3473	12.7785
346	340.27	-22.7257	95.8623	1.0313	11234.1127	12.7816
347	341.26	-22.8206	95.8839	1.0314	11235.7827	12.7845
348	342.25	-22.9089	95.9034	1.0316	11237.3626	12.7871
349	343.23	-22.9906	95.9207	1.0318	11238.8568	12.7894
350	344.22	-23.0657	95.9358	1.0319	11240.2694	12.7914
351	345.21	-23.1342	95.9488	1.0320	11241.6040	12.7932
352	346.19	-23.1960	95.9595	1.0322	11242.8635	12.7946
353	347.18	-23.2511	95.9679	1.0323	11244.0505	12.7957
354	348.16	-23.2995	95.9742	1.0324	11245.1668	12.7966
355	349.15	-23.3412	95.9782	1.0325	11246.2137	12.7971
356	350.14	-23.3761	95.9800	1.0326	11247.1920	12.7973
357	351.12	-23.4043	95.9795	1.0327	11248.1020	12.7973
358	352.11	-23.4258	95.9768	1.0328	11248.9432	12.7969
359	353.1	-23.4405	95.9718	1.0328	11249.7147	12.7962
360	354.08	-23.4485	95.9646	1.0329	11250.4149	12.7953
361	355.07	-23.4496	95.9552	1.0329	11251.0418	12.7940
362	356.05	-23.4441	95.9435	1.0330	11251.5928	12.7925
363	357.04	-23.4318	95.9296	1.0330	11252.0646	12.7906
364	358.03	-23.4127	95.9135	1.0330	11252.4534	12.7885
365	359.01	-23.3869	95.8952	1.0330	11252.7549	12.7860
366	360	-23.3543	95.8748	1.0330	11252.9643	12.7833

Nota: calculo anual

Tabla 46

Cálculo de la declinación, ángulo horario, factor de excentricidad, radiación solar extraterrestre y duración del día sistema sexagesimal.

"n" día de año	r	declinación cooper(°)	ω (rad/s)	E0	H0(W/m ²)	Nd(horas)
1	0	-23.01	95.8748	1.0330	-11252.9643	12.7833
2	0.9863	-22.93	95.8522	1.0330	-11253.0762	12.7803
3	1.9726	-22.84	95.8274	1.0330	-11253.0848	12.7770
4	2.9589	-22.75	95.8005	1.0329	-11252.9836	12.7734
5	3.9452	-22.65	95.7715	1.0329	-11252.7657	12.7695
6	4.9315	-22.54	95.7404	1.0328	-11252.4239	12.7654
7	5.9178	-22.42	95.7073	1.0328	-11251.9503	12.7610
8	6.9041	-22.30	95.6722	1.0327	-11251.3368	12.7563
9	7.8904	-22.17	95.6350	1.0326	-11250.5748	12.7513
10	8.8767	-22.04	95.5959	1.0325	-11249.6551	12.7461
11	9.863	-21.90	95.5548	1.0324	-11248.5684	12.7406
12	10.8493	-21.75	95.5118	1.0323	-11247.3051	12.7349
13	11.8356	-21.60	95.4669	1.0322	-11245.8550	12.7289
14	12.8219	-21.44	95.4202	1.0320	-11244.2078	12.7227
15	13.8082	-21.27	95.3716	1.0319	-11242.3529	12.7162
16	14.7945	-21.10	95.3213	1.0318	-11240.2794	12.7095
17	15.7808	-20.92	95.2693	1.0316	-11237.9761	12.7026
18	16.7671	-20.73	95.2155	1.0314	-11235.4319	12.6954
19	17.7534	-20.54	95.1600	1.0313	-11232.6353	12.6880
20	18.7397	-20.34	95.1029	1.0311	-11229.5746	12.6804
21	19.726	-20.14	95.0443	1.0309	-11226.2381	12.6726
22	20.7123	-19.93	94.9840	1.0307	-11222.6141	12.6645
23	21.6986	-19.71	94.9223	1.0304	-11218.6906	12.6563
24	22.6849	-19.49	94.8590	1.0302	-11214.4557	12.6479
25	23.6712	-19.26	94.7943	1.0300	-11209.8977	12.6392
26	24.6575	-19.03	94.7282	1.0297	-11205.0045	12.6304
27	25.6438	-18.79	94.6608	1.0295	-11199.7644	12.6214
28	26.6301	-18.55	94.5920	1.0292	-11194.1655	12.6123
29	27.6164	-18.30	94.5219	1.0290	-11188.1964	12.6029
30	28.6027	-18.04	94.4506	1.0287	-11181.8453	12.5934
31	29.589	-17.78	94.3781	1.0284	-11175.1011	12.5837
32	30.5753	-17.52	94.3044	1.0281	-11167.9524	12.5739
33	31.5616	-17.25	94.2296	1.0278	-11160.3885	12.5639
34	32.5479	-16.97	94.1536	1.0275	-11152.3983	12.5538
35	33.5342	-16.69	94.0766	1.0272	-11143.9717	12.5436
36	34.5205	-16.40	93.9986	1.0269	-11135.0982	12.5332
37	35.5068	-16.11	93.9196	1.0265	-11125.7680	12.5226
38	36.4932	-15.82	93.8397	1.0262	-11115.9708	12.5120
39	37.4795	-15.52	93.7588	1.0258	-11105.6987	12.5012

40	38.4658	-15.21	93.6771	1.0255	-11094.9422	12.4903
41	39.4521	-14.90	93.5945	1.0251	-11083.6927	12.4793
42	40.4384	-14.59	93.5111	1.0247	-11071.9421	12.4682
43	41.4247	-14.27	93.4270	1.0244	-11059.6827	12.4569
44	42.411	-13.95	93.3421	1.0240	-11046.9072	12.4456
45	43.3973	-13.62	93.2565	1.0236	-11033.6088	12.4342
46	44.3836	-13.29	93.1702	1.0232	-11019.7811	12.4227
47	45.3699	-12.95	93.0833	1.0228	-11005.4181	12.4111
48	46.3562	-12.62	92.9957	1.0224	-10990.5144	12.3994
49	47.3425	-12.27	92.9076	1.0219	-10975.0652	12.3877
50	48.3288	-11.93	92.8189	1.0215	-10959.0658	12.3758
51	49.3151	-11.58	92.7296	1.0211	-10942.5123	12.3640
52	50.3014	-11.23	92.6399	1.0206	-10925.4014	12.3520
53	51.2877	-10.87	92.5497	1.0202	-10907.7300	12.3400
54	52.274	-10.51	92.4590	1.0197	-10889.4959	12.3279
55	53.2603	-10.15	92.3679	1.0193	-10870.6970	12.3157
56	54.2466	-9.78	92.2765	1.0188	-10851.3322	12.3035
57	55.2329	-9.41	92.1846	1.0183	-10831.4005	12.2913
58	56.2192	-9.04	92.0924	1.0179	-10810.9018	12.2790
59	57.2055	-8.67	91.9999	1.0174	-10789.8362	12.2666
60	58.1918	-8.29	91.9070	1.0169	-10768.2047	12.2543
61	59.1781	-7.91	91.8139	1.0164	-10746.0086	12.2418
62	60.1644	-7.53	91.7205	1.0159	-10723.2498	12.2294
63	61.1507	-7.15	91.6268	1.0154	-10699.9306	12.2169
64	62.137	-6.76	91.5330	1.0149	-10676.0541	12.2044
65	63.1233	-6.38	91.4389	1.0144	-10651.6237	12.1919
66	64.1096	-5.99	91.3447	1.0139	-10626.6435	12.1793
67	65.0959	-5.60	91.2503	1.0134	-10601.1180	12.1667
68	66.0822	-5.20	91.1557	1.0129	-10575.0522	12.1541
69	67.0685	-4.81	91.0610	1.0123	-10548.4517	12.1415
70	68.0548	-4.41	90.9663	1.0118	-10521.3226	12.1288
71	69.0411	-4.02	90.8714	1.0113	-10493.6714	12.1162
72	70.0274	-3.62	90.7764	1.0107	-10465.5051	12.1035
73	71.0137	-3.22	90.6814	1.0102	-10436.8313	12.0909
74	72	-2.82	90.5863	1.0097	-10407.6581	12.0782
75	72.9863	-2.42	90.4912	1.0091	-10377.9939	12.0655
76	73.9726	-2.02	90.3961	1.0086	-10347.8476	12.0528
77	74.9589	-1.61	90.3010	1.0080	-10317.2287	12.0401
78	75.9452	-1.21	90.2059	1.0075	-10286.1471	12.0275
79	76.9315	-0.81	90.1109	1.0069	-10254.6129	12.0148
80	77.9178	-0.40	90.0159	1.0064	-10222.6369	12.0021
81	78.9041	0.00	89.9209	1.0058	-10190.2302	11.9895
82	79.8904	0.40	89.8261	1.0052	-10157.4045	11.9768
83	80.8767	0.81	89.7313	1.0047	-10124.1716	11.9642

84	81.863	1.21	89.6366	1.0041	-10090.5438	11.9515
85	82.8493	1.61	89.5420	1.0035	-10056.5341	11.9389
86	83.8356	2.02	89.4476	1.0030	-10022.1553	11.9264
87	84.8219	2.42	89.3534	1.0024	-9987.4211	11.9138
88	85.8082	2.82	89.2592	1.0018	-9952.3452	11.9012
89	86.7945	3.22	89.1653	1.0013	-9916.9418	11.8887
90	87.7808	3.62	89.0716	1.0007	-9881.2255	11.8762
91	88.7671	4.02	88.9780	1.0001	-9845.2111	11.8637
92	89.7534	4.41	88.8847	0.9996	-9808.9138	11.8513
93	90.7397	4.81	88.7916	0.9990	-9772.3491	11.8389
94	91.726	5.20	88.6988	0.9984	-9735.5327	11.8265
95	92.7123	5.60	88.6062	0.9979	-9698.4808	11.8142
96	93.6986	5.99	88.5139	0.9973	-9661.2097	11.8019
97	94.6849	6.38	88.4220	0.9967	-9623.7361	11.7896
98	95.6712	6.76	88.3303	0.9962	-9586.0769	11.7774
99	96.6575	7.15	88.2389	0.9956	-9548.2492	11.7652
100	97.6438	7.53	88.1479	0.9950	-9510.2704	11.7531
101	98.6301	7.91	88.0573	0.9945	-9472.1582	11.7410
102	99.6164	8.29	87.9670	0.9939	-9433.9305	11.7289
103	100.6027	8.67	87.8772	0.9934	-9395.6054	11.7170
104	101.589	9.04	87.7877	0.9928	-9357.2011	11.7050
105	102.5753	9.41	87.6987	0.9923	-9318.7361	11.6932
106	103.5616	9.78	87.6101	0.9917	-9280.2291	11.6814
107	104.5479	10.15	87.5221	0.9912	-9241.6989	11.6696
108	105.5342	10.51	87.4345	0.9906	-9203.1646	11.6579
109	106.5205	10.87	87.3474	0.9901	-9164.6453	11.6463
110	107.5068	11.23	87.2608	0.9895	-9126.1603	11.6348
111	108.4932	11.58	87.1748	0.9890	-9087.7256	11.6233
112	109.4795	11.93	87.0894	0.9885	-9049.3676	11.6119
113	110.4658	12.27	87.0045	0.9879	-9011.1025	11.6006
114	111.4521	12.62	86.9203	0.9874	-8972.9500	11.5894
115	112.4384	12.95	86.8367	0.9869	-8934.9300	11.5782
116	113.4247	13.29	86.7538	0.9864	-8897.0624	11.5672
117	114.411	13.62	86.6716	0.9858	-8859.3670	11.5562
118	115.3973	13.95	86.5901	0.9853	-8821.8639	11.5453
119	116.3836	14.27	86.5093	0.9848	-8784.5731	11.5346
120	117.3699	14.59	86.4293	0.9843	-8747.5146	11.5239
121	118.3562	14.90	86.3500	0.9838	-8710.7084	11.5133
122	119.3425	15.21	86.2716	0.9833	-8674.1745	11.5029
123	120.3288	15.52	86.1940	0.9828	-8637.9329	11.4925
124	121.3151	15.82	86.1173	0.9824	-8602.0036	11.4823
125	122.3014	16.11	86.0415	0.9819	-8566.4064	11.4722
126	123.2877	16.40	85.9666	0.9814	-8531.1612	11.4622
127	124.274	16.69	85.8927	0.9809	-8496.2876	11.4524

128	125.2603	16.97	85.8197	0.9805	-8461.8053	11.4426
129	126.2466	17.25	85.7478	0.9800	-8427.7337	11.4330
130	127.2329	17.52	85.6768	0.9796	-8394.0923	11.4236
131	128.2192	17.78	85.6070	0.9791	-8360.9002	11.4143
132	129.2055	18.04	85.5382	0.9787	-8328.1766	11.4051
133	130.1918	18.30	85.4706	0.9783	-8295.9401	11.3961
134	131.1781	18.55	85.4041	0.9778	-8264.2097	11.3872
135	132.1644	18.79	85.3388	0.9774	-8233.0036	11.3785
136	133.1507	19.03	85.2747	0.9770	-8202.3402	11.3700
137	134.137	19.26	85.2119	0.9766	-8172.2374	11.3616
138	135.1233	19.49	85.1503	0.9762	-8142.7129	11.3534
139	136.1096	19.71	85.0901	0.9758	-8113.7842	11.3453
140	137.0959	19.93	85.0312	0.9754	-8085.4685	11.3375
141	138.0822	20.14	84.9736	0.9751	-8057.7825	11.3298
142	139.0685	20.34	84.9175	0.9747	-8030.7429	11.3223
143	140.0548	20.54	84.8628	0.9743	-8004.3658	11.3150
144	141.0411	20.73	84.8095	0.9740	-7978.6670	11.3079
145	142.0274	20.92	84.7577	0.9736	-7953.6621	11.3010
146	143.0137	21.10	84.7075	0.9733	-7929.3660	11.2943
147	144	21.27	84.6588	0.9730	-7905.7935	11.2878
148	144.9863	21.44	84.6116	0.9727	-7882.9588	11.2816
149	145.9726	21.60	84.5661	0.9723	-7860.8758	11.2755
150	146.9589	21.75	84.5222	0.9720	-7839.5579	11.2696
151	147.9452	21.90	84.4799	0.9717	-7819.0180	11.2640
152	148.9315	22.04	84.4394	0.9714	-7799.2687	11.2586
153	149.9178	22.17	84.4005	0.9712	-7780.3219	11.2534
154	150.9041	22.30	84.3634	0.9709	-7762.1892	11.2484
155	151.8904	22.42	84.3280	0.9706	-7744.8815	11.2437
156	152.8767	22.54	84.2944	0.9704	-7728.4095	11.2392
157	153.863	22.65	84.2626	0.9701	-7712.7830	11.2350
158	154.8493	22.75	84.2326	0.9699	-7698.0115	11.2310
159	155.8356	22.84	84.2044	0.9697	-7684.1040	11.2273
160	156.8219	22.93	84.1781	0.9694	-7671.0688	11.2238
161	157.8082	23.01	84.1537	0.9692	-7658.9137	11.2205
162	158.7945	23.09	84.1312	0.9690	-7647.6459	11.2175
163	159.7808	23.15	84.1106	0.9688	-7637.2721	11.2147
164	160.7671	23.21	84.0918	0.9687	-7627.7985	11.2122
165	161.7534	23.27	84.0751	0.9685	-7619.2304	11.2100
166	162.7397	23.31	84.0603	0.9683	-7611.5727	11.2080
167	163.726	23.35	84.0474	0.9682	-7604.8299	11.2063
168	164.7123	23.39	84.0365	0.9680	-7599.0056	11.2049
169	165.6986	23.41	84.0275	0.9679	-7594.1028	11.2037
170	166.6849	23.43	84.0206	0.9678	-7590.1242	11.2027
171	167.6712	23.44	84.0156	0.9676	-7587.0716	11.2021

172	168.6575	23.45	84.0126	0.9675	-7584.9462	11.2017
173	169.6438	23.45	84.0116	0.9674	-7583.7487	11.2015
174	170.6301	23.44	84.0126	0.9674	-7583.4793	11.2017
175	171.6164	23.42	84.0155	0.9673	-7584.1372	11.2021
176	172.6027	23.40	84.0204	0.9672	-7585.7215	11.2027
177	173.589	23.37	84.0274	0.9671	-7588.2302	11.2036
178	174.5753	23.34	84.0363	0.9671	-7591.6610	11.2048
179	175.5616	23.29	84.0471	0.9671	-7596.0110	11.2063
180	176.5479	23.24	84.0599	0.9670	-7601.2766	11.2080
181	177.5342	23.18	84.0747	0.9670	-7607.4536	11.2100
182	178.5205	23.12	84.0914	0.9670	-7614.5372	11.2122
183	179.5068	23.05	84.1100	0.9670	-7622.5221	11.2147
184	180.4932	22.97	84.1305	0.9670	-7631.4033	11.2174
185	181.4795	22.89	84.1529	0.9670	-7641.1726	11.2204
186	182.4658	22.80	84.1772	0.9671	-7651.8237	11.2236
187	183.4521	22.70	84.2034	0.9671	-7663.3491	11.2271
188	184.4384	22.59	84.2314	0.9671	-7675.7406	11.2309
189	185.4247	22.48	84.2613	0.9672	-7688.9896	11.2348
190	186.411	22.36	84.2929	0.9673	-7703.0868	11.2391
191	187.3973	22.24	84.3263	0.9674	-7718.0225	11.2435
192	188.3836	22.11	84.3615	0.9674	-7733.7865	11.2482
193	189.3699	21.97	84.3984	0.9675	-7750.3681	11.2531
194	190.3562	21.83	84.4370	0.9676	-7767.7561	11.2583
195	191.3425	21.67	84.4773	0.9678	-7785.9389	11.2636
196	192.3288	21.52	84.5193	0.9679	-7804.9042	11.2692
197	193.3151	21.35	84.5629	0.9680	-7824.6396	11.2751
198	194.3014	21.18	84.6081	0.9682	-7845.1320	11.2811
199	195.2877	21.01	84.6549	0.9683	-7866.3680	11.2873
200	196.274	20.82	84.7033	0.9685	-7888.3339	11.2938
201	197.2603	20.64	84.7532	0.9687	-7911.0155	11.3004
202	198.2466	20.44	84.8045	0.9688	-7934.3981	11.3073
203	199.2329	20.24	84.8573	0.9690	-7958.4668	11.3143
204	200.2192	20.03	84.9116	0.9692	-7983.2064	11.3215
205	201.2055	19.82	84.9673	0.9694	-8008.6013	11.3290
206	202.1918	19.60	85.0243	0.9697	-8034.6355	11.3366
207	203.1781	19.38	85.0827	0.9699	-8061.2929	11.3444
208	204.1644	19.15	85.1424	0.9701	-8088.5570	11.3523
209	205.1507	18.91	85.2034	0.9704	-8116.4110	11.3604
210	206.137	18.67	85.2656	0.9706	-8144.8379	11.3687
211	207.1233	18.42	85.3290	0.9709	-8173.8205	11.3772
212	208.1096	18.17	85.3937	0.9712	-8203.3413	11.3858
213	209.0959	17.91	85.4595	0.9714	-8233.3828	11.3946
214	210.0822	17.65	85.5264	0.9717	-8263.9270	11.4035
215	211.0685	17.38	85.5945	0.9720	-8294.9560	11.4126

216	212.0548	17.11	85.6636	0.9723	-8326.4516	11.4218
217	213.0411	16.83	85.7337	0.9727	-8358.3954	11.4312
218	214.0274	16.55	85.8049	0.9730	-8390.7692	11.4406
219	215.0137	16.26	85.8770	0.9733	-8423.5543	11.4503
220	216	15.96	85.9501	0.9736	-8456.7322	11.4600
221	216.9863	15.67	86.0241	0.9740	-8490.2841	11.4699
222	217.9726	15.36	86.0990	0.9743	-8524.1912	11.4799
223	218.9589	15.06	86.1748	0.9747	-8558.4348	11.4900
224	219.9452	14.74	86.2514	0.9751	-8592.9961	11.5002
225	220.9315	14.43	86.3288	0.9754	-8627.8560	11.5105
226	221.9178	14.11	86.4071	0.9758	-8662.9959	11.5209
227	222.9041	13.78	86.4860	0.9762	-8698.3967	11.5315
228	223.8904	13.45	86.5658	0.9766	-8734.0396	11.5421
229	224.8767	13.12	86.6462	0.9770	-8769.9059	11.5528
230	225.863	12.79	86.7273	0.9774	-8805.9767	11.5636
231	226.8493	12.45	86.8091	0.9778	-8842.2332	11.5746
232	227.8356	12.10	86.8916	0.9783	-8878.6569	11.5855
233	228.8219	11.75	86.9746	0.9787	-8915.2292	11.5966
234	229.8082	11.40	87.0583	0.9791	-8951.9315	11.6078
235	230.7945	11.05	87.1425	0.9796	-8988.7454	11.6190
236	231.7808	10.69	87.2273	0.9800	-9025.6527	11.6303
237	232.7671	10.33	87.3126	0.9805	-9062.6352	11.6417
238	233.7534	9.97	87.3985	0.9809	-9099.6748	11.6531
239	234.7397	9.60	87.4848	0.9814	-9136.7537	11.6646
240	235.726	9.23	87.5716	0.9819	-9173.8541	11.6762
241	236.7123	8.86	87.6588	0.9824	-9210.9583	11.6878
242	237.6986	8.48	87.7465	0.9828	-9248.0491	11.6995
243	238.6849	8.10	87.8346	0.9833	-9285.1090	11.7113
244	239.6712	7.72	87.9231	0.9838	-9322.1210	11.7231
245	240.6575	7.34	88.0120	0.9843	-9359.0682	11.7349
246	241.6438	6.96	88.1013	0.9848	-9395.9340	11.7468
247	242.6301	6.57	88.1909	0.9853	-9432.7018	11.7588
248	243.6164	6.18	88.2808	0.9858	-9469.3553	11.7708
249	244.6027	5.79	88.3711	0.9864	-9505.8786	11.7828
250	245.589	5.40	88.4616	0.9869	-9542.2558	11.7949
251	246.5753	5.01	88.5525	0.9874	-9578.4712	11.8070
252	247.5616	4.61	88.6436	0.9879	-9614.5095	11.8191
253	248.5479	4.22	88.7350	0.9885	-9650.3557	11.8313
254	249.5342	3.82	88.8266	0.9890	-9685.9948	11.8435
255	250.5205	3.42	88.9185	0.9895	-9721.4123	11.8558
256	251.5068	3.02	89.0105	0.9901	-9756.5938	11.8681
257	252.4932	2.62	89.1028	0.9906	-9791.5283	11.8804
258	253.4795	2.22	89.1953	0.9912	-9826.1960	11.8927
259	254.4658	1.81	89.2879	0.9917	-9860.5865	11.9051

260	255.4521	1.41	89.3807	0.9923	-9894.6865	11.9174
261	256.4384	1.01	89.4737	0.9928	-9928.4831	11.9298
262	257.4247	0.61	89.5668	0.9934	-9961.9638	11.9422
263	258.411	0.20	89.6600	0.9939	-9995.1163	11.9547
264	259.3973	-0.20	89.7533	0.9945	-10027.9287	11.9671
265	260.3836	-0.61	89.8467	0.9950	-10060.3893	11.9796
266	261.3699	-1.01	89.9402	0.9956	-10092.4869	11.9920
267	262.3562	-1.41	90.0338	0.9962	-10124.2106	12.0045
268	263.3425	-1.81	90.1274	0.9967	-10155.5496	12.0170
269	264.3288	-2.22	90.2211	0.9973	-10186.4939	12.0295
270	265.3151	-2.62	90.3148	0.9979	-10217.0335	12.0420
271	266.3014	-3.02	90.4085	0.9984	-10247.1590	12.0545
272	267.2877	-3.42	90.5023	0.9990	-10276.8612	12.0670
273	268.274	-3.82	90.5960	0.9996	-10306.1314	12.0795
274	269.2603	-4.22	90.6897	1.0001	-10334.9612	12.0920
275	270.2466	-4.61	90.7833	1.0007	-10363.3427	12.1044
276	271.2329	-5.01	90.8769	1.0013	-10391.2684	12.1169
277	272.2192	-5.40	90.9705	1.0018	-10418.7311	12.1294
278	273.2055	-5.79	91.0639	1.0024	-10445.7241	12.1419
279	274.1918	-6.18	91.1573	1.0030	-10472.2411	12.1543
280	275.1781	-6.57	91.2505	1.0035	-10498.2763	12.1667
281	276.1644	-6.96	91.3436	1.0041	-10523.8243	12.1791
282	277.1507	-7.34	91.4365	1.0047	-10548.8801	12.1915
283	278.137	-7.72	91.5293	1.0052	-10573.4391	12.2039
284	279.1233	-8.10	91.6219	1.0058	-10597.4974	12.2163
285	280.1096	-8.48	91.7143	1.0064	-10621.0512	12.2286
286	281.0959	-8.86	91.8065	1.0069	-10644.0975	12.2409
287	282.0822	-9.23	91.8984	1.0075	-10666.6336	12.2531
288	283.0685	-9.60	91.9900	1.0080	-10688.6573	12.2653
289	284.0548	-9.97	92.0814	1.0086	-10710.1668	12.2775
290	285.0411	-10.33	92.1725	1.0091	-10731.1609	12.2897
291	286.0274	-10.69	92.2632	1.0097	-10751.6388	12.3018
292	287.0137	-11.05	92.3536	1.0102	-10771.6003	12.3138
293	288	-11.40	92.4436	1.0107	-10791.0455	12.3258
294	288.9863	-11.75	92.5332	1.0113	-10809.9751	12.3378
295	289.9726	-12.10	92.6224	1.0118	-10828.3902	12.3497
296	290.9589	-12.45	92.7112	1.0123	-10846.2926	12.3615
297	291.9452	-12.79	92.7995	1.0129	-10863.6843	12.3733
298	292.9315	-13.12	92.8873	1.0134	-10880.5678	12.3850
299	293.9178	-13.45	92.9745	1.0139	-10896.9463	12.3966
300	294.9041	-13.78	93.0612	1.0144	-10912.8233	12.4082
301	295.8904	-14.11	93.1473	1.0149	-10928.2028	12.4196
302	296.8767	-14.43	93.2329	1.0154	-10943.0892	12.4310
303	297.863	-14.74	93.3177	1.0159	-10957.4874	12.4424

304	298.8493	-15.06	93.4019	1.0164	-10971.4026	12.4536
305	299.8356	-15.36	93.4854	1.0169	-10984.8408	12.4647
306	300.8219	-15.67	93.5682	1.0174	-10997.8079	12.4758
307	301.8082	-15.96	93.6502	1.0179	-11010.3107	12.4867
308	302.7945	-16.26	93.7314	1.0183	-11022.3561	12.4975
309	303.7808	-16.55	93.8118	1.0188	-11033.9514	12.5082
310	304.7671	-16.83	93.8913	1.0193	-11045.1043	12.5188
311	305.7534	-17.11	93.9699	1.0197	-11055.8229	12.5293
312	306.7397	-17.38	94.0475	1.0202	-11066.1157	12.5397
313	307.726	-17.65	94.1242	1.0206	-11075.9913	12.5499
314	308.7123	-17.91	94.1999	1.0211	-11085.4587	12.5600
315	309.6986	-18.17	94.2745	1.0215	-11094.5273	12.5699
316	310.6849	-18.42	94.3481	1.0219	-11103.2066	12.5797
317	311.6712	-18.67	94.4205	1.0224	-11111.5064	12.5894
318	312.6575	-18.91	94.4918	1.0228	-11119.4367	12.5989
319	313.6438	-19.15	94.5618	1.0232	-11127.0078	12.6082
320	314.6301	-19.38	94.6307	1.0236	-11134.2300	12.6174
321	315.6164	-19.60	94.6982	1.0240	-11141.1138	12.6264
322	316.6027	-19.82	94.7644	1.0244	-11147.6700	12.6353
323	317.589	-20.03	94.8293	1.0247	-11153.9092	12.6439
324	318.5753	-20.24	94.8928	1.0251	-11159.8424	12.6524
325	319.5616	-20.44	94.9549	1.0255	-11165.4804	12.6607
326	320.5479	-20.64	95.0155	1.0258	-11170.8341	12.6687
327	321.5342	-20.82	95.0745	1.0262	-11175.9144	12.6766
328	322.5205	-21.01	95.1321	1.0265	-11180.7322	12.6843
329	323.5068	-21.18	95.1880	1.0269	-11185.2984	12.6917
330	324.4932	-21.35	95.2423	1.0272	-11189.6237	12.6990
331	325.4795	-21.52	95.2950	1.0275	-11193.7187	12.7060
332	326.4658	-21.67	95.3460	1.0278	-11197.5939	12.7128
333	327.4521	-21.83	95.3952	1.0281	-11201.2597	12.7194
334	328.4384	-21.97	95.4426	1.0284	-11204.7262	12.7257
335	329.4247	-22.11	95.4883	1.0287	-11208.0033	12.7318
336	330.411	-22.24	95.5321	1.0290	-11211.1009	12.7376
337	331.3973	-22.36	95.5740	1.0292	-11214.0282	12.7432
338	332.3836	-22.48	95.6141	1.0295	-11216.7945	12.7485
339	333.3699	-22.59	95.6522	1.0297	-11219.4086	12.7536
340	334.3562	-22.70	95.6883	1.0300	-11221.8791	12.7584
341	335.3425	-22.80	95.7224	1.0302	-11224.2139	12.7630
342	336.3288	-22.89	95.7546	1.0304	-11226.4211	12.7673
343	337.3151	-22.97	95.7846	1.0307	-11228.5077	12.7713
344	338.3014	-23.05	95.8126	1.0309	-11230.4810	12.7750
345	339.2877	-23.12	95.8385	1.0311	-11232.3473	12.7785
346	340.274	-23.18	95.8623	1.0313	-11234.1127	12.7816
347	341.2603	-23.24	95.8839	1.0314	-11235.7827	12.7845

348	342.2466	-23.29	95.9034	1.0316	-11237.3626	12.7871
349	343.2329	-23.34	95.9207	1.0318	-11238.8568	12.7894
350	344.2192	-23.37	95.9358	1.0319	-11240.2694	12.7914
351	345.2055	-23.40	95.9488	1.0320	-11241.6040	12.7932
352	346.1918	-23.42	95.9595	1.0322	-11242.8635	12.7946
353	347.1781	-23.44	95.9679	1.0323	-11244.0505	12.7957
354	348.1644	-23.45	95.9742	1.0324	-11245.1668	12.7966
355	349.1507	-23.45	95.9782	1.0325	-11246.2137	12.7971
356	350.137	-23.44	95.9800	1.0326	-11247.1920	12.7973
357	351.1233	-23.43	95.9795	1.0327	-11248.1020	12.7973
358	352.1096	-23.41	95.9768	1.0328	-11248.9432	12.7969
359	353.0959	-23.39	95.9718	1.0328	-11249.7147	12.7962
360	354.0822	-23.35	95.9646	1.0329	-11250.4149	12.7953
361	355.0685	-23.31	95.9552	1.0329	-11251.0418	12.7940
362	356.0548	-23.27	95.9435	1.0330	-11251.5928	12.7925
363	357.0411	-23.21	95.9296	1.0330	-11252.0646	12.7906
364	358.0274	-23.15	95.9135	1.0330	-11252.4534	12.7885
365	359.0137	-23.09	95.8952	1.0330	-11252.7549	12.7860

Nota: datos para determinar la radiación extraterrestre