



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

EVALUACIÓN TEÓRICA DE LA IRRADIACIÓN SOLAR GLOBAL EN EL
CAMPUS MATRIZ DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero en
Electromecánica

AUTORES:

Huaraca Huaraca Jorge Luis

Iza Quingatuña Brayan Israel

TUTOR ACADÉMICO:

Ing. MSc. Edwin Homero Moreano Martínez

LATACUNGA – ECUADOR

Agosto 2022



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, Huaraca Huaraca Jorge Luis, Iza Quingatuña Brayan Israel, declaramos ser autores de la presente propuesta investigativa: "EVALUACIÓN TEÓRICA DE LA IRRADIACIÓN SOLAR GLOBAL EN EL CAMPUS MATRIZ DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI", siendo el Ing. M.Sc, Edwin Homero Moreano Martínez tutor del presente trabajo; y eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Latacunga, agosto 2022

Huaraca Huaraca Jorge Luis

C.I. 1726041781

Iza Quingatuña Brayan Israel

C.I. 1752955417



AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor de la propuesta investigativa sobre el título: “EVALUACIÓN TEÓRICA DE LA IRRADIACIÓN SOLAR GLOBAL EN EL CAMPUS MATRIZ DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI.”, de Huaraca Huaraca Jorge Luis, Iza Quingatuña Brayan Israel, de la Carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científicos-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, agosto 2022

TUTOR

Ing. M.Sc, Edwin Homero Moreano Martínez

C.I. 0502607500



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS; por cuanto, los postulantes: HUARACA HUARACA JORGE LUIS con C.I 172604178-1, IZA QUINGATUÑA BRAYAN ISRAEL con C.I 175295541-7 con el título de Proyecto de Titulación: “EVALUACIÓN TEÓRICA DE LA IRRADIACIÓN SOLAR GLOBAL EN EL CAMPUS MATRIZ DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometidos al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, agosto 29 del 2022

Para constancia firman

Lector 1 (Presidente)
Ing MSc. Cruz Panchi Luis Rolando
C.I. 050259517-6

Lector 2
PhD. Héctor Luis Laurencio Alfonso
C.I. 175836725-2

Lector 3
Ing MSc. Cevallos Betún Segundo Ángel
C.I. 050178243-7



AGRADECIMIENTO

Agradezco a dios por haberme otorgado una familia maravillosa, quienes han creído en mí siempre, enseñándome a valorar todo lo que tengo, a ellos gracias por ser los promotores de mis sueños, gracias por la confianza depositada en mí.

JORGE



AGRADECIMIENTO

En el presente trabajo quiero expresar mi sincero agradecimiento a Dios por darme la fortaleza y la sabiduría que se necesita para culminar el presente trabajo, y también mi agradecimiento a mi madre por darme la motivación y los recursos económicos necesarios para estudiar, las palabras de aliento y por ser mi motivación para mi superación personal y de mi familia.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi por acogerme y otorgarme la valiosa oportunidad para mi formación profesional

BRAYAN



DEDICATORIA

El presente trabajo previo a la obtención del título de Ingeniero va dedicado al esfuerzo y trabajo duro de mis padres ya que con el esfuerzo diario he podido culminar mi formación profesional, gracias a ellos que me han sabido enseñar a salir adelante y a no rendirme.

JORGE



DEDICATORIA

El presente trabajo previo a la obtención del título de ingeniero va dedicado al esfuerzo y trabajo duro de mi madre por ser la persona que desde pequeño me inculco con buenos principios y valores, y me dio todos los recursos económicos necesarios para poder culminar la carrera, una dedicatoria también para mi familia los cuales me ayudaron en la motivación y a las Hermanas Misioneras Franciscanas de la juventud las cuales me ayudaron en mi formación espiritual y mi formación personal.

BRAYAN

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	i
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN.....	ii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
DEDICATORIA.....	vi
DEDICATORIA.....	vii
RESUMEN.....	vxii
ABSTRACT.....	xviii
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	xix
2.1 DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA.....	21
2.2 EL PROBLEMA:.....	22
2.2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:.....	23
2.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA:	23
2.3.1 OBJETO DE ESTUDIO Y CAMPO DE ACCION	23
2.4 BENEFICIARIOS	24
2.5 JUSTIFICACIÓN:.....	24
2.6 HIPÓTESIS	25
2.6.1 DECLARACIÓN DE VARIABLES.....	25
OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	25
2.7 OBJETIVOS:.....	27
2.7.1 General:	27
2.7.2 Específicos:.....	27
2.8 SISTEMAS DE TAREAS en relacion a los objetivos planteados	27
3.1 ANTECEDENTES	28
3.1.1 Métodos matemáticos para determinar la irradiación solar.....	29

3.2	MARCO REFERENCIAL (Estado del arte)	32
3.2.1	Energía solar	32
3.2.2	Radiación solar en el Ecuador	32
3.2.3	Constante Solar.....	33
3.2.4	Distancia Sol y la tierra	34
3.2.5	Declinación solar	34
3.2.6	Factor de excentricidad.....	35
3.2.7	Ángulo de salida del sol al amanecer	35
3.2.8	Ángulo zenit (θ_z).....	36
3.2.9	Altitud solar (α)	36
3.2.10	Azimut (ω)	37
3.2.11	Índice de claridad.....	37
3.2.12	Irradiación solar directa, difusa, albedo y global.....	38
3.2.13	Piranómetro DPA 154	40
3.2.14	Radiación ultravioleta.....	42
3.2.15	Hora de aprovechamiento solar	42
3.2.16	Ángulo de incidencia	43
3.2.17	Perturbaciones	44
3.2.18	Bases de datos de radiación solar	45
3.2.19	Modelo Bristow Campbell	46
3.2.20	Referencias aplicables del modelo Bristow Campbell	46
3.2.21	Modelos de estimación de radiación incidente en el Ecuador.....	47
4.1	Materiales y Métodos.....	48
4.2	Métodos	49
4.3	Técnicas	50

4.4	Instrumentos.....	56
4.5	Desarrollo.....	57
4.5.1	Trayectoria Solar	63
4.5.2	Horas Pico del Sol HSP	65
4.5.3	Métodos Existentes.....	65
4.5.4	Obtención de datos de la irradiación solar (NASA).....	65
4.5.5	Proceso de obtención de datos.....	65
4.5.6	Parámetro 1 (Selección de área de estudio).....	67
4.5.7	Parámetro 2 (Promedio temporal)	67
4.5.8	Parámetro 3 (Coordenadas Geográficas).....	67
4.5.9	Parámetro 4 (Periodo de obtención de datos).....	68
4.5.10	Parámetro 5 (Formato de salida de datos)	68
4.5.11	Parámetro 6 (Selección de datos a Obtener).....	69
4.5.12	MÉTODO ATLAS SOLAR MUNDIAL	69
4.5.13	Sitio Web Atlas Solar Mundial.....	69
4.5.14	Buscador del sitio a través de coordenadas	70
4.5.15	Localización del sitio geográfico.....	70
4.5.16	Características del lugar.....	71
4.5.17	Datos de irradiación solar	71
4.5.18	Horas pico del sol mediante el método Atlas solar Mundial	72
4.6	ANALISIS DE RESULTADOS	72
4.6.1	Clima promedio en la provincia Cotopaxi.....	72
4.6.2	Trayectoria Solar en el sector de San Felipe	74
4.6.3	Análisis del método de estimación de irradiación Hargreaves Samani.....	76
4.6.4	Análisis del método de estimación Bristow Campbell.....	76

4.6.5	Análisis comparativo de Modelos Matemáticos frente a la Estación Local.....	77
4.6.6	Método Estación Local vs Hargreaves Samani	77
4.6.7	Gráfica Estación Local vs Método Hargreaves Samani	78
4.6.8	Análisis del porcentaje de variación entre el método Estación Local vs Modelo Hargreaves Samani	78
4.6.9	Análisis del 8 de agosto de la irradiación Solar.....	79
4.6.10	Análisis del porcentaje de variación del día 8 de agosto	80
4.6.11	Análisis del 15 agosto de la irradiación Solar	81
4.6.12	Análisis del porcentaje de variación del día 15 de agosto	81
4.6.13	Análisis del 19 de agosto de la irradiación Solar.....	82
4.6.14	Análisis del porcentaje de variación del día 19 de agosto	82
4.6.15	Método Estación Local vs modelo Bristow Campbell	83
4.6.16	Análisis del 4 agosto de la irradiación Solar	83
4.6.17	Análisis del porcentaje de variación del día 4 de agosto	83
4.6.18	Análisis del 8 agosto de la irradiación Solar	84
4.6.19	Análisis del porcentaje de variación del día 8 de agosto	85
4.6.20	Análisis del porcentaje de variación del día 15 de agosto	86
4.6.21	Análisis del porcentaje de variación del día 19 de agosto	87
4.6.22	Resultado de la comparación entre los modelos Matemáticos vs la Estación Local	87
4.6.23	Análisis de la irradiación solar con el método Hargreaves Samani a 30 grados	87
4.6.24	Análisis del coeficiente de variación del día 4 de agosto con 18 grados	88
4.6.25	Análisis del coeficiente de variación del día 8 de agosto con 18 grados	89
4.6.26	Análisis del coeficiente de variación del día 15 de agosto con 18 grados.....	90
4.6.27	Análisis del coeficiente de variación del día 19 de agosto con 18 grados.....	91

4.6.28	Resultado del modelo Matemáticos Hargreaves Samani a 18 grados vs la Estación Local	92
4.6.29	Comparativa del método matemático Hargreaves Samani frente a los métodos existentes	92
4.6.30	Modelo matemático vs Método NASA, Atlas Solar Mundial.....	93
4.6.31	Análisis del porcentaje de variación del día 4 de agosto.....	94
4.6.32	Análisis del 8 agosto de la irradiación Solar	95
4.6.33	Análisis del porcentaje de variación del día 8 de agosto.....	96
4.6.34	Análisis del 15 agosto de la irradiación Solar	96
4.6.35	Análisis del porcentaje de variación del día 15 de agosto.....	98
4.6.36	Análisis del 19 agosto de la irradiación Solar	98
4.6.37	Análisis del porcentaje de variación del día 19 de agosto.....	99
4.6.38	Resultado de la comparación entre el modelo matemáticos vs métodos existentes	100

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación4.1:	.....	48
Ecuación4.2:	.....	49
Ecuación4.3:	.....	50
Ecuación4.4:	.....	50
Ecuación4.5:	.....	51
Ecuación4.6:	.....	51
Ecuación4.7:	.....	51
Ecuación4.8:	.....	52
Ecuación4.9:	.....	52
Ecuación4.10:	.....	52
Ecuación4.11:	.....	53
Ecuación4.12:	.....	53

Ecuación4.13:	53
Ecuación4.14:	53
Ecuación4.15:	54
Ecuación4.16:	54
Ecuación4.17:	55
Ecuación4.18:	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Diagrama Ishikawa causa-efecto del problema	23
Figura 3.1: Instrumentos de medición de Irradiación solar	31
Figura 3.2: Estructura del sol	32
Figura 3.3: Radiación solar en el Ecuador (CONELEC)	33
Figura 3.4: Declinación solar	35
Figura 3.5: Ángulo de salida al amanecer	36
Figura 3.6: Ángulo Zenit	36
Figura 3.7: Altitud solar	37
Figura 3.8: Ángulo Azimut	37
Figura 3.9: Radiación solar	38
Figura 3.10: Irradiación Albedo	39
Figura 3.11: Piranómetro	40
Figura 3.12: Irradiación solar durante un día	43
Figura 3.13: Irradiación del sol y el ángulo de incidencia h	44
Tabla 4.1: Características técnicas Piranómetro DPA154	56
Figura 4.1: Sensores de monitoreo.	57
Figura 4.2: Ventana de parametrización de medida	64
Figura 4.3: Trayectoria solar de la ciudad de Latacunga	65

Figura 4.4: Ventana principal NASA POWER	66
Figura 4.5: Ventana de parametrización	66
Figura 4.6: Ventana de parametrización 1	67
Figura 4.7: Ventana de parametrización 2	67
Figura 4.8: Ventana de parametrización 3	68
Figura 4.9: Ventana de parametrización 4	68
Figura 4.10: Ventana de parametrización 5	68
Figura 4.11: Obtención de Irradiación UVA, UVB	69
Figura 4.12: Sitio Web Atlas Solar	70
Figura 4.13: Buscador del sitio	70
Figura 4.14: Localización de lugar geográfico	71
Figura 4.15: Características del lugar mediante el Sitio Web Atlas Solar	71
Figura 4.16: Datos de irradiación solar al día	72
Figura 4.17: Valor de irradiación en la universidad técnica de Cotopaxi	72
Figura 4.18: Porcentaje de nubosidad del mes de Agosto	73
Figura 4.19: Temperatura en la ciudad de Latacunga	74
Figura 4.20: Trayectoria solar del 12 de agosto	75
Figura 4.21: Trayectoria de irradiación solar del 4 de agosto	78
Figura 4.22: Trayectoria de irradiación del 8 de agosto	80
Figura 4.23: Trayectoria de irradiación solar del 15 de agosto	81
Figura 4.24: Trayectoria de irradiación solar del 19 de agosto	82
Figura 4.25: Trayectoria de irradiación solar del 4 de agosto	83
Figura 4.26: Trayectoria de irradiación solar del 8 de agosto	84
Figura 4.27. Trayectoria de irradiación solar del 15 de agosto	85
Figura 4.28: Trayectoria de irradiación solar del 19 de agosto	86

Figura 4.29: Trayectoria de irradiación solar a una Temperatura de 18° del 8 de agosto.....	88
Figura 4.30: Trayectoria de irradiación solar a una Temperatura de 18° del 8 de agosto.....	89
Figura 4.31: Trayectoria de irradiación solar a una Temperatura de 18° del 15 de agosto.....	90
Figura 4.32: Trayectoria de irradiación solar a una Temperatura de 18° del 19 de agosto.....	91
Figura 4.33: Trayectoria de irradiación solar NASA del 4 de agosto.....	93
Figura 4.34: Trayectoria de irradiación solar Atlas Solar Mundial del 4 de agosto.....	94
Figura 4.35: Trayectoria de irradiación solar NASA del 8 de agosto.....	95
Figura 4.36: Trayectoria de irradiación solar Atlas Solar Mundial del 8 de agosto.....	96
Figura 4.37: Trayectoria de irradiación solar NASA del 15 de agosto.....	97
Figura 4.38: Trayectoria de irradiación solar Atlas Solar mundial del 15 de agosto.....	98
Figura 4.39: Trayectoria de irradiación solar NASA del 19 de agosto.....	98
Figura 4.40: Trayectoria de irradiación solar Atlas Solar Mundial del 19 de agosto.....	99

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Beneficiarios Directos.....	24
Tabla 2.2: Beneficiarios indirectos.....	24
Tabla 2.3: Actividades de la variable dependiente.....	25
Tabla 2.4: Actividades de la variable independientes.....	26
Tabla 2.5: Actividades y sistemas en función a los objetivos específicos.....	27
Tabla 3.1: Ventajas y desventajas de los métodos estadísticos y físicos.....	30
Tabla 3.2: Características técnicas Piranómetro DPA154.....	41
Tabla 3.3: Características de bases de datos mundiales de Radiación solar.....	45
Tabla 4.2: Datos extraídos del 8 de agosto de la Estación Local a cada hora del día.....	58
Tabla 4.3: Métodos existentes para el análisis.....	65
Tabla 4.4: Altitud y Azimut de la trayectoria solar a cada 1 hora del día.....	75

Tabla 4.5: Muestra de datos calculados en el rango de 1 hora por el método Hargreaves Samani	76
Tabla 4.6: Muestra de datos calculados del 4 de agosto por el método Bristow Campbell a cada hora	77
Tabla 4.7: Análisis de irradiación solar del 4 de agosto entre los métodos Estación Local y Hargreaves Samani	79
Tabla 4.8: Análisis de variación del día 8 de agosto	80
Tabla 4.9: Análisis de variación del día 15 de agosto	81
Tabla 4.10: Análisis de variación del día 19 de agosto	82
Tabla 4.11: Análisis de variación del día 4 de agosto	84
Tabla 4.12: Análisis de variación del día 8 de agosto	85
Tabla 4.13: Análisis de variación del día 15 de agosto	86
Tabla 4.14: Análisis de variación del día 19 de agosto	87
Tabla 4.15: Comparación del % de variación entre los modelos matemáticos frente a la Estación Local	87
Tabla 4.16: Análisis de variación del día 4 de agosto a una Temperatura de 18°	89
Tabla 4.17: Análisis de variación del día 4 de agosto a una Temperatura de 18°	90
Tabla 4.18: Análisis de variación del día 15 de agosto a una Temperatura de 18°	91
Tabla 4.19: Análisis de variación del día 19 de agosto a una Temperatura de 18°	92
Tabla 4.20: Comparación del modelo matemático Hargreaves Samani a 18 grados	92
Tabla 4.21: Análisis de variación del día 4 de agosto	94
Tabla 4.22: Análisis de variación del día 8 de agosto	96
Tabla 4.23: Análisis de variación del día 15 de agosto	98
Tabla 4.24: Análisis de variación del día 19 de agosto	99
Tabla 4.25: Comparación del % relativo entre el modelo matemáticos frente a los métodos existentes	100



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI FACULTAD DE CIENCIAS DE
LA INGENIERÍA Y APLICADAS**

**TÍTULO: “EVALUACIÓN TEÓRICA DE LA IRRADIACIÓN SOLAR GLOBAL EN EL
CAMPUS MATRIZ DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”**

Autores:

Huaraca Huaraca Jorge Luis

Iza Quingatuña Brayan Israel

RESUMEN

En el presente estudio se pretende estimar la irradiación solar global del 4 al 19 de Agosto del presente año mediante los modelos matemáticos Bristow-Campbell, Hargreaves Samani debido que en el sector de San Felipe no existía datos de irradiación solar, con la implementación de la Estación Meteorológica instalada en el campus matriz de la Universidad Técnica de Cotopaxi existe una imprecisión en la estimación de irradiación solar en la aplicación de los modelos matemático para la comparación de datos obtenidos frente a la Estación Local por lo que se pretende evaluar teóricamente la irradiación solar global mediante la aplicación de los modelos matemáticos para determinar la aproximación de los modelos calculados mediante la utilización del método experimental la que permite tener una base de datos de irradiación solar de dieciséis días del mes de agosto los cuales se analizaran con cuatro fechas distintas para un mejor análisis concluyendo que las muestras analizadas con referencia a la Estación Local se identifica que el método calculado de mayor aproximación de irradiación solar corresponde al modelo de Hargreaves Samani con una variación despreciables del 6.45%

Palabras Claves: Irradiación, modelos, Hargreaves Samani, Bristow-Campbell, Variación



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES FACULTY

TITLE: "THEORETICAL EVALUATION OF GLOBAL SOLAR IRRADIATION AT MAIN CAMPUS OF TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI"

Authors:

Huaraca Huaraca Jorge Luis

Iza Quingatuña Brayan Israel

ABSTRACT

At the present study it is intended to estimate global solar irradiation from August 4 to 19 of this year using mathematical models Bristow-Campbell, Hargreaves Samani because in San Felipe sector there was no solar irradiation data, with implementation of Meteorological Station installed in the main campus of Technical University of Cotopaxi there is an imprecision at estimation of solar irradiation on application of mathematical models for obtained data comparison against local station, so it is intended to evaluate theoretically global solar irradiation through the application of mathematical models to determine the approximation of calculated models by experimental method calculated through the use of experimental method, which allows having a solar irradiation data base on sixteen days of August, which will be analyzed with four different dates for a better analysis, concluding that the analyzed samples with reference to Local Station, it is identified that calculated method of greater approximation of solar irradiation corresponds to Hargreaves Samani model with a negligible variation of 6.45%.

Key words: Irradiance, models, Hargreaves Samani, Bristow-Campbell, Variation.

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen del proyecto de investigación al idioma Inglés cuyo título versa: **“EVALUACIÓN TEÓRICA DE LA IRRADIACIÓN GLOBAL EN EL CAMPUS MATRIZ DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”**, presentado por **Huaraca Huaraca Jorge Luis y Iza Quingatuña Brayan Israel**, estudiantes de la carrera de **Ingeniería en Electromecánica**, perteneciente a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, 08 de septiembre del 2022.

Atentamente,



.....
Lic. Edison Marcelo Pacheco Pruna Mg.
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.C. 050261735-0



1 INFORMACIÓN GENERAL

Título: Evaluación teórica de la irradiación solar global en el campus matriz de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Tipo de proyecto:

Proyecto Tecnológico

Fecha de inicio: Abril 2022

Fecha de finalización: Agosto 2022

Lugar de ejecución:

Zona 3, Provincia de Cotopaxi, Cantón Latacunga, Barrio San Felipe, Campus Matriz Universidad Técnica de Cotopaxi.

Facultad que auspicia:

Facultad de ciencias de la ingeniería aplicada “CIYA”

Carrera que auspicia:

Ingeniería Electromecánica

Proyecto de investigación vinculado:

Proyecto informativo.

Equipo de Trabajo:

Ing. MSc. Edwin Homero Moreano Martínez, Huaraca Huaraca Jorge Luis, Iza Quingatuña Brayan Israel.

Área de Conocimiento:

Campo Amplio

07 Ingeniería Industrial y Construcción

Campo Específico

071 Ingeniería y Profesiones Afines

Campo Detallado

0713 Electricidad y Energía, 0714 Electrónica y Automatización

Línea de investigación: Energías alternativas y renovables, Eficiencia energética y protección ambiental

Sub líneas de investigación de la Carrera: Energética en sistemas electromecánicos y uso de fuentes renovables de energía

2 INTRODUCCIÓN:

2.1 DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA

El desarrollo e investigación de las energías renovables ha generado nuevas fuentes de electricidad esto con el fin de generar sistemas independientes de energía sin efectos perjudiciales al medio ambiente. El sol genera una potencia de alrededor de 62.600 kW [1], por cada metro cuadrado de su superficie haciendo que esta gran masa de energía sea perfecta para la aplicación en fuentes de energías renovables, la radiación solar emitida a la parte exterior de la atmosfera de la tierra es de 1367 W/m^2 [2] , en toda la trayectoria elíptica durante todo el año. La irradiación como fuente de energía solar puede ser aprovechada en beneficios para la sociedad y la comunidad científica.

La propagación de la radiación solar es emitida a través de ondas electromagnéticas en el espacio, al momento de pasar por la atmosfera sufren varios cambios producidos por la difusión, reflexión y la absorción, En Ecuador el valor aproximado de la radiación global es de 4200 kWh/año [3], muy superiores a otros países de acuerdo con CONELEC (Consejo Nacional de Electricidad) hay variaciones del 30% a 40% de radiación en algunos lugares dentro del Ecuador, Al existir diversas condiciones atmosféricas dentro de nuestro el país debido a la latitud y longitud existentes en todo el territorio Ecuatoriano el aprovechamiento de la irradiación solar global debe ser el adecuado para el beneficio de nuestro país.

Existen diversos métodos de lecturas de la irradiación solar los cuales, por su ubicación, exactitud, por su zona horaria entregan datos erráticos. En Cotopaxi en el cantón de Latacunga según las normas Ecuatorianas de la construcción y del Aeropuerto Internacional de carga, el promedio de la radiación solar es de 4320 Wh/m^2 [4], en el día, en la ciudad de Latacunga existen bases de datos de la radiación solar en tiempo real esta información es muy generalizada y no permite realizar un análisis a profundidad en un determinado punto geográfico de la ciudad, con la información obtenida se puede realizar estudios de campo haciendo que los resultados obtenidos no tenga una información precisa y esta a su vez no sea tan confiable.

En el sector de San Felipe de la ciudad de Latacunga se encuentra el Campus matriz de la Universidad Técnica de Cotopaxi donde no existía una evaluación teórica de irradiación solar mediante métodos analíticos de estimación de irradiación solar que permitan tener un análisis en cual se pueda aproximar un modelo matemático ya existente que valide los datos de irradiación

solar captados por la Estación Local instalada en el laboratorio de energías renovables, en la parroquia de Eloy Alfaro en la actualidad para acceder a datos de irradiación solar de una estación meteorológica es muy complejo debido a que los sensores de medición tienen un costo muy elevado, y lo que se pretende es plantear un modelo matemático existente que estime la irradiación solar en esta parroquia que permita tener información para estudios relacionados con el aprovechamiento del recurso solar.

2.2 EL PROBLEMA:

En el Ecuador las fuentes renovables no son tan aprovechadas como para el uso que estas brindan, debido a datos inexistentes de irradiación solar en determinados puntos geográficos y en zonas específicas, estos datos son muy generalizados en la provincia de Cotopaxi, para la evaluación teórica de la irradiación solar existen varios modelos matemáticos de estimación (Bristow-Campbell, Hargreaves Samani), los cuales permiten calcular una estimación estadística de irradiación solar en una trayectoria de seis de la mañana a seis de la tarde en el lapso de 24 horas

Mediante los cálculos realizados se presenta una imprecisión en la estimación de irradiación solar con la aplicación de los modelos matemáticos frente a la comparación de datos obtenidos de la Estación local, los cuales son muy generalizados, estas a su vez no brindan la correcta estimación de irradiación solar adecuada, por lo que existe una imprecisión en la adquisición de datos calculados para la realización de un estudio en un punto geográfico

Hay modelos matemáticos que por aproximación estiman zonas horarias y porcentajes de trabajo solar, estas a su vez no brindan la correcta estimación de irradiación solar adecuados, por lo que existe una imprecisión en los cálculos matemáticos para la realización de un estudio comparativo frente al métodos de la Estación local instalada en el campus matriz de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con los resultados calculados y estimados de los modelos matemáticos se podrá estimar un modelo matemático que se aproxime a los datos de la Estación Local, con la adquisición de la estación meteorológica ya instalada se obtendrá una base de datos a largo plazo para la implementación de un modelo matemático propio de estimación de irradiación solar en el campus matriz de la Universidad Técnica de Cotopaxi

2.2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

En la figura 2.1 se presenta el diagrama de Ishikawa, en el cual se analiza la problemática existente en la imprecisión de estimación de irradiación solar para la comparación de datos obtenidos de la estación meteorológica instalada en el campus matriz de Universidad Técnica de Cotopaxi y analizar qué modelo existente se aproxima más a la estación.

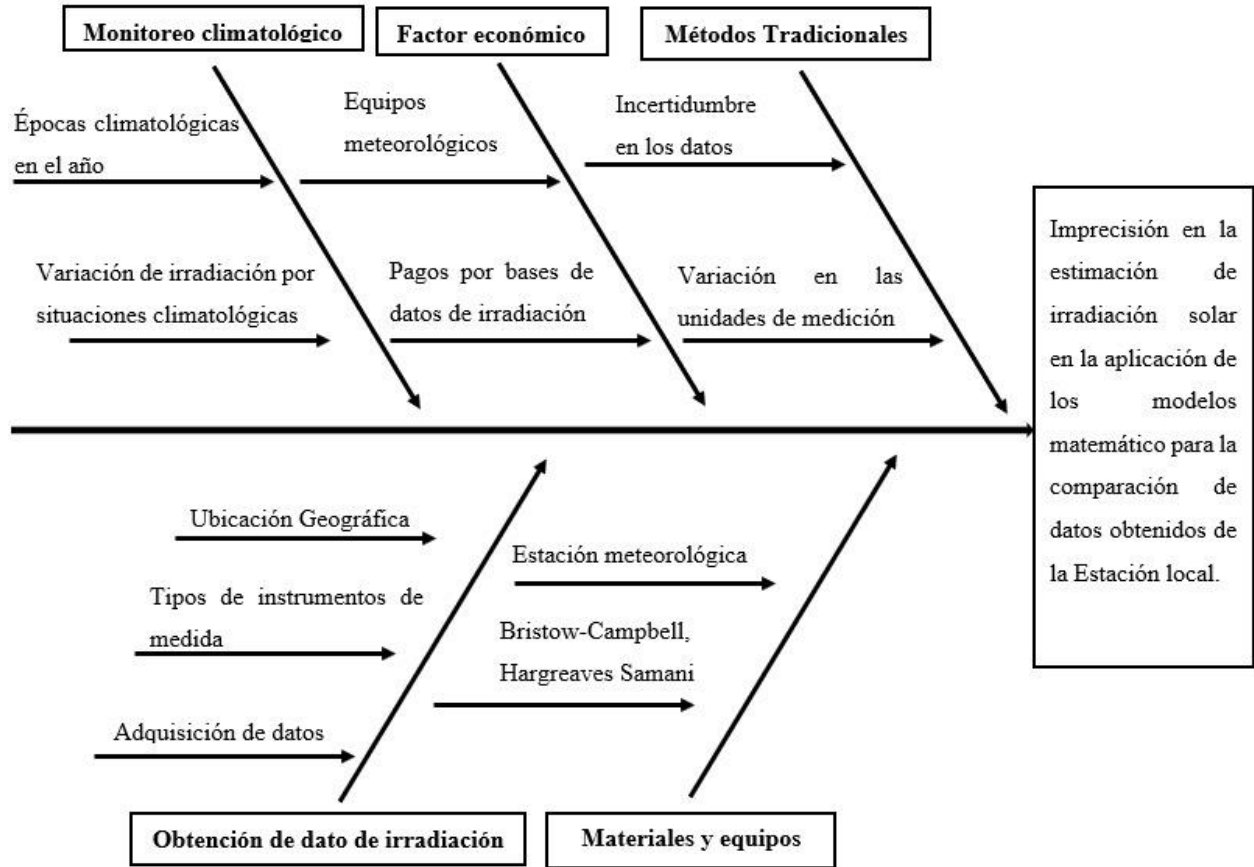


Figura 2.1: Diagrama Ishikawa causa-efecto del problema

2.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA:

Imprecisión en la estimación de irradiación solar en la aplicación de los modelos matemático para la comparación de datos obtenidos de la Estación local.

2.3.1 OBJETO DE ESTUDIO Y CAMPO DE ACCION

2.3.1.1 Objeto de estudio

La irradiación solar en el campus matriz de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

2.3.1.2 Campo de acción

La comparativa del porcentaje de desviación entre los modelos matemáticos (Bristow-Campbell, Hargreaves Samani), frente a la Estación Local.

2.4 BENEFICIARIOS

Los beneficiarios directos de la propuesta investigativa serán los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Electromecánica, Eléctrica e Hidráulica de la universidad Técnica de Cotopaxi, mientras que los beneficiados indirectos son la comunidad, instituciones dedicadas para el aprovechamiento energético.

Tabla 2.1: Beneficiarios Directos.

BENEFICIADOS DIRECTOS	
Estudiantes de la carrera de Ingeniería en Electromecánica, Eléctrica e Hidráulica de la Universidad Técnica de Cotopaxi	2000

Tabla 2.2: Beneficiarios indirectos.

BENEFICIADOS INDIRECTOS	
Las comunidades e instituciones dedicadas para el estudio de irradiación solar	∞

2.5 JUSTIFICACIÓN:

La radiación solar determina el balance energético de la Tierra y juega un papel importante en procesos naturales como la evaporación del agua atmosférica, la humedad del aire y del suelo, así como su uso en actividades humanas como la agricultura y su uso actual en la conversión de energía solar. Esta energía se convierte en energía solar y térmica [4].

La pequeña cantidad de información sobre la radiación solar es de interés mundial y se estima que alrededor de una quinta parte de las estaciones meteorológicas del mundo realizan observaciones de la radiación solar incidente cuantitativamente [5].

La propuesta investigativa se centrará en el estudio de irradiación solar desde el inicio de su ciclo solar hasta el final, estos datos van a ser aprovechados a fin de obtener una comparativa de los modelos matemáticos (Bristow-Campbell, Hargreaves Samani), de estimación de irradiación solar donde se observará y comprobará cuantos es el porcentaje de desviación que se lograra obtener con los resultados calculados frente al equipo meteorológico instalado en el campus matriz de la Universidad Técnica la cual brinda varias magnitudes de medición que son Temperatura, velocidad del viento, irradiación solar los cuales se recopila datos las 24 horas del día.

2.6 HIPÓTESIS

Mediante la evaluación teórica de la irradiación solar permitirá la identificación del método (Bristow-Campbell, Hargreaves Samani) que tiene la mayor aproximación referente a los datos obtenidos experimentalmente de la Estación local instalada en el campus matriz de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

2.6.1 DECLARACIÓN DE VARIABLES

Para el desarrollo de la propuesta investigativa se identifica como la variable dependiente la Irradiación Solar Global.

OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Operacionalización de la variable dependiente

Tabla 2.3: Actividades de la variable dependiente.

Variable dependiente	Conceptualización	Unidad	Técnicas o instrumentos
-----------------------------	--------------------------	---------------	--------------------------------

Irradiación Solar Global	Es el flujo de energía emitida por la radiación solar en forma de ondas electromagnéticas	wh/m^2	Estación meteorológica Pirómetro DPA154
--------------------------	---	----------	---

Operacionalización de la variable independiente

En la propuesta investigativa se identificó que la variable independiente es la evaluación teórica

Tabla 2.4: Actividades de la variable independientes.

Variable Independiente	Categorización	Conceptualización	Unidad	Técnicas o instrumentos
Evaluación Teórica	Declinación solar	La declinación solar es el ángulo entre la línea sol-tierra y el plano ecuatorial del cielo.	°	Modelos matemáticos de estimación de irradiación solar Bristow-Campbell, Hargreaves Samani Pirómetro DPA154
	Angulo de salida al amanecer	Es el ángulo que forman los primeros rayos del sol con el horizonte terrestre al amanecer.	°	
	Irradiación solar extraterrestre	Es la cantidad total de energía solar por unidad de área fuera de la atmósfera terrestre en un momento dado.	Wh/m^2	
	Radiación difusa	La radiación difusa es la radiación recibida de la atmósfera por dispersión parcial. de la radiación solar en la atmósfera.	Wh/m^2	
	Irradiancia directa	La radiación solar alcanza la superficie terrestre sin cambiar de dirección	Wh/m^2	
	Radiación solar directa en un plano inclinado	Evaluación de la radiación incidente en superficies inclinadas	Wh/m^2	
	Radiación solar difusa en un plano inclinado	Radiación que cae sobre una superficie inclinada después de perderse por un	Wh/m^2	

		obstáculo		
	Radiación solar albedo en un plano inclinado	Radiación reflejada por un plano inclinado	Wh/m^2	
	Temperatura máxima	La temperatura máxima es la temperatura más alta registrada en un período de tiempo determinado.	$^{\circ}C$	
	Temperatura mínima	La temperatura más baja medida durante el período de observación.	$^{\circ}C$	

2.7 OBJETIVOS:

2.7.1 General:

Evaluar teóricamente la irradiación solar diaria mediante la aplicación de los modelos (Bristow-Campbell, Hargreaves Samani) para determinar la aproximación de un modelo que me estime irradiación solar en el campus matriz de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

2.7.2 Específicos:

- Identificar los métodos matemáticos de irradiación solar mediante la investigación bibliográfica.
- Analizar las variables que intervienen en la irradiación solar mediante cálculos matemáticos.
- Aplicar la comparación entre los métodos matemáticos para conocer la desviación que presenta frente a los datos obtenidos de la Estación Local

2.8 SISTEMAS DE TAREAS EN RELACION A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 2.5: Actividades y sistemas en función a los objetivos específicos.

Objetivos Específicos	Actividad	Resultados de la actividad	Métodos – Técnicas
-----------------------	-----------	----------------------------	--------------------

<p>Objetivo 1</p> <p>Identificar los métodos matemáticos de irradiación solar mediante la investigación bibliográfica.</p>	<p>a.-Identificación del modelo Bristow-Campbell.</p>	<p>Desarrollo del modelo matemáticos</p>	<p>Investigación bibliográfica</p>
	<p>b.- Identificación del modelo Hargreaves Samani.</p>	<p>Desarrollo de los modelos matemáticos</p>	<p>Investigación bibliográfica</p>
<p>Objetivo 2</p> <p>Analizar las variables que intervienen en la irradiación solar mediante cálculos matemáticos.</p>	<p>a.- Interpretación de las variables que afectan directamente a la irradiación solar.</p>	<p>Declinación solar, índice de claridad, Factor de corrección de radiación solar</p>	<p>Investigación bibliográfica</p>
	<p>b.- Identificación de las variables que afectan en cada modelo matemático.</p>	<p>Temperatura máxima y mínima, la suma de irradiación solar directa, difusa, albedo.</p>	<p>Investigación bibliográfica</p>
<p>Objetivo 3</p> <p>Aplicar la comparación entre los métodos matemáticos para conocer la desviación que presenta frente a los datos obtenidos de la Estación Local</p>	<p>a.- Comparación de desviación con los modelos Bristow-Campbell, Hargreaves Samani.</p>	<p>Interpretación de los resultados calculados.</p>	<p>Análisis analítico</p>
	<p>b.- Comparación de modelo que mas se aproxima a los datos de la Estación Local.</p>	<p>Comparación del porcentaje de desviación frente a la Estación Local.</p>	<p>Análisis analítico</p>

3 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

3.1 ANTECEDENTES

En la rama de meteorología, una de las principales variables a medir es la de la radiación solar. Por medio de cálculos de intercambio de calor entre un cuerpo y su medio se pueden distinguir 3 formas:

- ❖ Radiación
- ❖ Conducción
- ❖ Convección

La energía del sol, históricamente se la utiliza a partir del año de 1767. En dicho año se inventaría el helioteermómetro por parte del científico Horace Benedict De Saussure. Este instrumento capaz de medir la radiación solar. Años después el desarrollo de este artefacto daría el paso a la creación de nuevos dispositivos que en la actualidad se utilizan para medir la radiación solar [6]. Posteriormente ya para el año de 1865 se crearía la primera máquina capaz de obtener energía mecánica a partir de la energía solar, el científico Auguste Mouchout intentaba generar vapor por medio del calentamiento de partículas con la radiación solar, pero debido a su alto costo de inversión su proyecto quedó inconcluso y no se logra patentar su invento. Ya para 1838 se descubre por primera vez el potencial fotovoltaico por parte del señor Alexandre Edmond Becquerel, experimentando con electrodos de platino y fuentes de voltaje de corriente directa [6]. Más adelante en el año de 1877, un profesor junto con su alumno de la Universidad de King college de la ciudad de Londres descubrirían que, al exponer selenio a la radiación solar, se genera una caída de tensión, creando de esta manera la primera celda fotovoltaica a base de selenio. Años más tarde en 1953, descubren la celda solar hecha con silicio. A diferencia de la anterior, esta era capaz de hacer funcionar aparatos eléctricos con la cantidad de electricidad generada.

A partir de los años 70 aparecen los combustibles fósiles, dejando atrás a la tecnología fotovoltaica, debido principalmente al bajo costo de adquisición de energías no renovables. Desde ese momento solo se utilizaba energía solar en el sector industrial por su alto valor de inversión [6].

3.1.1 Métodos matemáticos para determinar la irradiación solar

3.1.1.1 Métodos estadísticos modelo de la Caja Negra

El primer método, compuesto por diferentes modelos desarrollados entre 2017 y 2018, se basa en una regresión estadística entre el valor numérico medido por el sensor satelital, el radiómetro, en un punto determinado y los valores medidos en campo, usando un Piranómetro, para el mismo punto e instante. Se los denomina métodos estadísticos.

El modelo estadístico es muy simple y fácil de usar. Sin embargo, su eficiencia operativa relativa se ve obstaculizada por la falta de generalidad, ya que no hay garantía de que los coeficientes calculados por regresión en un dominio particular sean válidos en otro.

3.1.1.2 Métodos físicos modelo de transferencia de radiación

El segundo método consta de varios modelos básicos publicados entre 2019 y 2020, que se basan en el modelo de transferencia radiactiva. Describen explícitamente los procesos (absorción, dispersión, etc.) que tienen lugar en el sistema atmosférico. Se los denomina métodos físicos [7].

Los modelos físicos tienen la ventaja de no depender de zonas específicas para su uso porque describen conceptualmente el estado de la atmósfera. En cualquier caso, la consideración más importante es que el mejor método a utilizar depende en gran medida de las condiciones atmosféricas y las propiedades del área bajo investigación [7].

3.1.1.3 Ventajas y desventajas de los métodos estadísticos y físicos

En la tabla 3.1 muestra las ventajas y desventajas de los métodos estadísticos y físicos de obtención de irradiación solar.

Tabla 3.1: Ventajas y desventajas de los métodos estadísticos y físicos [7]

Métodos	Ventajas	Desventajas
Estadísticos	-No depende de datos meteorológicos. -Calibración en los instrumentos.	-Necesita de datos reales de radiación solar. -Falta de información de generalidad.
Físicos	-No necesita datos de radiación en una superficie horizontal.	-Necesita de datos meteorológicos. -Calibración en los sensores.

3.1.1.4 Métodos directos de estimación de irradiación solar

En ciertas condiciones astronómicas, la obtención de datos de los días es tan grande que la irradiación solar global solo puede estimarse estadísticamente procesando la información disponible [4].

Cuando hablamos de irradiación solar diaria en un mes, significa que el valor de la radiación solar global se calcula como el promedio de valores diarios de radiación global para este mes y para varios años. Como se muestra en la figura 3.1.



Figura 3.1: Instrumentos de medición de Irradiación solar [4]

3.1.1.5 Métodos empíricos directos de estimación de radiación solar

Desde los inicios del siglo XX, se han realizado esfuerzos para establecer fórmulas simples que estiman la radiación solar global en una superficie horizontal procedente de la radiación solar extraterrestre y el estado de la atmósfera. Uno de los modelos más importantes es el de A. K. Angstrom [8], quien estimó la densidad de flujo diario de radiación global. Como se muestra en la ecuación 3.1.

$$\frac{H_g}{H_e} = a + b \cdot \left(\frac{n}{N}\right) \quad (3.1)$$

Donde:

H_g = Coeficiente de nubes de 0.2

H_e = Coeficiente de nubes de 0.7

$a + b$ = Valor máximo de la transmisibilidad de la atmosfera

n/N = Coeficientes empíricos para cada una de las estaciones

3.2 MARCO REFERENCIAL (ESTADO DEL ARTE)

3.2.1 Energía solar

El sol es la estrella que permanece al sistema solar al igual que la Tierra, es un conjunto de gases calientes que giran verticalmente, provocando que los gases más pesados se dirijan hacia el centro y los más ligeros hacia el exterior. Su energía proviene de la constante transformación del núcleo, que convierte un átomo de hidrógeno en un átomo de helio. En la figura 3.2 se puede ver la estructura del sol [4].



Figura 3.2: Estructura del sol [4]

La energía solar es la energía producida por el sol y transmitida por radiación hasta llegar a la tierra. Es un tipo de energía renovable que pretende ser obtenida por los humanos para su uso y extracción eficiente a través de diversas tecnologías que han ido evolucionando a lo largo del tiempo [4].

3.2.2 Radiación solar en el Ecuador

Existen factores relevantes para el análisis de radiación solar como son la altitud, la pendiente, recurso solar, entre otras. Para agrupar todas estas condiciones en una sola, estaríamos hablando de la ubicación geográfica de interés.

Por su ubicación geográfica, el Ecuador percibe altas cantidades de radiación de alrededor de $2000\text{kW}/\text{m}^2$ en un año [9].

Al encontrarse en la línea ecuatorial, el Ecuador tiene una ventaja energética en comparación a otros países como Alemania, España y Estados Unidos.

A pesar de esta gran ventaja, en el país no prevalece la utilización de la energía fotovoltaica o de tipo solar. En el año 2016, apenas el 0.14% de la demanda nacional fue percibida por este tipo de energía y su principal problema de aprovechamiento es debido a la falta de investigación y recursos en este campo [9], Como se muestra en la figura 3.3.

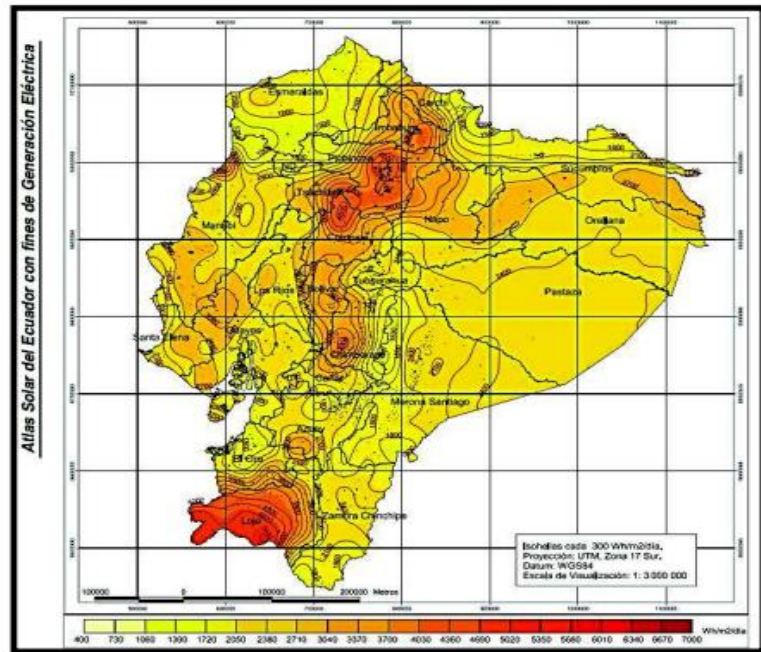


Figura 3.3: Radiación solar en el Ecuador (CONELEC) [9]

En el año de 2008, CONELEC elabora una herramienta de tipo reporte, con datos satelitales de irradiación por parte del NREL (*National Renewable Energy Laboratory*), llamada atlas solar y que proporciona información del flujo de radiación en el territorio ecuatoriano. Este modelo fue aceptado en varias regiones de Estados Unidos, lamentablemente no fue convalidado para el Ecuador, sin embargo, las nuevas actualizaciones e innovaciones de la plataforma prometen mostrar datos actuales [9].

3.2.3 Constante Solar

Conocer el valor de la constante solar es necesario para medir la cantidad de radiación solar que llega al límite exterior que delimita la atmósfera. La constante solar es la cantidad de radiación solar, incluidas todas las longitudes de onda, por unidad de área y tiempo en la superficie perpendicular a los rayos del sol, ubicada fuera de la atmósfera terrestre a la distancia promedio entre el sol y la tierra [10]. Y se expresa mediante la ecuación 3.2.

$$P_s = 4\pi R_s^2 \sigma T^4$$

(3.2)

Donde:

R_s^2 = Radio del Sol, su unidad en Km

T^4 = Temperatura del Sol grados celcius

σ = Constante de Stefan Boltzman

3.2.4 Distancia Sol y la tierra

La distancia entre el sol y la tierra es mayor cuando la tierra se ubica en el extremo del eje mayor de la elipse, cerca del punto focal no ocupado por el sol, con un valor de 152.096.054 km; En cambio, cuando la tierra se encuentre al final del eje principal del sol, la distancia será menor con un valor de 147.099.586 km [4].

3.2.5 Declinación solar

Es el ángulo que se forma con el plano del ecuador y la línea que une el centro del sol con el centro de la tierra. Este ángulo no es constante y va a variar en el transcurso del año, por ejemplo 22 de diciembre la declinación solar es de -23,5 grados y el 22 de junio es de +23,5 y los días 23 de septiembre y 22 de marzo la declinación solar va hacer de 0 grados. En la figura 3.4 se muestra la declinación solar [10]. Como se expresa en la ecuación 3.3.

$$\delta = 23,45^\circ * \text{sen} \left[\frac{360(d_n + 284)}{365} \right]$$

(3.3)

Donde:

δ : declinación solar, unidad en grados

d_n : número de días en el año

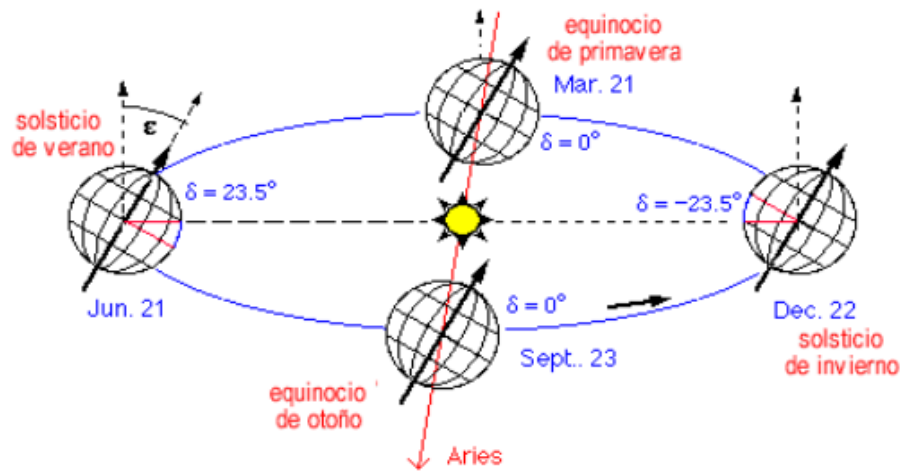


Figura 3.4: Declinación solar [4]

3.2.6 Factor de excentricidad

Es la razón entre el promedio de la distancia tierra sol durante todo el año sobre la distancia tierra sol, es la medida de que tan lejos o cerca está la distancia tierra sol en determinada época del año con respecto a un valor constante o un valor promedio que tengo en todo un año [11]. Como se expresa en la ecuación 3.4.

$$\varepsilon_o = 1 + 0.033 * \cos\left(\frac{360 * d_n}{365}\right) \quad (3.4)$$

Donde:

ε_o : factor de excentricidad

d_n : número de días en el año

3.2.7 Ángulo de salida del sol al amanecer

Es el ángulo que se forma con la horizontal de la tierra con los primeros rayos de sol que salen al amanecer [11]. En la figura 3.5 se muestra el ángulo de salida del sol al amanecer la cual se expresa con la ecuación 3.5.

$$\omega_s = -\arccos(-\tan(\delta) * \tan(\sigma)) \quad (3.5)$$

Donde:

ω_s : ángulo de salida del sol al amanecer, en grados

$\tan(\delta)$: declinación solar, en grados

$\tan(\sigma)$: latitud del lugar, en grados

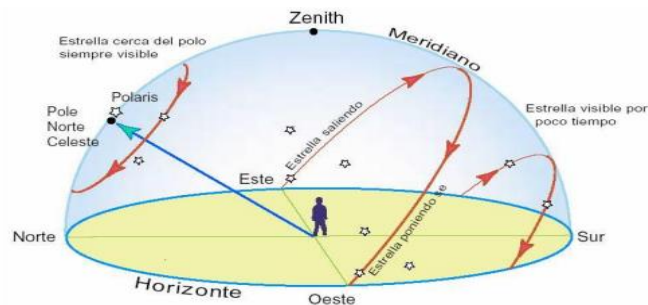


Figura 3.5: Ángulo de salida al amanecer [12]

3.2.8 Ángulo zenit (θ_z)

También llamada distancia cenital, Corresponde al ángulo formado entre la línea cenital del observador. La línea que une al observador con el sol forma un ángulo entre 0° y 90° . En la figura 3.6 se identifica el ángulo Zenit [10].

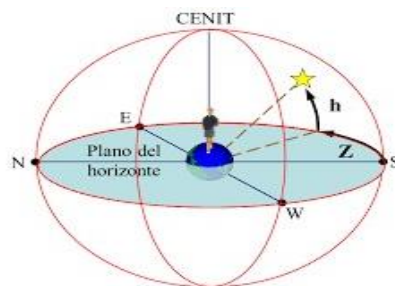


Figura 3.6: Ángulo Zenit [10]

3.2.9 Altitud solar (α)

También llamada altitud solar o altura, Corresponde a la altura solar con el ángulo del sol en el horizonte del cielo del observador [10]. En la figura 3.7 se identifica la altitud solar.

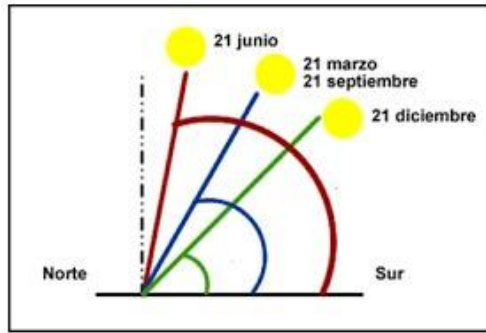


Figura 3.7: Altitud solar [10]

3.2.10 Azimut (ω)

Corresponde a la desviación angular de la proyección de los rayos del sol con el plano horizontal con respecto al meridiano local. En la figura 3.8 se muestra el ángulo Azimut [10].

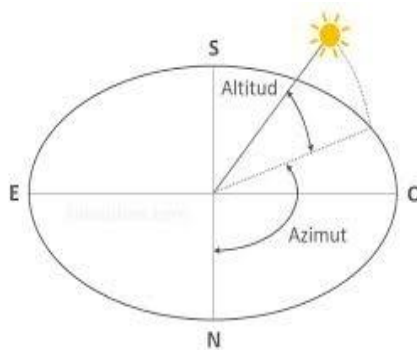


Figura 3.8: Ángulo Azimut [10]

3.2.11 Índice de claridad

En la ecuación Es la relación entre la radiación solar que es reflejada en la superficie de la tierra y la radiación en la superficie extraterrestre [10]. Como se expresa en la ecuación 3.6.

$$K_{Tm} = \frac{G_O}{H_O} \quad (3.6)$$

Donde:

K_{Tm} : índice de claridad.

G_O : radiación diaria horizontal sobre la superficie de la tierra.

H_O : radiación extraterrestre diaria sobre una superficie horizontal.

3.2.12 Irradiación solar directa, difusa, albedo y global

3.2.12.1 Irradiación solar directa

Son las ondas de radiación emitidas por el sol hacia al planeta Tierra sin ninguna clase de obstaculización, ya sea por difusión ni por alguna clase de reflexión. El flujo de radiación o irradiación directa es una variable dependiente de la constante solar, la posición del sol con respecto al eje horizontal y las perturbaciones que pueden llegar a presentarse en un día común, ya sean nubosidades, neblina y otros gases absorbentes [13].

En la siguiente figura 3.9 se puede apreciar la disposición de la radiación directa con respecto al eje horizontal de la Tierra:

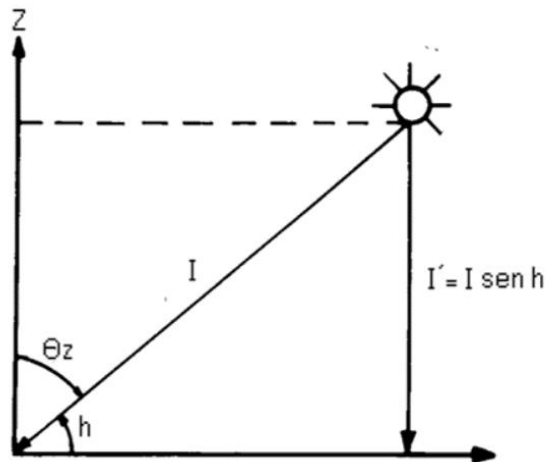


Figura 3.9: Radiación solar [13]

Se puede calcular la pendiente o el valor de la Irradiación solar directa por medio de la siguiente ecuación 3.7:

$$I' = I \cdot \text{sen} \cdot h \quad (3.7)$$

Donde:

I' : Valor de la componente vertical de la radiación directa, en grados

h : Valor de altura del sol con respecto al eje horizontal, en metros

3.2.12.2 Irradiación solar difusa

Es un tipo de radiación que viaja indirectamente por el espacio, irradiándose con perturbaciones y cambiando de dirección para llegar a la superficie terrestre. Se cree que la radiación difusa golpea el planeta entre las 6 am y las 6 pm, y su transmisión a la Tierra depende de los siguientes factores [13].

- La posición del sol referente al horizonte
- Número de partículas localizadas en la atmósfera
- Presencia de nubes respectivamente delgadas
- Altura con respecto al nivel del mar

3.2.12.3 Irradiación albedo

Aproximadamente 30% la energía solar que llega al tope de la atmósfera es reflectiva al espacio, como muestra en la figura 3.10, con un 20% de reflexión terrestre. Esta energía se pierde y no contribuye al calentamiento de la atmósfera. La parte de la radiación que es reflejada por la superficie terrestre o cualquier otra superficie se llama albedo, por lo que el albedo promedio de un planeta es del 30% [10].



Figura 3.10: Irradiación Albedo [4]

3.2.12.4 Irradiación Global

Es el total de radiación proveniente del Sol, una parte se recibe directamente (directamente); y otros, surge de las muchas dispersiones y reflexiones que sufre la radiación a su paso por la atmósfera (difusa). La radiación global se llama la suma de estas dos radiaciones: directa, Q , y radiación difusa, q [10]. Como se expresa en la ecuación 3.8.

$$\text{Irradiación Global} = Q + q \quad (3.8)$$

Q = Irradiación Directa, Wh/m^2 .

q = Irradiación Difusa, Wh/m^2 .

3.2.13 Piranómetro DPA 154

Un piranómetro es un instrumento meteorológico en el cual se puede medir la radiación solar sobre una superficie horizontal mediante sus termocuplas que conviertan el calor en un voltaje proporcional a la radiación emitida por el sol [14].

EL piranómetro DPA 154 cumple la calidad definida en ISO 9060 and WMO No. 8 FIRST CLASS con un tiempo de respuesta: 23 segundos y precisión de 5%. En la figura 3.11 se observa el sensor Piranómetro DPA154.



Figura 3.11: Piranómetro [14]

3.2.13.1 Especificaciones técnicas

En la tabla 3.2 muestra las características técnicas del Piranómetro DPA154 instalado en la Estación Meteorológica Local en el campus matriz de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Tabla 3.2: Características técnicas Piranómetro DPA154 [15]

PN	DPA154
Producción	μV
Sensibilidad	$10 \div 15 \mu \text{ V/W/m}^2$
Rango de medición	$0 \div 4000 \text{ W/m}^2$
Cable	L = 10 m
Registrador de datos Compatibilidad	Registro M (ELO008) Alpha – Log (usando el módulo ALIEM) Registro electrónico
Clasificación IEC 61724– 1:2017	Clase B
Nivel de rendimiento de la OMM	Piranómetro de buena calidad
Estimación de la precisión alcanzable para las sumas diarias de la OMM	$\pm 5\%$
Rango espectral	285÷3000nm
Inestabilidad	$< \pm 1 \%$ (diferencia por año)
Tiempo de respuesta	16 segundos
No linealidad	$< \pm 1 \%$ (100 ÷ 1000 W/m)
Respuestas direccionales Repuesta de temperatura Rango de irradiación	$< \pm 20 \text{ W/m}^2$ $< \pm 4\%$ (- 10 ÷ 40 ⁰ C) $0 \div 4000 \text{ W/m}^2$
Offset cero (respuesta a una radiación térmica neta de 200 W/m ²)	$< 12 \text{ W/m}^2$
Compensación cero b (respuesta a un cambio térmico de 5 K/h)	$< \pm 3 \text{ W/m}^2$
Temperatura operativa	-40 + 80 ⁰ C
Trazabilidad de calibración	WRR

3.2.14 Radiación ultravioleta

Una de las principales radiaciones que transmite el sol al planeta Tierra son de tipo infrarrojas y ultravioletas, llamadas también UV. Apenas el 7% de estas ondas afectan directamente a la superficie de la tierra y contribuyen al desarrollo de la vida misma. Esta radiación rompe la estructura molecular como el ADN, provocando grandes enfermedades como el cáncer de piel. [12]

De acuerdo con la longitud de onda, expertos catalogan los rayos UV en 3 tipos:

3.2.14.1 Rayos UV-A

Son los que presentan, mayor longitud de onda, su rango varía entre los 315 y 400 nm. Se dice que son los que presentan menor daño para el ser humano. Son las más utilizadas a nivel industrial por su facilidad de emitir radiación electromagnética [12].

3.2.14.2 Rayos UV-B

Se encuentra en el intermedio de los otros dos tipos, su rango se establece entre los 280 y 315 nm. Un gran porcentaje de estas ondas son bloqueadas por la capa de ozono, sin embargo, su potencial es capaz de afectar algunas capas biológicas [12].

3.2.14.3 Rayos UV-C

Estas formas de onda contribuyen a la creación del ozono cuando son interceptadas con el oxígeno, generan una reacción e intercambio de energía. Su longitud de onda se encuentra entre los 100 a 280 nm. Se suelen utilizar lámparas de ozono para purificar el aire y en ocasiones el agua por su capacidad antibacteriana [12].

3.2.15 Hora de aprovechamiento solar

La irradiación de energía solar es captada en un lapso de tiempo durante el día, existe una variable que se llama horas pico solar o HPS que dependiendo de la zona geográfica puede variar de entre 3 hasta 7 horas de aprovechamiento [4]. Este valor sirve para el cálculo de celdas fotovoltaicas y su posicionamiento, además las horas restantes de luz también pueden brindar energía, pero en menores cantidades como se indica en la siguiente figura 3.12.

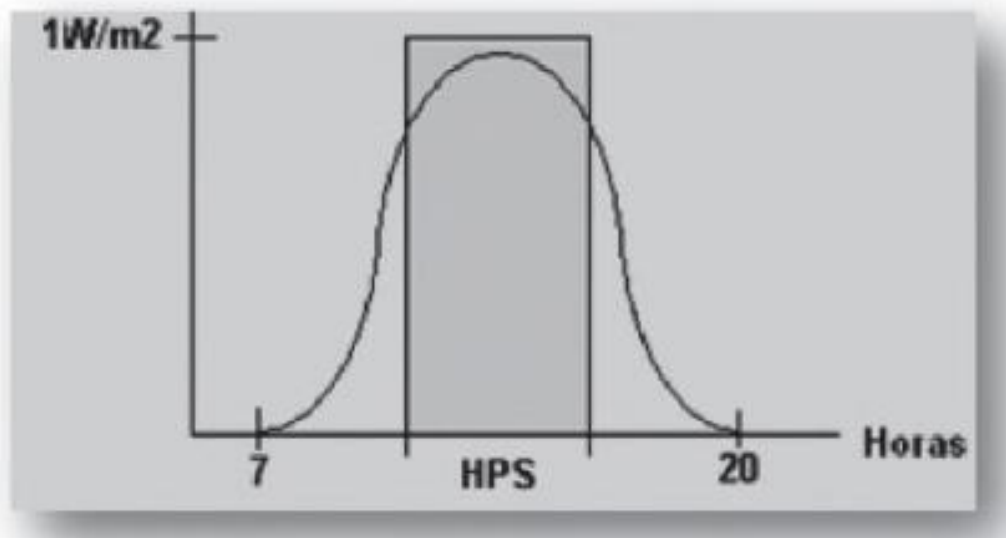


Figura 3.12: Irradiación solar durante un día [4]

Como se muestra en la figura 3.12, a la mitad del día se logra percibir una irradiación máxima del sol, esto pues la alineación del sol con respecto a la Tierra y la posición geográfica en la que nos encontramos.

Es posible calcular las horas de aprovechamiento con la siguiente ecuación 3.9:

$$HAE_{\beta} = \frac{R_{\beta}}{I_{\beta}} \quad (3.9)$$

Siendo:

R_{β} : Valor de irradiación solar, Wh/m^2 .

I_{β} : Valor de potencia de irradiación incidente, W/m^2 .

El símbolo β hace referencia al ángulo de incidencia que al cambiar su valor también cambiará la irradiación y por consiguiente las horas de aprovechamiento [4].

3.2.16 Ángulo de incidencia

El flujo de radiación solar tiende a disminuir a medida que los rayos solares se alejan de la posición vertical con respecto a la superficie terrestre. Este proceso se lo conoce como cenit y ocurre por las siguientes consideraciones: [16].

- Por la sección de radiación. - A lo largo del día, el sol genera proyecciones a la superficie horizontal, mientras que el flujo sigue siendo constante, esto debido al posicionamiento del sol y las sombras que se generan [16].
- Variación de la distancia de radiación. - Mientras menor es el ángulo de incidencia solar, mayor es la longitud de los rayos solares debido al grosor de la atmósfera y aparecen pérdidas de energía ocasionadas por reflexión o absorción [16].

En la siguiente figura 3.13 se observa la proyección de los rayos solares al medio día y su desplazamiento en el transcurso de este:

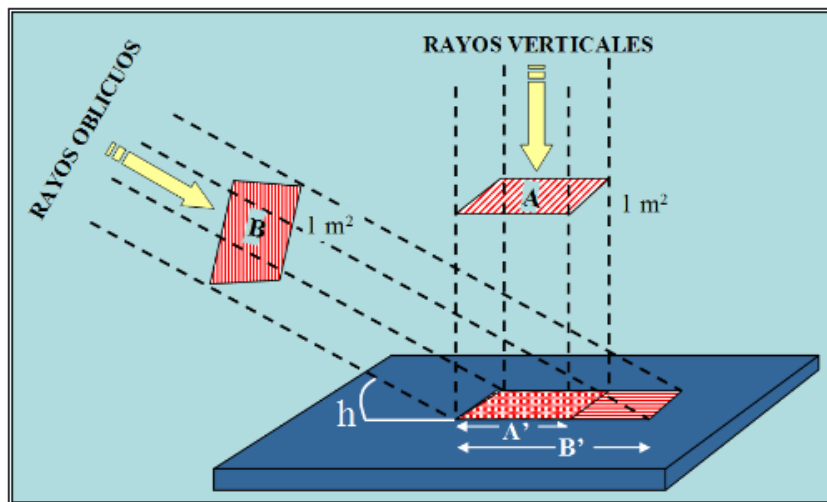


Figura 3.13: Irradiación del sol y el ángulo de incidencia h [16]

Las flechas de color amarillo representan el flujo de radiación hacia el plano horizontal de la superficie, por geometría y posicionamiento del sol con respecto al eje de la Tierra, los rayos solares ubicados de manera vertical transmiten un mayor flujo a diferencia de los rayos inclinados u oblicuos ubicados al lado izquierda de la Figura 3.13, debido a que la misma cantidad de flujo se extiende sobre un área mayor [16].

3.2.17 Perturbaciones

3.2.17.1 Efecto de sombras

Para obtener el máximo aprovechamiento energético durante el transcurso del día, es de vital importancia evitar a toda costa el llamado efecto sombra, que consiste en obstruir la zona de captación de radiación, ocasionando pérdidas del sistema [4].

Los efectos de las sombras se describen a continuación:

- Distancia mínima. – Por lo general este término hace referencia cuando se utiliza captadores fotovoltaicos y tiene que ver con la distancia que existe entre los captadores con respecto a la superficie [4].
- Orientación e inclinación. – Al igual que en el caso anterior, los términos hacen referencia cuando se trabaja con captadores solares, su orientación e inclinación tienden a generar sombras que perturban el ambiente. Hay que tener en cuenta la posición y distancia entre ellos [4].
- Pérdidas de sombreado. – Este valor relaciona la cantidad de energía aprovechable con la energía desperdiciada por sombras, generadas por objetos inevitables o que no son fáciles de movilizar [4].

3.2.18 Bases de datos de radiación solar

Con el uso de dispositivos y modelos matemáticos, científicos a nivel mundial han desarrollado varias plataformas y bases de datos que permiten al usuario visualizar y exportar datos de radiación solar de toda la superficie terrestre [9].

A continuación, se muestra una tabla 3.3 de las principales bases de datos de radiación a nivel mundial.

Tabla 3.3: Características de bases de datos mundiales de Radiación solar [9]

NOMBRE	REGISTRO	RESOLUCIÓN TEMPORAL	COBERTURA ESPACIAL	RESOLUCIÓN ESPACIAL
NASA Surface Meteorology and Solar Energy	1983-2005	Promedio diario, mensual y anual	Global	1 grado
Solar and Wind Energy Resource Assessment	1998-2002	Promedio diario mensual y anual	Centro América, África, Sur y Este de Asia	10 Km
1991-2005 NSRDB	1991-2004	Horario	Estados Unidos	Malla de 10Km por 10Km
Management and Exploitation of Solar Resource Knowledge	1991-2006	Horario	Europa, Oeste de Asia, África, Australia y Sudamérica	2.5 Km
Global solar atlas	1999-2015	Promedio anual	Global	1 Km
1991-2009 NSRDB	1991-2009	Horario	Estados Unidos	Malla de 10Km por 10Km
1998-2015 NSRDB	1998-2015	Cada 30 minutos	Entre las longitudes 25°W y 175°W, y las latitudes -20°S Y 60°N	Malla de 4Km por 4Km

3.2.19 Modelo Bristow Campbell

El modelo de Bristow Campbell es uno de los modelos más utilizados para estimar la irradiancia solar, debido a la facilidad de encontrar variables a utilizar.

Inicialmente se utilizó en las localidades de Pullman, Great Falls y Tacoma, donde mostró una eficiencia que podía explicar del 70% al 90% de la variación de la radiación solar. La diferencia entre la temperatura máxima y mínima (amplitud de temperatura) y la precipitación durante el día se utiliza como variable de entrada en el modelo [10].

La irradiación solar diaria se expresa en función exponencial asintótica de la amplitud térmica (Bristow Campbell, 1983), donde los valores mínimo y máximo alcanzan el límite de su variación; es decir, la energía mínima alcanzable de cero ocurre en días completamente nublados y la máxima alcanzable son eventos extraterrestres. Se supone que la temperatura mínima aumentará con la emisión de nubes, y por otro lado la temperatura máxima disminuirá al disminuir la transmitancia, es decir, en un cielo despejado la temperatura máxima aumenta porque hay más longitudes de onda de radiación siendo más cortas y las temperaturas mínimas disminuye debido a una mayor transmitancia, por lo que se toma la diferencia entre temperaturas máximas y mínimas como indicador de nubosidad [10].

Los coeficientes experimentales (a), (b) y (c) se utilizaron en el modelo con explicación física, y el parámetro (a) representa el valor máximo de permeabilidad atmosférica que varía y depende de la altitud, el contenido celular y la contaminación del aire en el área de estudio. Los parámetros b y c determinan el efecto de un aumento de T sobre el valor máximo del transporte atmosférico).

El factor limitante para el uso del modelo es la confiabilidad de los coeficientes utilizados, por lo que debe determinarse utilizando los datos de radiación solar disponibles para un lugar determinado [10].

3.2.20 Referencias aplicables del modelo Bristow Campbell

El modelo se aplica en varios países del mundo, en la sierra central de Bolivia, y lo consideran aceptable, ya que tiene un error mínimo debido a que las series de tiempo se consideran pequeñas, por lo que se recomienda utilizar el modelo. Se utiliza para todos los fines prácticos, especialmente para la extracción de energía solar. Para determinar las constantes a, b y c, se realiza una ecuación lineal en función de las constantes que afectan a la Temperatura, donde el

valor de cada constante está determinado por las medidas combinadas de mínimos cuadrados y repetición [10].

En Perú se utilizaron varios modelos de estimación de radiación solar para crear un mapa de energía solar, concluyendo que el modelo de Bristow y Campbell es una de las condiciones más idóneas para el Perú. Cabe señalar que el coeficiente a utilizado en el modelo representa la suma de los coeficientes a y b del modelo de Angstrom & Prescott (1940), dado que tiene el mismo significado físico [10].

En Chillán (Chile), utilizaron 32 modelos para predecir el aislamiento diario, obteniendo un excelente rendimiento del modelo de Bristow Campbell, que es la media anual. Las correcciones se realizaron en días lluviosos, multiplicando la amplitud de temperatura (T) por un factor de 0,75, también en el día anterior a la lluvia, asumiendo que la neblina comenzó antes de que lloviera. Consideran predicciones que están fuera del rango de aislamiento térmico del sol, en valores que se estiman negativos o superiores a la radiación extraterrestre [10].

3.2.21 Modelos de estimación de radiación incidente en el Ecuador

A diferencia de muchos países, Ecuador no utiliza el modelo de Bristow y Campbell para estimar la radiación solar; Aunque se dispone de las variables necesarias para implementar el modelo.

El estudio más representativo realizado en el país sobre la radiación solar global es el Mapa del sol ecuatoriano con Fines de Generación Eléctrica publicado por CONELEC 2008. Este fue desarrollado por la Corporación para la Investigación en Energía CIE, utilizando información proporcionada por el Laboratorio Nacional de Energías Renovables NREL (Consejo Nacional de Electricidad, 2008) [10]. Sin embargo, esta información es para ser utilizada como referencia ya que aún no se ha realizado su validación. En las provincias de Oro, Luga y Zamora Chinchibe, utilizaron el "modelo hotelero", que se basa en datos del análisis de nubes durante el día, pero solo toman en cuenta cuando el cielo está despejado o nublado, porque es difícil desarrollar modelos para predecir con precisión la presencia de nubes. También utilizaron otro método utilizando imágenes de satélite GOES para estimar la radiación solar, que se generó a partir de la información del radiómetro satelital de ancho de banda característico, donde estimaron la radiación solar. Cielo en cada píxel de la imagen. Sin embargo, la resolución de las imágenes no es uniforme, tales imágenes no tienen una proyección específica, y su proyección es necesaria para la posición de los puntos de coordenadas en la imagen. En este modelo, los errores de

estimación son bien conocidos en comparación con la medición pilorométrica debido a una variedad de problemas, el más famoso de los cuales son los errores de posición pilorométrica en las imágenes de satélite. En Sangolquí utilizaron el método de Armstrong (1940) [10], que se generó a partir de las variables de irradiancia global medida, radiación extraterrestre, número de horas de luminosidad solar (heliofanía), duración del día a partir del coeficiente astronómico y experimental que representa para la medición de la difusividad de la radiación recibida en la superficie bajo un cielo nublado. El factor b está relacionado con el valor de la radiación directa. En este modelo, a y b tienen en cuenta las constantes de regresión obtenidas por calibración [10].

4 DESARROLLO DE LA PROPUESTA

4.1 MATERIALES Y MÉTODOS

En la propuesta investigativa se analizó los métodos Bristow-Campbell, Hargreaves Samani de cálculo de irradiación solar, con el propósito de analizar la desviación que existe entre estos métodos comparado con la información adquirida de la Estación Local instalada en el campus matriz de la Universidad Técnica de Cotopaxi, para posteriormente comparar con los métodos existentes NASA, Atlas Solar Mundial de esta manera se propone estimar la irradiación solar en el sector de San Felipe.

Tipos de Investigación

Bibliográfico

En este método está enfocado en la adquisición de información bibliográfica necesaria para el desarrollo de la propuesta investigativa, con la cual se analizó que los métodos Bristow-Campbell, Hargreaves Samani son métodos de estimación de irradiación solar en un punto específico, los cuales a través de las diferentes variables como la fecha, hora, declinación solar, factor de excentricidad, ángulo de salida del sol al amanecer, irradiación directa, irradiación difusa, irradiación albedo, que afectan directamente en la estimación de irradiación solar global. Y la investigación de los métodos existentes NASA, Atlas Solar Mundial para la estimación de irradiación solar global en el sector de San Felipe.

Método Bristow-Campbell

En la ecuación 4.1 muestra el método de aproximación de irradiación Solar Global.

$$H_g = H_0 \alpha (1 - e^{-b(T_{\max} - T_{\min})^c})$$

(4.1)

H_g = Radiación solar Wh/m²;

H_0 = Radiación solar extraterrestre Wh/m²;

T_{\max} = Temperatura máxima promedio mensual °C;

T_{\min} = Temperatura mínima promedio mensual °C;

a, b y c = Coeficientes atmosféricos;

Método Hargreaves Samani

En la ecuación 4,2 muestra el método de aproximación de Angstrom Prescott, para el cálculo de la irradiación solar global.

$$G = H + D + AL$$

(4.2)

$G_{(\beta, \alpha)}$ = Radiación Solar Global Wh/m²;

$H_{(\beta, \alpha)}$ = Radiación Solar Directa Wh/m²;

$D_{(\beta, \alpha)}$ = Radiación Solar Difusa Wh/m²;

$AL_{(\beta, \alpha)}$ = Radiación Solar Albedo Wh/m²;

Experimental

Mediante el método experimental se adquirirá una muestra de datos de irradiación solar de 16 días del mes de agosto del presente año, el cual permitirá realizar una comparación de esta muestra de datos de irradiación con referencia a los métodos de estimación y existentes, con el propósito de conocer que método proporciona la mejor estimación de irradiación solar global en el sector de San Felipe, frente a la muestra de datos de irradiación solar de la Estación Local instalada en la Universidad Técnica de Cotopaxi.

4.2 Métodos

Método Inductivo

El método inductivo se utilizará para determinar las falencias, e inconvenientes que se generan para el cálculo de irradiación solar global para registro de información para la comparación de los datos calculados analíticamente frente a los datos de la estación Local, en el cual no existe un estudio de irradiación solar en el campus matriz de la Universidad Técnica de Cotopaxi para la estimación de irradiación.

Método Deductivo

Mediante este método se determinó los valores de irradiación solar global existente en la Universidad Técnica de Cotopaxi con los métodos de estimación Bristow-Campbell, Hargreaves Samani, se determinará cuál de estos métodos se aproximará más a los datos de la Estación Local, con los cuales permitirá un análisis comparativo frente a los métodos existentes en la web NASA, Atlas Solar Mundial.

4.3 Técnicas

Observación

Mediante la técnica de observación permitirá identificar las variables como declinación solar, factor de excentricidad, índice de claridad, ángulo de salida al amanecer, latitud, irradiancia en un plano horizontal, radiación difusa, radiación directa, radiación albedo. Que afectan al cálculo de estimación de irradiación solar con el fin de obtener la mayor eficiencia de estimación de irradiación que se asemeje a la Estación Local.

Medición

La técnica de medición permite asociar números con cantidades y fenómenos físicos, mediante los cálculos analíticos de los modelos Bristow-Campbell, Hargreaves Samani para la estimación de irradiación solar global, y para los métodos existentes en las cuales se obtendrán a través de bases de datos en sitios web a nivel mundial los cuales permiten la obtención de datos de irradiación solar a través de las coordenadas geográficas en el punto que queramos analizar.

Declinación solar

Para el cálculo de la declinación solar utilizaremos la ecuación 4.3.

$$\delta = 23.45^\circ \sin \left[\frac{360 (dn+284)}{365} \right] \quad (4.3)$$

δ = Declinación Solar en grados °;

dn = Días del año;

Angulo de Salida del Sol al Amanecer

En la ecuación 4.4 muestra como determinar el ángulo de salida del sol al amanecer [17].

$$\omega_s = -\arccos(-\tan(\delta) \times \tan(\phi)) \quad (4.4)$$

ω_s = Angulo de Salida del Sol al Amanecer en grados °;

δ = Angulo de declinación solar en grados °;

ϕ = Latitud del lugar en grados °;

Factor de Excentricidad

En la ecuación 3.5 muestra la fórmula de como calcular el factor de Excentricidad [17].

$$\epsilon_o = 1 + 0.033 \times \cos\left[\frac{360 \times dn}{365}\right] \quad (4.5)$$

ϵ_o = Factor de Excentricidad;

dn = Días del año;

Irradiación Solar Extraterrestre

En la ecuación 3.6 muestra como calcular la irradiación Solar Extraterrestre [17].

$$H_o = \left[\frac{T}{\pi}\right] \cdot I_o \cdot \epsilon_o \left[- \left[\frac{\pi}{180}\right] \cdot (\omega_s \cdot \sin(\phi) \cdot \sin(\delta)) - (\cos(\phi) \cdot \cos(\delta) \cdot \sin(\omega_s)) \right] \quad (4.6)$$

H_o = Irradiación Solar Extraterrestre Wh/m^2 ;

T = Valor de un día 24 h;

I_o = Constante Solar $1367 W/m^2$;

ϵ_o = Factor de Excentricidad;

ϕ = Latitud en grados °;

δ = Declinación Solar en grados °;

ω_s = Angulo de salida del Sol al Amanecer en grados °;

Índice de Claridad

En la ecuación 3.7 muestra la fórmula para determinar el Índice de Claridad del Sol [17].

$$K_{TM} = \frac{G_o}{H_o} \quad (4.7)$$

K_{TM} = Índice de Claridad del Sol;

G_o = Irradiación solar en un plano horizontal Wh/m^2 ;

H_o = Irradiación Solar Extraterrestre Wh/m^2 ;

Fracción difusa

En la ecuación 4.8 Muestra como determinar la Fracción Difusa [17].

$$F_{DM} = 1 - 1.13 K_{TM} \quad (4.8)$$

F_{DM} = Fracción Difusa;

K_{TM} = Índice de Claridad del Sol;

Irradiación Difusa en un plano horizontal

En la ecuación 4.9 muestra como determinar la radiación Difusa [17].

$$D_o = F_{DM} \cdot G_o \quad (4.9)$$

D_o = Irradiación Difusa Wh/m^2 ;

F_{DM} = Fracción Difusa;

G_o = Irradiación solar en un plano horizontal Wh/m^2 ;

Irradiación Directa en un plano horizontal

En la ecuación 4.10 muestra como calcular la irradiación Directa en una superficie horizontal que queramos analizar [17].

$$H_{dm(o)} = G_o - D_o \quad (4.10)$$

$H_{dm(o)}$ = Irradiación Directa en un plano horizontal Wh/m^2 ;

G_o = Irradiación solar en un plano horizontal Wh/m^2 ;

D_o = Irradiación Difusa Wh/m^2 ;

Factor de corrección para paneles solares inclinados

En la ecuación 3.11 muestra como determinar el cálculo del factor de corrección para paneles solares en un plano inclinado [17].

$$K = \frac{\omega_{ss} \frac{\pi}{180} [\text{sign}(\phi)] \sin(\delta) \sin(|\phi| - \beta) + \cos(\delta) \cos(|\phi| - \beta) \sin(\omega_{ss})}{\omega_{ss} \frac{\pi}{180} \sin(\delta) \sin(\phi) + \cos(\delta) \cos(\phi) \sin(\omega_{ss})} \quad (4.11)$$

K = Factor de corrección para paneles solares inclinados;

ω_{ss} = Angulo de Salida del Sol al Amanecer en grados °;

ϕ = Latitud en grados °;

δ = Declinación Solar en grados °;

β = Angulo de inclinación del panel solar en grados °;

Irradiación Solar Directa

En la ecuación 4.12 muestra como calcular la radiación solar directa [17].

$$H_{(\beta,\alpha)} = H_{dm(o)} \cdot K \quad (4.12)$$

$H_{(\beta,\alpha)}$ = Irradiación solar directa Wh/m^2 ;

$H_{dm(o)}$ = Irradiación Directa en un plano horizontal Wh/m^2 ;

K = Factor de corrección para paneles solares inclinados;

Irradiación Solar Difusa

En la ecuación 4.13 muestra como hallar la irradiación solar difusa [17].

$$D_{(\beta,\alpha)} = D_0 \times \left(\frac{1 + \cos(\beta)}{2} \right) \quad (4.13)$$

$D_{(\beta,\alpha)}$ = Irradiación Solar Difusa Wh/m^2 ;

D_0 = Irradiación Difusa Wh/m^2 ;

β = Angulo de inclinación del panel solar en grados °;

Irradiación Solar Albedo

En la ecuación 4.14 muestra como determinar la irradiación solar albedo [17].

$$AL_{(\beta,\alpha)} = \rho \cdot G_0 \cdot \frac{1 - \cos(\beta)}{2} \quad (4.14)$$

$AL_{(\beta,\alpha)}$ = Irradiación solar Albedo Wh/m^2 ;

ρ = Reflectividad del suelo;

G_0 = Irradiación solar en un plano horizontal Wh/m^2 ;

β = Angulo de inclinación del panel solar en grados °;

Irradiación Solar Global

En la ecuación 4.15 muestra cómo se determina la irradiación solar global [17].

$$G_{(\beta,\alpha)} = H_{(\beta,\alpha)} + D_{(\beta,\alpha)} + AL_{(\beta,\alpha)} \quad (4.15)$$

$G_{(\beta,\alpha)}$ = Irradiación Solar global Wh/m^2 ;

$H_{(\beta,\alpha)}$ = Irradiación solar directa Wh/m^2 ;

$D_{(\beta,\alpha)}$ = Irradiación Solar Difusa Wh/m^2 ;

$AL_{(\beta,\alpha)}$ = Irradiación solar Albedo Wh/m^2 ;

Ecuaciones del método Bristow-Campbell

Irradiación Solar Extraterrestre

En la ecuación 4.16 muestra como calcular la irradiación solar extraterrestre [18].

$$H_0 = \frac{24 \times 3600}{\pi} G_s \times E_0 (\cos(\phi)) \cos(\delta) \sin(\omega s) + \frac{\pi}{180} \omega s \sin(\phi) \sin(\delta) \quad (4.16)$$

H_0 = Irradiación Solar Extraterrestre en grados °;

G_s = Angulo de Salida del Sol al Amanecer en grados °;

E_0 = Factor de Excentricidad;

\emptyset = Latitud en grados °;

δ = Declinación Solar en grados °;

ω_s = Constante Solar 1367 W/m^2 ;

Irradiación Solar global

En la ecuación 4.17 muestra como calcular la irradiación solar global con el método Bristow-Campbell [18].

$$H_g = H_0 \alpha (1 - e^{-b(T_{\max} - T_{\min})^c}) \quad (4.17)$$

H_g = Radiación solar Wh/m^2 ;

H_0 = Radiación solar extraterrestre Wh/m^2 ;

T_{\max} = Temperatura máxima promedio mensual °C;

T_{\min} = Temperatura mínima promedio mensual °C;

a, b y c = Coeficientes atmosféricos;

Horas Pico del Sol HSP

Para el cálculo de las Horas Pico del Sol utilizaremos la ecuación 4.18 de la cual despejaremos la incógnita HSP (h) [19].

$$H = I \cdot HSP \quad (4.18)$$

Donde:

H: Es La irradiación promedio y su unidad es W/m^2

I: Constante de la Irradiancia proporcionada por la CONELEC y su unidad es Wh/m^2

HSP: Hora Pico del Sol y su unidad es h

Simulación

Es el proceso de presentación en el cual se analizará el comportamiento de los métodos de estimación y existentes frente a los datos de irradiación solar proporcionados por la Estación Local instalada en el campus Matiz de la Universidad técnica de Cotopaxi, para esta propuesta

investigativa la simulación se realizó en software computacional Excel para generar las curvas de irradiación de cada día para el análisis del comportamiento de irradiación.

4.4 Instrumentos

Piranómetro DPA154

Para la adquisición de datos en tiempo real se seleccionó un pirómetro de clase b con un rango de precisión diaria de la OMM (Organización Meteorológica Mundial) de $\pm 5\%$ y con un rango espectral de $285 \div 3000nm$ con un tiempo de respuesta de 16s [15].

Especificaciones Técnicas

En la tabla 4.1 muestra las características técnicas del Piranómetro DPA154 instalado en la Estación Meteorológica Local en el campus matriz de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Tabla 4.1: Características técnicas Piranómetro DPA154 [15]

PN	DPA154
Producción	μV
Sensibilidad	$10 \div 15 \mu V/W/m^2$
Rango de medición	$0 \div 4000 W/m^2$
Cable	L = 10 m
Registrador de datos Compatibilidad	Registro M (ELO008) Alpha – Log (usando el módulo ALIEM) Registro electrónico
Clasificación ISO 9060 2018	Clase B espectralmente plana (primera clase)
Clasificación IEC 61724– 1:2017	Clase B
Nivel de rendimiento de la OMM	Piranómetro de buena calidad
Estimación de la precisión alcanzable para las sumas diarias de la OMM	$\pm 5\%$
Rango espectral	$285 \div 3000nm$
Inestabilidad	$< \pm 1\%$ (diferencia

	por año)
Tiempo de respuesta	16 segundos
No linealidad	$< \pm 1 \% (100 \div 1000$ $W/m)$
Respuestas direccionales	$< \pm 20 W/m^2$
Repuesta de temperatura	$< \pm 4\% (- 10 \div 40^0 C)$
Rango de irradiación	$0 \div 4000 W/m^2$

4.5 DESARROLLO

Método Estación Local

Esta estación cuenta con tres sensores los cuales se encargan del monitoreo de las variables de temperatura, velocidad del viento e irradiación solar, Esta esta estación estará enlazada mediante un protocolo de comunicación serial el cual permite la visualización de datos enviados a una Computadora. Como se muestra en la figura 4.1.



Figura 4.1: Sensores de monitoreo.

La Estación Local nos proporcionó una muestra de datos de 16 días del 4 de al 19 de agosto del presente año con un registro de datos de cada 10 minutos por día, obteniendo 144 datos diarias,

los cuales nos permitirán realizar las comparaciones correspondientes contra los métodos de estimación y existentes para la evaluación de irradiación solar. Como se muestra en la tabla 4.2. Los datos obtenidos de la estación local se dividen en datos, datos despreciables los cuales son de 0:05 a 5:00 de la mañana debido a que esa hora no hay presencia de irradiación solar y datos aprovechables corresponde a un horario de 6:00 a 18:00 debido que en ese tiempo existe la mayor concentración de irradiación solar obtenida de la Estación Local instalada en el campus matriz de la Universidad Técnica de Cotopaxi. Como se muestra en el anexo C.

Tabla 4.2: Datos extraídos del 8 de agosto de la Estación Local a cada hora del día

METODO ESTACION LOCAL		
Ubicación	Universidad Técnica de Cotopaxi	
Coordenadas Geográficas	-0.917364°, -78.633080°	
FECHA	HORAS	IRAADIACIÓN
4/8/2022	6:00	71,41
	7:00	200,41
	8:00	402,70
	9:00	514,40
	10:00	580,81
	11:00	681,62
	12:00	966,59
	13:00	898,52
	14:00	729,50
	15:00	700,54
	16:00	607,44
	17:00	389,72
	18:00	115,26

Hargreaves Samani

Par el cálculo del método de aproximación de irradiación solar global dependerán de variables que primero se deben calcular. Este método nos aproximará un valor de irradiación en la Universidad Técnica de Cotopaxi en la cual se obtendrá valores de irradiación cada 10 minutos con referencia a la base de datos de la Estación Local para su respectiva comparación y análisis de resultados.

Declinación Solar

Se calculará la declinación solar del día 18 de agosto con referencia a la muestra de los 16 días que se obtuvo de las Estación Local, se determinara la declinación solar de cada 10 minutos por cada día. Como se muestra con el cálculo de la ecuación 4.3.

$$\delta = 23.45^\circ \sin \left[\frac{360 (dn + 284)}{365} \right]$$

$$\delta = 23.45^\circ \sin \left[\frac{360 (230 + 284)}{365} \right]$$

$$\delta = 12.78^\circ$$

Angulo de Salida del Sol al Amanecer

Para el cálculo del ángulo de salida del sol al amanecer se hará del día 18 de agosto utilizando la ecuación 4.4.

$$\omega_s = -\arccos(-\tan(\delta) \times \tan(\phi))$$

$$\omega_s = -\arccos(-\tan(12.78) \times \tan(-0.9176))$$

$$\omega_s = -89.7917^\circ$$

Factor de Excentricidad

Se calculará el Factor de Excentricidad con la ecuación 4.5 como se muestra a continuación.

$$\epsilon_o = 1 + 0.033 \times \cos \left[\frac{360 \times dn}{365} \right]$$

$$\epsilon_o = 1 + 0.033 \times \cos \left[\frac{360 \times 230}{365} \right]$$

$$\epsilon_o = 0.97$$

Irradiancia Solar Extraterrestre

Para el cálculo de la Irradiancia Solar Extraterrestre utilizaremos la ecuación 4.6 donde utilizaremos la constante solar de 1367 W/m^2 y una latitud de -0.9176 correspondiente a la ubicación en la Universidad Técnica de Cotopaxi.

$$H_o = \left[\frac{T}{\pi} \right] \cdot I_o \cdot \epsilon_o \left[- \left[\frac{\pi}{180} \right] \cdot (\omega_s \cdot \sin(\phi) \cdot \sin(\delta)) - (\cos(\phi) \cdot \cos(\delta) \cdot \sin(\omega_s)) \right]$$

$$H_o = \left[\frac{24}{\pi} \right] \cdot 1367 \cdot 0.97 \left[- \left[\frac{\pi}{180} \right] \cdot (-89.7917 \cdot \sin(-0.9176) \cdot \sin(12.78)) \right. \\ \left. - (\cos(-0.9176) \cdot \cos(12.78) \cdot \sin(-0.9176)) \right]$$

$$H_o = 9821.09 \text{ Wh/m}^2$$

Índice de Claridad

Para el cálculo del índice de claridad utilizaremos la ecuación 4.7 donde necesitaremos la irradiación solar en un plano horizontal que lo sacaremos de la base de datos del método existente NASA correspondiente a un valor de 5435 de irradiación para la Universidad técnica de Cotopaxi.

$$K_{TM} = \frac{G_o}{H_o}$$

$$K_{TM} = \frac{248.72 \text{ Wh/m}^2}{9821.09 \text{ Wh/m}^2}$$

$$K_{TM} = 0.0253$$

Fracción Difusa

Se calculará la fracción difusa a través de la ecuación 4.8 en la que utilizaremos el valor del índice de claridad para un plano horizontal.

$$F_{DM} = 1 - 1.13 K_{TM}$$

$$F_{DM} = 1 - 1.13 \cdot 0.0253$$

$$F_{DM} = 0.97$$

Irradiación Difusa en un plano horizontal

Para el cálculo de irradiación difusa en un plano horizontal utilizaremos la ecuación 4.9 en cual se utilizará el valor de irradiación solar en un plano horizontal de base de datos del método existente NASA y el valor de la fracción difusa.

$$D_o = F_{DM} \cdot G_o$$

$$D_o = 0.97 \cdot 248.72 \text{ Wh/m}^2$$

$$D_o = 241.60 \text{ Wh/m}^2$$

Irradiación Directa en un plano horizontal

La irradiación directa en un plano horizontal se obtendrá a partir de la ecuación 4.10 en la que necesitaremos el valor de la irradiación solar en la Universidad Técnica de Cotopaxi obtenida de Base de datos NASA y del valor obtenido en el anterior cálculo de la irradiación difusa.

$$H_{dm(o)} = G_o - D_o$$

$$H_{dm(o)} = 248.72 \text{ Wh/m}^2 - 241.60 \text{ Wh/m}^2$$

$$H_{dm(o)} = 7.11 \text{ Wh/m}^2$$

Factor de corrección para paneles solares inclinados

El factor de corrección para paneles solares en un plano inclinado se determinará a través de la ecuación 4.11 en la cual necesitaremos la latitud del lugar, y el ángulo de inclinación del panel, en nuestro caso como estamos analizando en un ángulo óptimo de inclinación en el Ecuador utilizaremos una inclinación de 30 grados. Y un valor de 1 porque la declinación solar es mayor que 0.

$$K = \frac{\omega_{ss} \frac{\pi}{180} [\text{sign}(\phi)] \sin(\delta) \sin(|\phi| - \beta) + \cos(\delta) \cos(|\phi| - \beta) \sin(\omega_{ss})}{\omega_{ss} \frac{\pi}{180} \sin(\delta) \sin(\phi) + \cos(\delta) \cos(\phi) \sin(\omega_{ss})}$$

$$= \frac{-89.79 \cdot \frac{\pi}{180} [1 \cdot (-0.9176)] \sin(12.78) \sin(|-0.9176| - 30) + \cos(12.78) \cos(|-0.9176| - 30) \sin(-89.79)}{-89.79 \cdot \frac{\pi}{180} \sin(\delta) \sin(-0.9176) + \cos(12.78) \cos(-0.9176) \sin(-89.79)}$$

$$K = 0.81$$

Irradiación Solar Directa

El cálculo de la irradiación solar directa se determinará a través de la ecuación 4.12 en la que necesitaremos el valor de la irradiación solar en un plano inclinado y el valor del factor de corrección en un plano inclinado.

$$H_{(\beta,\alpha)} = H_{dm(o)} \cdot K$$

$$H_{(\beta,\alpha)} = 7.11 \text{ Wh/m}^2 \cdot 0.81$$

$$H_{(\beta,\alpha)} = 5.77 \text{ Wh/m}^2$$

Irradiación Solar Difusa

Para el cálculo de la irradiación solar difusa se utilizará la ecuación 4.13 en la cual necesitaremos el valor de irradiación difusa en un plano horizontal y el ángulo de inclinación óptimo del panel con el cual queremos analizar la irradiación difusa.

$$D_{(\beta,\alpha)} = D_0 \cdot \left(\frac{1 + \cos(\beta)}{2} \right)$$

$$D_{(\beta,\alpha)} = 241.60 \text{ Wh/m}^2 \cdot \left(\frac{1 + \cos(30)}{2} \right)$$

$$D_{(\beta,\alpha)} = 234.32 \text{ Wh/m}^2$$

Irradiación Solar Albedo

Para el cálculo de la irradiación solar albedo utilizaremos la ecuación 4.14 en la cual necesitaremos los valores de la reflectividad del suelo esto dependerá del suelo que queremos analizar en este caso es un suelo seco por lo que su valor será de 0.2, la irradiación solar horizontal obtenida de base de datos de la NASA y el ángulo de inclinación óptimo.

$$AL_{(\beta,\alpha)} = \rho \cdot G_0 \cdot \frac{1 - \cos(\beta)}{2}$$

$$AL_{(\beta,\alpha)} = 0.2 \cdot 248.72 \text{ Wh/m}^2 \cdot \frac{1 - \cos(30)}{2}$$

$$AL_{(\beta,\alpha)} = 1.49 \text{ Wh/m}^2$$

Irradiación Solar Global

Finalmente, para el cálculo de irradiación solar global utilizaremos la ecuación 4.15 en la cual será la suma de los valores obtenidos en los cálculos anteriores como la irradiación directa, irradiación difusa y la irradiación albedo.

$$G_{(\beta,\alpha)} = H_{(\beta,\alpha)} + D_{(\beta,\alpha)} + AL_{(\beta,\alpha)}$$

$$G_{(\beta,\alpha)} = 5.77 \text{ Wh/m}^2 + 234.32 \text{ Wh/m}^2 + 1.49 \text{ Wh/m}^2$$

$$G_{(\beta,\alpha)} = 241.79 \text{ Wh/m}^2$$

Cálculo de Irradiación Solar Global por el método Bristow-Campbell

Para el cálculo de la estimación de irradiación solar global en la Universidad Técnica de Cotopaxi por el método Bristow-Campbell utilizaremos como muestra el día 18 de agosto del presente año, donde utilizaremos la temperatura máxima y mínima promedio del mes d agosto.

Irradiación Solar Extraterrestre

Para calcular la irradiación solar global por el método de estimación Bristow-Campbell necesitamos conocer el valor de irradiación solar extraterrestre que determinaremos con la ecuación 4.16. donde las variables del ángulo del sol al amanecer, declinación solar, la latitud, y la constante solar utilizaremos los mismos valores del cálculo anterior.

$$H_o = \frac{24 \times 3600}{\pi} G_s \times E_0 (\cos(\phi)) \cos(\delta) \sin(\omega_s) + \frac{\pi}{180} \omega_s \sin(\phi) \sin(\delta)$$
$$H_o = \frac{24 \cdot 3600}{\pi} - 89.79^\circ \cdot 0.97^\circ (\cos(-0.9176^\circ)) \cos(12.78^\circ) \sin(1367^\circ) + \frac{\pi}{180}$$
$$\cdot 1367 \text{ W/m}^2 \cdot \sin(-0.9176^\circ) \sin(12.78^\circ)$$
$$H_o = 223.25 \text{ W/m}^2$$

Irradiación Solar global

Para el cálculo de la irradiación solar global en la Universidad Técnica de Cotopaxi utilizaremos la ecuación 4.17 donde utilizaremos el valor de irradiación solar extraterrestre, y temperaturas máximas y mínimas promedio de 17.67 y 5.28 del mes de agosto y par los coeficientes b utilizaremos un valor de -0.010 y c 2.4.

$$H_g = H_o \alpha (1 - e^{-b(T_{\max} - T_{\min})^c})$$
$$H_g = H_o \alpha (1 - e^{+0.010(17.67 - 5.28)^{2.4}})$$
$$H_g = 219.90 \text{ Wh/m}^2$$

4.5.1 Trayectoria Solar

En el Ecuador la trayectoria solar del 21 de marzo al 21 de septiembre estará siempre al norte y la otra mitad del año la trayectoria solar estará en el sur, el Ecuador al encontrarse en la mitad del mundo posee luz del sol de 6 a.m. de la mañana hasta 6 p.m. de la noche haciendo que potencialmente nos encontremos en un lugar muy privilegiado para el aprovechamiento de este recurso natural [20].

En la gráfica 4.2 se observa la trayectoria solar, al encontrarnos en la línea equinoccial el sol nos favorece en el ángulo beta, al nosotros ubicarnos en el plano Ecuatorial siempre va a estar al norte con un ángulo beta positiva de 15 a 20 grados y al sur con un ángulo beta negativo de 15 a 20 grados, esto nos favorece en la trayectoria solar a diferencia de otros continentes [20].

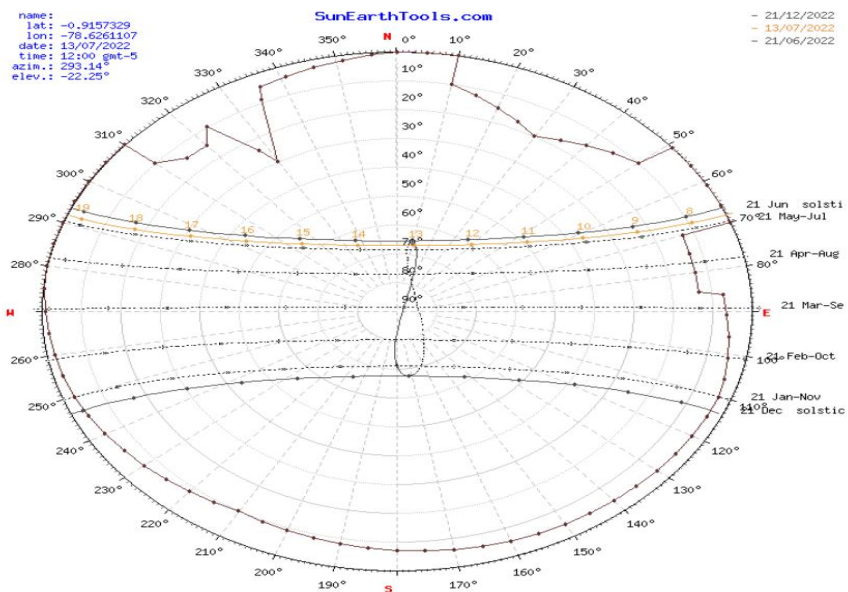


Figura 4.2: Ventana de parametrización de medida [20]

La posición del sol en cada hora del día dependerá de la altitud y del azimut, en la gráfica 4.3 de altitud vs azimut se demuestra que los primeros rayos del sol son a partir de las 6:18 a.m. y su trayectoria solar termina a las 6:23 p.m. [20]. Como se muestra en la figura 4.16.

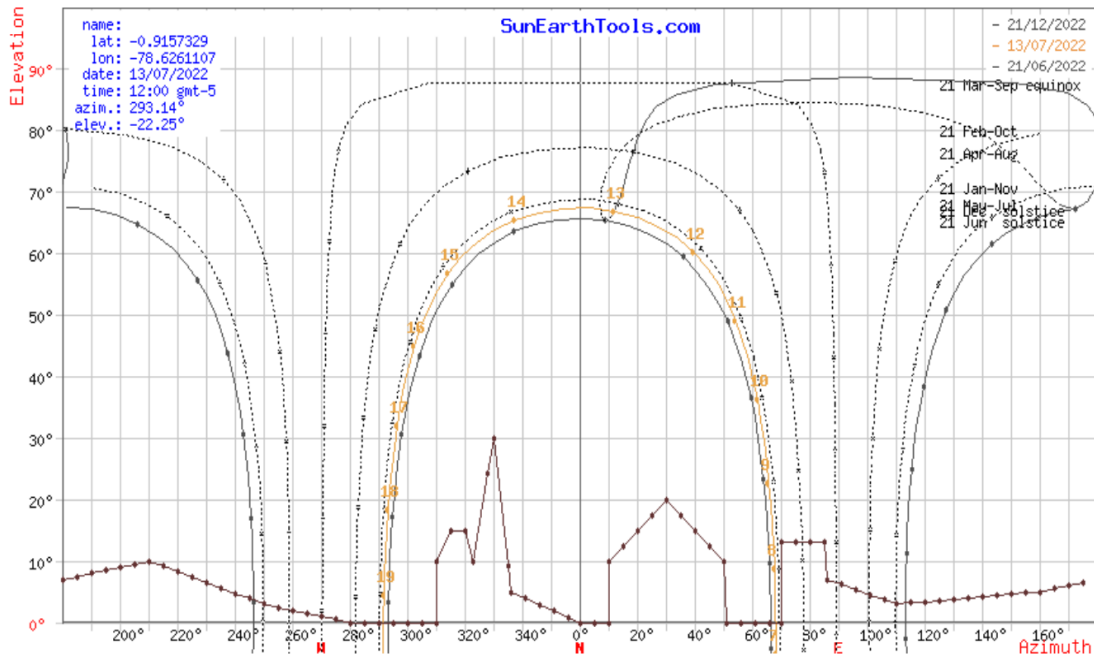


Figura 4.3: Trayectoria solar de la ciudad de Latacunga [20]

4.5.2 Horas Pico del Sol HSP

En Universidad Técnica de Cotopaxi al poseer una irradiación de $5278 \text{ kWh}/\text{m}^2$ obtenido mediante el método del Atlas Solar tomados del día 8 de agosto del 2022 se puede conocer las HSP (horas pico del sol) mediante la siguiente ecuación 4.18.

$$\text{HSP} = \frac{H}{I}$$

$$\text{HSP} = \frac{5278 \text{ kWh}/\text{m}^2}{1000 \text{ kWh}/\text{m}^2}$$

$$\text{HSP} = 5.27 \text{ h}$$

4.5.3 Métodos Existentes

En esta propuesta investigativa para el estudio de irradiación solar global en el campus matriz de la Universidad Técnica de Cotopaxi se utiliza tres métodos existentes para la obtención de una base de datos verídicos de la variable estudiada, la cual se detalla en la siguiente tabla 4.3.

Tabla 4.3: Métodos existentes para el análisis.

MÉTODO	NOMBRE
NASA	La Administración Espacial Aeronáutica de Estados Unidos
GSA	Atlas solar mundial

4.5.4 Obtención de datos de la irradiación solar (NASA)

En esta propuesta investiga se utiliza datos proporcionados de La Administración Espacial Aeronáutica de Estados Unidos (NASA) sobre la irradiación global existente en el campus matriz de la Universidad Técnica de Cotopaxi en la ciudad de Latacunga provincia de Cotopaxi.

4.5.5 Proceso de obtención de datos.

Los datos de irradiación solar global se obtienen de la página oficial la cual es power.larc.nasa.gov, en la cual podemos acceder a distinta información referente a situación climatología alrededor de todo el planeta. Como se muestra en la figura 4.4.

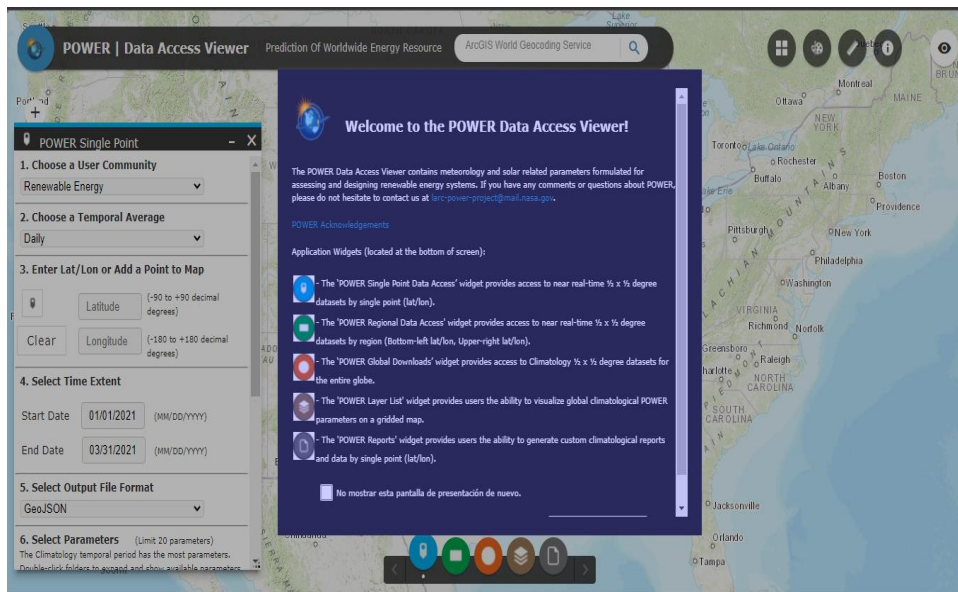


Figura 4.4: Ventana principal NASA POWER [21]

Para acceder a información verídica de irradiación solar global dentro de la interfaz es necesario parametrizar los datos a obtener debido que Nasa proporciona información para distintas áreas de estudio, como se muestra en la siguiente figura 4.5.

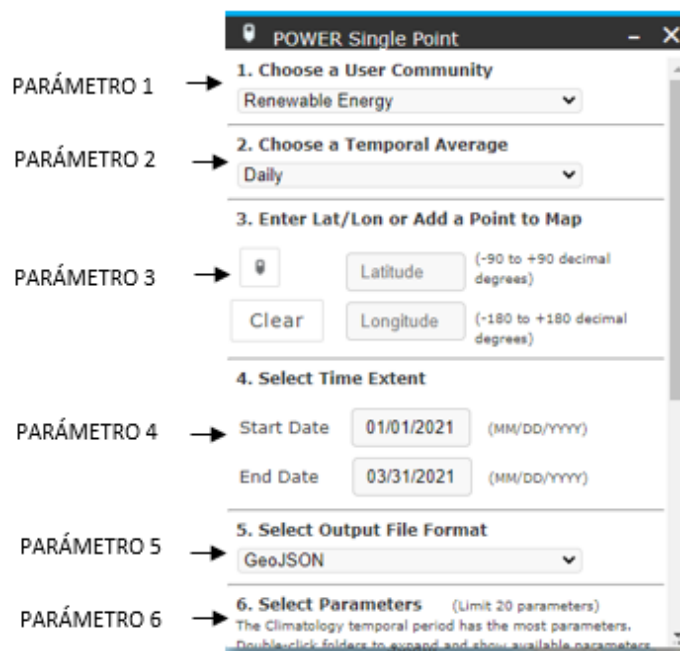


Figura 4.5: Ventana de parametrización [21]

4.5.6 Parámetro 1 (Selección de área de estudio)

Los parámetros necesarios para la obtención de datos de irradiación global en el campus matriz de la Universidad Técnica de Cotopaxi se encuentran dentro de Energías Renovables, debido que nuestro principal parámetro de estudio es la irradiación solar producido por el sol la cual se encuentra en Energías Renovables como se muestra en la siguiente figura 4.6.

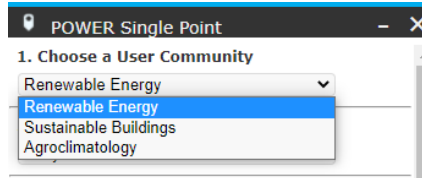


Figura 4.6: Ventana de parametrización 1 [21]

4.5.7 Parámetro 2 (Promedio temporal)

En este apartado podemos seleccionar los datos a obtener en (Horas, diariamente, mensualmente, anualmente) estos dependerán del lapso de tiempo que necesite el usuario, en esta propuesta investigativa se utiliza datos proporcionados diariamente como se muestra en la siguiente figura 4.7.

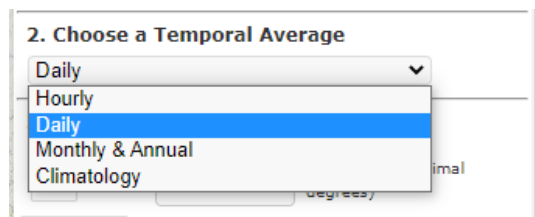


Figura 4.7: Ventana de parametrización 2 [21]

4.5.8 Parámetro 3 (Coordenadas Geográficas)

En este parámetro se debe ingresar la latitud y longitud del lugar específico para la obtención de datos de irradiación solar como se observa en la siguiente figura 4.8.

Para esta propuesta investigativa la latitud y longitud correspondiente del campus matriz la Universidad Técnica de Cotopaxi corresponde a (-0.917680050132812, -78.63294284776023).

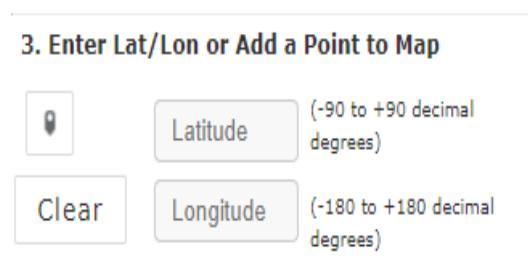
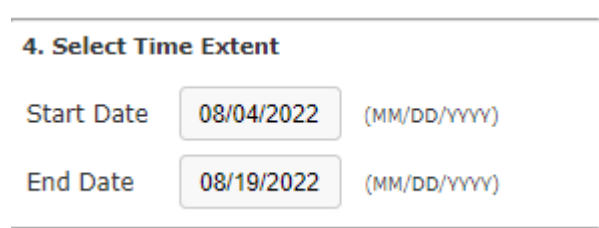


Figura 4.8: Ventana de parametrización 3 [21]

4.5.9 Parámetro 4 (Periodo de obtención de datos)

La cantidad de información a obtener dependerá del rango de tiempo necesario, en este estudio de irradiación solar global se utiliza la información de dieciséis días correspondiente del 04/ 08/2022 al 19/08/2022 como se muestra en la siguiente figura 4.9.



4. Select Time Extent

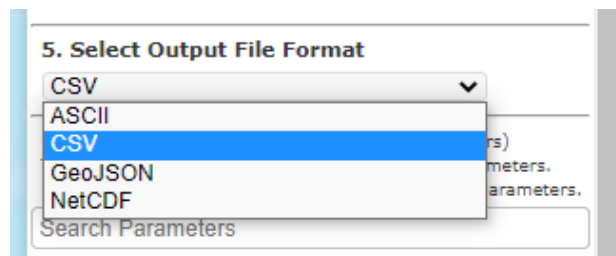
Start Date 08/04/2022 (MM/DD/YYYY)

End Date 08/19/2022 (MM/DD/YYYY)

Figura 4.9: Ventana de parametrización 4 [21]

4.5.10 Parámetro 5 (Formato de salida de datos)

En este apartado se puede seleccionar el tipo de formato compatible para los distintos softwares de interfaz en los cuales permitan realizar estudios del comportamiento de la irradiación solar obtenidas del campus matriz de la Universidad Técnica de Cotopaxi, para esta propuesta investigativa utilizamos el software Matlab el cual necesita un formato de *CSV* como se muestra en la siguiente figura 4.10.



5. Select Output File Format

CSV

ASCII

CSV

GeoJSON

NetCDF

Search Parameters

Figura 4.10: Ventana de parametrización 5 [21]

4.5.11 Parámetro 6 (Selección de datos a Obtener)

En este apartado podemos seleccionar que tipo de datos necesitamos para el estudio de irradiación solar, en esta propuesta investiga se utiliza datos de toda la superficie del cielo Irradiación UVA y UVB como se muestra en la siguiente figura 4.11.

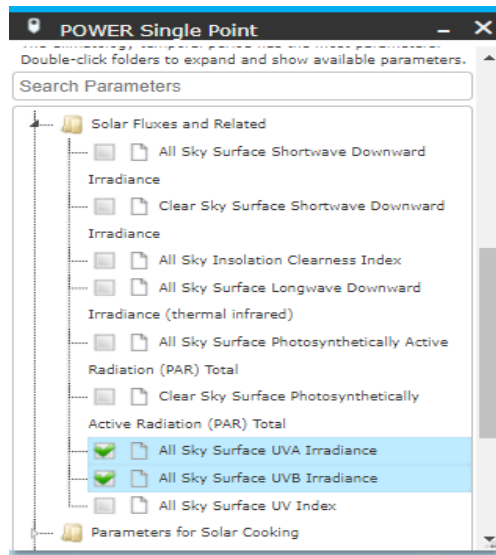


Figura 4.11: Obtención de Irradiación UVA, UVB [21]

4.5.12 MÉTODO ATLAS SOLAR MUNDIAL

Global Solar Atlas (GSA) es una aplicación gratuita de mapas en línea que brinda información sobre las fuentes de energía solar y el potencial fotovoltaico en el mundo. Ofrece herramientas cartográficas interactivas en línea, una calculadora fotovoltaica (PV) simplificada, herramientas de generación de informes y una amplia sección de descargas [22].

4.5.13 Sitio Web Atlas Solar Mundial

Entorno gráfico del sitio Web Atlas Solar Mundial con diferentes opciones y parametrizaciones de irradiación solar para su respectivo uso y análisis. Como se muestra en la figura 4.12.

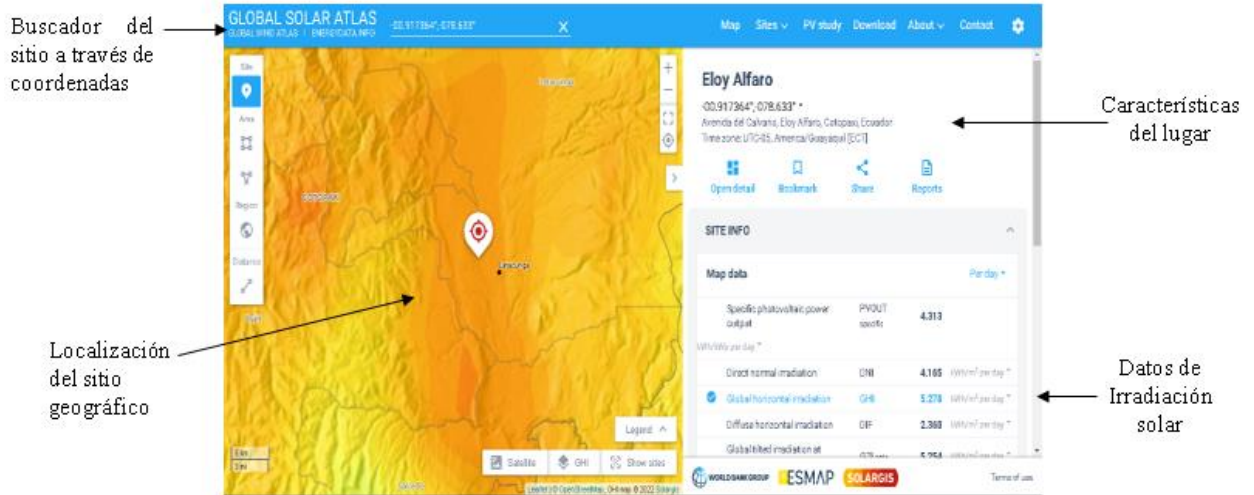


Figura 4.12: Sitio Web Atlas Solar [23]

4.5.14 Buscador del sitio a través de coordenadas

A través de esta opción con las coordenadas geográficas de latitud y longitud del sitio específico que necesitemos analizar la irradiación solar, seleccionaremos su ubicación. Como se muestra en la figura 4.13.



Figura 4.13: Buscador del sitio [23]

4.5.15 Localización del sitio geográfico

En este apartado se ubicará el sitio geográfico específico que a través de las coordenadas deseamos analizar la irradiación solar en este caso la Universidad Técnica de Cotopaxi. Como se muestra en la figura 4.14.

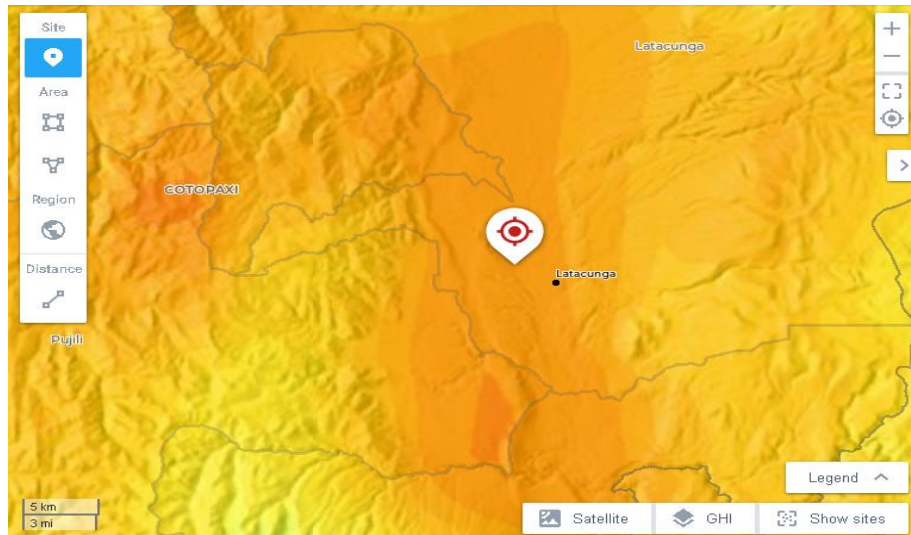


Figura 4.14: Localización de lugar geográfico [23]

4.5.16 Características del lugar

Características de la ubicación hacer estudia como la latitud y longitud, nombre del sitio especifico localizado, provincia, país, zona horaria. Como se muestra en la figura 4.15.

Eloy Alfaro

-00.917364°,-078.633085°

Avenida del Calvario, Eloy Alfaro, Cotopaxi, Ecuador

Time zone: UTC-05, America/Guayaquil [ECT]



Open detail



Bookmark



Share



Reports

Figura 4.15: Características del lugar mediante el Sitio Web Atlas Solar [23]

4.5.17 Datos de irradiación solar

Listado de datos al día de irradiación solar e irradiación de la ubicación geográfica especifica proporcionados por el sitio web Atlas Solar Mundial. Como se muestra en la figura 4.16.

Map data		Per day ▾	
Specific photovoltaic power output	PVOUT specific	4.313	kWh/kWp per day ▾
Direct normal irradiation	DNI	4.165	kWh/m ² per day ▾
<input checked="" type="checkbox"/> Global horizontal irradiation	GHI	5.278	kWh/m ² per day ▾
Diffuse horizontal irradiation	DIF	2.360	kWh/m ² per day ▾
Global tilted irradiation at optimum angle	GTI _{opta}	5.254	kWh/m ² per day ▾
Optimum tilt of PV modules	OPTA	3 / 0	°
Air temperature	TEMP	13.9	°C ▾
Terrain elevation	ELE	2787	m ▾

Figura 4.16: Datos de irradiación solar al día [23]

4.5.18 Horas pico del sol mediante el método Atlas solar Mundial

Para obtener el aprovechamiento HSP (Horas Pico del Sol) del mes de Agosto en el campus matriz de la Universidad Técnica de Cotopaxi se obtiene de la opción *Global horizontal irradiation* del sitio web Atlas Solar Mundial. Como se muestra en la figura 4.17.

Irradiancia Solar →	Specific photovoltaic power output	PVOUT specific	4.313	kWh/kWp per day ▾
	Direct normal irradiation	DNI	4.165	kWh/m ² per day ▾
	<input checked="" type="checkbox"/> Global horizontal irradiation	GHI	5.278	kWh/m ² per day ▾
	Diffuse horizontal irradiation	DIF	2.360	kWh/m ² per day ▾

Figura 4.17: Valor de irradiación en la universidad técnica de Cotopaxi [23]

4.6 ANALISIS DE RESULTADOS

4.6.1 Clima promedio en la provincia Cotopaxi

La radiación emitida por el sol en la provincia de Cotopaxi al estar ubicada al centro- norte del Ecuador a una altitud de 2.800 metros sobre el nivel del mar, la energía emitida en formas de

ondas al pasar por la atmosfera sufre alteraciones en el registro de datos meteorológicos entre los cuales se encuentran [24]:

- Nubosidad
- Temperatura

4.6.1.1 Nubosidad en Latacunga

En la ciudad de Latacunga el promedio del cielo está cubierto por nubes y estas van variando en el transcurso del año, la parte más despejada del año es el 21 de mayo y este dura 4,3 meses y su final es el 29 de septiembre.

El mes más despejado es en Agosto donde en promedio el cielo está despejado y un 49% nublado [24]. En la siguiente figura 4.18 se muestra el porcentaje de nubosidad mensual correspondiente al mes de Julio donde se evidencia que el cielo tiene bajo porcentaje de nubosidad.

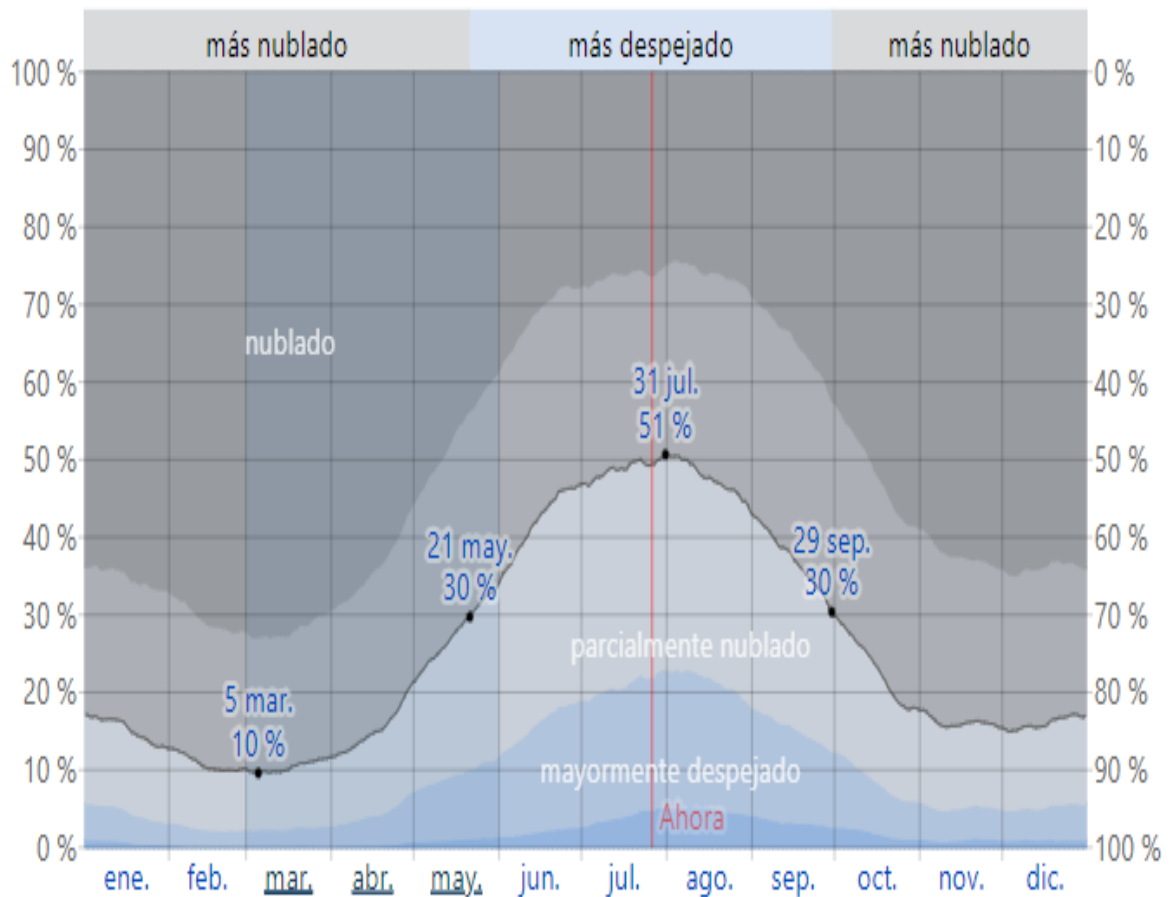


Figura 4.18: Porcentaje de nubosidad del mes de Agosto [24]

4.6.1.2 Temperatura de Latacunga

En la Latacunga la temporada más fresca promedio dura 2,7 meses que son del mes del 4 de junio al 27 de agosto dando que la temperatura máxima promedio es de 17 grados centígrados y el mes más frío del año en la ciudad de Latacunga es en Agosto Con una temperatura promedio de 8 grados centígrados [24].

En la siguiente figura 4.19 se muestra las temperatura máxima y promedio correspondiente a cada mes evidenciando que en el periodo de Junio – Agosto la temperatura es la más fresca en la ciudad de Latacunga

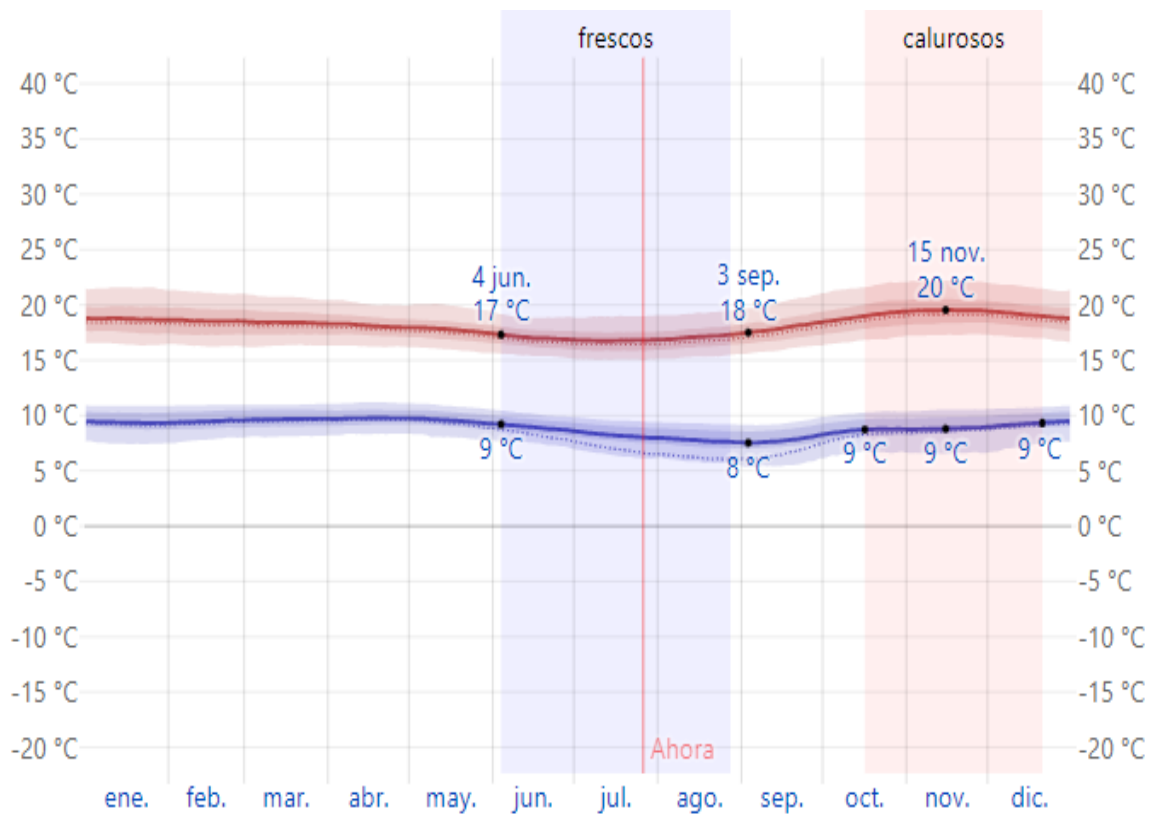


Figura 4.19: Temperatura en la ciudad de Latacunga [24]

4.6.2 Trayectoria Solar en el sector de San Felipe

En la tabla 4.4 se detalla la base de datos de la trayectoria solar en la Universidad Técnica de Cotopaxi, los datos fueron tomados del día 12 de agosto del 2022 en el rango de cada hora del día desde el inicio del amanecer hasta el final del día. Los datos fueron proporcionados por el sitio web *SunEarthTools*. Como se muestra en el anexo B para el respectivo análisis [20].

Tabla 4.4: Altitud y Azimut de la trayectoria solar a cada 1 hora del día [20]

Trayectoria Solar		
Ubicación	Universidad Técnica de Cotopaxi	
Mes	Agosto	
Coodenadas	-0.917364°, -78.633080°	
Mensual	Altitud	Julio
7:17:19	-0.833	74.82
8:00:00	9.46	74.44
9:00:00	23.86	72.95
10:00:00	38.09	69.83
11:00:00	51.91	63.64
12:00:00	64.58	50.07
13:00:00	73.24	16.74
14:00:00	71.13	328.54
15:00:00	60.49	303.85
16:00:00	47.28	293.64
17:00:00	33.27	288.76
18:00:00	18.96	286.27
19:00:00	4.52	285.17
19:22:10	-0.833	285.03

En la figura 4.20 se observa la trayectoria solar del día 12 de Julio del 2022. Los datos fueron tomados en el rango de cada 10 minutos, teniendo el análisis que el sol se encontrara completamente a 90 grados a la 1:13 p.m. en la Universidad Técnica de Cotopaxi.



Figura 4.20: Trayectoria solar del 12 de agosto

4.6.3 Análisis del método de estimación de irradiación Hargreaves Samani

Para el cálculo analítico de la irradiación solar de meto Hargreaves Samani se la realizo cada diez minutos tomando como referencia la muestra de obtenida de la Estación Local instalada en el campus matriz de la Universidad Técnica de Cotopaxi la cual registra 72 datos diarios de 0:05 a.m. a 23:55 p.m., con los datos aprovechable de irradiación se realiza una media aritmética para obtener una base de datos en horas lo cual permite realizar un análisis de 6:00 a.m. a 18:00 p.m. En la tabla 4.5 siguiente se muestra la media aritmética de datos de irradiación solar correspondientes al día 4 de agosto. Como se muestra en el anexo E.

Tabla 4.5: Muestra de datos calculados en el rango de 1 hora por el método Hargreaves Samani [20]

MÉTODO Hargreaves Samani		
Ubicación	Universidad Técnica de Cotopaxi	
Coordenadas Geográficas	-0.917364°, - 78.633080°	
FECHA	HORAS	IRAADIACIÓN
4/8/2022	6:00	55,63
	7:00	149,63
	8:00	391,92
	9:00	603,62
	10:00	770,03
	11:00	870,84
	12:00	925,81
	13:00	887,74
	14:00	818,72
	15:00	689,76
	16:00	496,66
	17:00	278,94
18:00	37,48	

4.6.4 Análisis del método de estimación Bristow Campbell

En el método de estimación Bristow Campbell se determinó la irradiación solar de cada diez minutos en el transcurso de un día teniendo un rango de 72 datos los cuales fueron calculados entre las 6 de la mañana hasta las 6 de la noche. A estos 72 datos se realiza una media aritmética en la cual permite obtener datos en intervalos de cada hora correspondientes a un día. En la tabla

4.6 se obtienen los valores de irradiación del día 8 de agosto en un rango de una hora. Como se muestra en el anexo D

Tabla 4.6: Muestra de datos calculados del 4 de agosto por el método Bristow Campbell a cada hora [20]

MÉTODO Bristow Campbell		
Ubicación	Universidad Técnica de Cotopaxi	
Coordenadas Geográficas	-0.917364°, -78.633080°	
FECHA	HORAS	IRAADIACIÓN
4/8/2022	6:00	37,74
	7:00	131,74
	8:00	374,03
	9:00	585,73
	10:00	752,14
	11:00	852,95
	12:00	907,92
	13:00	869,85
	14:00	800,83
	15:00	671,87
	16:00	478,77
	17:00	261,05
18:00	19,59	

4.6.5 Análisis comparativo de Modelos Matemáticos frente a la Estación Local

Se realizará un análisis estadístico entre los modelos matemáticos frente a la Estación Local, con el fin de obtener el porcentaje de variación que existe entre los métodos matemáticos para ver cuál es el que más se aproxima a los datos de la Estación Local.

4.6.6 Método Estación Local vs Hargreaves Samani

Para determinar cuál es la desviación entre el método Estación Local vs El método calculado de Hargreaves Samani debemos tener el mismo rango de horas entre estos dos métodos en el cual nos permitirá graficar la curva característica de cada uno de estos métodos a analizar para posteriormente determinar los valores máximos, mínimos, media, promedio de cada trayectoria de irradiación. Y poder determinar la varianza y la desviación estándar para determinar el porcentaje de coeficiente de variación que existe entre el método de la Estación Local vs el

método calculado de Hargreaves Samani, para que finalmente se pueda obtener la desviación estándar entre estos dos métodos a analizar.

4.6.7 Gráfica Estación Local vs Método Hargreaves Samani

En la figura 4.21 muestra el análisis de irradiación solar del día 4 de agosto del presente año entre los métodos Estación Local vs Hargreaves Samani.

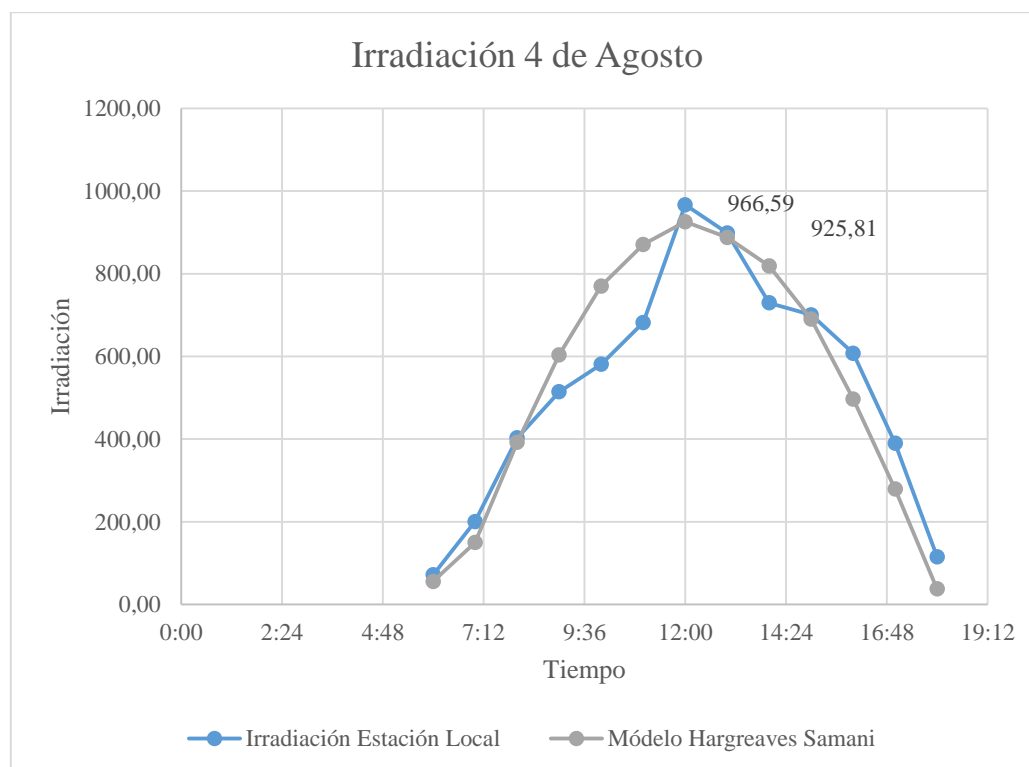


Figura 4.21: Trayectoria de irradiación solar del 4 de agosto

En la gráfica 4.21 se puede observar que el método Hargreaves Samani calculado se aproxima a los datos de irradiación solar de la Estación Local.

4.6.8 Análisis del porcentaje de variación entre el método Estación Local vs Modelo Hargreaves Samani

Para el análisis del porcentaje de coeficiente de variación del día 4 de agosto se determinará los valores máximos, medio, mínimo y promedio de cada una de las muestras de cada método aplicado Como se muestra el anexo F. Posteriormente determinaremos la varianza del método

Estación Local el cual obtuvimos un valor de $966,59 \text{ Wh/m}^2$ y del método Hargreaves Samani un valor de $925,81 \text{ Wh/m}^2$ y una desviación estándar de la Estación de 93143.38 y del método calculado de 325.01 obteniendo un coeficiente de variación del 0.57 y 0.61. como se muestra en la tabla 4.7.

Tabla 4.7: Análisis de irradiación solar del 4 de agosto entre los métodos Estación Local y Hargreaves Samani

Análisis de Irradiación del 4 de Agosto								
Método Estación Local					Modelo Hargreaves Samani			
Parametros (W/m^2)	Máximo	Medio	Mínimo	Promedio	Máximo	Medio	Mínimo	Promedio
Datos Generales	966,59	580,81	71,41	527,61	925,81	603,62	37,48	536,68
Varianza	93143,38514				105637,4021			
Desviación Estandar	305,1940123				325,0190797			
Coficiente de Variación	0,57844732				0,605616037			
% de coeficiente de variación	57,84%				60,56%			
Diferencia relativa de porcentaje	2,72%							

En la tabla 4.7 muestra la diferencia relativa que existe entre el método Estación Local vs Modelo Hargreaves Samani con un porcentaje de 2.72%.

4.6.9 Análisis del 8 de agosto de la irradiación Solar

El análisis del comportamiento de las curvas entre los métodos Estación Local vs el método Hargreaves Samani muestra una ligera desviación en el método estimado calculado referente a la base de datos de la Estación, dando como muestra que el método Hargreaves Samani es muy aproximado para el día 8 de agosto. Como se muestra en la figura 4.22.

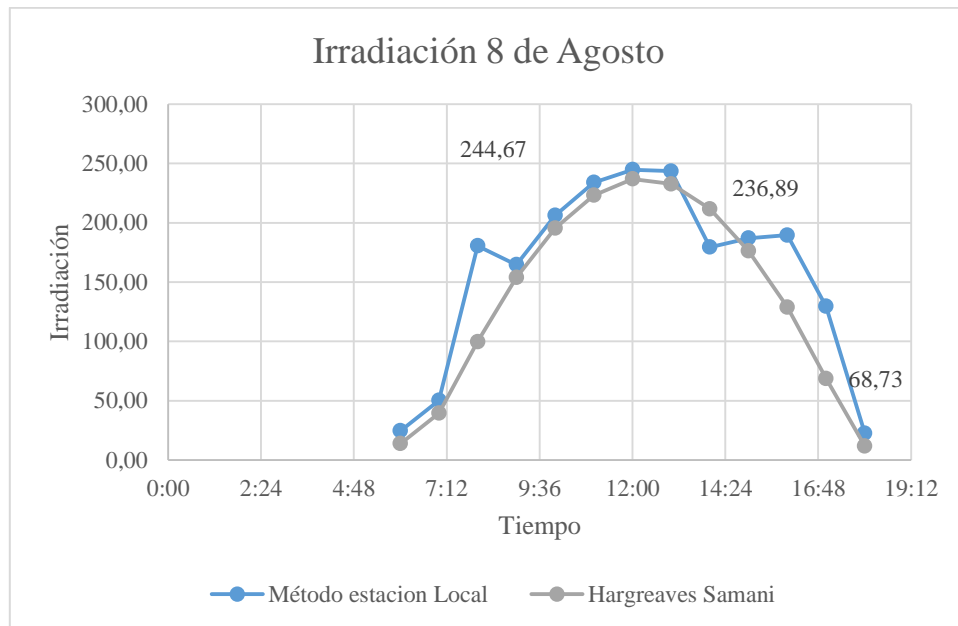


Figura 4.22: Trayectoria de irradiación del 8 de agosto

En la figura 4.22 muestra que la irradiación solar obtenida a las 12:00 p.m. de la Estación Local es de 244.67 Wh/m^2 y la irradiación calculada por el método de estimación es de 236.89 Wh/m^2 , resultando con valores muy cercanos entre sí para este día.

4.6.10 Análisis del porcentaje de variación del día 8 de agosto

En la tabla 4.8 muestra el cálculo del porcentaje de variación entre estos dos métodos analizados dándonos como resultado que el porcentaje de variación de la estación del día 8 de agosto es de 49.82% y la variación del método Hargreaves Samani es de 60.61%, con una diferencia relativa de 10.78%.

Tabla 4.8: Análisis de variación del día 8 de agosto

Análisis de Irradiación del 8 de Agosto								
Método Estación Local					Método Hargreaves Samani			
Parametros (W/m^2)	Máximo	Medio	Mínimo	Promedio	Máximo	Medio	Mínimo	Promedio
Datos Generales	244,67	180,51	22,62	158,19	236,89	153,90	11,84	137,88
Varianza	6189,792677				6983,085592			
Desviación Estandar	78,67523547				83,56485859			
Coficiente de Variación	0,497331522				0,606085789			
% de coeficiente de variación	49,82%				60,61%			
Diferencia relativa de porcentaje					10,78%			

4.6.11 Análisis del 15 agosto de la irradiación Solar

El día 15 de agosto obtuvo una irradiación solar de las 6 horas del día en la Estación Local de 554.13 Wh/m^2 y en el método de estimación un valor de 427.72 Wh/m^2 a las 12:00 p.m. Como se muestra en la figura 4.23.

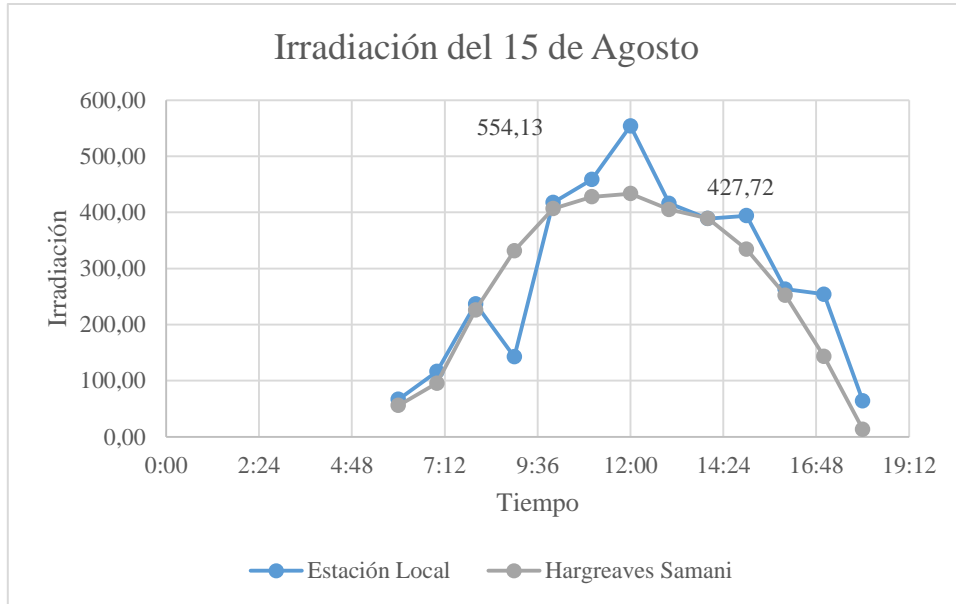


Figura 4.23: Trayectoria de irradiación solar del 15 de agosto

4.6.12 Análisis del porcentaje de variación del día 15 de agosto

En la tabla 4.9 muestra un porcentaje variación de 45.22% y 48.68% para los métodos analizados, y un porcentaje relativo de 3.43%.

Tabla 4.9: Análisis de variación del día 15 de agosto

Análisis de Irradiación del 15 de Agosto								
Método Estación Local					Método Hargreaves Samani			
Parametros (W/m^2)	Máximo	Medio	Mínimo	Promedio	Máximo	Medio	Mínimo	Promedio
Datos Generales	347,87	260,05	25,59	232,31	335,93	233,35	14,81	206,14
Varianza	11033,3788				10055,24751			
Desviación Estandar	105,0398915				100,2758571			
Coficiente de Variación	0,452158129				0,486437733			
% de coeficiente de variación	45,22%				48,64%			
Diferencia relativa de porcentaje					3,43%			

4.6.13 Análisis del 19 de agosto de la irradiación Solar

En la figura 4.24 muestra una irradiación solar proporcionado por la Estación Local de 574.33 Wh/m^2 y para el método de estimación de 477.77 Wh/m^2 , en el día 19 de agosto.

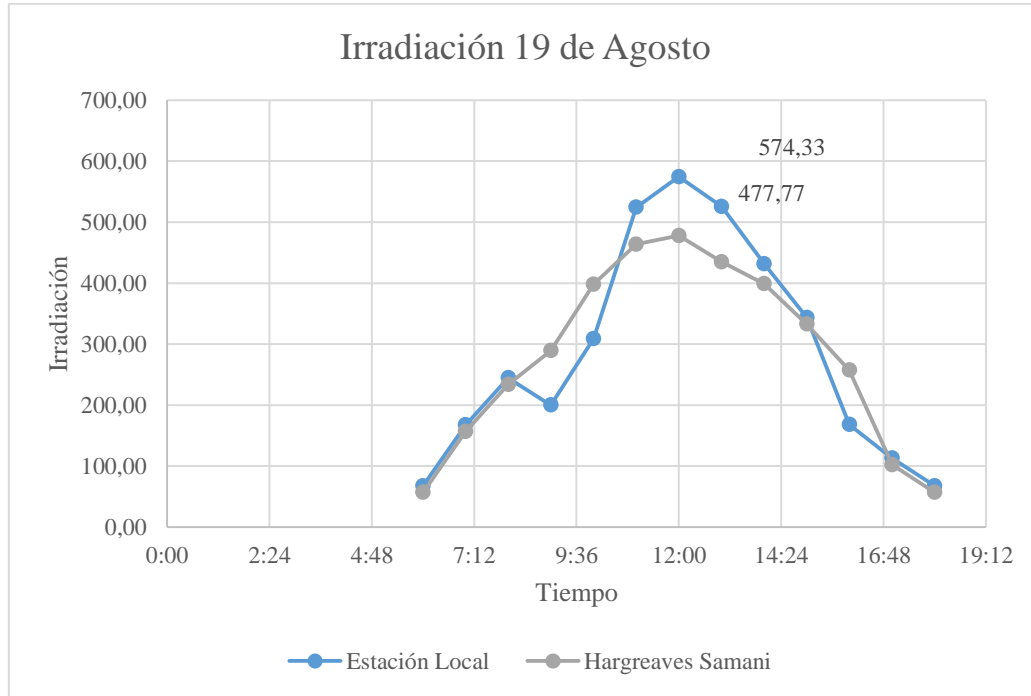


Figura 4.24: Trayectoria de irradiación solar del 19 de agosto

4.6.14 Análisis del porcentaje de variación del día 19 de agosto

Para el día 19 de agosto tenemos un porcentaje de variación de 62.86% para la estación Local y para el método de estimación tenemos un valor de 53.99%, con una diferencia relativa de 8.88%. como se muestra en la tabla 4.10.

Tabla 4.10: Análisis de variación del día 19 de agosto

Análisis de Irradiación del 19 de Agosto								
Método Estación Local					Método Hargreaves Samani			
Parametros (W/m^2)	Máximo	Medio	Mínimo	Promedio	Máximo	Medio	Mínimo	Promedio
Datos Generales	574,33	243,44	67,49	275,83	477,77	289,10	56,71	281,38
Varianza	30067,05787				23076,26047			
Desviación Estandar	173,3985521				151,9087242			
Coficiente de Variación	0,628641937				0,539879902			
% de coeficiente de variación	62,86%				53,99%			
Diferencia relativa de porcentaje					8,88%			

4.6.15 Método Estación Local vs modelo Bristow Campbell

Para el análisis comparativo entre la muestra de 16 días de datos de irradiación solar de la Estación Local frente al modelo matemático Bristow Campbell, se tomará valores de irradiación de las 6 a.m. hasta 6 p.m. de la noche por cada hora del día. y realizar la comparativa de cuanto es la desviación estándar entre estos dos métodos aplicados.

4.6.16 Análisis del 4 agosto de la irradiación Solar

En la figura 4.25 muestra que la irradiación solar obtenida por la Estación Local es de $966,59 Wh/m^2$, y la irradiación solar calculado por el método de estimación Bristow Campbell con un valor de $907,92 Wh/m^2$ a las 12:00 p.m. del día 4 de agosto.

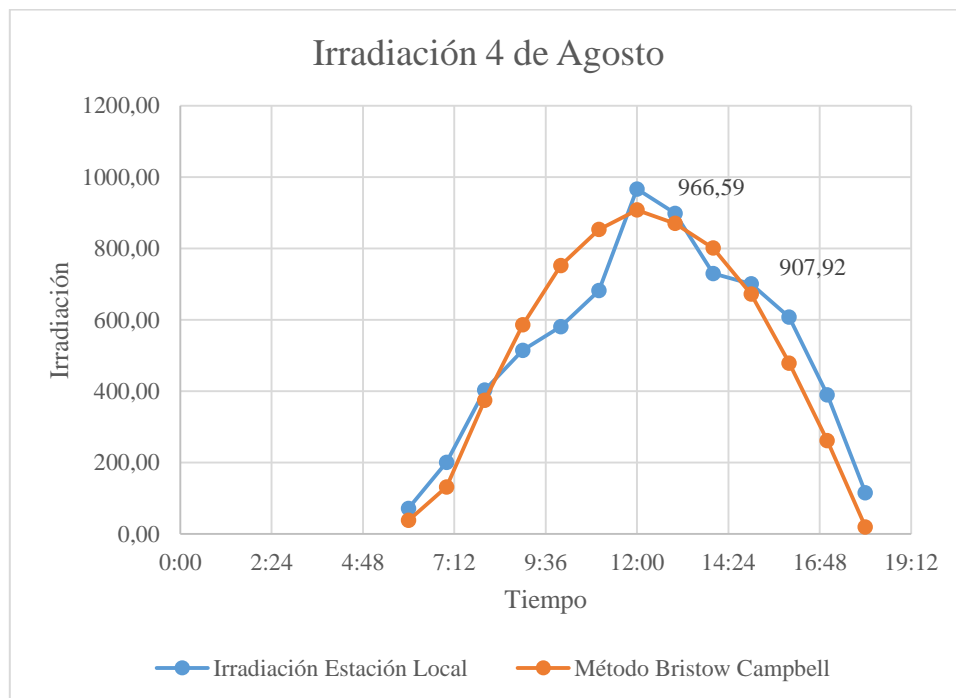


Figura 4.25: Trayectoria de irradiación solar del 4 de agosto

En la figura 4.25 se puede observar que el modelo de estimación Bristow Campbell tiene una variación muy significativa frente al método de la Estación Local.

4.6.17 Análisis del porcentaje de variación del día 4 de agosto

En la tabla 4.11 muestra que el coeficiente de variación de la Estación Local es de 53.44%, mientras tanto que el coeficiente de variación del método Bristow Campbell es de 62.65%

comparado con los datos de la Estación Local, determinando un porcentaje relativo de 9.21% entre estos métodos aplicados.

Tabla 4.11: Análisis de variación del día 4 de agosto

Análisis de Irradiación del 4 de Agosto								
Método Estación Local					Método Bristow Campbell			
Parametros (W/m ²)	Máximo	Medio	Mínimo	Promedio	Máximo	Medio	Mínimo	Promedio
Datos Generales	966,59	580,81	71,41	527,61	907,92	585,73	19,59	518,79
Varianza	79489,00962				105637,4021			
Desviación Estandar	281,9379535				325,0190797			
Coficiente de Variación	0,534369113				0,626500348			
% de coeficiente de variación	53,44%				62,65%			
Diferencia relativa de porcentaje	9,21%							

4.6.18 Análisis del 8 agosto de la irradiación Solar

En la figura 4.26 se observa la trayectoria de irradiación solar del método Estación Local vs al modelo matemático Bristow Campbell, se muestra que el valor máximo de irradiación solar es a las 12:00 p.m. del día 8 de agosto con valores de irradiación solar de $244.67 Wh/m^2$ y $219.00Wh/m^2$.

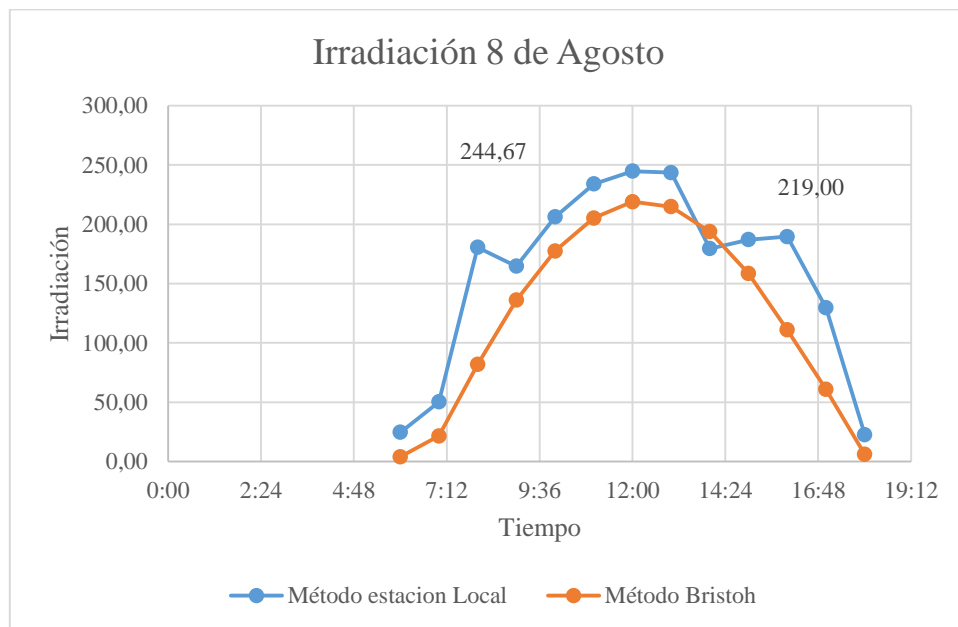


Figura 4.26: Trayectoria de irradiación solar del 8 de agosto

4.6.19 Análisis del porcentaje de variación del día 8 de agosto

En la tabla 4.12 muestra el coeficiente de variación del método de la Estación Local con un valor de 49.82% frente al coeficiente de variación del modelo matemático Bristow Campbell con un valor de 65.76%, y un porcentaje relativo entre los dos métodos de 15.94%

Tabla 4.12: Análisis de variación del día 8 de agosto

Análisis de Irradiación del 8 de Agosto								
Método Estación Local					Método Bristow Campbell			
Parametros (W/m ²)	Máximo	Medio	Mínimo	Promedio	Máximo	Medio	Mínimo	Promedio
Datos Generales	244,67	180,51	22,62	158,19	219,00	136,01	4,00	122,30
Varianza	6189,792677				6468,379935			
Desviación Estandar	78,67523547				80,42623909			
Coefficiente de Variación	0,497331522				0,657604647			
% de coeficiente de variación	49,82%				65,76%			
Diferencia relativa de porcentaje	15,94%							

Análisis del 15 agosto de la irradiación Solar

En la figura 4.27 muestra una trayectoria de irradiación solar de la Estación local con un valor de 554.13 Wh/m^2 y un valor de irradiación solar con el modelo matemático Bristow Campbell de 429.83 Wh/m^2 .

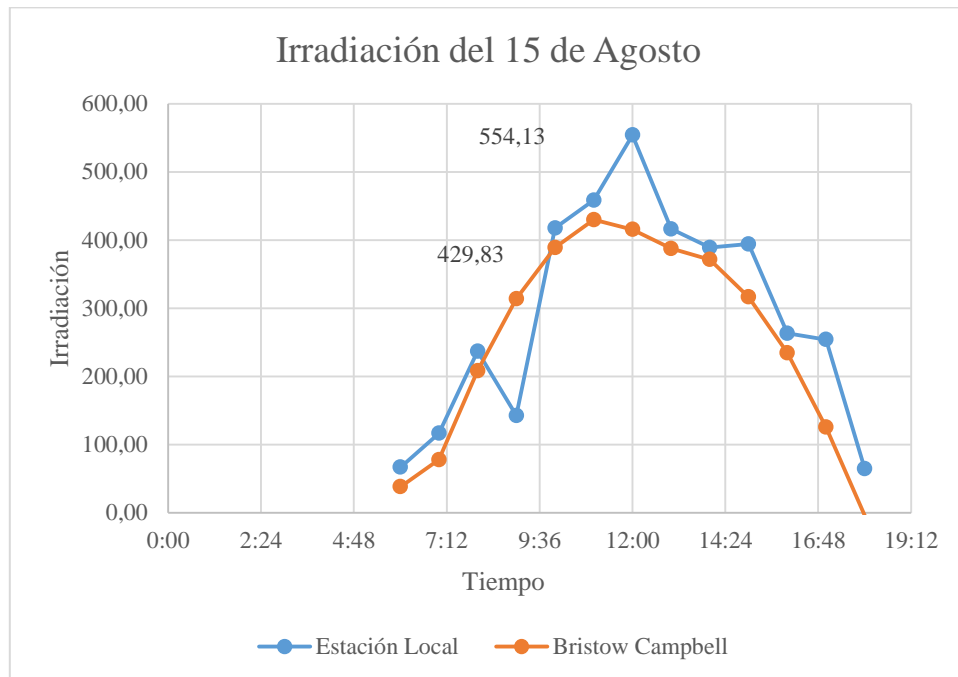


Figura 4.27. Trayectoria de irradiación solar del 15 de agosto

4.6.20 Análisis del porcentaje de variación del día 15 de agosto

En la tabla 4.13 muestra un porcentaje del coeficiente de variación de la Estación Local de un valor de 45.22% y un porcentaje de variación del modelo matemático de Bristow Campbell de 53.27%, resultado un valor relativo entre los dos métodos de 8.05%.

Tabla 4.13: Análisis de variación del día 15 de agosto

Análisis de Irradiación del 15 de Agosto								
Método Estación Local					Método Bristow Campbell			
Parametros (W/m ²)	Máximo	Medio	Mínimo	Promedio	Máximo	Medio	Mínimo	Promedio
Datos Generales	347,87	260,05	21,51	232,31	318,04	215,46	-3,08	188,25
Varianza	11033,3788				10055,24751			
Desviación Estandar	105,0398915				100,2758571			
Coficiente de Variación	0,452158129				0,532664669			
% de coeficiente de variación	45,22%				53,27%			
Diferencia relativa de porcentaje	8,05%							

Análisis del 19 agosto de la irradiación Solar

En la figura 4.28 muestra que la irradiación solar de la Estación Local de 574.33Wh/m² y una irradiación solar calculado mediante el modelo Bristow Campbell de 529.88Wh/m² del día 19 de agosto.

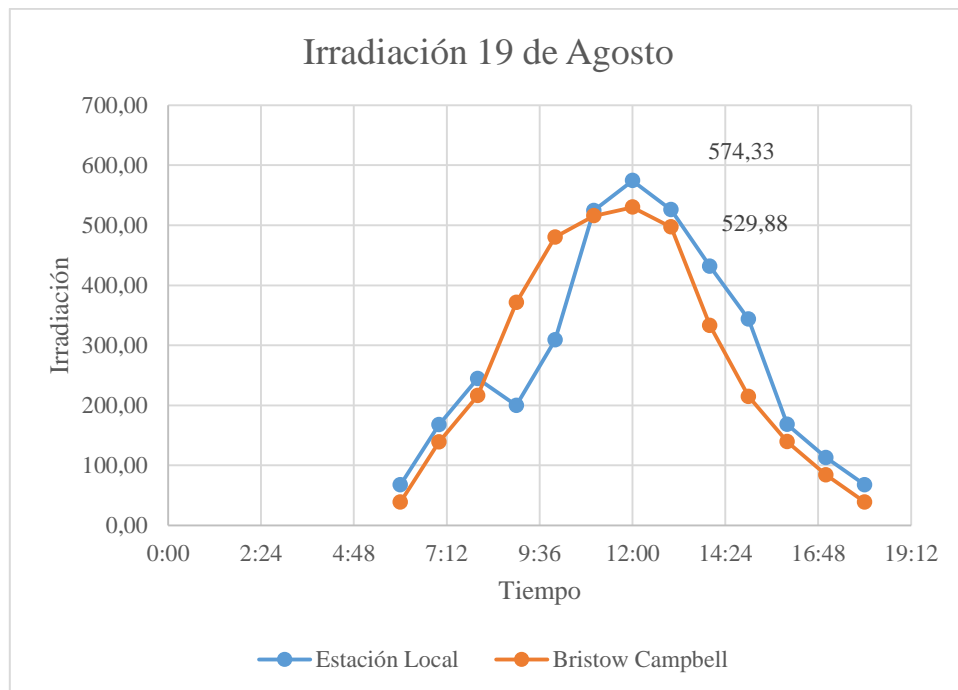


Figura 4.28: Trayectoria de irradiación solar del 19 de agosto

4.6.21 Análisis del porcentaje de variación del día 19 de agosto

En la tabla 4.14 se obtuvo un valor del porcentaje de coeficiente de variación de la Estación Local de 62.33% y 67.52% de coeficiente de variación del modelo matemático de estimación. Finalmente, una diferencia relativa entre los dos métodos de 5.19%.

Tabla 4.14: Análisis de variación del día 19 de agosto

Análisis de Irradiación del 19 de Agosto								
Método Estación Local					Método Bristow Campbell			
Parametros (W/m ²)	Máximo	Medio	Mínimo	Promedio	Máximo	Medio	Mínimo	Promedio
Datos Generales	574,33	244,60	67,49	287,37	529,88	215,93	38,82	276,72
Varianza	32078,90396				34908,4786			
Desviación Estandar	179,1058457				186,838108			
Coficiente de Variación	0,623261162				0,675198554			
% de coeficiente de variación	62,33%				67,52%			
Diferencia relativa de porcentaje	5,19%							

4.6.22 Resultado de la comparación entre los modelos Matemáticos vs la Estación Local

En la tabla 4.15 se muestra que después de haber analizado el coeficiente de variación de 4 fechas distintas del 4 al 19 de agosto entre los dos modelos matemáticos Hargreaves Samani, Bristow Campbell con referencia al método de la Estación Local de datos de irradiación solar tomados de manera experimental. Se finaliza que el modelo matemático que más se aproxima a la Estación Local es el modelo de estimación de irradiación solar Hargreaves Samani con una variación de 6.45%.

Tabla 4.15: Comparación del % de variación entre los modelos matemáticos frente a la Estación Local

Análisis de la variación entre los Modelos Matemáticos vs Estación Local		
Método Estación Local	Modelo Hargreaves Samani	Modelo Bristow Campbell
		6,45%	7,68%

4.6.23 Análisis de la irradiación solar con el método Hargreaves Samani a 30 grados

Para el análisis de la trayectoria de la irradiación solar con el modelo Hargreaves Samani, utilizaremos una temperatura constante de 30 grados para realizar un análisis de cómo va hacer el

comportamiento del modelo matemático frente a los datos obtenidos de materia experimental de la Estación Local instala en el campus matriz de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

4.6.24 Análisis del coeficiente de variación del día 4 de agosto con 18 grados

En la figura 4.29 muestra que la irradiación solar obtenida por la Estación Local es de 966,59 Wh/m^2 , y la irradiación solar calculado por el método de estimación Hargreaves Samani a una temperatura constante de 30 grados con un valor de 931.35 Wh/m^2 a las 12:00 p.m. del día 4 de agosto.

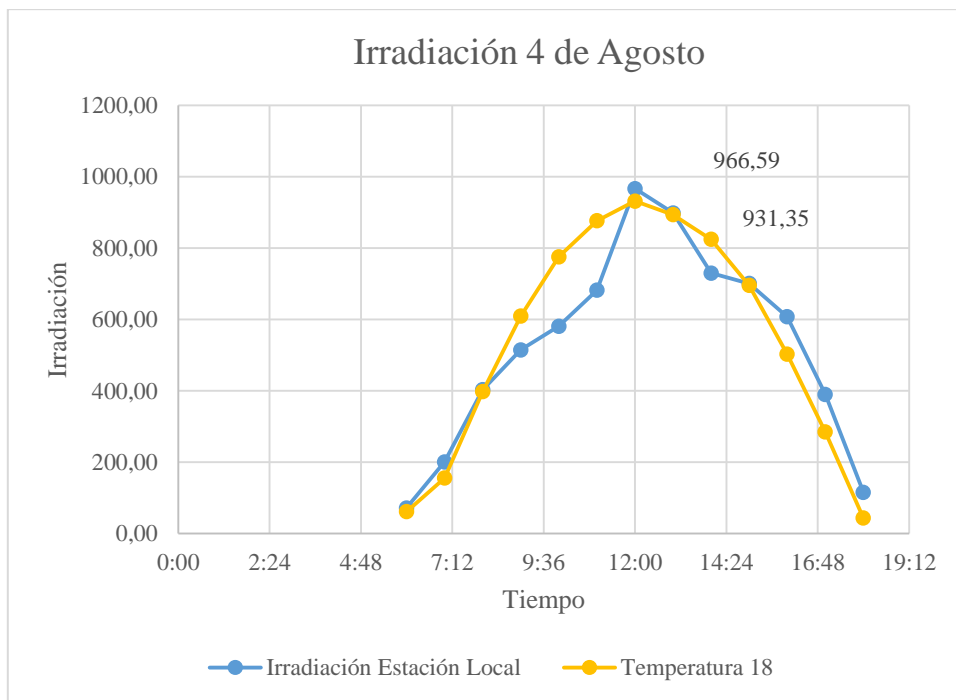


Figura 4.29: Trayectoria de irradiación solar a una Temperatura de 18° del 8 de agosto

En la tabla 4.16 muestra el cálculo del porcentaje de variación entre el método Estación Local vs modelo matemático Hargreaves Samani a una temperatura constante de 18°, dándonos como resultado que el porcentaje de variación de la Estación Local del día 8 de agosto es de 57.84% y la variación del modelo matemático Hargreaves Samani a 30° es de 59.94%, con una diferencia relativa de 2.10%.

Tabla 4.16: Análisis de variación del día 4 de agosto a una Temperatura de 18°

Análisis de Irradiación del 4 de Agosto									Método Hargreaves Samani 18 grados			
Método Estación Local					Modelo Hargreaves Samani							
Parametros (W/m ²)	Máximo	Medio	Mínimo	Promedio	Máximo	Medio	Mínimo	Promedio	Máximo	Medio	Mínimo	Promedio
Datos Generales	966,59	580,81	71,41	527,61	925,81	603,62	37,48	536,68	931,35	609,16	43,02	542,22
Varianza	93143,38514				105637,4021				105637,4021			
Desviación Estandar	305,1940123				325,0190797				325,0190797			
Coefficiente de Variación	0,57844732				0,605616037				0,599428248			
% de coeficiente de variación	57,84%				60,56%				59,94%			
Diferencia relativa de porcentaje	2,72%								2,10%			

4.6.25 Análisis del coeficiente de variación del día 8 de agosto con 18 grados

En la figura 4.30 muestra que la irradiación solar obtenida por la Estación Local es de 244,67 Wh/m^2 , y la irradiación solar calculado por el método de estimación Hargreaves Samani a una temperatura constante de 30 grados con un valor de 242.43 Wh/m^2 a las 12:00 p.m. del día 8 de agosto.

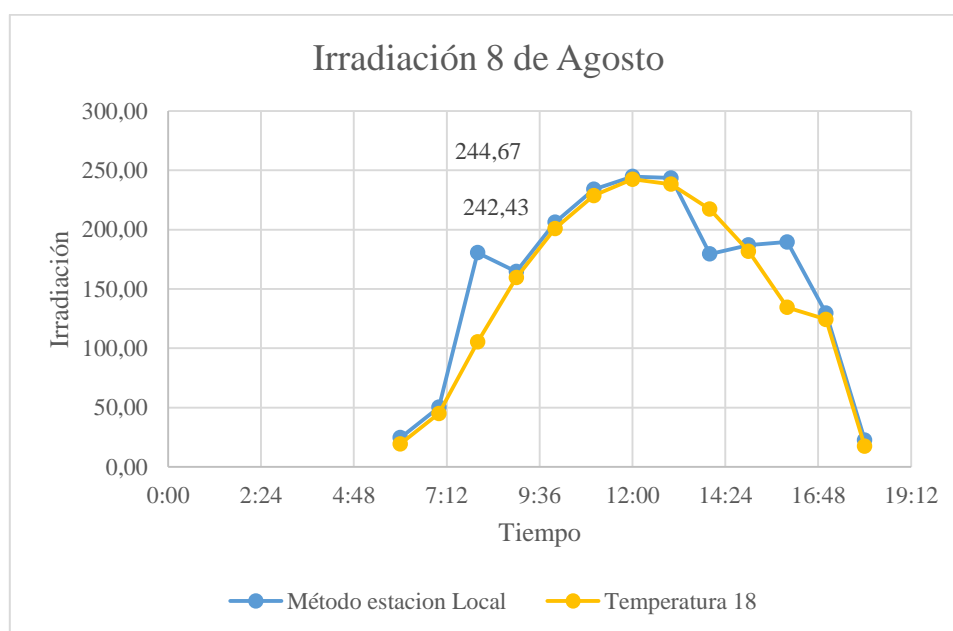


Figura 4.30: Trayectoria de irradiación solar a una Temperatura de 18° del 8 de agosto

En la tabla 4.17 muestra el cálculo del porcentaje de variación entre el método Estación Local vs modelo matemático Hargreaves Samani a una temperatura constante de 18°, dándonos como resultado que el porcentaje de variación de la Estación Local del día 8 de agosto es de 48.82% y

la variación del modelo matemático Hargreaves Samani a 18° es de 55.16%, con una diferencia relativa de 5.34%.

Tabla 4.17: Análisis de variación del día 4 de agosto a una Temperatura de 18°

Análisis de Irradiación del 8 de Agosto									Método Hargreaves Samani 18 grados			
Método Estación Local					Método Hargreaves Samani							
Parametros (W/m ²)	Máximo	Medio	Mínimo	Promedio	Máximo	Medio	Mínimo	Promedio	Máximo	Medio	Mínimo	Promedio
Datos Generales	244,67	180,51	22,62	158,19	236,89	153,90	11,84	137,88	242,43	159,44	17,38	147,26
Varianza	6189,792677				6983,085592				6599,190887			
Desviación Estandar	78,67523547				83,56485859				81,23540415			
Coefficiente de Variación	0,497331522				0,606085789				0,55163695			
% de coeficiente de variación	49,82%				60,61%				55,16%			
Diferencia relativa de porcentaje	10,78%								5,34%			

4.6.26 Análisis del coeficiente de variación del día 15 de agosto con 18 grados

En la figura 4.31 muestra que la irradiación solar obtenida por la Estación Local es de 554.13 Wh/m^2 , y la irradiación solar calculado por el método de estimación Hargreaves Samani a una temperatura constante de 18 grados Celsius con un valor de 453.26 Wh/m^2 a las 12:00 p.m. del día 15 de agosto.

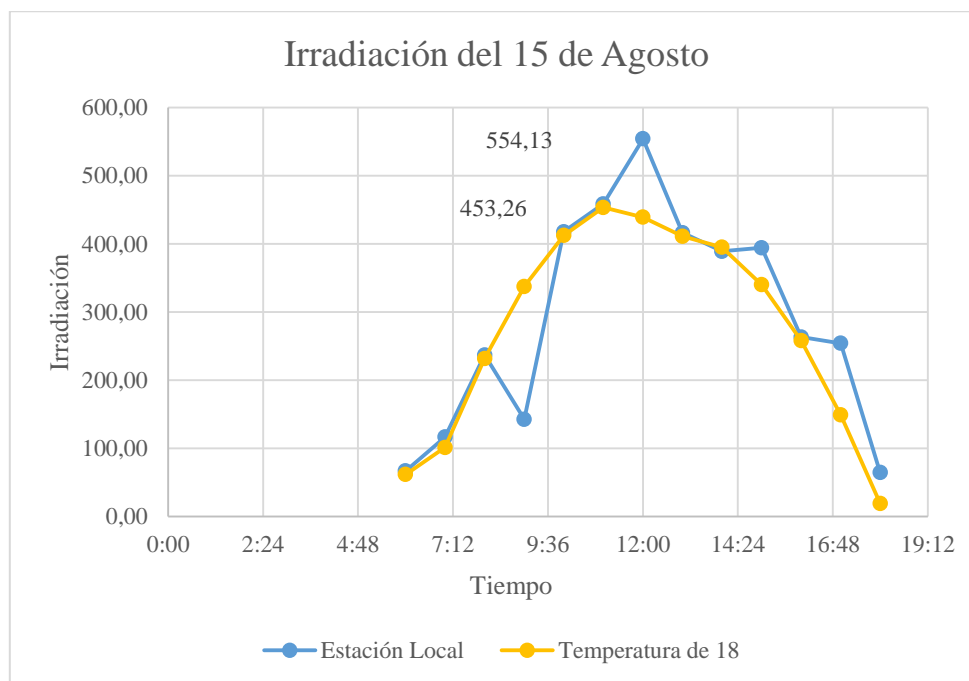


Figura 4.31: Trayectoria de irradiación solar a una Temperatura de 18° del 15 de agosto

En la tabla 4.18 muestra el cálculo del porcentaje de variación entre el método Estación Local vs modelo matemático Hargreaves Samani a una temperatura constante de 18°, dándonos como resultado que el porcentaje de variación de la Estación Local del día 8 de agosto es de 45.22% y la variación del modelo matemático Hargreaves Samani a 30° es de 47.37%, con una diferencia relativa de 2.15%.

Tabla 4.18: Análisis de variación del día 15 de agosto a una Temperatura de 18°

Análisis de Irradiación del 15 de Agosto									Método Hargreaves Samani 18 grados			
Método Estación Local					Método Hargreaves Samani							
Parametros (W/m²)	Máximo	Medio	Mínimo	Promedio	Máximo	Medio	Mínimo	Promedio	Máximo	Medio	Mínimo	Promedio
Datos Generales	347,87	260,05	25,59	232,31	335,93	233,35	14,81	206,14	341,47	238,89	20,35	211,68
Varianza	11033,3788				10055,24751				10055,24751			
Desviación Estandar	105,0398915				100,2758571				100,2758571			
Coefficiente de Variación	0,452158129				0,486437733				0,473707085			
% de coeficiente de variación	45,22%				48,64%				47,37%			
Diferencia relativa de porcentaje	3,43%								2,15%			

4.6.27 Análisis del coeficiente de variación del día 19 de agosto con 18 grados

En la figura 4.32 muestra que la irradiación solar obtenida por la Estación Local es de 574.33 Wh/m^2 , y la irradiación solar calculado por el método de estimación Hargreaves Samani a una temperatura constante de 18 grados con un valor de 490.83 Wh/m^2 a las 12:00 p.m. del día 19 de agosto.

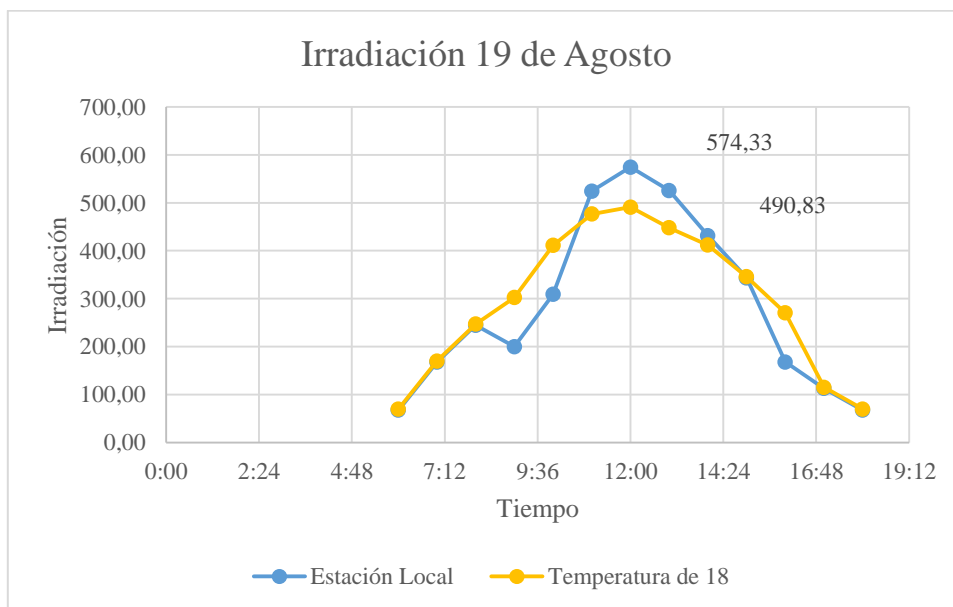


Figura 4.32: Trayectoria de irradiación solar a una Temperatura de 18° del 19 de agosto

En la tabla 4.19 muestra el cálculo del porcentaje de variación entre el método Estación Local vs modelo matemático Hargreaves Samani a una temperatura constante de 30°, dándonos como resultado que el porcentaje de variación de la Estación Local del día 8 de agosto es de 62.86% y la variación del modelo matemático Hargreaves Samani a 18° es de 51.59%, con una diferencia relativa de 11.27%.

Tabla 4.19: Análisis de variación del día 19 de agosto a una Temperatura de 18°

Análisis de Irradiación del 19 de Agosto									Método Hargreaves Samani 18 grados			
Método Estación Local				Método Hargreaves Samani								
Parametros (W/m ²)	Máximo	Medio	Mínimo	Promedio	Máximo	Medio	Mínimo	Promedio	Máximo	Medio	Mínimo	Promedio
Datos Generales	574,33	244,60	67,49	287,37	477,77	289,10	56,71	281,38	490,83	302,16	69,77	294,44
Varianza	32078,90396				23076,26047				23076,26047			
Desviación Estandar	179,1058457				151,9087242				151,9087242			
Coefficiente de Variación	0,623261162				0,539879902				0,515932917			
% de coeficiente de variación	62,86%				53,99%				51,59%			
Diferencia relativa de porcentaje					8,88%				11,27%			

4.6.28 Resultado del modelo Matemáticos Hargreaves Samani a 18 grados vs la Estación Local

En la tabla 4.20 se muestra que después de haber analizado el coeficiente de variación de 4 fechas distintas del 4 al 19 de agosto entre los modelos matemáticos Hargreaves Samani, con referencia al método de la Estación Local de datos de irradiación solar tomados de manera experimental. Se finaliza que este modelo matemático a una temperatura de 18°, es directamente proporcional a la irradiación solar lo que hace que entre más temperatura exista mayor irradiación solar habrá en el sitio.

Tabla 4.20: Comparación del modelo matemático Hargreaves Samani a 18 grados

Análisis de la variación entre los modelos matemáticos Hargreaves Samani vs Estación Local	
Método Estación Local	Método Hargreaves Samani 18 grados
	5,22%

4.6.29 Comparativa del método matemático Hargreaves Samani frente a los métodos existentes

Se comprobará el modelo matemático Hargreaves Samani frente a modelos existentes (NASA, Atlas Solar Mundial) para comprobar que tanto se aproxima este modelo matemático referente a métodos existentes. Como se muestra en el anexo F.

4.6.30 Modelo matemático vs Método NASA, Atlas Solar Mundial

Los modelos existente NASA, Atlas Solar Mundial proporcionan bases de datos de irradiación solar global en un intervalo de una hora por cada día, estos valores de irradiación nos permitirán realizar un análisis entre el modelo matemático de estimación referente a los métodos existentes. Como se muestra en la figura 4.33 se identifica que el modelo matemático Hargreaves Samani se aproxima mucho a la irradiación solar de los métodos NASA, Atlas Solar Mundial.

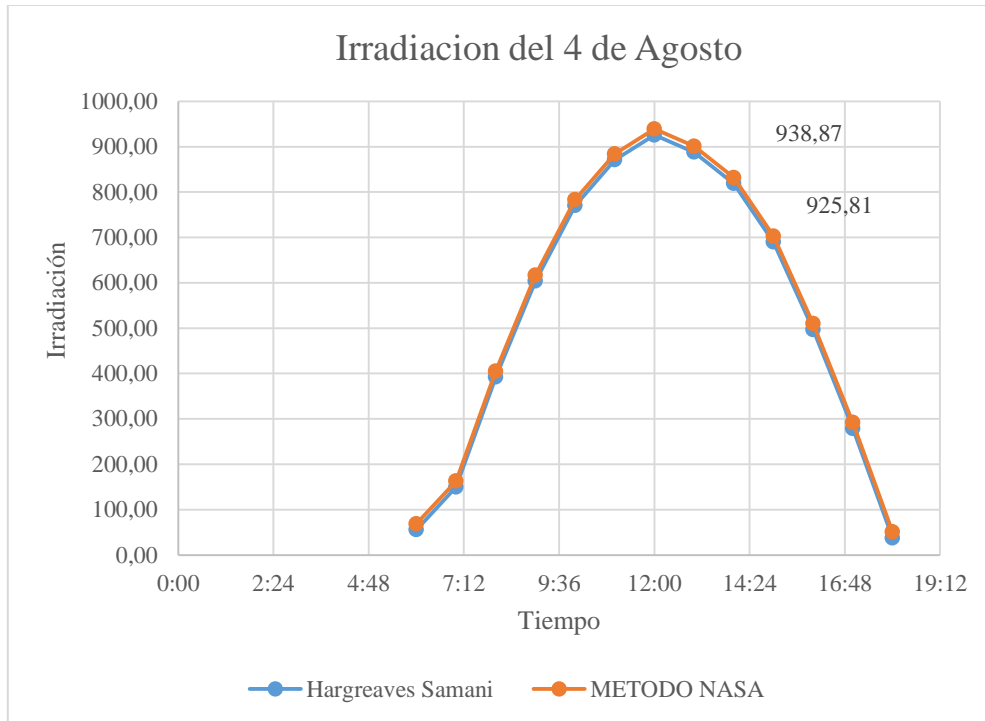


Figura 4.33: Trayectoria de irradiación solar NASA del 4 de agosto

Para el análisis del modelo de estimación matemático referente al método Atlas Solar Mundial es de 60.56% para el modelo matemático y de 60.89% para el método Atlas Solar Mundial, obteniendo un porcentaje relativo de 0.33%. como se muestra en la figura 4.34.

Este porcentaje, y se puede visualizar en la gráfica que el modelo matemático Hargreaves Samani se puede observar que este modelo matemático tiene más cercanía con la trayectoria de la irradiación solar global del método existente Atlas Solar Mundial, conllevando a que el modelo matemático se asemeje más al método Atlas Solar Mundial.

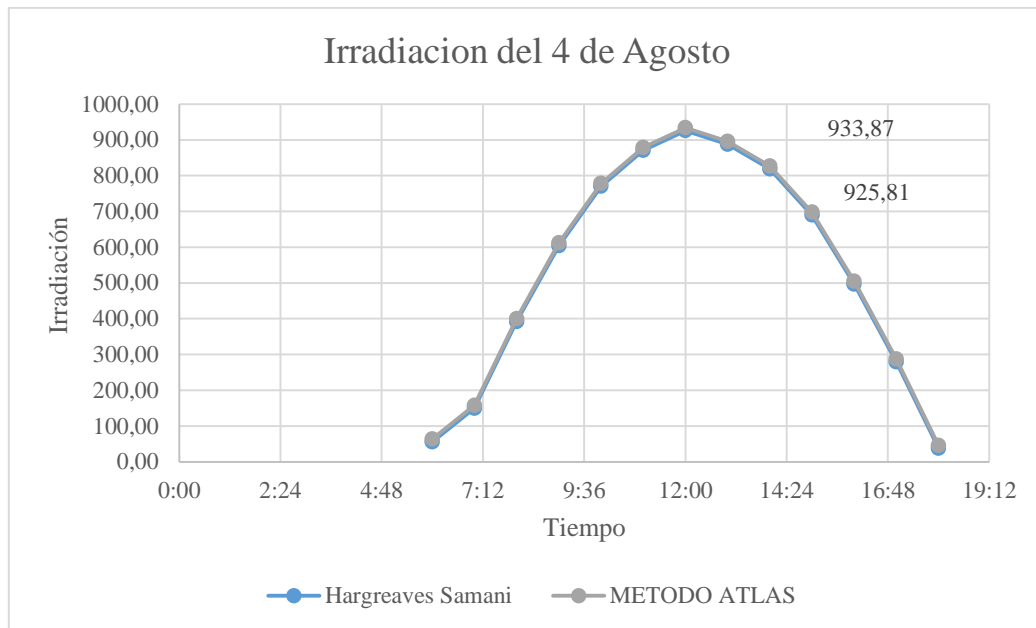


Figura 4.34: Trayectoria de irradiación solar Atlas Solar Mundial del 4 de agosto

4.6.31 Análisis del porcentaje de variación del día 4 de agosto

En la tabla 4.21 se identifica la variación que existe entre los métodos existentes NASA, Atlas Solar Mundial referente al modelo matemático Hargreaves Samani de estimación de irradiación solar en la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Tabla 4.21: Análisis de variación del día 4 de agosto

Análisis de Irradiación del 4 de Agosto												
Método Hargreaves Samani					Método Bristow NASA				Método ATLAS SOLAR			
Parametros (W/m ²)	Máximo	Medio	Mínimo	Promedio	Máximo	Medio	Mínimo	Promedio	Máximo	Medio	Mínimo	Promedio
Datos Generales	925,81	603,62	37,48	536,68	938,87	616,68	50,54	549,74	922,90	600,71	34,56	533,76
Varianza	105637,4021				105637,4021				105637,4021			
Desviación Estandar	325,0190797				325,0190797				325,0190797			
Coefficiente de Variación	0,605616037				0,59122848				0,608922319			
% de coeficiente de variación	60,56%				59,12%				60,89%			
Diferencia relativa de porcentaje					1,44%				0,33%			

La primera variación que existe entre el modelo matemático de estimación referente a método existente NASA es de 59.12%, y de 60.89% para el método Atlas Solar Mundial, finalizando con una diferencia relativa de 1.44% y de 0.33%.

4.6.32 Análisis del 8 agosto de la irradiación Solar

En la figura 4.35 se observa la trayectoria de la irradiación solar del modelo matemáticos frente a la trayectoria solar del método existente NASA para el respectivo análisis

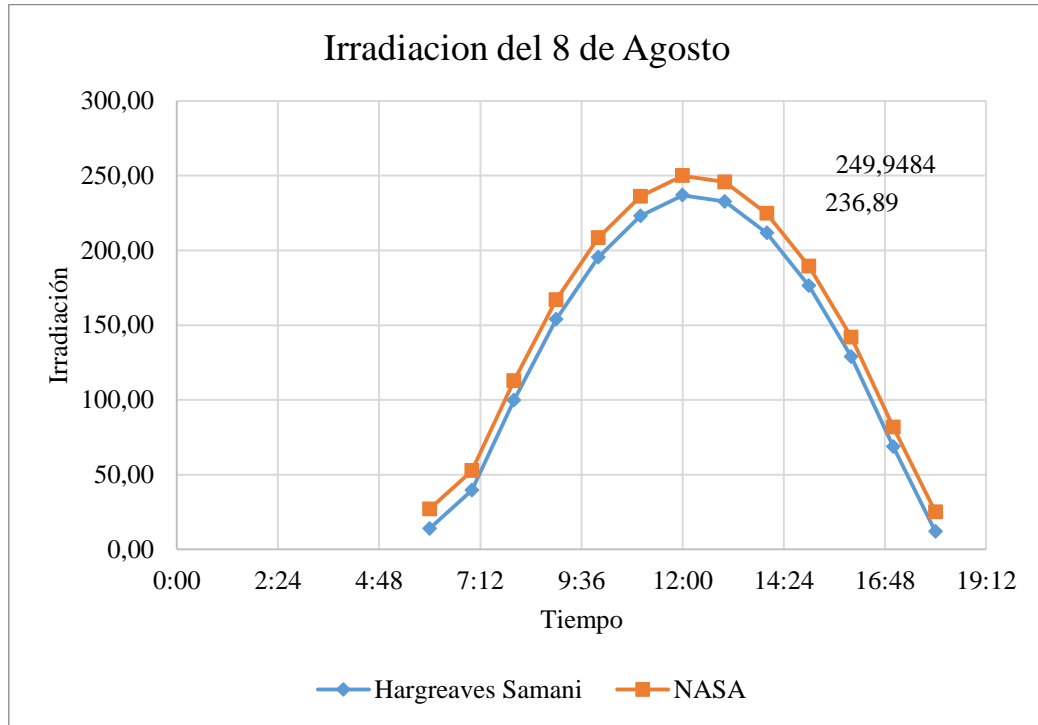


Figura 4.35: Trayectoria de irradiación solar NASA del 8 de agosto

En la figura 4.36 se observa la trayectoria de la irradiación solar del modelo matemáticos frente a la trayectoria solar del método existente Atlas Solar mundial para el respectivo análisis.

Donde se obtuvo la irradiación solar global para el modelo matemático de $236.89 Wh/m^2$, y para el método existente Atlas Solar Mundial con una irradiación solar global de $244.98 Wh/m^2$, se puede visualizar que el método existente tiene mayor proximidad a los datos de la Estación Local que el modelo matemático ya que el método Atlas Solar Mundial utilizan Satélites en puntos específicos para estimar la irradiación solar global en el sitio que deseamos analizar, Este método existente se aproxima más a los datos de la Estación Local y nos sirve más para el estudio que requerimos realizar ya sea para instalación de paneles fotovoltaicos o calderos en la Universidad Técnica de Cotopaxi.

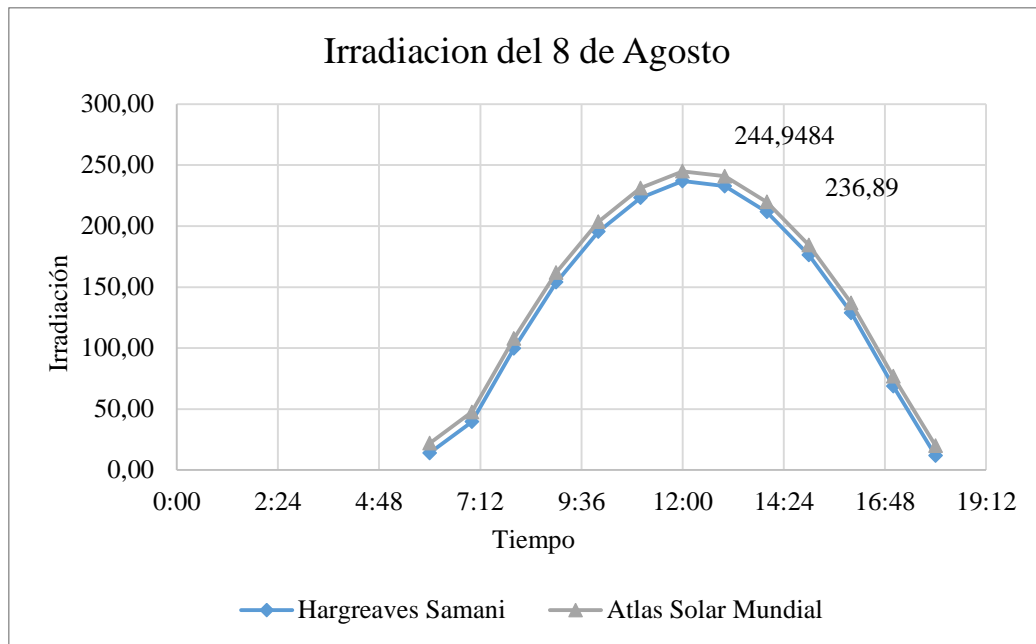


Figura 4.36: Trayectoria de irradiación solar Atlas Solar Mundial del 8 de agosto

4.6.33 Análisis del porcentaje de variación del día 8 de agosto

En la tabla 4.22 muestra un análisis de variación entre el modelo matemático de estimación frente a los modelos existentes, obteniendo una variación de 60.61% para el modelo matemático, 55.36% de variación para el método NASA, y 57.26% para el método Atlas Solar Mundial.

Tabla 4.22: Análisis de variación del día 8 de agosto

Análisis de Irradiación del 8 de Agosto												
Método Hargreaves Samani				Método Bristow NASA				Método ATLAS SOLAR				
Parametros (W/m ²)	Máximo	Medio	Mínimo	Promedio	Máximo	Medio	Mínimo	Promedio	Máximo	Medio	Mínimo	Promedio
Datos Generales	236,89	153,90	11,84	137,88	249,95	166,96	24,90	150,94	244,95	161,96	19,90	145,94
Varianza	6983,085592				6983,085592				6983,085592			
Desviación Estandar	83,56485859				83,56485859				83,56485859			
Coficiente de Variación	0,606085789				0,553643261				0,572611925			
% de coeficiente de variación	60,61%				55,36%				57,26%			
Diferencia relativa de porcentaje					5,24%				3,35%			

Y finalmente obteniendo un porcentaje de variación entre el modelo matemático y la NASA de 5.24%, y de 3.35% para el método Atlas Solar Mundial.

4.6.34 Análisis del 15 agosto de la irradiación Solar

En la figura 4.37 muestra la trayectoria de la irradiación solar para el respectivo análisis de variación.

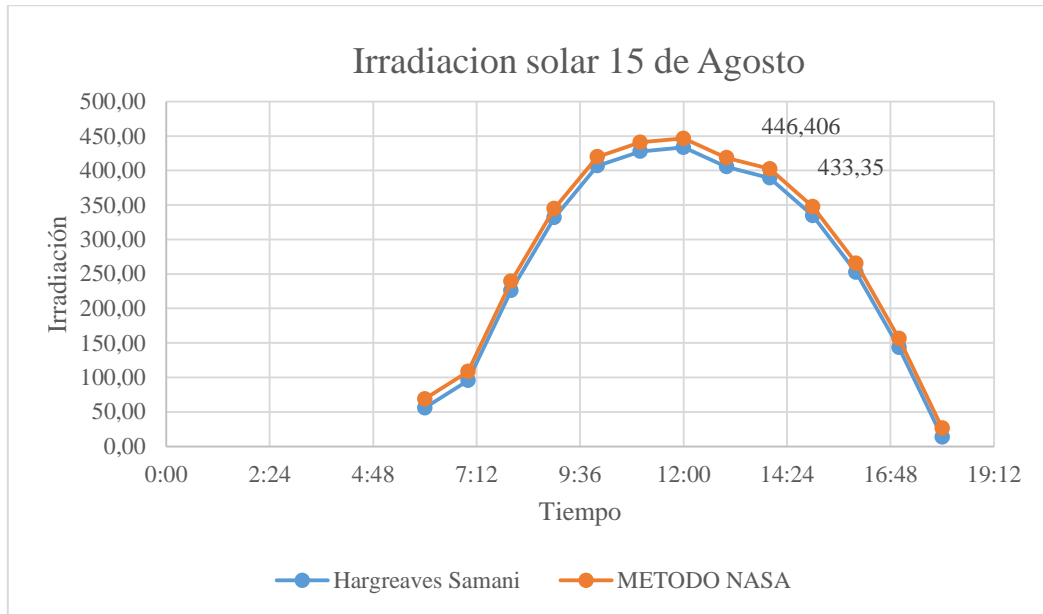


Figura 4.37: Trayectoria de irradiación solar NASA del 15 de agosto

En la figura 4.38 muestra la trayectoria de la irradiación solar para el respectivo análisis de variación.

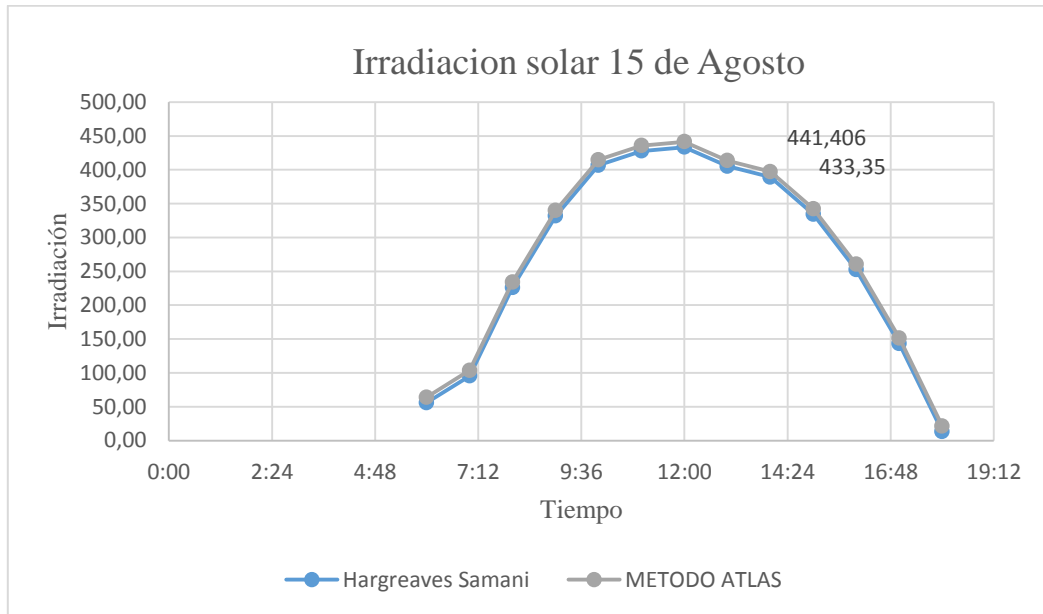


Figura 4.38: Trayectoria de irradiación solar Atlas Solar mundial del 15 de agosto.

4.6.35 Análisis del porcentaje de variación del día 15 de agosto

En la tabla 4.23 muestra que la variación del modelo matemático es de 65.51%, el método NASA tiene una variación de 70.91%, y una variación de 52.48% en el método Atlas Solar Mundial.

Tabla 4.23: Análisis de variación del día 15 de agosto

Análisis de Irradiación del 19 de Agosto												
Método Hargreaves Samani				Método Bristow NASA				Método ATLAS SOLAR				
Parametros (W/m ²)	Máximo	Medio	Mínimo	Promedio	Máximo	Medio	Mínimo	Promedio	Máximo	Medio	Mínimo	Promedio
Datos Generales	477,77	289,10	56,71	281,38	490,83	302,16	69,77	294,44	485,83	297,16	64,77	289,44
Varianza	23076,26047				23076,26047				23076,26047			
Desviación Estandar	151,9087242				151,9087242				151,9087242			
Coefficiente de Variación	0,539879902				0,515932917				0,524845675			
% de coeficiente de variación	65,51%				70,91%				52,48%			
Diferencia relativa de porcentaje					5,40%				13,03%			

Y finalmente tenemos un porcentaje de variación de 5.40% entre el método de estimación frente al método NASA, y una variación de 13.03% entre el modelo matemático vs el método existente Atlas Solar Mundial.

4.6.36 Análisis del 19 agosto de la irradiación Solar

En la figura 4.39 muestra la trayectoria solar del día 19 de agosto del método existente NASA.

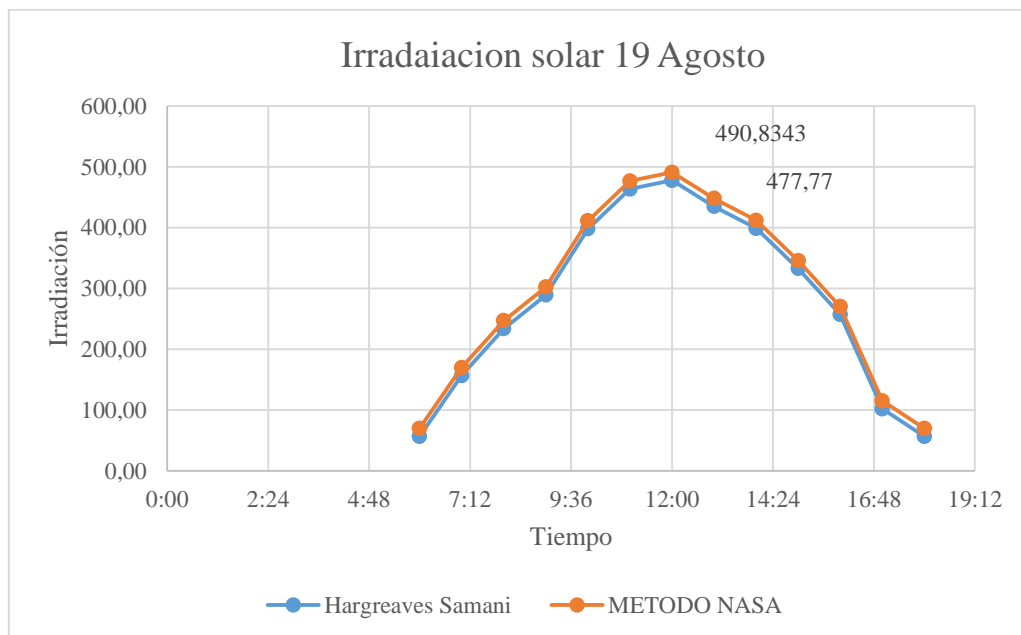


Figura 4.39: Trayectoria de irradiación solar NASA del 19 de agosto

En la figura 4.40 muestra la trayectoria solar del día 19 de agosto del método existe Atlas Solar Mundial.

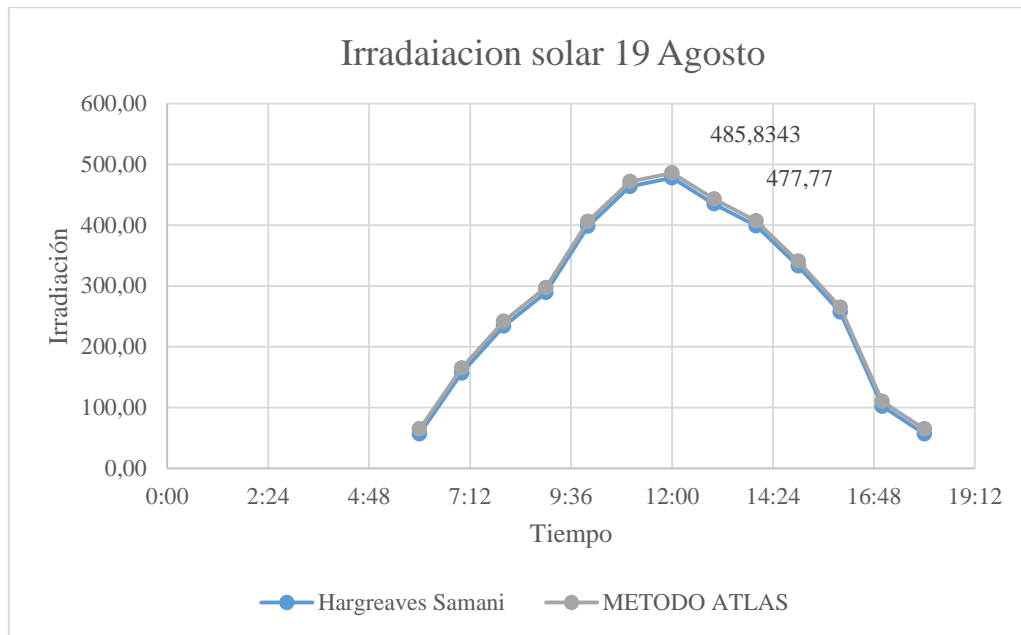


Figura 4.40: Trayectoria de irradiación solar Atlas Solar Mundial del 19 de agosto

4.6.37 Análisis del porcentaje de variación del día 19 de agosto

En la tabla 4.24 se observa que la variación del día 19 de agosto del modelo matemático de estimación es de 53.99%, y una variación de 51.59% para el método existente NASA, y de 52.48% de variación del método Atlas Solar Mundial

Tabla 4.24: Análisis de variación del día 19 de agosto

Análisis de Irradiación del 19 de Agosto												
Método Hargreaves Samani					Método Bristow NASA				Método ATLAS SOLAR			
Parametros (W/m²)	Máximo	Medio	Mínimo	Promedio	Máximo	Medio	Mínimo	Promedio	Máximo	Medio	Mínimo	Promedio
Datos Generales	477,77	289,10	56,71	281,38	490,83	302,16	69,77	294,44	485,83	297,16	64,77	289,44
Varianza	23076,26047				23076,26047				23076,26047			
Desviación Estandar	151,9087242				151,9087242				151,9087242			
Coefficiente de Variación	0,539879902				0,515932917				0,524845675			
% de coeficiente de variación	53,99%				51,59%				52,48%			
Diferencia relativa de porcentaje					2,39%				1,50%			

se identifica el porcentaje de variación que existe entre el modelo matemático de estimación vs el método NASA es de 2.39%, y el porcentaje relativo del modelo matemático vs el método Atlas Solar mundial es de 1.50%.

4.6.38 Resultado de la comparación entre el modelo matemáticos vs métodos existentes

En la tabla 4.25 muestra los resultados que el modelo de estimación de irradiación solar se aproxima más al método existente NASA con un porcentaje relativo del 2.44% más que al método existente Atlas Solar Mundial que se obtuvo un valor relativo de 1.89%. dando como resultado que nuestro modelo matemático se aproxima más al método existente NASA.

Tabla 4.25: Comparación del % relativo entre el modelo matemáticos frente a los métodos existentes

Análisis de Irradiación del 19 de Agosto		
Método Hargreaves Samani	Método NASA	Método ATLAS SOLAR
	2,44%	1,89%

5 CONCLUSIONES

- Para la identificación de los modelos matemáticos para la estimación de irradiación en el campus matriz de la Universidad Técnica de Cotopaxi se la determino mediante una investigación bibliográfica en la cual permiten conocer los modelos de aplicación para el cálculo matemático de irradiación solar.
- En los modelos calculados matemáticamente evidenciamos que cada modelo tiene sus propias variables que le afectan directamente al cálculo de irradiación, la diferencia de variable se encuentra en el modelo Bristow-Campbell debido que la temperatura le afecta directamente en el cálculo de irradiación solar debido que la temperatura es directamente proporcional a la irradiación solar.
- Mediante la presente investigación se determinó que de los cuatro días de comparación de datos en el campus matriz de la Universidad Técnica de Cotopaxi la estimación de irradiación solar por el modelo Hargreaves Samani se determina que existe una diferencia del 6,45% referente a la Estación local por lo cual se puede decir que existe una variación cercana a los datos obtenidos por la estación meteorología instalada.

6 RECOMENDACIONES

- Se recomienda la implementación de un mejor enlace de comunicación entre la Estación Meteorológica y la PC para que la información de los datos de Irradiación Solar sea más eficiente y confiable y que no se pueda extraer la información de la estación.

- Se recomienda un sistema SCADA Entre la Estación Meteorológica y la Pc que permita el control y la adquisición de datos de irradiación solar de una manera automatizada y poder acceder a la información en tiempo real en cualquier ubicación geográfica.
- Para análisis futuros de irradiación solar se recomienda utilizar un periodo mínimo de un año de recolección de datos debido que existe un rango mayor de procesamiento de datos en los cuales se puede obtener un mejor análisis del aprovechamiento del recurso solar con fines de estudios energéticos.

7 REFERENCIAS

- [1] J. Cortés, Caracterización del potencial energético solar del departamento norte de Santander, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Facultad de ingeniería, 2019.
- [2] A. Luque, Handbook of Photovoltaic Science and Engineering, London : Wiley, 2003.
- [3] G. Velasco y E. Cabrera, Generación solar fotovoltaica dentro del esquema de, Escuela Politécnica del Ejército; Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente, 2009.
- [4] M. P. Aparicio, «Radiación solar y su aprovechamiento energético,» Marcombo, Barcelona, 2020.
- [5] C. Raichijk, H. Grossi Gallegos y R. Rugini, Evaluación de un método alternativo para la estimación de valores medios mensuales de irradiación global en Argentina, Argentina : Inta, 2005.
- [6] O. Planas, «Energía solar hisotira,» ezoic, Mexico, 2015.
- [7] J. M. Stella y G. S, Modelando una caja-negra aplicada a la hidrología, Monterrey: Universidad de Connecticut, 2020.
- [8] D. B. D. J. F. D. R. Camayo, Massipe, «Desarrollo del modelo Bristow-Campbell para estimar,» *Redalyc.org*, vol. XXXV, nº 1, pp. 12-12, 2015.
- [9] D. G. V. Revelo, «Validacion de datos satelitales de radiacion solar utilizando mediciones terrestres para el Ecuador,» Escuela Politécnica Nacional, Facultad de ingeniería mecánica, Quito, 2018.
- [10] G. M. J. L. Delgado Orellana; Orellana Samaniego, Estimación de la radiación solar global diaria en el cantón cuenca mediante la aplicación del modelo bristow & campbell, Cuenca: universidad politécnica salesiana sede cuenca, Carrera de Ingenieria Ambiental, 2015.
- [11] A. B. Camilo y R. Best y Brown, «Energía Sol,» *Revista Ciencia*, vol. 1, p. 10, Abril-Junio 2010.
- [12] J. Bohórquez-Ballén, «Radiación ultravioleta,» Ciencia y Tecnología para la Salud Visual y Ocular, España, 2007.
- [13] IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios, «LA RADIACIÓN SOLAR Y SU PASO POR LA ATMÓSFERA,» Bogotá D.C., 2018.

- [14] DGF Universidad de Chile, «Flujos Radiativos,» Chile, 2014.
- [15] LSI LASTEM, «Environmental monitoring solutions,» de *Pyranometers Class B,C*, Italia, LSI LASTEM , 2020-2021, pp. 5-6.
- [16] ITE Instituto de tecnologías educativas, «Efecto del ángulo de incidencia de los rayos solares sobre la irradiancia,» Barcelona, 2015.
- [17] A. Hegedus y Steven, *Handbook of Photovoltaic Science and Engineering*, Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, 2003.
- [18] B. D. A. J. A. F. E. Y. R. B. Camayo; Condezo; Ramos; Massipe; Camayo, «Estimación de la radiación solar global, mediante temperaturas extremas, aplicando el modelo Bristow-Campbell en la región Junín, Perú,» *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, vol. XXVII, n° 4, pp. 1-3, 2019.
- [19] A. F. Lema Escobar, *Diseño de una central fotovoltaica para abastecer la demanda de energía eléctrica a la granja avícola villa ubicada en la latacunga parroquia juan montalvo barrio san josé*, Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi, 2021.
- [20] SunEarthTools.com , «SunEarthTools,» 25 Diciembre 2009-2022. [En línea]. Available: https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php?lang=es#top. [Último acceso: 12 Agosto 2022].
- [21] NASA.gov, «NASA POWER,» 5 8 2021. [En línea]. Available: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>. [Último acceso: 4-19 8 2022].
- [22] SOLARGIS, «Descargue mapas de recursos solares y datos GIS para más de 180 países,» 20 Enero 2022. [En línea]. Available: <https://solargis.com/es/maps-and-gis-data/download/world>. [Último acceso: 15 7 2022].
- [23] International Finance Corporation, «Global Solar Atlas,» 11 Septiembre 2019. [En línea]. Available: <https://globalsolaratlas.info/map?c=-0.932767,-78.617477,11&s=-0.917364,-78.633085&m=site>. [Último acceso: 4-19 8 2022].
- [24] Cedar Lake Ventures, Inc., «WeatherSpark,» 25 Mayo 2018. [En línea]. Available: <https://es.weatherspark.com/y/20034/Clima-promedio-en-Latacunga-Ecuador-durante-todo>.

ANEXOS

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TITULACIÓN

GRADO DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

ANEXO A INFORME DE URKUND



TÍTULO:

EVALUACIÓN TEÓRICA DE LA IRRADIACIÓN SOLAR GLOBAL EN EL CAMPUS
MATRIZ DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

AUTORES:

HUARACA HUARACA JORGE LUIS

IZA QUINGATUÑA BRAYAN ISRAEL



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
ABRIL 2022 – AGOSTO 2022





Document Information

Analyzed document	Tesis irradiacion Huaraca Iza.docx (D143449216)
Submitted	2022-08-31 20:01:00
Submitted by	
Submitter email	jorge.huaraca1781@utc.edu.ec
Similarity	3%
Analysis address	segundo.cevallos.2@analysis.arkund.com

Sources included in the report

SA	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI / TESIS_Cristian Cadena.docx Document TESIS_Cristian Cadena.docx (D143446867) Submitted by: luis.cruz@utc.edu.ec Receiver: luis.cruz@analysis.arkund.com
SA	PLAN DE INVESTIGACION_OYOS HEREDIA_2021-1.pdf Document PLAN DE INVESTIGACION_OYOS HEREDIA_2021-1.pdf (D113407623)
W	URL: https://docplayer.es/81133875-Universidad-politecnica-salesiana-sede-cuenca.html Fetched: 2020-12-20 18:06:03
W	URL: https://solargis.com/es/maps-and-gis-data/download/world Fetched: 2022-08-31 20:01:00
SA	PLAN DE INVESTIGACION TESINA OYOS.pdf Document PLAN DE INVESTIGACION TESINA OYOS.pdf (D110714518)
W	URL: https://www.google.com.ec/maps/place/Universidad+T%C3%A9cnica+de+Cotopaxi/@-0.9178892,-78.6350779,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x91d460483c1c1a3b0x694a14c Fetched: 2022-08-31 20:01:00

Entire Document

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA PROPUESTA TECNOLÓGICA
TEMA: EVALUACIÓN TEÓRICA DE LA IRRADIACIÓN SOLAR GLOBAL EN EL CAMPUS MATRIZ DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero en Electromecánica
AUTORES: Huaraca Huaraca Jorge Luis Iza Quingatuña Brayan Israel
TUTOR: Ing. MSc. Edwin Homero Moreano Martínez
Latacunga – Ecuador Abril 2022 – Agosto 2022

ÍNDICE DE CONTENIDO
1 INFORMACIÓN GENERAL 8 2 INTRODUCCIÓN: 9
2.1 DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA 9
2.2 EL PROBLEMA: 10
2.2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA: 11
2.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA: 12
2.3.1 OBJETO DE ESTUDIO Y CAMPO DE ACCIÓN 12
2.4 BENEFICIARIOS 13
2.5 JUSTIFICACIÓN: 13
2.6 HIPÓTESIS 13
2.6.1 DECLARACIÓN DE VARIABLES 13
Para el desarrollo de la propuesta investigativa se identifica como la variable dependiente la identificación de métodos, y la variable independiente la evaluación teórica. 13
OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES 14
2.7 OBJETIVOS: 14
2.7.1 General: 14
2.7.2 Específicos: 15
2.8 SISTEMAS DE TAREAS en relación a los objetivos planteados 15
3 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA 16
3.1 ANTECEDENTES 16
3.1.1 Métodos matemáticos para determinar la irradiación solar 17
3.2 MARCO REFERENCIAL (Estado del arte) 19
3.2.1 Energía solar 19
3.2.2 Radiación solar en el Ecuador 20
3.2.3 Constante Solar 21
3.2.4 Distancia Sol y la tierra 21
3.2.5 Declinación solar 21
3.2.6 Factor de excentricidad 22
3.2.7 Ángulo de salida del sol al amanecer 23
3.2.8 Ángulo zenit (θ_z) 23
3.2.9 Altitud solar (α) 24
3.2.10 Azimut (ω) 24
3.2.11 Índice de claridad 25
3.2.12 Irradiación solar directa, difusa, albedo y global 25
3.2.13 Piranómetro DPA 154 27
3.2.14 Radiación ultravioleta 29

<https://secure.arkund.com/view/136827122-203492-365100#/>

1/17



3.2.15 Hora de aprovechamiento solar 30
3.2.16 Ángulo de incidencia 31
3.2.17 Perturbaciones 32
3.2.18 Bases de datos de radiación solar 33
3.2.19 Modelo Bristow Campbell 33
3.2.20 Referencias aplicables del modelo Bristow Campbell 34
3.2.21 modelos de estimación de radiación incidente en el Ecuador 35
4 DESARROLLO DE LA PROPUESTA 36
4.1 METODOLOGÍA 36
4.1.1 Selección del Pirómetro DPA154 36
4.1.2 Instalación de la Estación meteorológica 36
4.1.3 Comunicación serial entre la estación meteorológica y la PC 38
4.1.4 Configuración de modo RS-422 o RS-485 39
4.1.5 Características del Software 3DOM 39
4.1.6 Ventana principal 40
4.1.7 TRAYECTORIA SOLAR 43
4.1.8 HORAS PICO DEL SOL HSP 45
4.1.9 MÉTODOS EXISTENTES 46
4.1.10 OBTENCIÓN DE DATOS DE LA IRRADIACIÓN (NASA) 46
4.1.11 Proceso de obtención de datos 46
4.1.12 Parámetro 1 (Selección de área de estudio) 47
4.1.13 Parámetro 2 (Promedio temporal) 48
4.1.14 Parámetro 3 (Coordenadas Geográficas) 48
4.1.15 Parámetro 4 (Período de obtención de datos) 48
4.1.16 Parámetro 5 (Formato de salida de datos) 49
4.1.17 Parámetro 6 (Selección de datos a Obtener) 49
4.2 MÉTODO ATLAS SOLAR MUNDIAL 50
4.2.1 GSA Atlas Solar Mundial 50
4.2.2 Sitio Web Atlas Solar Mundial 50
4.2.3 Buscador del sitio a través de coordenadas 51
4.2.4 Localización del sitio geográfico 51
4.2.5 Características del lugar 52
4.2.6 Datos de irradiación solar 52
4.2.7 Horas pico del sol mediante el método Atlas solar Mundial 53
4.2.8 Promedio de Irradiación solar mediante el método Atlas Solar Mundial 53
4.3 Método de la Estación Meteorológica Instalada en Universidad Técnica de Cotopaxi 53
4.3.1 Configurar un nuevo instrumento 53
4.3.2 Configuración de la comunicación 54
4.3.3 Comunicación del instrumento 55
4.3.4 Configuración de la zona horaria 55
4.3.5 Parámetros de Configuración de almacenamiento de texto 56
4.3.6 Definición del nombre del archivo 57
4.3.7 Descarga de datos 58
4.3.8 Transferencia y almacenamiento de los datos procesados 59
4.3.9 Vista previa de los datos seleccionados para la descarga 59
4.4 ANÁLISIS DE RESULTADOS 60
4.4.1 Cálculo de la constante solar 60
4.4.2 Cálculo de la declinación solar 61
4.4.3 Cálculo del Factor de Excentricidad 61
4.4.4 Ángulo de salida del sol 61
4.4.5 CLIMA PROMEDIO EN LA PROVINCIA COTOPAXI 62
4.4.6 Trayectoria Solar en el sector de San Felipe 63
4.4.8 Base de Datos de la Irradiación solar mediante el método Atlas Solar Mundial 67
4.4.9 Cálculo de las HSP mediante el método Atlas Solar mundial 68
4.4.10 Depreciación de irradiación solar de la estación meteorológica local 69
4.4.11 Base de datos de Irradiación solar de estación meteorológica local 70
4.4.12 Porcentaje de error en los métodos aplicado 72
5 Conclusiones 77
6 Recomendaciones 78
7 Referencias 79
ÍNDICE DE FIGURAS
Figura 2.1: Diagrama Ishikawa causa-efecto del problema 12
Figura 3.1: Instrumentos de medición de Irradiación solar 18
Figura 3.2: Estructura del sol 19
Figura 3.3: Radiación solar en el Ecuador (CONELEC) 20
Figura 3.4: Declinación solar 22
Figura 3.5: Ángulo de salida al amanecer 23
Figura 3.6: Ángulo Zenit 24
Figura 3.7: Altitud solar 24
Figura 3.8: Ángulo Azimut 25
Figura 3.9: Radiación solar 26
Figura 3.10: Irradiación Albedo 27
Figura 3.11: Piranómetro 28
Figura 3.12: Irradiación solar durante un día 30
Figura 3.13: Irradiación del sol y el ángulo de incidencia h 32
Figura 4.1: Pirómetro DPA154 clase B 36
Figura 4.2: Ubicación de la estación meteorológica 37
Figura 4.3: Sensores de monitoreo 37
Figura 4.4: Configuración DTE y DCE 38
Figura 4.5: Comunicación 485 a dos hilos 38
Figura 4.6: Comunicación 485 física a dos hilos 39
Figura 4.7: Interfaz gráfica de parametrización 3DOM 40
Figura 4.8: Navegador de Instrumentos 40
Figura 4.9: Navegador de Instrumentos 41
Figura 4.10: Ventana de configuración del Instrumento 41
Figura 4.11: Ventana de configuración de almacenamiento de datos 42

<https://secure.urkund.com/view/136827122-203492-365100#/>

2/17



Figura 4.12: Barra de estado 42
 Figura 4.13: Biblioteca LSI LASTEM 43
 Figura 4.14: Ventana de parametrización de medida 43
 Figura 4.15: Ventana de parametrización de medida 44
 Figura 4.16: Trayectoria solar de la ciudad de Latacunga 45
 Figura 4.17: Ventana principal NASA POWER 47
 Figura 4.18: Ventana de parametrización 47
 Figura 4.19: Ventana de parametrización 1 47
 Figura 4.20: Ventana de parametrización 2 48
 Figura 4.21: Ventana de parametrización 3 48
 Figura 4.22: Ventana de parametrización 4 49
 Figura 4.23: Ventana de parametrización 5 49
 Figura 4.24: Obtención de Irradiación UVA, UVB 50
 Figura 4.25: Sitio Web Atlas Solar 51
 Figura 4.26: Buscador del sitio 51
 Figura 4.27: Localización de lugar geográfico 52
 Figura 4.28: Características del lugar mediante el Sitio Web Atlas Solar 52
 Figura 4.29: Datos de irradiación solar al día 53
 Figura 4.30: Valor de irradiación en la universidad técnica de Cotopaxi 53
 Figura 4.31: Ventana principal del software 3DOM 54
 Figura 4.32: Configuración de la comunicación serial 55
 Figura 4.33: Parámetros de comunicación 55
 Figura 4.34: Configuración de la zona horaria 56
 Figura 4.35: Configuración de almacenamiento de texto 57
 Figura 4.36: Ventana de configuración del nombre del archivo 58
 Figura 4.37: Pestaña de datos elaborados 58
 Figura 4.38: Ventana de transferencia y almacenamiento de datos 59
 Figura 4.39: Ventana de vista previa de los datos transferidos de irradiación solar 60
 Figura 4.40: Porcentaje de nubosidad del mes de Julio 62
 Figura 4.41: Temperatura en la ciudad de Latacunga 63
 Figura 4.42: Trayectoria solar del 12 de agosto. 64
 Figura 4.43: Irradiación diaria proporcionada por NASA 66
 Figura 4.45: Irradiación diaria proporcionada por Atlas Solar Mundial 68
 Figura 4.46: Horas Pico Sol por el método Atlas Solar Mundial 68
 Tabla 4.7: Base de datos de depreciación de Irradiación solar (Estación Local) 69
 Figura 4.47: Depreciación de Irradiación diaria proporcionada por la estación Universitaria 70
 Figura 4.48: Irradiación diaria obtenida de la estación meteorológica instalada en la Universidad 72
 Figura 4.49: Promedio de error diario entre el método NASA vs Estación Local 73
 Figura 4.50: Promedio de error diario entre el método NASA vs Estación Local 74
 Figura 4.51: Porcentaje de error NASA vs Estación Local 75
 Figura 4.52: Porcentaje de error Atlas Solar Mundial vs Estación Local 75
 Figura 4.53: Gráficas de los métodos analizados 76
 Figura 4.54: Gráfica de error de los métodos analizados 76
 Figura 4.55: Gráfica de error promedio de los métodos analizados 77
 ÍNDICE DE TABLAS Tabla 2.1: Beneficiarios Directos. 13 Tabla 2.2: Beneficiarios indirectos. 13
 Tabla 2.3: Actividades de la variable dependiente. 14
 Tabla 2.4: Actividades de la variable independientes. 14
 Tabla 2.5: Actividades y sistemas en función a los objetivos específicos. 15
 Tabla 3.1: Ventajas y desventajas de los métodos estadísticos y físicos 18
 Tabla 3.2: Características técnicas Piranómetro DPA154 28
 Tabla 3.3: Características de bases de datos mundiales de Radiación solar 33
 Tabla 4.1: Distribución de pines en el módulo TITAN 39
 Tabla 4.2: Modo de operación Half Duplex a 2 hilos sin eco 39
 Tabla 4.3: Métodos existentes para el análisis. 46
 Tabla 4.4: Altitud y Azimut de la trayectoria solar a cada 1 hora del día 64
 Tabla 4.5: Base de datos de Irradiación solar (NASA) 65
 Tabla 4.6: Muestra la base de datos de la irradiación solar del mes de Agosto. 67
 Tabla 4.8: Base de datos de Irradiación solar (Estación Universitaria) 71
 TÍTULO "EVALUACIÓN TEÓRICA DE LA IRRADIACIÓN SOLAR GLOBAL EN EL CAMPUS MATRIZ DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI"
 Autores:
 Huaraca Huaraca Jorge Luis Iza Quingatuña Brayan Israel
 RESUMEN
 En el presente estudio se pretende estimar la irradiación solar global del 4 al 19 de Agosto del presente año mediante los modelos matemáticos Bristow-Campbell, Hargreaves Samani debido a que una imprecisión en la estimación de irradiación solar en la aplicación de los modelos matemático para la comparación de datos obtenidos frente a la Estación Local por lo que se pretende evaluar experimentalmente la que permite tener una base de datos de irradiación solar de dieciséis días del mes de agosto los cuales se analizarán con cuatro fechas distintas para un mejor análisis concluyen con una variación despreciables del 6.45%
 Palabras Claves: Irradiación, modelos
 1 INFORMACIÓN GENERAL Título: Evaluación teórica de la irradiación solar global en

84%

MATCHING BLOCK 1/19

SJ

el campus matriz de la Universidad Técnica de Cotopaxi. Tipo de proyecto: Proyecto Investigativo Fecha de inicio: Abril 2022 Fecha de finalización: Agosto 2022 Lugar de ejecución: Zona 3, Pro auspicio: Ingeniería Electromecánica Proyecto de investigación vinculado:

Proyecto Formativo o Generativo si aplica. Equipo de Trabajo: Ing. MSc. Edwin Homero Moreano Martínez Huaraca Huaraca Jorge Luis Iza Quingatuña Brayan Israel. Área de Conocimiento: Car

67%

MATCHING BLOCK 2/19

SJ

Ingeniería y Profesiones Afines Campo Detallado 0713 Electricidad y Energía, 0714 Electrónica y Automatización Línea de investigación: Energías alternativas y renovables, Eficiencia energética y

DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA El desarrollo e investigación de las energías renovables ha generado nuevas fuentes de electricidad esto con el fin de generar sistemas independientes de energía gran masa de energía sea perfecta para la aplicación en fuentes de energías renovables, la radiación solar emitida a la parte exterior de la atmósfera de la tierra es de 1367 W/m² CITATION Luq



La propagación de la radiación solar es emitida a través de ondas electromagnéticas en el espacio, al momento de pasar por la atmósfera sufren varios cambios producidos por la difusión, reflexión y absorción. La Comisión Nacional de Electricidad (CNE) ha reportado variaciones del 30% a 40% de radiación en algunos lugares dentro del Ecuador. Al existir diversas condiciones atmosféricas dentro de nuestro país debido a la latitud y a las lecturas de la irradiación solar los cuales, por su ubicación, exactitud, por su zona horaria entregan datos erráticos. En Cotopaxi en el cantón de Latacunga según las normas Ecuatorianas de la Comisión Nacional de Electricidad esta información es muy generalizada y no permite realizar un análisis a profundidad en un determinado punto geográfico de la ciudad, con la información obtenida se puede realizar un estudio que encuentre el Campus matriz de la Universidad Técnica de Cotopaxi donde no exista una evaluación teórica de irradiación solar mediante métodos analíticos de estimación de irradiación solar que permitan energías renovables, en la parroquia de Eloy Alfaro en la actualidad para acceder a datos de irradiación solar de una estación meteorológica es muy complejo debido a que los sensores de medición relacionados con el aprovechamiento del recurso solar.

2.2 EL PROBLEMA. En el Ecuador las fuentes renovables no son tan aprovechadas como para el uso que estas brindan, debido a datos inexistentes de irradiación solar en determinados puntos de estimación (Bristow-Campbell, Hargreaves Samani), los cuales permiten calcular una estimación estadística de irradiación solar en una trayectoria de seis de la mañana a seis de la tarde en el Campus Matriz de la Universidad Técnica de Cotopaxi. Mediante los cálculos realizados se presenta una imprecisión en la estimación de irradiación solar con la aplicación de los modelos matemáticos frente a la comparación de datos obtenidos de los cálculos para la realización de un estudio en un punto geográfico.

Hay modelos matemáticos que por aproximación estiman zonas horarias y porcentajes de trabajo solar, estas a su vez no brindan la correcta estimación de irradiación solar adecuados, por lo que en Cotopaxi, con los resultados calculados y estimados de los modelos matemáticos se podrá estimar un modelo matemático que se aproxime a los datos de la Estación Local, con la adquisición de campus matriz de la Universidad Técnica de Cotopaxi 2.2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA. En la figura 2.1 se presenta el diagrama de Ishikawa, en el cual se analiza la problemática existente para analizar que modelo existente se aproxima más a la estación.

Figura 2.1: Diagrama Ishikawa causa-efecto del problema.

2.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA: Imprecisión en la estimación de irradiación solar en la aplicación de los modelos matemáticos para la comparación de datos obtenidos de la Estación local.

2.3.1 OBJETO DE ESTUDIO Y CAMPO DE ACCIÓN 2.3.1.1 Objeto de estudio La irradiación solar en el campus matriz de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

2.3.1.2 Campo de acción La comparativa del porcentaje de desviación entre los modelos matemáticos (Bristow-Campbell, Hargreaves Samani), frente a la Estación Local.

2.4 BENEFICIARIOS Los beneficiarios directos de la propuesta investigativa serán los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Electromecánica, Eléctrica e Hidráulica de la Universidad Técnica de Cotopaxi 2000.

Tabla 2.1. Beneficiarios Directos. BENEFICIARIOS DIRECTOS Estudiantes de la carrera de Ingeniería en Electromecánica, Eléctrica e Hidráulica de la Universidad Técnica de Cotopaxi 2000

Tabla 2.2. Beneficiarios indirectos. BENEFICIARIOS INDIRECTOS Las comunidades e instituciones dedicadas para el estudio de irradiación solar.

2.5 JUSTIFICACIÓN:

La radiación solar determina el balance energético de la Tierra y juega un papel importante en procesos naturales como la evaporación del agua atmosférica, la humedad del aire y del suelo, así como el ciclo del agua.

[4] Principio del formulario

La pequeña cantidad de información sobre la radiación solar es de interés mundial y se estima que alrededor de una quinta parte de las estaciones meteorológicas del mundo realizan observaciones. La propuesta investigativa se centrará en el estudio de irradiación solar desde el inicio de su ciclo solar hasta el final, estos datos van a ser aprovechados a fin de obtener una comparativa de los resultados calculados frente al equipo meteorológico instalado en el campus matriz de la Universidad Técnica de Cotopaxi la cual brinda varias magnitudes de medición que son Temperatura, velocidad del viento, humedad relativa, etc.

2.6 HIPÓTESIS Mediante la evaluación teórica de la irradiación solar permitirá la identificación del método (Bristow-Campbell, Hargreaves Samani) que tiene la mayor aproximación referente a la radiación solar.

2.6.1 DECLARACIÓN DE VARIABLES Para el desarrollo de la propuesta investigativa se identifica como la variable dependiente la identificación de métodos, y la variable independiente la evaluación de los métodos.

OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES Operacionalización de la variable dependiente
Tabla 2.3. Actividades de la variable dependiente. Variable dependiente Conceptualización Unidad Técnicas o instrumentos Irradiación Solar Es el flujo de energía emitida por la radiación solar en un punto geográfico.

Operacionalización de la variable independiente Tabla 2.4. Actividades de la variable independiente.

Variable Independiente Conceptualización Unidad Técnicas o instrumentos Declinación solar La declinación solar es el ángulo entre la línea sol-tierra y el plano ecuatorial del cielo. * Modelos matemáticos de irradiación solar.

Factor de excentricidad Es la relación anual de la distancia media de la Tierra al Sol. Ángulo de salida al amanecer.

Es el ángulo que forman los primeros rayos del sol con el horizonte terrestre al amanecer. *

Irradiación solar extraterrestre

Es la cantidad total de energía solar por unidad de área fuera de la atmósfera terrestre en un momento dado. Wh/m² Índice de claridad

Es la relación entre la radiación solar reflejada en la superficie terrestre y la radiación superficial extraterrestre. Fracción difusa

La reflexión difusa es el reflejo de la luz en una superficie. Radiación difusa

La radiación difusa es la radiación recibida de la atmósfera por dispersión parcial de la radiación solar en la atmósfera. Wh/m² Irradiancia directa La radiación solar alcanza la superficie terrestre

inclinado Evaluación de la radiación incidente en superficies inclinadas Wh/m² Radiación solar difusa en un plano inclinado Radiación que cae sobre una superficie inclinada después de perderse al ser reflejada en un período de tiempo determinado. °C Temperatura mínima La temperatura más baja medida durante el período de observación. °C

2.7 OBJETIVOS 2.7.1 General

Evaluar teóricamente la irradiación solar diaria mediante la aplicación de los modelos (Bristow-Campbell, Hargreaves Samani) para determinar la aproximación de un modelo que mejor estime la irradiación solar.

2.7.2 Específicos • Identificar los métodos matemáticos de irradiación solar mediante la investigación bibliográfica. • Analizar las variables que intervienen en la irradiación solar mediante cálculos matemáticos.

2.8 SISTEMAS DE TAREAS en relación a los objetivos planteados Tabla 2.5. Actividades y sistemas en función a los objetivos específicos.

Objetivos Específicos Actividad Resultados de la actividad Métodos – Técnicas

Objetivo 1 Identificar los métodos matemáticos de irradiación solar mediante la investigación bibliográfica. a.- Identificación del modelo Bristow-Campbell. Desarrollo del modelo matemático 1

b.- Identificación del modelo Hargreaves Samani. Desarrollo de los modelos matemáticos Investigación bibliográfica

Objetivo 2 Analizar las variables que intervienen en la irradiación solar mediante cálculos matemáticos. a.- Interpretación de las variables que afectan directamente a la irradiación solar. Declinación solar

b.- Identificación de las variables que afectan en cada modelo matemático.

Temperatura máxima y mínima, la suma de irradiación solar directa, difusa, albedo.

Investigación bibliográfica

Objetivo 3 Aplicar la comparación entre los métodos matemáticos para conocer la desviación que presenta frente a los datos obtenidos de la Estación Local a.- Comparación de desviación con los datos de la Estación Local

Análisis analítico

b.- Comparación de modelo que más se aproxima a los datos de la Estación Local. Comparación del porcentaje de desviación frente a la Estación Local. Análisis analítico

3 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

3.1 ANTECEDENTES En la rama de meteorología, una de las principales variables a medir es la de la radiación solar. Por medio de cálculos de intercambio de calor entre un cuerpo y su medio se puede determinar la radiación solar.

• Radiación • Conducción • Convección

La energía del sol históricamente se la utiliza a partir del año de 1767. En dicho año se inventaría el heliotermómetro por parte del científico Horace Benedict De Saussure. Este instrumento capta la radiación solar y la convierte en energía mecánica a partir de la energía solar, el científico Auguste Mouchout intentaba descubrir por primera vez el potencial fotovoltaico por parte del señor Alexandre Edmond Becquerel experimentando con electrodos de platino y fuentes de voltaje de corriente directa.

radiación solar, se genera una caída de tensión, creando de esta manera la primera celda fotovoltaica a base de selenio. Años más tarde en 1953, descubren la celda solar hecha con silicio. A día de hoy la tecnología fotovoltaica, debido principalmente al bajo costo de adquisición de energías no renovables. Desde ese momento solo se utilizaba energía solar en el sector industrial por su alto valor.

3.1.1 Métodos matemáticos para determinar la irradiación solar 3.1.1.1 Métodos estadísticos modelo de la Caja Negra El primer método, compuesto por diferentes modelos desarrollados entre 2 y 10 años, para el mismo punto e instante. Se los denomina métodos estadísticos CITATION Det15 \l 3082 [7]. El modelo estadístico es muy simple y fácil de usar. Sin embargo, su eficiencia o precisión es baja.

3.1.1.2 Métodos físicos modelo de transferencia de radiación El segundo método consta de varios modelos básicos publicados entre 2019 y 2020, que se basan en el modelo de transferencia de radiación en un medio homogéneo y transparente. En cualquier caso, la consideración más importante es que el mejor método a utilizar es el que mejor se ajuste a las condiciones de radiación solar.

3.1.1.3 Ventajas y desventajas de los métodos estadísticos y físicos En la tabla 3.1 muestra las ventajas y desventajas de los métodos estadísticos y físicos de obtención de irradiación solar.

Tabla 3.1. Ventajas y desventajas de los métodos estadísticos y físicos Métodos Ventajas Desventajas Estadísticos -No depende de datos meteorológicos. -Calibración en los instrumentos. -Necesita de datos meteorológicos.

Físicos -No necesita datos de radiación en una superficie horizontal.

-Necesita de datos meteorológicos. -Calibración en los sensores.

3.1.1.4 Métodos directos de estimación de irradiación solar En ciertas condiciones astronómicas, la obtención de datos de los días es tan grande que la irradiación solar global solo puede estimarse como el promedio de valores diarios de radiación global para este mes y para varios años. Como se muestra en la figura 3.1.

Figura 3.1. Instrumentos de medición de irradiación solar CITATION Mig20 \l 3082 [8]

3.1.1.5 Métodos empíricos directos de estimación de radiación solar Desde los inicios del siglo XX, se han realizado esfuerzos para establecer fórmulas simples que estiman la radiación solar global que dependen de la densidad de flujo diario de radiación global. Como se muestra en la ecuación 3.1. $H_g = a + bN$ (3.1) Donde: H_g = Coeficiente de nubes de 0.2 H_e = Coeficiente de nubes de 0.

3.2 MARCO REFERENCIAL (Estado del arte) 3.2.1 Energía solar

El sol es la estrella que permanece al sistema solar al igual que la Tierra, es un conjunto de gases calientes que giran verticalmente, provocando que los gases más pesados se dirijan hacia el centro del sol CITATION Mig20 \l 3082 [8].

Figura 3.2. Estructura del sol CITATION Mig20 \l 3082 [8]

La energía solar es la energía producida por el sol y transmitida por radiación hasta llegar a la tierra. Es un tipo de energía renovable que pretende ser obtenida por los humanos para su uso y explotación.

<https://secure.urkund.com/view/136827122-203492-365100#/>

4/17



3.2.16 Ángulo de incidencia El flujo de radiación solar tiende a disminuir a medida que los rayos solares se alejan de la posición vertical con respecto a la superficie terrestre. Este proceso se lo llama mientras que el flujo sigue siendo constante, esto debido al posicionamiento del sol y las sombras que se generan CITATION ite15 \l 12298 [14]. • Variación de la distancia de radiación. - Mientras CITATION ite15 \l 12298 [14]. En la siguiente figura 3.13 se observa la proyección de los rayos solares al medio día y su desplazamiento en el transcurso de este:

Figura 3.13. Irradiación del sol y el ángulo de incidencia h CITATION ite15 \l 12298 [14]

Las flechas de color amarillo representan el flujo de radiación hacia el plano horizontal de la superficie, por geometría y posicionamiento del sol con respecto al eje de la Tierra, los rayos solares extienden sobre un área mayor CITATION ite15 \l 12298 [14].

3.2.17 Perturbaciones 3.2.17.1 Efecto de sombras Para obtener el máximo aprovechamiento energético durante el transcurso del día, es de vital importancia evitar a toda costa el llamado efecto Distancia mínima. - Por lo general este término hace referencia cuando se utiliza captadores fotovoltaicos y tiene que ver con la distancia que existe entre los captadores con respecto a la supe

inclinación tienden a generar sombras que perturban el ambiente. Hay que tener en cuenta la posición y distancia entre ellos CITATION ite15 \l 12298 [8]. • Pérdidas de sombreado. - Este valor 3.2.18 Bases de datos de radiación solar Con el uso de dispositivos y modelos matemáticos, científicos a nivel mundial han desarrollado varias plataformas y bases de datos que permiten al usua

nivel mundial. Tabla 3.3. Características de bases de datos mundiales de Radiación solar CITATION ite15 \l 12298 [14].

97%

MATCHING BLOCK 8/19

SI

12298 [9] NOMBRE REGISTRO RESOLUCIÓN TEMPORAL COBERTURA ESPACIAL RESOLUCIÓN ESPACIAL NASA Surface Meteorology and Solar Energy 1983-2005 Promedio diario, mensual y Horario Estados Unidos Malla de 10Km por 10Km Management and Exploitation of Solar Resource Knowledge 1991-2006 Horario Europa, Oeste de Asia, África, Australia y Sudamérica 2.5 Km G las longitudes 25°W y 175°W, y entre las latitudes -20°S y 60°N Malla de 4Km por 4Km 3.2.19

Modelo Bristow Campbell El modelo de Bristow Campbell es uno de los modelos más utilizados para estimar la irradiancia solar, debido a la facilidad de encontrar variables a utilizar. Inicialment temperatura máxima y mínima (amplitud de temperatura) y la precipitación durante el día se utiliza como variable de entrada en el modelo CITATION ite15 \l 3082 [7]. La irradiancia solar diaria: alcanzable de cero ocurre en días completamente nublados y la máxima alcanzable son eventos extraterrestres. Se supone que la temperatura mínima aumentará con la emisión de nubes, y po más cortas y las temperaturas mínimas disminuye debido a una mayor transmitancia, por lo que se toma la diferencia entre temperaturas máximas y mínimas como indicador de nubosidad CIT que varía y depende de la altitud, el contenido celular y la contaminación del aire en el área de estudio. Los parámetros b y c determinan el efecto de un aumento de T sobre el valor máximo de para un lugar determinado CITATION ite15 \l 3082 [7].

3.2.20 Referencias aplicables del modelo Bristow Campbell El modelo se aplica en varios países del mundo, en la sierra central de Bolivia, y lo consideran aceptable, ya que tiene un error mínimo. Para determinar las constantes a, b y c, se realiza una ecuación lineal en función de las constantes que afectan a ΔT , donde el valor de cada constante está determinado por las medidas combin el modelo de Bristow y Campbell es una de las condiciones más idóneas para el Perú. Cabe señalar que el coeficiente a utilizado en el modelo representa la suma de los coeficientes a y b del m obteniendo un excelente rendimiento del modelo de Bristow Campbell, que proporciona predicciones con un error absoluto medio (MAE) de aproximadamente 2,7 MJm⁻²día⁻¹, que es la medid comenzó antes de que lloviera. Consideran predicciones que están fuera del rango de aislamiento térmico del sol, en valores que se estiman negativos o superiores a la radiación extraterrestre (3.2.21 Modelos de estimación de radiación incidente en el Ecuador A diferencia de muchos países, Ecuador no utiliza el modelo de Bristow y Campbell para estimar la radiación solar. Aunque se Generación Eléctrica publicado por CONELEC 2008. Este fue desarrollado por la Corporación para la Investigación en Energía CIE, utilizando información proporcionada por el Laboratorio Nac

realizó su validación. En las provincias de Oro, Loja y Zamora Chinchipe, utilizaron el "modelo hotelero", que se basa en datos del análisis de nubes durante el día, pero solo toman en cuenta GQES para estimar la radiación solar, que se generó a partir de la información del radiómetro satelital de ancho de banda característico, donde estimaron la radiación solar. Cielo en cada píxel d coordenadas en la imagen. En este modelo, los errores de estimación son bien conocidos en comparación con la medición piroométrica debido a una variedad de problemas, el más famoso d variables de irradiancia global medida, radiación extraterrestre, número de horas de luminosidad solar (heliofanía), duración del día a partir del coeficiente astronómico y experimental que repres en cuenta las constantes de regresión obtenidas por calibración CITATION ite15 \l 3082 [7].

4. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

4.1 Materiales y Métodos En la propuesta investigativa se analizó los métodos Bristow-Campbell, Hargreaves Samari de cálculo de irradiancia solar, con el propósito de analizar la desviación qu los métodos existentes NASA, Atlas Solar Mundial de esta manera se propone estimar la irradiancia solar en el sector de San Felipe.

Tipos de Investigación Bibliográfica En este método está enfocado en la adquisición de información bibliográfica necesaria para el desarrollo de la propuesta investigativa, con la cual se analizó declinación solar, factor de excentricidad, ángulo de salida del sol al amanecer, irradiancia directa, irradiancia difusa, irradiancia albedo, que afectan directamente en la estimación de irradiancia ecuación 4.1 muestra el método de aproximación de irradiancia Solar Global.

$$H_g = H_0(1 - e) \sin \delta - T_{\min} - T_{\min} c \quad (4.1)$$

H_g = Radiación solar Wh/m²; H₀ = Radiación solar extraterrestre Wh/m²; T_{max} = Temperatura máxima promedio mensual °C; T_{min} = Temperatura mínima promedio mensual °C; a, b y c = Coefic G(β, α) = Radiación Solar Global Wh/m²; H(β, α) = Radiación Solar Directa Wh/m²; D(β, α) = Radiación Solar Difusa Wh/m²; AL(β, α) = Radiación Solar Albedo Wh/m². Experimental Mediante el métc irradiancia con referencia a los métodos de estimación y existentes, con el propósito de conocer que método proporciona la mejor estimación de irradiancia solar global en el sector de San Fel determinar las falencias, e inconvenientes que se generan para el cálculo de irradiancia solar global para registro de información para la comparación de los datos calculados analíticamente frer Deductivo Mediante este método se determinó los valores de irradiancia solar global existente en la Universidad Técnica de Cotopaxi con los métodos de estimación Bristow-Campbell, Hargre NASA, Atlas Solar Mundial.

4.2 Técnicas Observación

Mediante la técnica de observación permitirá identificar las variables como declinación solar, factor de excentricidad, índice de claridad, ángulo de salida al amanecer, latitud, irradiancia en un pl que se asemeje a la Estación Local. Medición La técnica de medición permite asociar números con cantidades y fenómenos físicos, mediante los cálculos analíticos de los modelos Bristow-Car permiten la obtención de datos de irradiancia solar a través de las coordenadas geográficas en el punto que queramos analizar. Declinación solar Para el cálculo de la declinación solar utilizar $\delta = 23.45^\circ \sin 360^\circ (\text{dn} + 284) / 365$ (4.3) δ = Declinación Solar en grados °; dn = Días del año;

Ángulo de Salida del Sol al Amanecer En la ecuación 4.4 muestra como determinar el ángulo de salida del sol al amanecer.

$$\omega_s = -\arccos(-\tan \phi \tan \delta) \quad (4.4)$$

ω_s = Ángulo de Salida del Sol al Amanecer en grados °; δ = Ángulo de declinación solar en grados °; ϕ = Latitud del lugar en grados °.

Factor de Excentricidad En la ecuación 3.5 muestra la fórmula de como calcular el factor de Excentricidad.

$$e_0 = 1 + 0.033 \times \cos 360^\circ \times \text{dn} / 365 \quad (4.5)$$

e_0 = Factor de Excentricidad; dn = Días del año;

Irradiancia Solar Extraterrestre En la ecuación 3.6 muestra como calcular la irradiancia Solar Extraterrestre.

$$H_0 = 1712 \left(1 - e_0 \right) \sin \delta - \left(\cos \phi \cos \delta \sin \omega_s \right) \quad (4.6)$$

H₀ = Irradiancia Solar Extraterrestre Wh/m²; T = Valor de un día 24 h; I₀ = Constante Solar 1367 W/m²; e_0 = Factor de Excentricidad; ϕ = Latitud en grados °; δ = Declinación Solar en grados °;

Índice de Claridad En la ecuación 3.7 muestra la fórmula para determinar el Índice de Claridad del Sol.

$$K_{TM} = G_0 / H_0 \quad (4.7)$$

K_{TM} = Índice de Claridad del Sol; G₀ = Irradiancia solar en un plano horizontal Wh/m²; H₀ = Irradiancia Solar Extraterrestre Wh/m²;

Fracción difusa En la ecuación 4.8 Muestra como determinar la Fracción Difusa.

$$FD_M = 1 - 1.13 K_{TM} \quad (4.8)$$

FD_M = Fracción Difusa; K_{TM} = Índice de Claridad del Sol;

Irradiancia Difusa en un plano horizontal En la ecuación 4.9 muestra como determinar la radiación Difusa

$$D_0 = FD_M \cdot G_0 \quad (4.9)$$

D₀ = Irradiancia Difusa Wh/m²; FD_M = Fracción Difusa; G₀ = Irradiancia solar en un plano horizontal Wh/m²;

Irradiancia Directa en un plano horizontal En la ecuación 4.10 muestra como calcular la irradiancia Directa en una superficie horizontal que queramos analizar.

$$H_{dm}(\alpha) = G_0 - D_0 \quad (4.10)$$

H_{dm}(α) = Irradiancia Directa en un plano horizontal Wh/m²; G₀ = Irradiancia solar en un plano horizontal Wh/m²; D₀ = Irradiancia Difusa Wh/m²;

Factor de corrección para paneles solares inclinados En la ecuación 3.11 muestra como determinar el cálculo del factor de corrección para paneles solares en un plano inclinado.

$$K = \omega_s \sin \theta \sin \phi + \cos \delta \cos \phi - \beta \sin(\omega_s) \sin \theta \sin \phi + \cos \delta \cos \phi \sin(\omega_s) \quad (4.11)$$

K = Factor de corrección para paneles solares inclinados; ω_s = Ángulo de Salida del Sol al Amanecer en grados °; θ = Latitud en grados °; δ = Declinación Solar en grados °; β = Ángulo de inclinación Solar Directa En la ecuación 4.12 muestra como calcular la radiación solar directa. H(β, α) = H_{dm}(0) · K (4.12)

H(β, α) = Irradiancia solar directa Wh/m²; H_{dm}(0) = Irradiancia Directa en un plano horizontal Wh/m²; K = Factor de corrección para paneles solares inclinados;

Irradiancia Solar Difusa En la ecuación 4.13 muestra como hallar la irradiancia solar difusa. D(β, α) = D₀ × 1 + cos(β) (4.13)

D(β, α) = Irradiancia Solar Difusa Wh/m²; D₀ = Irradiancia Difusa Wh/m²; β = Ángulo de inclinación del panel solar en grados °;

Irradiancia Solar Albedo En la ecuación 4.14 muestra como determinar la irradiancia solar albedo. AL(β, α) = p · G₀ · 1 - cos(β) (4.14)

AL(β, α) = Irradiancia solar Albedo Wh/m²; p = Reflectividad del suelo; G₀ = Irradiancia solar en un plano horizontal Wh/m²; β = Ángulo de inclinación del panel solar en grados °;

Irradiancia Solar Global En la ecuación 4.15 muestra cómo se determina la irradiancia solar global. G(β, α) = H(β, α) + D(β, α) + AL(β, α) (4.15) G(β, α) = Irradiancia Solar global Wh/m²; H(β, α) = Irradiac

<https://secure.urkund.com/view/136827122-203492-365100#/>

6/17



Ecuaciones del método Bristow-Campbell Irradiación Solar Extraterrestre En la ecuación 4.16 muestra como calcular la irradiación solar extraterrestre.

$$H_o = 24 \times 3600 \pi G_s \times E_0 \cos \theta \sin \omega + \pi 180 \omega \sin \theta \sin(\delta) \quad (4.16)$$

Ho = Irradiación Solar Extraterrestre en grados °, Gs = Angulo de Salida del Sol al Amanecer en grados °, E0 = Factor de Excentricidad, θ = Latitud en grados °, δ = Declinación Solar en grados °, Irradiación Solar global En la ecuación 4.17 muestra como calcular la irradiación solar global con el método Bristow-Campbell. $H_g = H_o \alpha (1 - e - b \max(-\min c, 4.17))$ Hg = Radiación solar Wh/m²: I PICO DEL SOL HSP Para el cálculo de las Horas Píco del Sol utilizaremos la ecuación 4.18 de la cual despejaremos la incógnita HSP (h). $H = I^*HSP$ (4.18) Donde: H. Es La irradiación promedio y su comportamiento de los métodos de estimación y existentes frente a los datos de irradiación solar proporcionados por la Estación Local instalada en el campus Matiz de la Univers

comportamiento de irradiación.

4.3 Instrumentos Piranómetro DPA154

Para la adquisición de datos en tiempo real se seleccionó un pirómetro de clase B con un rango de precisión diaria de la OMM (Organización Meteorológica Mundial) de $\pm 5\%$ y con un rango es

Meteorológica Local en el campus matriz de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Tabla 4.1. Características técnicas Piranómetro DPA154 PN DPA154 Producción μV Sensibilidad 10 = 15 μV

91%	MATCHING BLOCK 9/19	SJ
W/m ² Rango de medición Cable 0 – 4000 W/m ² L = 10 m Registrador de datos Compatibilidad Registro M (ELO008) Alpha – Log (usando el módulo ALIEM) Registro electrónico		

92%	MATCHING BLOCK 10/19	SJ
Clasificación ISO 9060 2018 Clase B espectralmente plana (primera clase) Clasificación IEC 61724–1:2017 Clase B Nivel de rendimiento de la OMM Piranómetro de buena calidad Estimación:		

de la

79%	MATCHING BLOCK 19/19	SJ
precisión alcanzable para las sumas diarias de la OMM $\pm 5\%$ Rango espectral 285–3000nm Inestabilidad θ gt; $\pm 1\%$ (diferencia por año) Tiempo de respuesta 16 segundos No linealidad θ gt; $\pm 1\%$		

Respuestas direccionales Repuesta de temperatura Rango de irradiación θ gt; ± 20 W/m² θ gt; $\pm 4\%$ (-10 – 400 C) 0 – 4000

92%	MATCHING BLOCK 11/19	SJ
W/m ² Offset cero (respuesta a una radiación térmica neta de 200 W/m ²) θ gt; 12 W/m ² Compensación cero b (respuesta a un cambio térmico de 5 K/h) θ gt; ± 3 W/m ² Suministro con cada ser		

Desarrollo Método Estación Local

Esta estación cuenta con tres sensores los cuales se encargan del monitoreo de las variables de temperatura, velocidad del viento e irradiación solar, Esta esta estación estará enlazada mediante Figura 4.1: Sensores de monitoreo. La Estación Local nos proporcionó una muestra de datos de 16 días del 4 de agosto del presente año con un registro de datos de cada 10 minutos pc Como se muestra en la tabla 4.2. Los datos obtenidos de la estación local se dividen en datos, datos despreciables los cuales son de 0.05 a 5.00 de la mañana debido a que esa hora no hay pres Local instalada en el campus matriz de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Tabla 4.2: Datos extraídos del 8 de agosto de la Estación Local a cada hora del día METODO ESTACION LOCAL Ubicación Universidad Técnica de Cotopaxi Coordenadas Geográficas -0.917364'

7:00 39,48

8:00 99,73

9:00 153,90

10:00 195,36

11:00 223,11

12:00 236,89

13:00 232,74

14:00 211,63

15:00 176,25

16:00 128,84

17:00 118,73

18:00 11,84

Hargreaves Samari Par el cálculo del método de aproximación de irradiación solar global dependerán de variables que primero se deben calcular. Este método nos aproximará un valor de irradiación de resultados. Declinación Solar Se calculará la declinación solar del día 18 de agosto con referencia a la muestra de los 16 días que se obtuvo de las Estación Local, se determinará la de $\delta = 23.45^\circ \sin 360^\circ (\text{dn} + 284) / 365$ $\delta = 23.45^\circ \sin 360^\circ (230 + 284) / 365$ $\delta = 12.78^\circ$

Angulo de Salida del Sol al Amanecer Para el cálculo del ángulo de salida del sol al amanecer se hará del día 18 de agosto utilizando la ecuación 4.4. $\omega_s = -\arccos(-\tan \theta \tan \delta)$ $\omega_s = -\arccos(-\tan 12^\circ \cos 360^\circ / 230365)$ $\omega_s = 0.97$ Irradiancia Solar Extraterrestre Para el cálculo de la irradiación Solar Extraterrestre utilizaremos la ecuación 4.6 donde utilizaremos la constante solar de 1367 W/m² y $0.9176 \sin(12.78^\circ) - (\cos - 0.9176 \cos 12.78^\circ \sin - 0.9176)$ Ho=9821.09 Wh/m²

Índice de Claridad Para el cálculo del índice de claridad utilizaremos la ecuación 4.7 donde necesitaremos la irradiación solar en un plano horizontal que lo sacaremos de la base de datos del m

Se calculará la fracción difusa a través de la ecuación 4.8 en la que utilizaremos el valor del índice de claridad para un plano horizontal. FDM=1-1.13 KTM FDM=1-1.13 -0.0253 FDM= 0.97 Irradiación Solar Albedo Para el cálculo de la irradiación solar albedo utilizaremos la ecuación 4.14 en la cual necesitaremos los valores de la reflectividad del suelo esto dependerá del suelo que

del valor obtenido en el anterior cálculo de la irradiación difusa. Hdmi(c)=Go - Do Hdmi(c)=248.72 Wh/m² - 241.60 Wh/m² Hdmi(c)=7.11 Wh/m² Factor de corrección para paneles solares inclin

en nuestro caso como estamos analizando en un ángulo óptimo de inclinación en el Ecuador utilizaremos una inclinación de 30 grados Y un valor de 1 porque la declinación solar es mayor qu

0.9176 + cos 12.78 cos - 0.9176 sin - 89.79 K= 0.81 Irradiación Solar Directa El cálculo de la irradiación solar directa se determinará a través de la ecuación 4.12 en la que necesitaremos el valor de la

Irradiación Solar Difusa Para el cálculo de la irradiación solar difusa se utilizará la ecuación 4.13 en la cual necesitaremos el valor de irradiación difusa en un plano horizontal y el ángulo de inclini

Irradiación Solar Albedo Para el cálculo de la irradiación solar albedo utilizaremos la ecuación 4.14 en la cual necesitaremos los valores de la reflectividad del suelo esto dependerá del suelo que

Go - 1 - cos β / 2 ALI β α = 0.2 - 248.72 Wh/m² 1 - cos(30) / 2 ALI β α = 149 Wh/m² Irradiación Solar Global Finalmente, para el cálculo de irradiación solar global utilizaremos la ecuación 4.15 en la cual

Wh/m² + 1.49 Wh/m² G(β , α) = 241.79 Wh/m²

Cálculo de Irradiación Solar Global por el método Bristow-Campbell Para el cálculo de la estimación de irradiación solar global en la Universidad Técnica de Cotopaxi por el método Bristow-Ca

calcular la irradiación solar global por el método de estimación Bristow-Campbell necesitamos conocer el valor de irradiación solar extraterrestre que determinaremos con la ecuación 4.16. $\text{do} = \omega \sin \theta \sin(\delta)$ Ho=24 * 3600 π - 89.79° - 0.97° cos - 0.9176° cos 12.78° sin 1.367° + π 180 - 1367 W/m² sin - 0.9176° sin(12.78°) Ho= 223.25 W/m²

Irradiación Solar global Para el cálculo de la irradiación solar global en la Universidad Técnica de Cotopaxi utilizaremos la ecuación 4.17 donde utilizaremos el valor de irradiación solar extraterre

e+0.01017 67 - 5 282.4 Hg = 219.90 Wh/m²

4.4.1 TRAYECTORIA SOLAR En el Ecuador la trayectoria solar

89%	MATCHING BLOCK 12/19	W
del 21 de marzo al 21 de septiembre estará siempre al norte y la otra mitad del año		

la trayectoria solar estará en el sur, el Ecuador al encontrarse en la mitad del mundo posee luz del sol de 6 a.m. de la mañana hasta 6 p.m. de la noche haciendo que potencialmente nos encont

equinoccial el sol nos favorece en el ángulo beta, al nosotros ubicarnos en el plano Ecuatorial siempre va a estar al norte con un ángulo beta positiva de 15 a 20 grados y al sur con un ángulo be

Figura 4.15: Ventana de parametrización de medida CITATION Sun22 V 12298 [15]

La posición del sol en cada hora del día dependerá de la altitud y del azimut, en la gráfica 4.16 de altitud vs azimut se demuestra que los primeros rayos del sol son a partir de las 6:18 a.m. y su tr

Figura 4.16: Trayectoria solar de la ciudad de Latacunga CITATION Sun22 V 12298 [15]



4.4.2 HORAS PICO DEL SOL HSP En Universidad Técnica de Cotopaxi al poseer una irradiación de 5278 kWh/m² obtenido mediante el método del Atlas Solar tomados del día 8 de agosto del 2019 investigativa para el estudio de irradiación solar global en el campus matriz de la Universidad Técnica de Cotopaxi se utiliza tres métodos existentes para la obtención de una base de datos verídica Unidos GSA Atlas solar mundial

4.4.4 OBTENCIÓN DE DATOS DE LA IRRADIACIÓN SOLAR (NASA) En esta propuesta investiga se utiliza datos proporcionados de La Administración Espacial Aeronáutica de Estados Unidos (NAS 4.4.5 Proceso de obtención de datos. Los datos de irradiación solar global se obtienen de la página oficial la cual es power.larc.nasa.gov, en la cual podemos acceder a distinta información refer Figura 4.2: Ventana principal NASA POWER CITATION NAS21 V 12298 [16]

Para acceder a información verídica de irradiación solar global dentro de la interfaz es necesario parametrizar los datos a obtener debido que Nasa proporciona información para distintas áreas 4.3.

Figura 4.3: Ventana de parametrización CITATION NAS21 V 12298 [16]

4.4.6 Parámetro 1 (Selección de área de estudio) Los parámetros necesarios para la obtención de datos de irradiación global en el campus matriz de la Universidad Técnica de Cotopaxi se encue en la siguiente figura 4.4.

Figura 4.4: Ventana de parametrización 1 CITATION NAS21 V 12298 [16]

4.4.7 Parámetro 2 (Promedio temporal) En este apartado podemos seleccionar los datos a obtener en (Horas, diariamente, mensualmente, anualmente) estos dependerán del lapso de tiempo q

Figura 4.5: Ventana de parametrización 2 CITATION NAS21 V 12298 [16]

4.4.8 Parámetro 3 (Coordenadas Geográficas) En este parámetro se debe ingresar la latitud y longitud del lugar específico para la obtención de datos de irradiación solar como se observa en la s -78.63294284776023).

Figura 4.6: Ventana de parametrización 3 CITATION NAS21 V 12298 [16]

4.4.9 Parámetro 4 (Período de obtención de datos) La cantidad de información a obtener dependerá del rango de tiempo necesario, en este estudio de irradiación solar global se utiliza la inform

Figura 4.7: Ventana de parametrización 4 CITATION NAS21 V 12298 [16]

4.4.10 Parámetro 5 (Formato de salida de datos) En este apartado se puede seleccionar el tipo de formato compatible para los distintos softwares de interfaz en los cuales permitan realizar estuc un formato de CSV como se muestra en la siguiente figura 4.8.

Figura 4.8: Ventana de parametrización 5 CITATION NAS21 V 12298 [16]

4.4.11 Parámetro 6 (Selección de datos a Obtener) En este apartado podemos seleccionar que tipo de datos necesitamos para el estudio de irradiación solar, en esta propuesta investiga se utiliz

Figura 4.9: Obtención de Irradiación UVA, UVB CITATION NAS21 V 12298 [16]

4.5 MÉTODO ATLAS SOLAR MUNDIAL 4.5.1 GSA Atlas Solar Mundial

Global Solar Atlas (GSA) es una aplicación gratuita de mapas en línea que brinda información sobre las fuentes de energía solar y el potencial fotovoltaico en el mundo. Ofrece herramientas cart

4.5.2 Sitio Web Atlas Solar Mundial Entorno gráfico del sitio Web Atlas Solar Mundial con diferentes opciones y parametrizaciones de irradiación solar para su respectivo uso y análisis. Como se r

Figura 4.10: Sitio Web Atlas Solar CITATION Int19 V 12298 [18]

4.5.3 Buscador del sitio a través de coordenadas A través de esta opción con las coordenadas geográficas de latitud y longitud del sitio específico que necesitemos analizar la irradiación solar, se

Figura 4.11: Buscador del sitio CITATION Int19 V 12298 [18]

4.5.4 Localización del sitio geográfico En este apartado se ubicará el sitio geográfico específico que a través de las coordenadas deseamos analizar la irradiación solar en este caso la Universidad

Figura 4.12: Localización de lugar geográfico CITATION Int19 V 12298 [18]

4.5.5 Características del lugar Características de la ubicación hacer estudio como la latitud y longitud, nombre del sitio específico localizado, provincia, país, zona horaria. Como se muestra en la

Figura 4.13: Características del lugar mediante el Sitio Web Atlas Solar CITATION Int19 V 12298 [18]

4.5.6 Datos de irradiación solar Listado de datos al día de irradiación solar e irradiación de la ubicación geográfica específica proporcionados por el sitio web Atlas Solar Mundial. Como se mu

Figura 4.14: Datos de irradiación solar al día CITATION Int19 V 12298 [18]

4.5.7 Horas pico del sol mediante el método Atlas solar Mundial Para obtener el aprovechamiento HSP (Horas Pico del Sol) del mes de Agosto en el campus matriz de la Universidad Técnica de (

Figura 4.15: Valor de irradiación en la universidad técnica de Cotopaxi CITATION Int19 V 12298 [18]

4.6 ANALISIS DE RESULTADOS 4.6.1 CLIMA PROMEDIO EN LA PROVINCIA COTOPAXI

La radiación emitida por el sol en la provincia de Cotopaxi al estar ubicada al centro-norte del Ecuador a una altitud de 2.800 metros sobre el nivel del mar, la energía emitida en formas de ond:

4.6.1.1 Nubosidad en Latacunga En la ciudad de Latacunga el promedio del cielo está cubierto por nubes y estas van variando en el transcurso del año, la parte más despejada del año es el 21 de

siguiente figura 4.16 se muestra el porcentaje de nubosidad mensual correspondiente al mes de Julio donde se evidencia que el cielo tiene bajo porcentaje de nubosidad.

Figura 4.16: Porcentaje de nubosidad del mes de Julio CITATION Ced18 V 12298 [19]

4.6.1.2 Temperatura de Latacunga En la Latacunga la temporada más fresca promedio dura 2,7 meses que son del mes del 4 de junio al 27 de agosto dando que la temperatura máxima promedi

siguiente figura 4.17 se muestra las temperatura máxima y promedio correspondiente a cada mes evidenciando que en el periodo de Junio – Agosto la temperatura es la más fresca en la ciudad

Figura 4.17: Temperatura en la ciudad de Latacunga CITATION Ced18 V 12298 [19]

4.6.2 Trayectoria Solar en el sector de San Felipe En la tabla 4.4 se detalla la base de datos de la trayectoria solar en la Universidad Técnica de Cotopaxi, los datos fueron tomados del día 12 de ag

CITATION Sun22 V 12298 [15]. Tabla 4.4: Altitud y Azimut de la trayectoria solar a cada 1 hora del día CITATION Sun22 V 12298 [15]

En la figura 4.18 se observa la trayectoria solar del día 12 de Julio del 2022. Los datos fueron tomados en el rango de cada 10 minutos, teniendo el análisis que el sol se encontrara completamen

Mes de Agosto

Mes de Agosto 0.30356481481481484 0.3125 0.31944444444444444 0.32638888888888889 0.33333333333333331 0.34027777777777773 0.34722222222222227 0.35416666666666669 0.36

0.42361111111111111 0.43055555555555558 0.4375 0.44444444444444444 0.45138888888888889 0.45833333333333331 0.46527777777777773 0.47222222222222227 0.47916666666666669 0

0.54861111111111115 0.55555555555555558 0.5625 0.56944444444444442 0.57638888888888889 0.58333333333333337 0.59027777777777779 0.59722222222222221 0.60416666666666666

0.67361111111111116 0.68055555555555554 0.6875 0.69444444444444445 0.70138888888888888 0.70833333333333337 0.71527777777777779 0.72222222222222221 0.72916666666666666

0.79861111111111116 0.80694444444444446 -0.83299999999999996 0.46900000000000004 7.1952 11.93 14.34 16.739999999999998 19.149999999999999 21.55 23.94 26.33 28.72 31.1 3

68.4300000000000007 70.0400000000000006 71.459999999999994 72.64 73.540000000000006 74.09 74.27 74.06 73.8 72.56 71.36 69.930000000000007 68.31 66.540000000000006 64.

16.55 14.14 11.73 9.32 6.9 4.49 2.0699999999999999 -0.83299999999999996 Hora

Elevación

Figura 4.18: Trayectoria solar del 12 de agosto. Análisis del método de estimación de irradiación Hargreaves Samani Para el cálculo analítico de la irradiación solar de meto Hargreaves Samani se

diarios de 0.05 a 23.55, con los datos aprovechable de irradiación se realiza una media aritmética para obtener una base de datos en horas lo cual permite realizar un análisis de 6:00 a 18:00 pm Er

Hargreaves Samani CITATION Sun22 V 12298 [15] MÉTODO Hargreaves Samani Ubicación Universidad técnica de Cotopaxi Coordenadas Geográficas -0.917364°, -78.633080° FECHA HORAS li

7:00 145,38

8:00 387,67

9:00 599,37

10:00 765,78

11:00 866,59

12:00 921,56

13:00 883,49

14:00 814,47

15:00 685,51

16:00 492,41

17:00 274,69

18:00 33,22

Análisis del método de estimación Bristow Campbell En el método de estimación Bristow Campbell se determinó la irradiación solar de cada diez minutos en el transcurso de un día teniendo ur

cada hora correspondientes a un día. En la tabla 4.6 se obtienen los valores de irradiación del día 8 de agosto en un rango de una hora.

Tabla 4.6: Muestra de datos calculados del 4 de agosto por el método Bristow Campbell a cada hora CITATION Sun22 V 12298 [15] MÉTODO Bristow Campbell Ubicación Universidad Técnica de

7:00 134,00

8:00 342,83

9:00 453,50

10:00 569,33

11:00 627,16

12:00 756,67

13:00 655,76

14:00 550,34

15:00 338,23

<https://secure.urkund.com/view/136827122-203492-365100/#/>

8/17



16 00 82,33
17 00 39,33
18 00 7,66

Análisis comparativo de métodos de estimación frente a la Estación Local Método Estación Local vs Hargreaves Samani Para determinar cuál es la desviación entre el método Estación Local vs E a analizar para posteriormente determinar los valores máximos, mínimos, media, promedio de cada trayectoria de irradiación. Y poder determinar la varianza y la desviación estándar para deter estándar entre estos dos métodos a analizar. Gráfica Estación Local vs Método Hargreaves Samani En la figura 4.19 muestra el análisis de irradiación solar del día 4 de agosto del presente año en Irradiación 4 de Agosto

Irradiación Estación Local

0.25 0.29166666666666702 0.3333333333333298 0.375 0.41666666666666702 0.4583333333333298 0.5 0.54166666666666696 0.5833333333333304 0.6250000000000003 0.6666666666666666 389.71999999999997 115.25700000000001 Modelo Hargreaves Samani
0.25 0.29166666666666702 0.3333333333333298 0.375 0.41666666666666702 0.4583333333333298 0.5 0.54166666666666696 0.5833333333333304 0.6250000000000003 0.6666666666666666 0.25 0.29166666666666702 0.3333333333333298 0.375 0.41666666666666702 0.4583333333333298 0.5 0.54166666666666696 0.5833333333333304 0.6250000000000003 0.6666666666666666 19.586999999999996 Temperatura 30 0.25 0.29166666666666702 0.3333333333333298 0.375 0.41666666666666702 0.4583333333333298 0.5 0.54166666666666696 0.5833333333333304 0.6250000000000003 0.6666666666666666 931.34999999999991 893.28 824.26 695.3 502.20000000000005 284.48 43.016999999999996 Tiempo

Irradiación

Figura 4.19. Trayectoria de irradiación solar del 4 de agosto En la gráfica se puede observar que el método Hargreaves Samani calculado se aproxima a los datos de irradiación solar de la Estación determinará los valores máximos, medio, mínimo y promedio de cada una de las muestras de cada método aplicado. Posteriormente determinaremos la varianza del método Estación Local el c obteniendo un coeficiente de variación del 0.57 y 0.61. como se muestra en la tabla 4.7

Tabla 4.7. Análisis de irradiación solar del 4 de agosto entre los métodos Estación Local y Hargreaves Samani CITATION Sun22 \1.12298 [15]

image26.emf

Datos Generales 966,59 580,81 71,41 527,61 925,81 603,62 37,48 536,68 Varianza Desviación Estandar Coeficiente de Variación % de coeficiente de variación Diferencia relativa de porcentaje Par 0,605616037 57,84% 60,56% Medio Mínimo Promedio 93143,38514 105637,4021 2,72%

En la tabla muestra la diferencia relativa que existe entre el método Estación Local vs Método Hargreaves Samani con un porcentaje de 2.72%. Análisis del 8 de agosto de la irradiación Solar El ar datos de la Estación, dando como muestra que el método Hargreaves Samani es muy aproximado para el día 8 de agosto. Como se muestra en la figura 4.20.

Irradiación 8 de Agosto

Método estación Local

0.25 0.29166666666666702 0.3333333333333298 0.375 0.41666666666666702 0.4583333333333298 0.5 0.54166666666666696 0.5833333333333304 0.6250000000000003 0.6666666666666666 243.51724000000002 179.40600000000001 187.0325 189.62200000000001 129.512 22.623100000000001 Hargreaves Samani
0.25 0.29166666666666702 0.3333333333333298 0.375 0.41666666666666702 0.4583333333333298 0.5 0.54166666666666696 0.5833333333333304 0.6250000000000003 0.6666666666666666 236.88839999999999 232.73724000000001 211.626 176.2525 128.84200000000001 68.731999999999999 11.8431 Método Bristow
0.25 0.29166666666666702 0.3333333333333298 0.375 0.41666666666666702 0.4583333333333298 0.5 0.54166666666666696 0.5833333333333304 0.6250000000000003 0.6666666666666666 205.22149999999999 218.9984 214.84724 193.73599999999999 158.36250000000001 110.95200000000001 60.841999999999999 6.046899999999999 Tiempo

Irradiación

Figura 4.20. Trayectoria de irradiación del 8 de agosto

En la figura 4.20 muestra que la irradiación solar obtenida a las 12:00 p.m de la Estación Local es de 244.67 Wh/m² y la irradiación calculada por el método de estimación es de 236.89 Wh/m², métodos analizados dándonos como resultado que el porcentaje de variación de la estación del día 8 de agosto es de 49.82% y la variación del método Hargreaves Samani es de 60.61%, con ur image27.emf

Datos Generales 244,67 180,51 22,62 158,19 236,89 153,90 11,84 137,88 Varianza Desviación Estandar Coeficiente de Variación % de coeficiente de variación Diferencia relativa de porcentaje An: Promedio Máximo Medio Mínimo Promedio 6189,792677 6983,085592 10,78% 78,67523547

Análisis del 15 de agosto de la irradiación Solar El día 15 de agosto obtuvo una irradiación solar de las 6 horas del día en la Estación Local de 554.13 Wh/m² y en el método de estimación un valor de Irradiación del 15 de Agosto

Estación Local

0.25 0.29166666666666702 0.3333333333333298 0.375 0.41666666666666702 0.4583333333333298 0.5 0.54166666666666696 0.5833333333333304 0.6250000000000003 0.6666666666666666 458.50099999999998 554.12599999999998 416.15629999999999 389.04399999999998 394.142 263.13599999999997 254.03 64.14719999999998 Hargreaves Samani
0.25 0.29166666666666702 0.3333333333333298 0.375 0.41666666666666702 0.4583333333333298 0.5 0.54166666666666696 0.5833333333333304 0.6250000000000003 0.6666666666666666 405.37630000000001 389.26400000000001 334.36200000000002 252.35599999999999 143.25 13.3672 Método 2
0.25 0.29166666666666702 0.3333333333333298 0.375 0.41666666666666702 0.4583333333333298 0.5 0.54166666666666696 0.5833333333333304 0.6250000000000003 0.6666666666666666 387.48630000000003 371.37400000000002 316.47200000000004 234.46600000000001 125.36 -4.522800000000002 Tiempo

Irradiación

Figura 4.21. Trayectoria de irradiación solar del 15 de agosto Análisis del porcentaje de variación del día 15 de agosto En la tabla 4.9 muestra un porcentaje variación de 45.22% y 48.68% para los image28.emf

Datos Generales 347,87 260,05 25,59 232,31 335,93 233,35 14,81 206,14 Varianza Desviación Estandar Coeficiente de Variación % de coeficiente de variación Diferencia relativa de porcentaje 11% (Wh/m²) Máximo Medio Mínimo Promedio Máximo Medio Mínimo Promedio 45,22%

Análisis del 19 de agosto de la irradiación Solar En la figura 4.22 muestra una irradiación solar proporcionado por la Estación Local de 574.33 Wh/m² y para el método de estimación de 447.77 Wh/m²

Irradiación 19 de Agosto

Estación Local

0.25 0.29166666666666702 0.3333333333333298 0.375 0.41666666666666702 0.4583333333333298 0.5 0.54166666666666696 0.5833333333333304 0.6250000000000003 0.6666666666666666 421.5521 343.44319999999999 167.92599999999999 112.76300000000001 67.506 Hargreaves Samani
0.25 0.29166666666666702 0.3333333333333298 0.375 0.41666666666666702 0.4583333333333298 0.5 0.54166666666666696 0.5833333333333304 0.6250000000000003 0.6666666666666666 434.82299999999998 398.77210000000002 332.66320000000002 257.14600000000002 101.983 56.725999999999999 Método 2
0.25 0.29166666666666702 0.3333333333333298 0.375 0.41666666666666702 0.4583333333333298 0.5 0.54166666666666696 0.5833333333333304 0.6250000000000003 0.6666666666666666 529.88430000000005 496.93299999999999 332.88209999999998 214.7732 139.25599999999997 84.093000000000004 38.835999999999999 Tiempo

Irradiación

Figura 4.22. Trayectoria de irradiación solar del 19 de agosto Análisis del porcentaje de variación del día 19 de agosto Para el día 19 de agosto tenemos un porcentaje de variación de 62.86% para: image29.emf

Datos Generales 574,33 243,44 67,49 275,83 477,77 289,10 56,71 281,38 Varianza Desviación Estandar Coeficiente de Variación % de coeficiente de variación Diferencia relativa de porcentaje 62, 173,3985521 151,9087242 0,628641937 0,529879902 Análisis de Irradiación del 19 de Agosto

Método Estación Local vs modelo Bristow Campbell Para el análisis comparativo entre la muestra de 16 días de datos de irradiación solar de la Estación Local frente al modelo matemático Bristow aplicados. Análisis del 4 de agosto de la irradiación Solar En la figura 4.23 muestra que la irradiación solar obtenida por la Estación Local es de 966.59 Wh/m², y la irradiación solar calculado por el r

Irradiación 4 de Agosto

Irradiación Estación Local

0.25 0.29166666666666702 0.3333333333333298 0.375 0.41666666666666702 0.4583333333333298 0.5 0.54166666666666696 0.5833333333333304 0.6250000000000003 0.6666666666666666 389.71999999999997 115.25700000000001 Método Bristow Campbell
0.25 0.29166666666666702 0.3333333333333298 0.375 0.41666666666666702 0.4583333333333298 0.5 0.54166666666666696 0.5833333333333304 0.6250000000000003 0.6666666666666666 19.586999999999996 Modelo Hargreaves Samani
0.25 0.29166666666666702 0.3333333333333298 0.375 0.41666666666666702 0.4583333333333298 0.5 0.54166666666666696 0.5833333333333304 0.6250000000000003 0.6666666666666666 0.29166666666666702 0.3333333333333298 0.375 0.41666666666666702 0.4583333333333298 0.5 0.54166666666666696 0.5833333333333304 0.6250000000000003 0.6666666666666666 502.20000000000005 284.48 43.016999999999996 Tiempo

Irradiación

Figura 4.23. Trayectoria de irradiación solar del 4 de agosto En la figura 4.23 se puede observar que el modelo de estimación Bristow Campbell tiene una variación muy significativa frente al método de estimación de la Estación Local. Análisis del porcentaje de variación del día 4 de agosto En la tabla 4.11 muestra que el coeficiente de variación de la Estación Local es de 53.44%, mientras tanto que el coeficiente de variación de la Estación Local es de 53.44%, mientras tanto que el coeficiente de variación de

image40.emf



Datos Generales 966,59 580,81 71,41 527,61 907,92 585,73 19,59 518,79 Varianza Desviación Estandar Coeficiente de Variación % de coeficiente de variación Diferencia relativa de porcentaje Métd
325,0190797 79489,00962 9,21% 0,626500348 62,65% 0,534369113 53,44% 281,9379535

Análisis del 8 agosto de la irradiación Solar En la figura 4.24 se observa la trayectoria de irradiación solar del método Estación Local vs al modelo matemático Bristow Campbell, se muestra que e

Irradiación 8 de Agosto

Método estación Local

0 25 0 2916666666666702 0 3333333333333298 0 375 0 4166666666666702 0 4583333333333298 0 5 0 5416666666666696 0 5833333333333304 0 625000000000003 0 66666666
243 51724000000002 179 40600000000001 187 0325 189 62200000000001 129 512 22 623100000000001 Método Bristow
0 25 0 2916666666666702 0 3333333333333298 0 375 0 4166666666666702 0 4583333333333298 0 5 0 5416666666666696 0 5833333333333304 0 625000000000003 0 66666666
205 2214999999999 218 9984 214 84724 193 7359999999999 158 3625000000001 110 9520000000001 60 8419999999999 6 0468999999999 Hargreaves Samari
0 25 0 2916666666666702 0 3333333333333298 0 375 0 4166666666666702 0 4583333333333298 0 5 0 5416666666666696 0 5833333333333304 0 625000000000003 0 66666666
236 8889999999999 232 73724000000001 211 626 176 2525 128 8420000000001 68 7319999999999 11 8431 Tiempo

Irradiación

Figura 4.24: Trayectoria de irradiación solar del 8 de agosto

Análisis del porcentaje de variación del día 8 de agosto En la tabla 4.12 muestra el coeficiente de variación del método de la Estación Local con un valor de 49.82% frente al coeficiente de variac
image41 emf

Datos Generales 244,67 180,51 22,62 158,19 219,00 136,01 4,00 122,30 Varianza Desviación Estandar Coeficiente de Variación % de coeficiente de variación Diferencia relativa de porcentaje 618
Campbell Parametros (W/m²) Máximo Medio Mínimo Promedio Máximo Medio Mínimo

Análisis del 15 agosto de la irradiación Solar En la figura 4.25 muestra una trayectoria de irradiación solar de la Estación local con un valor de 554.13 Wh/m² y un valor de irradiación solar con el i
Irradiación del 15 de Agosto

Estación Local

0 25 0 2916666666666702 0 3333333333333298 0 375 0 4166666666666702 0 4583333333333298 0 5 0 5416666666666696 0 5833333333333304 0 625000000000003 0 66666666
458 5009999999999 554 1259999999999 416 1562999999999 389 0439999999999 394 142 263 1359999999999 254 03 64 1471999999999 Bristow Campbell
0 25 0 2916666666666702 0 3333333333333298 0 375 0 4166666666666702 0 4583333333333298 0 5 0 5416666666666696 0 5833333333333304 0 625000000000003 0 66666666
3874863000000003 371 37400000000002 316 47200000000004 234 46600000000001 125 36 -4 522800000000002 Hargreaves Samari
0 25 0 2916666666666702 0 3333333333333298 0 375 0 4166666666666702 0 4583333333333298 0 5 0 5416666666666696 0 5833333333333304 0 625000000000003 0 66666666
405 37630000000001 389 26400000000001 334 36200000000002 252 3559999999999 143 25 13 3672 Tiempo

Irradiación

Figura 4.25: Trayectoria de irradiación solar del 15 de agosto

Análisis del porcentaje de variación del día 15 de agosto En la tabla 4.13 muestra un porcentaje del coeficiente de variación de la Estación Local de un valor de 45.22% y un porcentaje de variac
image42 emf

Datos Generales 347,87 260,05 21,51 232,31 318,04 215,46 -3,08 188,25 Varianza Desviación Estandar Coeficiente de Variación % de coeficiente de variación Diferencia relativa de porcentaje 110
Medio Mínimo Promedio Máximo Medio Mínimo Promedio 100,275871 0,452158129

Análisis del 19 agosto de la irradiación Solar En la figura 4.26 muestra que la irradiación solar de la Estación Local de 574.33Wh/m² y una irradiación solar calculado mediante el modelo Bristow
Irradiación 19 de Agosto

Estación Local

0 25 0 2916666666666702 0 3333333333333298 0 375 0 4166666666666702 0 4583333333333298 0 5 0 5416666666666696 0 5833333333333304 0 625000000000003 0 66666666
431 5521 343 4431999999999 167 9259999999999 112 76300000000001 67 506 Bristow Campbell
0 25 0 2916666666666702 0 3333333333333298 0 375 0 4166666666666702 0 4583333333333298 0 5 0 5416666666666696 0 5833333333333304 0 625000000000003 0 66666666
529 88430000000005 496 9329999999999 332 8820999999999 214 7732 139 2559999999999 84 093000000000004 38 8359999999999 Hargreaves Samari
0 25 0 2916666666666702 0 3333333333333298 0 375 0 4166666666666702 0 4583333333333298 0 5 0 5416666666666696 0 5833333333333304 0 625000000000003 0 66666666
434 8229999999999 398 77210000000002 332 66320000000002 257 14600000000002 101 983 56 7259999999999 Tiempo

Irradiación

Figura 4.26: Trayectoria de irradiación solar del 19 de agosto

Análisis del porcentaje de variación del día 19 de agosto En la tabla 4.14 se obtuvo un valor del porcentaje de coeficiente de variación de la Estación Local de 62.33% y 67.52% de coeficiente de v
image43 emf

Datos Generales 574,33 244,60 67,49 287,37 529,88 215,93 38,82 276,72 Varianza Desviación Estandar Coeficiente de Variación % de coeficiente de variación Diferencia relativa de porcentaje 17
32078,90396 34908,4786 Parametros (W/m²) Máximo Medio Mínimo Promedio 5,19%

Resultado de la comparación entre los modelos Matemáticos vs la Estación Local En la tabla 4.15 se muestra que después de haber analizado el coeficiente de variación de 4 fechas distintas del
experimental. Se finaliza que el modelo matemático que más se aproxima a la Estación Local es el modelo de estimación de irradiación solar Hargreaves Samari con una variación de 6.45%. Tab
image44 emf

Método Angström-Prescott Método Bristow Campbell Analisis de la variación entre los modelos matemáticos vs Estación Local Método Estación Local 6,45% 7,68%

Análisis de la irradiación solar con el método Hargreaves Samari a 30 grados Para el análisis de la trayectoria de la irradiación solar con el modelo Hargreaves Samari, utilizaremos una temperat
en el campus matriz de la Universidad Técnica de Cotopaxi

Análisis del coeficiente de variación del día 4 de agosto con 30 grados En la figura 4.27 muestra que la irradiación solar obtenida por la Estación Local es de 966,59 Wh/m², y la irradiación solar
Irradiación 4 de Agosto

Irradiación Estación Local

0 25 0 2916666666666702 0 3333333333333298 0 375 0 4166666666666702 0 4583333333333298 0 5 0 5416666666666696 0 5833333333333304 0 625000000000003 0 66666666
389 7199999999999 115 25700000000001 Temperatura 30
0 25 0 2916666666666702 0 3333333333333298 0 375 0 4166666666666702 0 4583333333333298 0 5 0 5416666666666696 0 5833333333333304 0 625000000000003 0 66666666
502 20000000000005 284 48 43 016999999999999 Método Bristow Campbell
0 25 0 2916666666666702 0 3333333333333298 0 375 0 4166666666666702 0 4583333333333298 0 5 0 5416666666666696 0 5833333333333304 0 625000000000003 0 66666666
19 586999999999999 Modelo Hargreaves Samari
0 25 0 2916666666666702 0 3333333333333298 0 375 0 4166666666666702 0 4583333333333298 0 5 0 5416666666666696 0 5833333333333304 0 625000000000003 0 66666666

Irradiación

Figura 4.27: Trayectoria de irradiación solar a una Temperatura de 30° del 8 de agosto

En la tabla 4.16 muestra el cálculo del porcentaje de variación entre el método Estación Local vs modelo matemático Hargreaves Samari a una temperatura constante de 30°, dándonos como r
relativa de 2.10%

Datos Generales 966,59 580,81 71,41 527,61 925,81 603,62 37,48 536,68 931,35 609,16 43,02 542,22 Varianza Desviación Estandar Coeficiente de Variación % de coeficiente de variación Diferen
Mínimo Promedio Máximo Analisis de Irradiación del 4 de Agosto Método Estación Local Modelo Hargreaves Samari 305,1940123 325,0190797 0,57844732 0,605616037 57,84% 60,56% Medio
Tabla 4.16 Analisis de variación del día 4 de agosto a una Temperatura de 30°

Análisis del coeficiente de variación del día 8 de agosto con 30 grados En la figura 4.28 muestra que la irradiación solar obtenida por la Estación Local es de 244,67 Wh/m², y la irradiación solar
Irradiación 8 de Agosto

Método estación Local

0 25 0 2916666666666702 0 3333333333333298 0 375 0 4166666666666702 0 4583333333333298 0 5 0 5416666666666696 0 5833333333333304 0 625000000000003 0 66666666
243 51724000000002 179 40600000000001 187 0325 189 62200000000001 129 512 22 623100000000001 Temperatura 30 grados
0 25 0 2916666666666702 0 3333333333333298 0 375 0 4166666666666702 0 4583333333333298 0 5 0 5416666666666696 0 5833333333333304 0 625000000000003 0 66666666
238 27724000000001 217 166 181 7924999999999 134 38200000000001 124 27200000000001 17 383099999999999 Método Bristow
0 25 0 2916666666666702 0 3333333333333298 0 375 0 4166666666666702 0 4583333333333298 0 5 0 5416666666666696 0 5833333333333304 0 625000000000003 0 66666666
205 2214999999999 218 9984 214 84724 193 7359999999999 158 3625000000001 110 9520000000001 60 8419999999999 6 0468999999999 Hargreaves Samari
0 25 0 2916666666666702 0 3333333333333298 0 375 0 4166666666666702 0 4583333333333298 0 5 0 5416666666666696 0 5833333333333304 0 625000000000003 0 66666666
236 8889999999999 232 73724000000001 211 626 176 2525 128 8420000000001 68 7319999999999 11 8431 Tiempo

Irradiación

Figura 4.48: Trayectoria de irradiación solar a una Temperatura de 30° del 8 de agosto En la tabla 4.17 muestra el cálculo del porcentaje de variación entre el método Estación Local vs modelo m
del modelo matemático Hargreaves Samari a 30° es de 55.16%, con una diferencia relativa de 5.34%

<https://secure.urkund.com/view/136827122-203492-365100#/>

10/17



Tabla 4.17: Análisis de variación del día 4 de agosto a una Temperatura de 30°

image46 emf
 Datos Generales 244,67 180,51 22,62 158,19 236,89 153,90 11,84 137,88 242,43 159,44 17,38 147,26 Varianza Desviación Estandar Coeficiente de Variación % de coeficiente de variación Diferenc
 Método Estación Local 83,56 485859 0,497331522 0,606085789 49,82% 60,61% Método Hargreaves Samani Parametros (W/m^2) Máximo Medio Mínimo Promedio Máximo Medio Mínimo Prom
 Análisis del coeficiente de variación del día 15 de agosto con 30 grados En la figura 4.29 muestra que la irradiación solar obtenida por la Estación Local es de 554.13 Wh/m2, y la irradiación solar
 Irradiación del 15 de Agosto
 Estación Local
 0 25 0 2916666666666702 0 3333333333333298 0 375 0 4166666666666702 0 4583333333333298 0 5 0 5416666666666696 0 5833333333333304 0 625000000000003 0 66666666
 458 5009999999999 554 1259999999999 416 1562999999999 389 0 4399999999999 394 142 263 1359999999999 254 03 64 1471999999999999 Temperatura 30 grados
 0 25 0 2916666666666702 0 3333333333333298 0 375 0 4166666666666702 0 4583333333333298 0 5 0 5416666666666696 0 5833333333333304 0 625000000000003 0 66666666
 410 916300000000004 394 804000000000003 359 902000000000004 257 896000000000002 148 79 18 9072 Bristow Campbell
 0 25 0 2916666666666702 0 3333333333333298 0 375 0 4166666666666702 0 4583333333333298 0 5 0 5416666666666696 0 5833333333333304 0 625000000000003 0 66666666
 387 486300000000003 371 374000000000002 316 472000000000004 234 466000000000001 125 36 -4 5228000000000002 Hargreaves Samani
 0 25 0 2916666666666702 0 3333333333333298 0 375 0 4166666666666702 0 4583333333333298 0 5 0 5416666666666696 0 5833333333333304 0 625000000000003 0 66666666
 405 376300000000001 389 264000000000001 334 362000000000002 252 3559999999999 143 25 13 3672 Tiempo

Irradiación
 Figura 4.29: Trayectoria de irradiación solar a una Temperatura de 30° del 15 de agosto
 En la tabla 4.18 muestra el cálculo del porcentaje de variación entre el método Estación Local vs modelo matemático Hargreaves Samani a una temperatura constante de 30°, dándonos como r

Tabla 4.18: Análisis de variación del día 15 de agosto a una Temperatura de 30°
 image47 emf
 Datos Generales 347,87 260,05 25,59 232,31 335,93 233,35 14,81 206,14 341,47 238,89 20,35 211,68 Varianza Desviación Estandar Coeficiente de Variación % de coeficiente de variación Diferenc
 100,2758571 0,452158129 0,486437733 48,64% 3,43% Analisis de Irradiación del 15 de Agosto Método Estación Local Método Hargreaves Samani Parametros (W/m^2) Máximo Medio Mínimo Pr
 Análisis del coeficiente de variación del día 19 de agosto con 30 grados En la figura 4.30 muestra que la irradiación solar obtenida por la Estación Local es de 574.33 Wh/m2, y la irradiación solar
 Irradiación 19 de Agosto
 Estación Local
 0 25 0 2916666666666702 0 3333333333333298 0 375 0 4166666666666702 0 4583333333333298 0 5 0 5416666666666696 0 5833333333333304 0 625000000000003 0 66666666
 431 5521 343 4421999999999 167 9259999999999 112 763000000000001 67 506 Temperatura 30 grados
 0 25 0 2916666666666702 0 3333333333333298 0 375 0 4166666666666702 0 4583333333333298 0 5 0 5416666666666696 0 5833333333333304 0 625000000000003 0 66666666
 447 8829999999999 411 832100000000003 345 723200000000002 270 206000000000002 115 04 300000000000001 69 786000000000001 Bristow Campbell
 0 25 0 2916666666666702 0 3333333333333298 0 375 0 4166666666666702 0 4583333333333298 0 5 0 5416666666666696 0 5833333333333304 0 625000000000003 0 66666666
 529 884300000000005 496 9329999999999 332 8820999999999 214 7732 139 2559999999999 84 093000000000004 38 835999999999999 Hargreaves Samani
 0 25 0 2916666666666702 0 3333333333333298 0 375 0 4166666666666702 0 4583333333333298 0 5 0 5416666666666696 0 5833333333333304 0 625000000000003 0 66666666
 434 8229999999999 398 772100000000002 332 663200000000002 257 146000000000002 101 983 56 725999999999999 Tiempo

Irradiación
 Figura 4.30: Trayectoria de irradiación solar a una Temperatura de 30° del 19 de agosto
 En la tabla 4.19 muestra el cálculo del porcentaje de variación entre el método Estación Local vs modelo matemático Hargreaves Samani a una temperatura constante de 30°, dándonos como r

relativa de 11 27%.
 Tabla 4.19: Análisis de variación del día 19 de agosto a una Temperatura de 30°
 image48 emf
 Datos Generales 574,33 244,60 67,49 287,37 477,77 289,10 56,71 281,38 490,83 302,16 69,77 294,44 Varianza Desviación Estandar Coeficiente de Variación % de coeficiente de variación Diferenc
 Local Método Hargreaves Samani Parametros (W/m^2) Máximo Medio Mínimo Promedio Máximo Medio Mínimo Promedio 32078,90396 23076,26047 179,1058457 151,9087242 0,623261162 0
 Resultado del modelo Matemáticos Hargreaves Samani a 30 grados vs la Estación Local En la tabla 4.20 se muestra que después de haber analizado el coeficiente de variación de 4 fechas distin
 finaliza que este modelo matemático a una temperatura de 30°, es directamente proporcional a la irradiación solar lo que hace que entre más temperatura exista mayor irradiación solar habrá e
 image49 emf
 Método Hargreaves Samani 30 grados 5,22% Analisis de la variación entre los modelos matemáticos Hargreaves Samani vs Estación Local Método Estación Local
 Comparativa del método matemático Hargreaves Samani frente a los métodos existentes Modelo matemático vs Método NASA, Atlas Solar Mundial
 Los modelos existente NASA, Atlas Solar Mundial proporcionan bases de datos de irradiación solar global en un intervalo de una hora por cada día, estos valores de irradiación nos permitirán rea
 aproxima mucho a la irradiación solar de los métodos NASA, Atlas Solar Mundial.

Irradiación del 4 de Agosto
 Hargreaves Samani
 0 25 0 2916666666666702 0 3333333333333298 0 375 0 4166666666666702 0 4583333333333298 0 5 0 5416666666666696 0 5833333333333304 0 625000000000003 0 66666666
 0 25 0 2916666666666702 0 3333333333333298 0 375 0 4166666666666702 0 4583333333333298 0 5 0 5416666666666696 0 5833333333333304 0 625000000000003 0 66666666
 509 72 292 50 536999999999999 METODO ATLAS 0 25 0 2916666666666702 0 3333333333333298 0 375 0 4166666666666702 0 4583333333333298 0 5 0 5416666666666696 0 583
 878 9 933 869999999999989 895 8 826 78 697 819999999999994 504 72 287 45 536999999999999 Tiempo

Irradiación
 Figura 4.31: Trayectoria de irradiación solar NASA del 4 de agosto Para el análisis del modelo de estimación referente al método Atlas Solar Mundial es de 60.56% para el modelo matemático y d
 Irradiación del 4 de Agosto
 Hargreaves Samani
 0 25 0 2916666666666702 0 3333333333333298 0 375 0 4166666666666702 0 4583333333333298 0 5 0 5416666666666696 0 5833333333333304 0 625000000000003 0 66666666
 0 25 0 2916666666666702 0 3333333333333298 0 375 0 4166666666666702 0 4583333333333298 0 5 0 5416666666666696 0 5833333333333304 0 625000000000003 0 66666666
 697 819999999999994 504 72 287 45 536999999999999 METODO NASA
 0 25 0 2916666666666702 0 3333333333333298 0 375 0 4166666666666702 0 4583333333333298 0 5 0 5416666666666696 0 5833333333333304 0 625000000000003 0 66666666
 509 72 292 50 536999999999999 Tiempo

Irradiación
 Figura 4.32: Trayectoria de irradiación solar Atlas Solar Mundial del 4 de agosto
 Análisis del porcentaje de variación del día 4 de agosto En la tabla 4.21 se identifica la variación que existe entre los métodos existentes NASA, Atlas Solar Mundial referente al modelo matemático
 image50 emf
 Datos Generales 925,81 603,62 37,48 536,68 938,87 616,68 50,54 549,74 922,90 600,71 34,56 533,76 Varianza Desviación Estandar Coeficiente de Variación % de coeficiente de variación Método
 relativa de porcentaje 1,44% 60,56% 59,12% Método ATLAS SOLAR Máximo Medio Mínimo Promedio 105637,4021 325,0190797 60,89% 105637,4021 105637,4021 325,0190797 325,
 La primera variación que existe entre el modelo matemático de estimación referente a método existente NASA es de 59.12%, y de 60.89% para el método Atlas Solar Mundial, finalizando con un
 solar del método existente NASA para el respectivo análisis
 Irradiación del 8 de Agosto Hargreaves Samani 0 25 0 2916666666666702 0 3333333333333298 0 375 0 4166666666666702 0 4583333333333298 0 5 0 5416666666666696 0 58333333
 195 3610999999999 223 111500000000001 236 888399999999999 232 737240000000001 211 626 176 2525 128 842000000000001 68 731999999999999 11 8431 NASA 0 25 0 29166666666666
 0 70833333333333703 0 7500000000000004 26 945999999999998 52 542000000000002 112 791 166 9589 208 4211 236 171500000000001 249 948399999999999 245 797240000000002 22
 0 4166666666666702 0 4583333333333298 0 5 0 5416666666666696 0 5833333333333304 0 625000000000003 0 6666666666666696 0 70833333333333703 0 750000000000004
 136 902000000000002 76 792000000000002 19 903100000000002 Tiempo

Irradiación
 Figura 4.33: Trayectoria de irradiación solar NASA del 8 de agosto
 En la figura 4.34 se observa la trayectoria de la irradiación solar del modelo matemáticos frente a la trayectoria solar del método existente Atlas Solar mundial para el respectivo análisis.
 Irradiación del 8 de Agosto Hargreaves Samani 0 25 0 2916666666666702 0 3333333333333298 0 375 0 4166666666666702 0 4583333333333298 0 5 0 5416666666666696 0 58333333
 195 3610999999999 223 111500000000001 236 888399999999999 232 737240000000001 211 626 176 2525 128 842000000000001 68 731999999999999 11 8431 Atlas Solar Mundial 0 25 0 291
 0 70833333333333703 0 7500000000000004 21 945999999999998 47 542000000000002 107 791 161 9589 203 4211 231 171500000000001 244 948399999999999 240 797240000000002 219
 0 4583333333333298 0 5 0 5416666666666696 0 5833333333333304 0 625000000000003 0 6666666666666696 0 70833333333333703 0 750000000000004 26 945999999999998 !
 81 792000000000002 24 903100000000002 Tiempo

Irradiación
 Figura 4.34: Trayectoria de irradiación solar Atlas Solar Mundial del 8 de agosto



Análisis del porcentaje de variación del día 8 de agosto En la tabla 4.22 muestra un análisis de variación entre el modelo matemático de estimación frente a los modelos existentes, obteniendo u image51 emf

Datos Generales 236,89 153,90 11,84 137,88 249,95 166,96 24,90 150,94 244,95 161,96 19,90 145,94 Varianza Desviación Estandar Coeficiente de Variación % de coeficiente de variación Análisis Máximo Medio Mínimo Promedio 0,606085789 0,553643261 0,572611925 60,61% 55,36% 57,26% 6983,085592 6983,085592 6983,085592 83,56485859 83,56485859 83,56485859 Diferencia Y finalmente obteniendo un porcentaje de variación entre el modelo matemático y la NASA de 5,24%, y de 3,35% para el método Atlas Solar Mundial. Análisis del 15 agosto de la irradiación Solar En la figura 4.35 muestra la trayectoria de la irradiación solar para el respectivo análisis de variación.

Irradiación solar 15 de Agosto

Hargreaves Samani

0 25 0 2916666666666702 0 3333333333333298 0 375 0 4166666666666702 0 4583333333333298 0 5 0 5416666666666696 0 5833333333333304 0 6250000000000003 0 66666666

405 37630000000001 389 26400000000001 334 36200000000002 252 3559999999999 143 25 13 3672 METODO NASA

0 25 0 2916666666666702 0 3333333333333298 0 375 0 4166666666666702 0 4583333333333298 0 5 0 5416666666666696 0 5833333333333304 0 6250000000000003 0 66666666

446 406000000000001 418 43630000000002 402 32400000000001 347 42200000000003 265 416 156 31 26 4271999999999999 METODO ATLAS 0 2916666666666702 0 3333333333

0 750000000000004 21 4271999999999999 Tiempo

Irradiación

Figura 4.35: Trayectoria de irradiación solar NASA del 15 de agosto

En la figura 4.36 muestra la trayectoria de la irradiación solar para el respectivo análisis de variación.

Irradiación solar 15 de Agosto

Hargreaves Samani

0 25 0 2916666666666702 0 3333333333333298 0 375 0 4166666666666702 0 4583333333333298 0 5 0 5416666666666696 0 5833333333333304 0 6250000000000003 0 66666666

405 37630000000001 389 26400000000001 334 36200000000002 252 3559999999999 143 25 13 3672 METODO ATLAS

0 25 0 2916666666666702 0 3333333333333298 0 375 0 4166666666666702 0 4583333333333298 0 5 0 5416666666666696 0 5833333333333304 0 6250000000000003 0 66666666

441 406000000000001 413 436300000000002 397 32400000000001 342 42200000000003 260 416 151 31 21 4271999999999999 METODO NASA

0 25 0 2916666666666702 0 3333333333333298 0 375 0 4166666666666702 0 4583333333333298 0 5 0 5416666666666696 0 5833333333333304 0 6250000000000003 0 66666666

446 406000000000001 418 436300000000002 402 32400000000001 347 42200000000003 265 416 156 31 26 4271999999999999 Tiempo

Irradiación

Figura 4.36: Trayectoria de irradiación solar Atlas Solar mundial del 15 de agosto.

Análisis del porcentaje de variación del día 15 de agosto En la tabla 4.23 muestra que la variación del modelo matemático es de 65,51%, el método NASA tiene una variación de 70,91%, y una variación de 13,03% entre el método de estimación frente al método existente. Análisis de variación del día 15 de agosto image52 emf

Datos Generales 477,77 289,10 56,71 281,38 490,83 302,16 69,77 294,44 485,83 297,16 64,77 289,44 Varianza Desviación Estandar Coeficiente de Variación % de coeficiente de variación Promec SOLAR Parametros (W/m²) Máximo Medio Mínimo Promedio Máximo Medio Mínimo Promedio Máximo Medio Mínimo Diferencia relativa de porcentaje 5,40% 13,03% 0,539879902 0,51593291 Y finalmente tenemos un porcentaje de variación de 5,40% entre el método de estimación frente al método NASA, y una variación de 13,03% entre el modelo matemático vs el método existente irradiación solar 19 Agosto

Hargreaves Samani

0 25 0 2916666666666702 0 3333333333333298 0 375 0 4166666666666702 0 4583333333333298 0 5 0 5416666666666696 0 5833333333333304 0 6250000000000003 0 66666666

434 822999999999998 398 77210000000002 332 66320000000002 257 14600000000002 101 983 56 7259999999999999 METODO NASA

0 25 0 2916666666666702 0 3333333333333298 0 375 0 4166666666666702 0 4583333333333298 0 5 0 5416666666666696 0 5833333333333304 0 6250000000000003 0 66666666

447 882999999999998 411 83210000000003 345 72320000000002 270 20600000000002 110 04300000000001 69 786000000000001 METODO ATLAS

0 25 0 2916666666666702 0 3333333333333298 0 375 0 4166666666666702 0 4583333333333298 0 5 0 5416666666666696 0 5833333333333304 0 6250000000000003 0 66666666

442 882999999999998 406 83210000000003 340 72320000000002 265 20600000000002 110 04300000000001 64 786000000000001 Tiempo

Irradiación

Figura 4.37: Trayectoria de irradiación solar NASA del 19 de agosto

En la figura 4.38 muestra la trayectoria solar del día 19 de agosto del método Atlas Solar Mundial.

Irradiación solar 19 Agosto

Hargreaves Samani

0 25 0 2916666666666702 0 3333333333333298 0 375 0 4166666666666702 0 4583333333333298 0 5 0 5416666666666696 0 5833333333333304 0 6250000000000003 0 66666666

434 822999999999998 398 77210000000002 332 66320000000002 257 14600000000002 101 983 56 7259999999999999 METODO ATLAS

0 25 0 2916666666666702 0 3333333333333298 0 375 0 4166666666666702 0 4583333333333298 0 5 0 5416666666666696 0 5833333333333304 0 6250000000000003 0 66666666

442 882999999999998 406 83210000000003 340 72320000000002 270 20600000000002 110 04300000000001 69 786000000000001 METODO ATLAS

0 25 0 2916666666666702 0 3333333333333298 0 375 0 4166666666666702 0 4583333333333298 0 5 0 5416666666666696 0 5833333333333304 0 6250000000000003 0 66666666

442 882999999999998 406 83210000000003 340 72320000000002 270 20600000000002 110 04300000000001 64 786000000000001 Tiempo

Irradiación

Figura 4.38: Trayectoria de irradiación solar Atlas Solar Mundial del 19 de agosto

Análisis del porcentaje de variación del día 19 de agosto En la tabla 4.24 se observa que la variación del día 19 de agosto del modelo matemático de estimación es de 53,99%, y una variación de image53 emf

Datos Generales 477,77 289,10 56,71 281,38 490,83 302,16 69,77 294,44 485,83 297,16 64,77 289,44 Varianza Desviación Estandar Coeficiente de Variación % de coeficiente de variación Promec SOLAR Parametros (W/m²) Máximo Medio Mínimo Promedio Máximo Medio Mínimo Promedio Máximo Medio Mínimo Diferencia relativa de porcentaje 2,39% 1,50% 0,539879902 0,51593291 se identifica el porcentaje de variación que existe entre el modelo matemático de estimación vs el método NASA es de 2,39%, y el porcentaje relativo del modelo matemático vs el método Atlas Resultado de la comparación entre el modelo matemáticos vs métodos existentes En la tabla 4.25 muestra los resultados que el modelo de estimación de irradiación solar se aproxima más al m matemático se aproxima más al método existente NASA. Tabla 4.25. Comparación del % relativo entre el modelo matemáticos frente a los métodos existentes image54 emf

Análisis de Irradiación del 19 de Agosto Método NASA Método ATLAS SOLAR Método Hargreaves Samani 2,44% 1,89%

5 Conclusiones

- Para la identificación de los modelos matemáticos para la estimación de irradiación en el campus matriz de la Universidad Técnica de Cotopaxi se la determino mediante una investigación bibliográfica.
- En los modelos calculados matemáticamente evidenciamos que cada modelo tiene sus propias variables que le afectan directamente al cálculo de irradiación, la diferencia de variable se encuentra en el método de estimación.
- Mediante la presente investigación se determinó que de los cuatro días de comparación de datos en el campus matriz de la Universidad Técnica de Cotopaxi la estimación de irradiación solar por la estación meteorología instalada.

6 Recomendaciones • Se recomienda la implementación de un mejor enlace de comunicación entre la Estación Meteorológica y la PC para que la información de los datos de Irradiación Solar adquisición de datos de irradiación solar de una manera automatizada y poder acceder a la información en tiempo real en cualquier ubicación geográfica. • Para análisis futuros de irradiación se debe tener en cuenta el aprovechamiento del recurso solar con fines de estudios energéticos.

7 Referencias

- [1] J. Cortés. Caracterización del potencial energético solar del departamento norte de Santander, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Facultad de ingeniería, 2019. [2] A. Luque, Handbook of Phot of the Medio Ambiente, 2009. [4] V. Badescu, Modeling Solar Radiation at the Earth's Surface, Bucharest: Springer, 2008. [5] C. Raichik, H. Grossi Gallegos y R. Regini, Evaluación de un método alterno para la estimación de la irradiación solar, Orellana Samaniego,

100%

MATCHING BLOCK 17/19

SI

Estimación de la radiación solar global diaria en el cantón cuenca mediante la aplicación del modelo bristow & campbell,

Cuenca: universidad politécnica salesiana sede cuenca, Carrera de Ingeniería Ambiental, 2015. [8] M. P. Aparicio, «Radiación solar y su aprovechamiento energético.» Marcombo, Barcelona, 20



100% MATCHING BLOCK 13/19

Validacion de datos satelitales de radiacion solar utilizando mediciones terrestres para el Ecuador,»

Escuela Politécnica Nacional, Facultad de ingeniería mecánica, Quito, 2018. [10] A. B. Camilo y R. Best y Brown, «Energía Sol.» Revista Ciencia, vol. 1, p. 10, Abril-Junio 2010. [11] J. Bohórquez-Ba POR LA ATMÓSFERA,» Bogotá D.C., 2018. [13] DGF Universidad de Chile, «Flujos Radiativos,» Chile, 2014. [14] ITE Instituto de tecnologías educativas, «Efecto del ángulo de incidencia de los ray lang=es#top. [

73% MATCHING BLOCK 14/19

Último acceso: 12 Agosto 2022]. [16] NASA.gov, «NASA POWER,» 5 8 2021. [En línea]. Available: https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/. [Último acceso: 4-19 8 2022]. [17]

SOLARGIS, «

100% MATCHING BLOCK 15/19

Descargue mapas de recursos solares y datos GIS para más de 180 países,» 20

Enero 2022. [En línea]. Available: https://solargis.com/es/maps-and-gis-data/download/world. [Último acceso: 15 7 2022]. [18] International Finance Corporation, «

90% MATCHING BLOCK 16/19

Global Solar Atlas,» 11 Septiembre 2019. [En línea]. Available: https://globalsolaratlas.info/map/?c=-0.932767,-78.617477,119s=-0.917364,-78.6330859m=site. [Último acceso: 4-19 8 2022]. [19]

Cedar Lake Ventures, Inc., «WeatherSpark,» 25 Mayo 2018. [En línea]. Available: https://es.weatherspark.com/y/20034/Clima-promedio-en-Latacunga-Ecuador-durante-todo-el-a%C3%B1o#- de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales,» 2012. [En línea]. Available: www.ideam.gov.co. [Último acceso: 31 Julio 2022]. [21] W. E. V. Macancela Vázquez.; Regalado Cajamarca, An Iturralde Ayala, Diseño e implementación de un sistema de generación eléctrico solar y eólico para una casa comunal ubicada en el sector San Isidro parroquia de Aláquez del cantón Latacunga Lamigueiro, «ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA,» creative commons, España, 2013. [25] Instituto Nacional de Ciberseguridad, «El protocolo serie, entiéndelo y protégetelo,» INCIBE CERT, ESPAÑA Matallana, Validación de la radiación solar en superficie para la región orinoquia a partir de imágenes de satélite, Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento Maps,» 7 Julio 2016. [En línea]. Available: https://

MATCHING BLOCK 18/19

www.google.com.ec/maps/place/Universidad+T%C3%A9cnica+de+Cotopaxi/@-0.9178892,-78.6350779,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x91d460483c1ca3b0x694a140aab02b1c18m2!3d-0

hl=es. [Último acceso: 15 Julio 2022]. [31] TITAN Electronic Inc., «TITAN,» de Convertidores RS-323 a RS-422/485, Taiwán, TITAN Electronic, 2011-2015, pp. 17-20. [32] TITAN Electronics Inc., «T

79

Irradiación 4 de Agosto

Irradiación Estación Local

0.25 0.29166666666666702 0.33333333333333298 0.375 0.41666666666666702 0.45833333333333298 0.5 0.54166666666666696 0.58333333333333304 0.625000000000003 0.66666666

389.71999999999997 115.25700000000001 Modelo Hargreaves Samani

0.25 0.29166666666666702 0.33333333333333298 0.375 0.41666666666666702 0.45833333333333298 0.5 0.54166666666666696 0.58333333333333304 0.625000000000003 0.66666666

0.25 0.29166666666666702 0.33333333333333298 0.375 0.41666666666666702 0.45833333333333298 0.5 0.54166666666666696 0.58333333333333304 0.625000000000003 0.66666666

19.586999999999996 Temperatura 30 0.25 0.29166666666666702 0.33333333333333298 0.375 0.41666666666666702 0.45833333333333298 0.5 0.54166666666666696 0.58333333333333304 0.625000000000003 0.66666666

931.34999999999991 893.28 824.26 695.3 502.20000000000005 284.48 43.016999999999996 Tiempo

Irradiación

Irradiación del 15 de Agosto

Estación Local

0.25 0.29166666666666702 0.33333333333333298 0.375 0.41666666666666702 0.45833333333333298 0.5 0.54166666666666696 0.58333333333333304 0.625000000000003 0.66666666

458.50099999999998 554.12599999999998 416.15629999999999 389.04399999999998 394.142 263.13599999999997 254.03 64.147199999999998 Temperatura 30 grados

0.25 0.29166666666666702 0.33333333333333298 0.375 0.41666666666666702 0.45833333333333298 0.5 0.54166666666666696 0.58333333333333304 0.625000000000003 0.66666666

410.91630000000004 394.80400000000003 339.90200000000004 257.89600000000002 148.79 18.9072 Bristow Campbell

0.25 0.29166666666666702 0.33333333333333298 0.375 0.41666666666666702 0.45833333333333298 0.5 0.54166666666666696 0.58333333333333304 0.625000000000003 0.66666666

387.48630000000003 371.37400000000002 316.47200000000004 234.46600000000001 125.36 -4.5228000000000002 Hargreaves Samani

0.25 0.29166666666666702 0.33333333333333298 0.375 0.41666666666666702 0.45833333333333298 0.5 0.54166666666666696 0.58333333333333304 0.625000000000003 0.66666666

405.37630000000001 389.26400000000001 334.36200000000002 252.35599999999999 143.25 13.3672 Tiempo

Irradiación

Irradiación del 4 de Agosto

Hargreaves Samani

0.25 0.29166666666666702 0.33333333333333298 0.375 0.41666666666666702 0.45833333333333298 0.5 0.54166666666666696 0.58333333333333304 0.625000000000003 0.66666666

0.25 0.29166666666666702 0.33333333333333298 0.375 0.41666666666666702 0.45833333333333298 0.5 0.54166666666666696 0.58333333333333304 0.625000000000003 0.66666666

697.81999999999994 504.72 287.45 536.99999999999999 METODO NASA

0.25 0.29166666666666702 0.33333333333333298 0.375 0.41666666666666702 0.45833333333333298 0.5 0.54166666666666696 0.58333333333333304 0.625000000000003 0.66666666

509.72 292.50 536.99999999999999 Tiempo

Irradiación

Irradiación solar 15 de Agosto

Hargreaves Samani

0.25 0.29166666666666702 0.33333333333333298 0.375 0.41666666666666702 0.45833333333333298 0.5 0.54166666666666696 0.58333333333333304 0.625000000000003 0.66666666

405.37630000000001 389.26400000000001 334.36200000000002 252.35599999999999 143.25 13.3672 METODO NASA

0.25 0.29166666666666702 0.33333333333333298 0.375 0.41666666666666702 0.45833333333333298 0.5 0.54166666666666696 0.58333333333333304 0.625000000000003 0.66666666

446.40600000000001 418.43630000000002 402.32400000000001 347.42200000000003 265.416 156.31 26.427199999999999999 METODO ATLAS 0.25 0.29166666666666702 0.3333333333

0.7500000000000004 21.427199999999999999 Tiempo

https://secure.urkund.com/view/136827122-203492-365100#/



Irradiación
Irradiación 4 de Agosto
Irradiación Estación Local
0 25 0 2916666666666702 0.3333333333333298 0.375 0 4166666666666702 0.4583333333333298 0.5 0.5416666666666696 0.5833333333333304 0.6250000000000003 0.66666666
389.7199999999999 115.25700000000001 Temperatura 30
0 25 0 2916666666666702 0.3333333333333298 0.375 0 4166666666666702 0.4583333333333298 0.5 0.5416666666666696 0.5833333333333304 0.6250000000000003 0.66666666
502.20000000000005 284.48 43.01699999999996 Método Bristow Campbell
0 25 0 2916666666666702 0.3333333333333298 0.375 0 4166666666666702 0.4583333333333298 0.5 0.5416666666666696 0.5833333333333304 0.6250000000000003 0.66666666
19.586999999999996 Modelo Hargreaves Samani
0 25 0 2916666666666702 0.3333333333333298 0.375 0 4166666666666702 0.4583333333333298 0.5 0.5416666666666696 0.5833333333333304 0.6250000000000003 0.66666666
Irradiación
Irradiación del 8 de Agosto Hargreaves Samani 0 25 0 2916666666666702 0.3333333333333298 0.375 0 4166666666666702 0.4583333333333298 0.5 0.5416666666666696 0.58333333
195.36109999999999 223.11150000000001 236.88839999999999 232.73240000000001 211.626 176.2525 128.84200000000001 68.731999999999999 11.8431 Atlas Solar Mundial 0 25 0 29
0.70833333333333703 0.7500000000000004 21.945999999999998 47.542000000000002 107.791 161.9589 203.4211 231.17150000000001 244.948399999999999 240.79724000000002 219.
0.4583333333333298 0.5 0.5416666666666696 0.5833333333333304 0.6250000000000003 0.666666666666696 0.70833333333333703 0.7500000000000004 26.945999999999998
81.792000000000002 24.903100000000002 Tiempo
Irradiación
Irradiación del 15 de Agosto
Estación Local
0 25 0 2916666666666702 0.3333333333333298 0.375 0 4166666666666702 0.4583333333333298 0.5 0.5416666666666696 0.5833333333333304 0.6250000000000003 0.66666666
458.50099999999999 554.12599999999998 416.15629999999999 389.04399999999998 394.142 263.13599999999997 254.03 64.147199999999998 Hargreaves Samani
0 25 0 2916666666666702 0.3333333333333298 0.375 0 4166666666666702 0.4583333333333298 0.5 0.5416666666666696 0.5833333333333304 0.6250000000000003 0.66666666
405.37630000000001 389.26400000000001 334.362000000000002 252.35599999999999 143.25 13.3672 Método 2
0 25 0 2916666666666702 0.3333333333333298 0.375 0 4166666666666702 0.4583333333333298 0.5 0.5416666666666696 0.5833333333333304 0.6250000000000003 0.66666666
387.48630000000003 371.37400000000002 316.47200000000004 234.46600000000001 125.36 -4.522800000000002 Tiempo
Irradiación
Irradiación solar 15 de Agosto
Hargreaves Samani
0 25 0 2916666666666702 0.3333333333333298 0.375 0 4166666666666702 0.4583333333333298 0.5 0.5416666666666696 0.5833333333333304 0.6250000000000003 0.66666666
405.37630000000001 389.26400000000001 334.362000000000002 252.35599999999999 143.25 13.3672 METODO ATLAS
0 25 0 2916666666666702 0.3333333333333298 0.375 0 4166666666666702 0.4583333333333298 0.5 0.5416666666666696 0.5833333333333304 0.6250000000000003 0.66666666
441.40600000000001 413.43630000000002 397.32400000000001 342.42200000000003 260.416 151.31 21.427199999999999 METODO NASA
0 25 0 2916666666666702 0.3333333333333298 0.375 0 4166666666666702 0.4583333333333298 0.5 0.5416666666666696 0.5833333333333304 0.6250000000000003 0.66666666
446.40600000000001 418.43630000000002 402.32400000000001 347.42200000000003 265.416 156.31 26.427199999999999 Tiempo
Irradiación
Mes de Agosto
Mes de Agosto 0.3035648148148404 0.3125 0.3194444444444444 0.3263888888888889 0.3333333333333331 0.3402777777777773 0.3472222222222227 0.3541666666666669 0.36
0.423611111111111 0.4305555555555558 0.4375 0.4444444444444444 0.4513888888888889 0.4583333333333331 0.4652777777777773 0.4722222222222227 0.4791666666666669 0
0.5486111111111105 0.5555555555555558 0.5625 0.5694444444444444 0.5763888888888889 0.5833333333333337 0.5902777777777779 0.5972222222222221 0.6041666666666669
0.6736111111111116 0.68055555555555547 0.6875 0.69444444444444453 0.7013888888888884 0.7083333333333337 0.7152777777777779 0.7222222222222221 0.7291666666666669
0.7986111111111116 0.8069444444444446 -0.8329999999999996 0.4690000000000004 7.1 9.52 11.93 14.34 16.739999999999998 19.149999999999999 21.55 23.94 26.33 28.72 31.13
68.430000000000005 496.93299999999999 332.88209999999998 214.7732 139.25599999999997 84.093000000000004 38.835999999999999 Hargreaves Samani
16.55 14.14 11.73 9.32 6.9 4.2 0.6999999999999998 -0.8329999999999996 Hora
Elevación
Irradiación del 15 de Agosto
Estación Local
0 25 0 2916666666666702 0.3333333333333298 0.375 0 4166666666666702 0.4583333333333298 0.5 0.5416666666666696 0.5833333333333304 0.6250000000000003 0.66666666
458.50099999999999 554.12599999999998 416.15629999999999 389.04399999999998 394.142 263.13599999999997 254.03 64.147199999999998 Bristow Campbell
0 25 0 2916666666666702 0.3333333333333298 0.375 0 4166666666666702 0.4583333333333298 0.5 0.5416666666666696 0.5833333333333304 0.6250000000000003 0.66666666
387.48630000000003 371.37400000000002 316.47200000000004 234.46600000000001 125.36 -4.522800000000002 Hargreaves Samani
0 25 0 2916666666666702 0.3333333333333298 0.375 0 4166666666666702 0.4583333333333298 0.5 0.5416666666666696 0.5833333333333304 0.6250000000000003 0.66666666
405.37630000000001 389.26400000000001 334.362000000000002 252.35599999999999 143.25 13.3672 Tiempo
Irradiación
Irradiación 19 de Agosto
Estación Local
0 25 0 2916666666666702 0.3333333333333298 0.375 0 4166666666666702 0.4583333333333298 0.5 0.5416666666666696 0.5833333333333304 0.6250000000000003 0.66666666
431.5521 343.44319999999999 167.92599999999999 112.763000000000001 67.506 Temperatura 30 grados
0 25 0 2916666666666702 0.3333333333333298 0.375 0 4166666666666702 0.4583333333333298 0.5 0.5416666666666696 0.5833333333333304 0.6250000000000003 0.66666666
447.88299999999998 411.83210000000003 345.72320000000002 270.20600000000002 115.04300000000001 69.78600000000001 Bristow Campbell
0 25 0 2916666666666702 0.3333333333333298 0.375 0 4166666666666702 0.4583333333333298 0.5 0.5416666666666696 0.5833333333333304 0.6250000000000003 0.66666666
529.884300000000005 496.93299999999999 332.88209999999998 214.7732 139.25599999999997 84.093000000000004 38.835999999999999 Hargreaves Samani
0 25 0 2916666666666702 0.3333333333333298 0.375 0 4166666666666702 0.4583333333333298 0.5 0.5416666666666696 0.5833333333333304 0.6250000000000003 0.66666666
434.82299999999998 398.77210000000002 332.66320000000002 257.14600000000002 101.983 56.725999999999999 Tiempo
Irradiación
Irradiación solar 19 Agosto
Hargreaves Samani
0 25 0 2916666666666702 0.3333333333333298 0.375 0 4166666666666702 0.4583333333333298 0.5 0.5416666666666696 0.5833333333333304 0.6250000000000003 0.66666666
434.82299999999998 398.77210000000002 332.66320000000002 257.14600000000002 101.983 56.725999999999999 METODO ATLAS
0 25 0 2916666666666702 0.3333333333333298 0.375 0 4166666666666702 0.4583333333333298 0.5 0.5416666666666696 0.5833333333333304 0.6250000000000003 0.66666666
442.88299999999998 406.83210000000003 340.72320000000002 265.20600000000002 110.04300000000001 64.78600000000001 METODO NASA
0 25 0 2916666666666702 0.3333333333333298 0.375 0 4166666666666702 0.4583333333333298 0.5 0.5416666666666696 0.5833333333333304 0.6250000000000003 0.66666666
447.88299999999998 411.83210000000003 345.72320000000002 270.20600000000002 115.04300000000001 69.78600000000001 Tiempo
Irradiación
Irradiación 8 de Agosto
Método estación Local
0 25 0 2916666666666702 0.3333333333333298 0.375 0 4166666666666702 0.4583333333333298 0.5 0.5416666666666696 0.5833333333333304 0.6250000000000003 0.66666666
243.51724000000002 179.40600000000001 187.0325 189.62200000000001 129.512 22.623100000000001 Hargreaves Samani
0 25 0 2916666666666702 0.3333333333333298 0.375 0 4166666666666702 0.4583333333333298 0.5 0.5416666666666696 0.5833333333333304 0.6250000000000003 0.66666666
236.88839999999999 232.73240000000001 211.626 176.2525 128.84200000000001 68.731999999999999 11.8431 Método Bristow
0 25 0 2916666666666702 0.3333333333333298 0.375 0 4166666666666702 0.4583333333333298 0.5 0.5416666666666696 0.5833333333333304 0.6250000000000003 0.66666666
205.22149999999999 218.9984 214.84724 193.73599999999999 158.36250000000001 110.95200000000001 60.841999999999999 6.046899999999999 Tiempo
Irradiación
Irradiación 8 de Agosto
Método estación Local



0 25 0 291666666666702 0 333333333333298 0 375 0 4166666666666702 0 458333333333298 0 5 0 5416666666666696 0 5833333333333304 0 625000000000003 0 66666666
243 517240000000002 179 406000000000001 187 0325 189 622000000000001 129 512 22 623100000000001 Metodo Bristoh
0 25 0 2916666666666702 0 333333333333298 0 375 0 4166666666666702 0 458333333333298 0 5 0 5416666666666696 0 5833333333333304 0 625000000000003 0 66666666
205 221499999999999 218 9984 214 84724 193 735999999999999 158 362500000000001 110 952000000000001 60 841999999999999 6 046899999999999 Hargreaves Samari
0 25 0 2916666666666702 0 333333333333298 0 375 0 4166666666666702 0 458333333333298 0 5 0 5416666666666696 0 5833333333333304 0 625000000000003 0 66666666
236 888399999999999 232 737240000000001 211 626 176 2525 128 842000000000001 68 731999999999999 11 8431 Tiempo
Irradiación
Irradiación del 4 de Agosto
Hargreaves Samari
0 25 0 2916666666666702 0 333333333333298 0 375 0 4166666666666702 0 458333333333298 0 5 0 5416666666666696 0 5833333333333304 0 625000000000003 0 66666666
0 25 0 2916666666666702 0 333333333333298 0 375 0 4166666666666702 0 458333333333298 0 5 0 5416666666666696 0 5833333333333304 0 625000000000003 0 66666666
509 72 292 50 536999999999999 METODO ATLAS 0 25 0 2916666666666702 0 333333333333298 0 375 0 4166666666666702 0 458333333333298 0 5 0 5416666666666696 0 5833333333333304 0 625000000000003 0 583
878 9 933 869999999999999 895 8 826 78 697 819999999999999 504 72 287 45 536999999999999 Tiempo
Irradiación
Irradiación 4 de Agosto
Irradiación Estación Local
0 25 0 2916666666666702 0 333333333333298 0 375 0 4166666666666702 0 458333333333298 0 5 0 5416666666666696 0 5833333333333304 0 625000000000003 0 66666666
389 719999999999999 115 257000000000001 Metodo Bristow Campbell
0 25 0 2916666666666702 0 333333333333298 0 375 0 4166666666666702 0 458333333333298 0 5 0 5416666666666696 0 5833333333333304 0 625000000000003 0 66666666
19 586999999999999 Modelo Hargreaves Samari
0 25 0 2916666666666702 0 333333333333298 0 375 0 4166666666666702 0 458333333333298 0 5 0 5416666666666696 0 5833333333333304 0 625000000000003 0 66666666
0 2916666666666702 0 333333333333298 0 375 0 4166666666666702 0 458333333333298 0 5 0 5416666666666696 0 5833333333333304 0 625000000000003 0 6666666666
502 200000000000005 284 48 43 016999999999999 Tiempo
Irradiación
Irradiación del 8 de Agosto Hargreaves Samari 0 25 0 2916666666666702 0 333333333333298 0 375 0 4166666666666702 0 458333333333298 0 5 0 5416666666666696 0 5833333333333304
195 361099999999999 223 111500000000001 236 888399999999999 232 737240000000001 211 626 176 2525 128 842000000000001 68 731999999999999 11 8431 NASA 0 25 0 29166666666666
0 70833333333333703 0 750000000000004 26 945999999999999 52 542000000000002 112 791 166 9589 208 4211 236 171500000000001 249 948399999999999 245 797240000000002 22
0 4166666666666702 0 458333333333298 0 5 0 5416666666666696 0 5833333333333304 0 625000000000003 0 66666666666696 0 70833333333333703 0 750000000000004
136 902000000000002 76 792000000000002 19 903100000000002 Tiempo
Irradiación
Irradiación 8 de Agosto
Método estación Local
0 25 0 2916666666666702 0 333333333333298 0 375 0 4166666666666702 0 458333333333298 0 5 0 5416666666666696 0 5833333333333304 0 625000000000003 0 66666666
243 517240000000002 179 406000000000001 187 0325 189 622000000000001 129 512 22 623100000000001 Temperatura 30 grados
0 25 0 2916666666666702 0 333333333333298 0 375 0 4166666666666702 0 458333333333298 0 5 0 5416666666666696 0 5833333333333304 0 625000000000003 0 66666666
238 272400000000001 217 166 181 792499999999999 134 382000000000001 124 272000000000001 17 383099999999999 Metodo Bristoh
0 25 0 2916666666666702 0 333333333333298 0 375 0 4166666666666702 0 458333333333298 0 5 0 5416666666666696 0 5833333333333304 0 625000000000003 0 66666666
205 221499999999999 218 9984 214 84724 193 735999999999999 158 362500000000001 110 952000000000001 60 841999999999999 6 046899999999999 Hargreaves Samari
0 25 0 2916666666666702 0 333333333333298 0 375 0 4166666666666702 0 458333333333298 0 5 0 5416666666666696 0 5833333333333304 0 625000000000003 0 66666666
236 888399999999999 232 737240000000001 211 626 176 2525 128 842000000000001 68 731999999999999 11 8431 Tiempo
Irradiación
Irradiación 19 de Agosto
Estación Local
0 25 0 2916666666666702 0 333333333333298 0 375 0 4166666666666702 0 458333333333298 0 5 0 5416666666666696 0 5833333333333304 0 625000000000003 0 66666666
431 5521 343 443199999999999 167 925999999999999 112 763000000000001 67 506 Bristow Campbell
0 25 0 2916666666666702 0 333333333333298 0 375 0 4166666666666702 0 458333333333298 0 5 0 5416666666666696 0 5833333333333304 0 625000000000003 0 66666666
529 884300000000005 496 932999999999999 332 882099999999999 214 7732 139 255999999999999 84 093000000000004 38 835999999999999 Hargreaves Samari
0 25 0 2916666666666702 0 333333333333298 0 375 0 4166666666666702 0 458333333333298 0 5 0 5416666666666696 0 5833333333333304 0 625000000000003 0 66666666
434 822999999999999 398 772100000000002 332 663200000000002 257 146000000000002 101 983 56 725999999999999 Tiempo
Irradiación
Irradiación solar 19 Agosto
Hargreaves Samari
0 25 0 2916666666666702 0 333333333333298 0 375 0 4166666666666702 0 458333333333298 0 5 0 5416666666666696 0 5833333333333304 0 625000000000003 0 66666666
434 822999999999999 398 772100000000002 332 663200000000002 257 146000000000002 101 983 56 725999999999999 METODO NASA
0 25 0 2916666666666702 0 333333333333298 0 375 0 4166666666666702 0 458333333333298 0 5 0 5416666666666696 0 5833333333333304 0 625000000000003 0 66666666
447 882999999999999 411 832100000000003 345 723200000000002 270 206000000000002 115 043000000000001 69 786000000000001 METODO ATLAS
0 25 0 2916666666666702 0 333333333333298 0 375 0 4166666666666702 0 458333333333298 0 5 0 5416666666666696 0 5833333333333304 0 625000000000003 0 66666666
442 882999999999999 406 832100000000003 340 723200000000002 265 206000000000002 110 043000000000001 64 786000000000001 Tiempo
Irradiación
[Metadata removed]

Hit and source - focused comparison, Side by Side

Submitted text	As student entered the text in the submitted document.
Matching text	As the text appears in the source.

1/19 SUBMITTED TEXT 61 WORDS

el campus matriz de la Universidad Técnica de Cotopaxi. Tipo de proyecto: Proyecto Investigativo Fecha de inicio: Abril 2022 Fecha de finalización: Agosto 2022 Lugar de ejecución: Zona 3, Provincia de Cotopaxi, Cantón Latacunga, Barrio San Felipe, Campus Matriz Universidad Técnica de Cotopaxi. Facultad que auspicia: Facultad de ciencias de la ingeniería aplicada "CIYA" Carrera que auspicia: Ingeniería Electromecánica Proyecto de investigación vinculado:

SA TESIS_Cristian Cadena.docx (D143446867)

2/19 SUBMITTED TEXT 57 WORDS

Ingeniería y Profesiones Afines Campo Detallado 0713 Electricidad y Energía, 0714 Electrónica y Automatización Línea de investigación: Energías alternativas y renovables, Eficiencia energética y protección ambiental Sub líneas de investigación de la Carrera: Energética en sistemas electromecánicos y uso de fuentes renovables de energía 2 INTRODUCCIÓN: 2.1

SA TESIS_Cristian Cadena.docx (D143446867)



3/19	SUBMITTED TEXT	27 WORDS
la tierra La distancia entre el sol y la tierra es mayor cuando la tierra se ubica en el extremo del eje mayor de la elipse.		
SA PLAN DE INVESTIGACION_OYOS HEREDIA_2021-1.pdf (D113407623)		
4/19	SUBMITTED TEXT	220 WORDS
W/m2 Rango de medición Cable 0 + 4000 W/m2 L = 10 m Registrador de datos Compatibilidad Registro M (ELO008) Alpha – Log (usando el módulo ALIEM) Registro electrónico		
SA TESIS_Cristian Cadena.docx (D143446867)		
5/19	SUBMITTED TEXT	141 WORDS
Clasificación ISO 9060 2018 Clase B espectralmente plana (primera clase) Clasificación IEC 61724–1:2017 Clase B Nivel de rendimiento de la OMM Piranómetro de buena calidad Estimación		
SA TESIS_Cristian Cadena.docx (D143446867)		
6/19	SUBMITTED TEXT	228 WORDS
precisión alcanzable para las sumas diarias de la OMM $\pm 5\%$ Rango espectral 285–3000nm Inestabilidad δ gt; $\pm 1\%$ (diferencia por año) Tiempo de respuesta 16 segundos No linealidad δ gt; $\pm 1\%$ (100 – 1000 W/m)		
SA TESIS_Cristian Cadena.docx (D143446867)		
7/19	SUBMITTED TEXT	280 WORDS
W/m2 Offset cero (respuesta a una radiación térmica neta de 200 W/m2) δ gt; 12 W/m2 Compensación cero b (respuesta a un cambio térmico de 5 K/h) δ gt; ± 3 W/m2 Suministro con cada sensor Certificado de calibración Temperatura operativa -40 + 800 C Trazabilidad de calibración WRR Alojamiento Anodizado aluminio 3.2.14		
SA TESIS_Cristian Cadena.docx (D143446867)		
8/19	SUBMITTED TEXT	885 WORDS
112298 [9] NOMBRE REGISTRO RESOLUCIÓN TEMPORAL COBERTURA ESPACIAL RESOLUCIÓN ESPACIAL NASA Surface Meteorology and Solar Energy 1983-2005 Promedio diario, mensual y anual Global 1 grado Solar and Wind Energy Resource Assessment 1998-2002 Promedio diario mensual y anual Centro América, África, Sur y Este de Asia 10 Km 1991-2005 NSRDB 1991-2004 Horario Estados Unidos Malla de 10Km por 10Km Management and Exploitation of Solar Resource Knowledge 1991-2006 Horario Europa, Oeste de Asia, África, Australia y Sudamérica 2.5 Km Global solar atlas 1999-2015 Promedio anual Global 1 Km 1991-2009 NSRDB 1991-2009 Horario Estados Unidos Malla de 10Km por 10Km 1998-2015 NSRDB 1998-2015 Cada 30 minutos Entre las longitudes 25°W y 175°W, y entre las latitudes -20°S Y 60°N Malla de 4Km por 4Km 3.2.19		
SA TESIS_Cristian Cadena.docx (D143446867)		
9/19	SUBMITTED TEXT	220 WORDS
W/m2 Rango de medición Cable 0 + 4000 W/m2 L = 10 m Registrador de datos Compatibilidad Registro M (ELO008) Alpha – Log (usando el módulo ALIEM) Registro electrónico		
SA TESIS_Cristian Cadena.docx (D143446867)		
10/19	SUBMITTED TEXT	141 WORDS
Clasificación ISO 9060 2018 Clase B espectralmente plana (primera clase) Clasificación IEC 61724–1:2017 Clase B Nivel de rendimiento de la OMM Piranómetro de buena calidad Estimación		
SA TESIS_Cristian Cadena.docx (D143446867)		
11/19	SUBMITTED TEXT	289 WORDS
W/m2 Offset cero (respuesta a una radiación térmica neta de 200 W/m2) δ gt; 12 W/m2 Compensación cero b (respuesta a un cambio térmico de 5 K/h) δ gt; ± 3 W/m2 Suministro con cada sensor Certificado de calibración Temperatura operativa -40 + 800 C Trazabilidad de calibración WRR Alojamiento Anodizado aluminio 4.4		
SA TESIS_Cristian Cadena.docx (D143446867)		
12/19	SUBMITTED TEXT	19 WORDS
del 21 de marzo al 21 de septiembre estará siempre al norte y la otra mitad del año		
W https://docplayer.es/81133875-Universidad-politecnica-salesiana-sede-cuenca.html		



13/19	SUBMITTED TEXT	14 WORDS
Validación de datos satelitales de radiación solar utilizando mediciones terrestres para el Ecuador.»		
SA TESIS_Cristian Cadena.docx (D143446867)		
14/19	SUBMITTED TEXT	21 WORDS
Último acceso: 12 Agosto 2022]. [16] NASA.gov, «NASA POWER.» 5 8 2021. [En línea]. Available: https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/ . [Último acceso: 4-19 8 2022]. [17]		
SA TESIS_Cristian Cadena.docx (D143446867)		
15/19	SUBMITTED TEXT	15 WORDS
Descargue mapas de recursos solares y datos GIS para más de 180 países.» 20		
W https://solar.gis.com/es/maps-and-gis-data/download/world .		
16/19	SUBMITTED TEXT	16 WORDS
Global Solar Atlas.» 11 Septiembre 2019. [En línea]. Available: https://globalsolaratlas.info/map?c=-0.932767,-78.617477,11&s=-0.917364,-78.633085&m=site . [Último acceso: 4-19 8 2022]. [19]		
SA TESIS_Cristian Cadena.docx (D143446867)		
17/19	SUBMITTED TEXT	20 WORDS
Estimación de la radiación solar global diaria en el cantón cuenca mediante la aplicación del modelo bristow & campbell.		
SA PLAN DE INVESTIGACION TESINA OYOS.pdf (D110714518)		
18/19	SUBMITTED TEXT	1 WORDS
www.google.com.ec/maps/place/Universidad+T%C3%A9cnica+de+Cotopaxi/@-0.9178892,-78.6350779,17z/data=!3m1!1e4!1s0x91d460483c1c1a3b:0x694a140aab02b1c18m2!3d-0.9178946!4d-78.6328892?		
W https://www.google.com.ec/maps/place/Universidad+T%C3%A9cnica+de+Cotopaxi/@-0.9178892,-78.6350779,...		
19/19	SUBMITTED TEXT	228 WORDS
precisión alcanzable para las sumas diarias de la OMM \pm 5% Rango espectral 285-3000nm Inestabilidad \leq \pm 1% (diferencia por año) Tiempo de respuesta 16 segundos No linealidad \leq \pm 1% (100 - 1000 W/m)		
SA TESIS_Cristian Cadena.docx (D143446867)		



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TITULACIÓN

GRADO DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

ANEXO B TRAYECTORIA SOLAR



TITULO:

EVALUACIÓN TEÓRICA DE LA IRRADIACIÓN SOLAR GLOBAL EN EL CAMPUS
MATRIZ DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

AUTORES:

HUARACA HUARACA JORGE LUIS

IZA QUINGATUÑA BRAYAN ISRAEL



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
ABRIL 2022 – AGOSTO 2022



Fecha:	1/8/2022	
Coordinar:	-0.9177176, -78.6329107	
Ubicación:	-0.91771760,-78.63291070	
Hora	Elevación	Azimut
6:16:22	-0.833	66.92
6:30:00	2.3	66.85
7:00:00	9.18	66.43
7:30:00	16.04	65.63
8:00:00	22.83	64.39
8:30:00	29.55	62.63
9:00:00	36.13	60.19
9:30:00	42.54	56.86
10:00:00	48.65	52.29
10:30:00	54.34	46
11:00:00	59.34	37.28
11:30:00	63.27	25.43
12:00:00	65.59	10.34
12:30:00	65.85	353.52
13:00:00	63.97	337.81
13:30:00	60.37	325.16
14:00:00	55.58	315.77
14:30:00	50.03	308.98
15:00:00	44	304.06
15:30:00	37.65	300.47
16:00:00	31.1	297.85
16:30:00	24.41	295.94
17:00:00	17.63	294.59
17:30:00	10.78	293.69
18:00:00	3.9	293.18
18:20:36	-0.833	293.04



Fecha:	13/8/2022	
Coordinar:	-0.9177176, -78.6329107	
Ubicación:	-0.91771760,-78.63291070	
hora	Elevación	Azimut
6:18:12	-0.833	68.22
6:30:00	1.9	68.17
7:00:00	8.85	67.78
7:30:00	15.78	67.04
8:00:00	22.65	65.87
8:30:00	29.46	64.21
9:00:00	36.14	61.9
9:30:00	42.66	58.73
10:00:00	48.93	54.35
10:30:00	54.79	48.25
11:00:00	60.02	39.68
11:30:00	64.21	27.73
12:00:00	66.79	12.08
12:30:00	67.21	354.22
13:00:00	65.36	337.46
13:30:00	61.68	324.15
14:00:00	56.77	314.46
14:30:00	51.1	307.56
15:00:00	44.96	302.64
15:30:00	38.52	299.08
16:00:00	31.88	296.48
16:30:00	25.11	294.6
17:00:00	18.26	293.27
17:30:00	11.34	292.37
18:00:00	4.4	291.86
18:22:32	-0.833	291.7



Fecha:	24/8/2022	
Coordinar:	-0.9177176, -78.6329107	
Ubicación:	-0.91771760,-78.63291070	
Hora	Elevación	Azimut
6:18:52	-0.833	70.2
6:30:00	1.78	70.15
7:00:00	8.83	69.79
7:30:00	15.85	69.1
8:00:00	22.84	68.02
8:30:00	29.75	66.47
9:00:00	36.58	64.31
9:30:00	43.25	61.33
10:00:00	49.7	57.17
10:30:00	55.8	51.28
11:00:00	61.31	42.79
11:30:00	65.82	30.53
12:00:00	68.69	13.77
12:30:00	69.21	354.09
13:00:00	67.24	335.74
13:30:00	63.31	321.64
14:00:00	58.15	311.75
14:30:00	52.26	304.92
15:00:00	45.93	300.13
15:30:00	39.33	296.72
16:00:00	32.56	294.25
16:30:00	25.67	292.46
17:00:00	18.71	291.2
17:30:00	11.7	290.35
18:00:00	4.65	289.86
18:23:20	-0.833	289.69



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TITULACIÓN

GRADO DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXOS C BASE DE DATOS ESTACIÓN LOCAL



TITULO:

EVALUACIÓN TEÓRICA DE LA IRRADIACIÓN SOLAR GLOBAL EN EL CAMPUS
MATRIZ DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

AUTORES:

HUARACA HUARACA JORGE LUIS

IZA QUINGATUÑA BRAYAN ISRAEL



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
ABRIL 2022 – AGOSTO 2022





ESTACIÓN LOCAL			
Ubicación	Universidad tecnica de Cotopaxi		
Coordenadas Geográficas	-0.917364°, -78.633080°		
BASE DE DATOS DE IRRADIACIÓN SOLAR			
Fecha	Hora	Irradiación W/m	Media aritmética Irradiación W/m ²
4/8/2022	5:10	0,0	0
4/8/2022	5:20	0,0	
4/8/2022	5:30	0,0	
4/8/2022	5:40	0,0	
4/8/2022	5:50	0,0	
4/8/2022	6:00	0,0	
4/8/2022	6:10	9,3	55,63
4/8/2022	6:20	18,5	
4/8/2022	6:30	27,8	
4/8/2022	6:40	37,1	
4/8/2022	6:50	46,4	
4/8/2022	7:00	55,6	
4/8/2022	7:10	24,8	149,63
4/8/2022	7:20	49,7	
4/8/2022	7:30	74,5	
4/8/2022	7:40	99,3	
4/8/2022	7:50	124,2	
4/8/2022	8:00	149,0	
4/8/2022	8:10	65,3	391,92
4/8/2022	8:20	130,6	
4/8/2022	8:30	196,0	
4/8/2022	8:40	261,3	
4/8/2022	8:50	326,6	
4/8/2022	9:00	391,9	
4/8/2022	9:10	100,6	603,62
4/8/2022	9:20	201,2	
4/8/2022	9:30	402,4	
4/8/2022	9:40	804,8	
4/8/2022	9:50	109,7	
4/8/2022	10:00	319,3	



ESTACIÓN LOCAL			
Ubicación	Universidad tecnica de Cotopaxi		
Coordenadas Geográficas	-0.917364°, -78.633080°		
BASE DE DATOS DE IRRADIACIÓN SOLAR			
Fecha	Hora	Irradiación W/m	Media aritmética Irradiación W/m ²
7/8/2022	6:10	2,1	12,7825
7/8/2022	6:20	4,3	
7/8/2022	6:30	8,5	
7/8/2022	6:40	17,0	
7/8/2022	6:50	34,1	
7/8/2022	7:00	68,2	
7/8/2022	7:10	6,5	38,7421
7/8/2022	7:20	12,9	
7/8/2022	7:30	25,8	
7/8/2022	7:40	51,7	
7/8/2022	7:50	103,3	
7/8/2022	8:00	206,6	
7/8/2022	8:10	16,6	99,842
7/8/2022	8:20	33,3	
7/8/2022	8:30	66,6	
7/8/2022	8:40	133,1	
7/8/2022	8:50	266,2	
7/8/2022	9:00	532,5	
7/8/2022	9:10	25,5	152,842
7/8/2022	9:20	50,9	
7/8/2022	9:30	101,9	
7/8/2022	9:40	203,8	
7/8/2022	9:50	407,6	
7/8/2022	10:00	815,2	
7/8/2022	10:10	32,5	194,992
7/8/2022	10:20	65,0	
7/8/2022	10:30	130,0	
7/8/2022	10:40	260,0	
7/8/2022	10:50	520,0	
7/8/2022	11:00	140,0	



ANEXO C	BASE DE DATOS ESTACIÓN LOCAL		4 de 4
ESTACIÓN LOCAL			
Ubicación	Universidad tecnica de Cotopaxi		
Coordenadas Geográficas	-0.917364°, -78.633080°		
BASE DE DATOS DE IRRADIACIÓN SOLAR			
Fecha	Hora	Irradiación W/m	Media aritmética Irradiación W/m ²
10/8/2022	6:10	141,2	10,733
10/8/2022	6:20	282,3	
10/8/2022	6:30	564,6	
10/8/2022	6:40	129,2	
10/8/2022	6:50	120,7	
10/8/2022	7:00	97,7	
10/8/2022	7:10	100,5	125,261
10/8/2022	7:20	12.53	
10/8/2022	7:30	98,8	
10/8/2022	7:40	1011,1	
10/8/2022	7:50	222,1	
10/8/2022	8:00	444,2	
10/8/2022	8:10	143,6	361,842
10/8/2022	8:20	287,2	
10/8/2022	8:30	574,3	
10/8/2022	8:40	148,7	
10/8/2022	8:50	297,4	
10/8/2022	9:00	581,2	
10/8/2022	9:10	262,4	593,997
10/8/2022	9:20	324,8	
10/8/2022	9:30	464,6	
10/8/2022	9:40	148,0	
10/8/2022	9:50	295,9	
10/8/2022	10:00	591,8	
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI ABRIL 2022 – AGOSTO 2022		

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TITULACIÓN

GRADO DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXOS D BASE DE DATOS BRISTOW-CAMPBELL



TITULO:

EVALUACIÓN TEÓRICA DE LA IRRADIACIÓN SOLAR GLOBAL EN EL CAMPUS
MATRIZ DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

AUTORES:

HUARACA HUARACA JORGE LUIS

IZA QUINGATUÑA BRAYAN ISRAEL



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
ABRIL 2022 – AGOSTO 2022




UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

-0.91020333244402, -78.63509565052625

FECHA	HORA	ABRIT	TEMPERATURA	DECLINACION SOLAR	FACTOR DE EFECTIVIDAD	ANGULO DEL SOL AL AMANECER	$H_o = \frac{24 \times 3600}{\pi} G_s \times E_o (\cos(\theta)) \cos(\delta) \sin(\omega_s) + \frac{\pi}{180} \sin(\theta) \sin(\delta)$	$H_p = H_o \alpha (1 - e^{-2(T_{max} - T_{min})^2})$
10-10	40:05	7.95	18.192991	1.0344705	30.3280948	30.07805478	3644433.0	
11-10	49:22	7.74	-15.4309119	1.03022522	30.3248053	30.05473334	36504651.0	
11-10	57:26	7.86	-18.2436211	1.023990382	30.3207742	30.02992112	36543330.0	
11-10	55:24	7.08	-10.0205263	1.029180756	30.31875113	30.03044848	36552478.0	
11-10	52:23	7.24	-10.7391752	1.029435314	30.3126603	30.31641002	36555348.1	
11-10	50:06	7.53	-10.5476195	1.02940331	30.3079072	30.34855461	36579441.5	
11-10	46:03	7.86	-10.2179171	1.02912663	30.3044771	30.30191957	36582317.5	
12-10	45.2	8.85	-10.0427763	1.02864847	30.29333053	30.28008397	36587095.8	
12-10	38:30	8.64	-7.1922721	1.02841174	30.29432842	30.28373884	36590353.4	
12-10	34.14	8.28	-7.5784564	1.02780555	30.2854463	30.28044588	36594522.6	
12-10	28:61	8.62	-10.2452319	1.02781071	30.2846634	30.278633	36595616.7	
12-10	28.4	8.54	-10.3634527	1.02797034	30.28002697	30.27633216	36542260.0	
12-10	15:4	8.98	-10.6624119	1.02783453	30.2771423	30.2784651	3659552.8	
12-10	8:17	10.38	-10.40229777	1.028463521	30.2702845	30.26592195	37023890.6	
13-10	0:51	10.48	-10.1153713	1.028523623	30.2697021	30.26597114	37076721	
13-10	25:42	10.53	-10.0770296	1.02817863	30.2584833	30.26266455	37116744.3	
13-10	34:59	10.88	-10.513336	1.028523543	30.2547607	30.26613355	3715654.6	
13-10	33:45	10.74	-10.2903521	1.02847987	30.24350675	30.24396353	37197430.3	
13-10	32:14	10.43	-14.20019146	1.02791441	30.2441912	30.25090419	37225340.9	
14-10	32:42	12.08	-14.5643625	1.02414421	30.2380563	30.24110336	37275443.0	
14-10	32:58	12.73	-14.2837826	1.02436417	30.2333815	30.4338271	37318037.0	
14-10	31:21	12.54	-10.3483491	1.02371018	30.2218063	30.26512448	37411729.2	
14-10	31:53	12.10	-10.9176641	1.02354422	30.22234549	30.26220193	37502793.2	
14-10	31:29	12.04	-10.2839519	1.023185407	30.21674719	30.26082167	3743666.4	
14-10	30:45	12.05	-12.9440469	1.022715122	30.210191	30.26512448	37461729.2	
15-10	304.59	13.43	-10.4922167	1.02243686	30.20539868	30.26220193	37502793.2	
15-10	292.83	13.88	-10.2743993	1.021840228	30.19865209	30.17865204	37536790.1	
15-10	300.94	13.92	-11.32633263	1.02162941	30.1930396	30.12411001	3756617.0	
15-10	283.58	13.77	-11.5190665	1.021617151	30.18602213	30.09031786	37605296.0	
15-10	287.8	13.97	-11.22830955	1.020635843	30.18214247	30.04332204	37631834.4	
15-10	286.5	13.75	-10.6169385	1.02052271	30.1762225	31.9710842	3764603.1	
16-10	285.03	14.21	-10.5097969	1.02012493	30.17045719	31.18022209	3768395.1	
16-10	284.0	14.48	-10.14858165	1.01928184	30.16486667	31.96279861	37719533.0	
16-10	283.57	14.75	-10.7618861	1.018917486	30.15915354	31.84483174	37748475.3	
16-10	281.0	14.44	-10.4306816	1.01812710	30.14608547	31.75713083	3778445.2	
16-10	281.14	14.88	-8.670940531	1.01733554	30.13333353	31.70788237	37807012.9	
17-10	280.54	14.97	-8.25310595	1.016526527	30.12317186	30.67715451	37826054.4	
17-10	280.01	14.91	-7.9441935	1.016417913	30.12758186	31.6072806	3784462.1	
17-10	283.53	14.97	-7.53771981	1.01522375	30.1218851	31.55644556	37859110.6	
17-10	283.1	14.75	-7.7004210	1.01442054	30.11612886	31.5454526	37871186.1	
17-10	288.73	14.94	-6.74419174	1.01443431	30.10885668	31.45313009	3788481.0	
17-10	288.33	14.62	-6.377419734	1.014449431	30.10058778	31.40030009	37886005.0	
18-10	288.1	14.08	-6.39024177	1.013186229	30.09625218	31.34424541	37904373.9	
18-10	287.85	14.83	-5.58618263	1.013178043	30.08826693	31.29244246	3791852.0	
18-10	287.63	14.98	-5.0400348	1.012971895	30.08358001	31.24495787	37936726.1	
18-10	287.44	14.93	-4.80010932	1.012123751	30.077261	31.18181934	37951955.5	
18-10	287.29	14.93	-4.41396246	1.011804042	30.07063574	31.12440256	3795961.0	
18-10	287.16	14.98	-4.096244231	1.01127832	30.0644410	31.07362263	37926485.4	
18-10	287.03	14.97	-3.61841845	1.010786283	30.05902326	31.02442566	3791862.0	
18-10	287.02	14.97	-3.21897206	1.010197561	30.0564448	30.96832123	3791370.0	





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

0.91020332414902...18.63359152052625

MODELO		Temperatura		Ecuaciones		Ecuaciones	
		$\delta = 23.45^\circ \sin \left[\frac{360(d + 284)}{365} \right]$	$eo = 1 + 0.033 \times \cos \left[\frac{360(d + 365)}{365} \right]$	$\omega = -\arccos(-\tan(\delta) \times \tan(\phi))$	$Ho = \frac{24 \times 3600}{\pi} G_o \times E_o \cos(\phi) \cos(\omega) \cos(\theta) \sin(\omega\theta) + \frac{\pi}{180} \cos(\theta) \sin(\theta)$	$H_p = H_o \alpha^n (1 - e^{-b(T_{max} - T_{min})^c})$	
FECHA	HORA	AZIMUT	TEMPERATURA	DECLINACION SOLAR	FACTOR DE EXCENTRICIDAD	ANGULO DEL SOL AL AMANECER	IRRADIACION GLOBAL SOLAR
04/02/2022	12:30	23.30	5.73	20.449307	1.02481967	30.34204055	32.6440613
	12:40	23.47	5.72	20.65828838	1.02533543	30.3435882	32.6739379
	12:50	26.22	5.72	20.81844422	1.02597763	30.34502019	32.7020037
	13:00	8.36	11.51	21.00471517	1.026529623	30.35240555	32.7434177
	13:10	0.16	11.62	21.18363556	1.027043521	30.35944507	32.7839367
	13:20	351.95	11.64	21.35501858	1.027529429	30.36597062	32.82355141
	13:30	344.07	11.84	21.51733603	1.02797374	30.3680638	32.8474932
	13:40	336.18	11.84	21.61461144	1.028370771	30.36412084	32.81740055
	13:50	330.23	11.74	21.6541518	1.028189555	30.3672614	32.5995252
	14:00	324.47	13.87	21.56388397	1.02841174	30.37028746	32.50377931
	14:10	318.47	13.83	22.0174891	1.029526645	30.37377713	32.3665856
	14:20	315.15	13.83	22.2307905	1.028972653	30.37523068	32.59364397
	14:30	311.44	13.15	22.26381937	1.029240331	30.37754474	33.02023481
	14:40	308.24	13.23	22.44353291	1.029429334	30.37917167	33.04529207
	14:50	305.48	13.33	22.53338436	1.029743555	30.3819719	33.07063963
	15:00	302.68	13.03	22.59494811	1.029790992	30.3828481	33.0441105
	15:10	301	15.93	22.1861911	1.03023322	30.38568727	33.0746303
	15:20	295.17	15.62	22.0744741	1.030447195	30.38746961	33.10344354
	15:30	291.57	15.71	22.31734817	1.030649621	30.38910411	33.13443962
	15:40	286.15	15.94	22.04362384	1.03082742	30.39047284	33.1805643
	15:50	284.91	15.33	22.20448416	1.03063471	30.39191262	33.19863745
	16:00	283.6	15.82	22.18448489	1.03050596	30.39308205	33.21766243
	16:10	282.81	15.84	22.24462483	1.03042846	30.3941	33.2305767
	16:20	281.82	15.83	22.22897312	1.03037031	30.3950652	33.2371745
	16:30	281.15	15.83	22.33291995	1.0307562	30.3958863	33.2645565
	16:40	280.44	15.83	22.31765195	1.03090398	30.3965794	33.2807139
	16:50	283.01	15.84	22.4101842	1.030945202	30.39714015	33.2940142
	17:00	283.24	16.22	22.42327233	1.0321713	30.3975843	33.30630374
	17:10	288.74	16.84	22.42502629	1.03226422	30.3978662	33.3157532
	17:20	288.29	16.84	22.44304955	1.03241046	30.39830309	33.3274742
	17:30	287.68	16.84	22.44393885	1.03252284	30.3986959	33.3371987
	17:40	287.55	16.84	22.44451717	1.03264165	30.3990593	33.34568887
	17:50	287.21	16.84	22.45242126	1.03284731	30.3973463	33.35289833
	18:00	286.93	16.35	22.44312063	1.03276078	30.3973785	33.3589532
	18:10	286.69	16.84	22.38120262	1.032634137	30.39691607	33.3497052
	18:20	286.43	16.84	22.35433046	1.03271724	30.39624307	33.34628235
	18:30	286.31	16.52	22.34440392	1.032826	30.3944786	33.3741366
	18:40	286.17	16.83	22.26176201	1.032966005	30.39460307	33.37948106
	18:50	286.06	16.03	22.21337101	1.032920444	30.39358446	33.37480593
	19:00	285.97	16.20	22.18334442	1.03282031	30.39282924	33.37484478
	19:10	285.91	16.35	22.085311	1.033	30.3919933	33.37202124
	19:20	14.23	7.25	22.01816213	1.03239311	30.38975458	33.3712133
	19:30	14.19	7.92	22.20240361	1.032390444	30.38922259	33.3692625
	19:40	14.1	7.73	22.24289367	1.032396005	30.38856361	33.36534384
	19:50	13.98	7.63	22.11735357	1.0323216	30.38417312	33.36444537
	20:00	13.85	7.51	22.24660594	1.03237724	30.3829174	33.36446511
	20:10	13.63	7.32	22.25348343	1.032824137	30.38084808	33.3419126
	20:20	13.43	7.51	22.42317643	1.032370730	30.3792968	33.3355056
	20:30	13.25	7.84	22.30227531	1.03264931	30.37644565	33.33085804
	20:40	12.98	7.74	22.17422629	1.032614748	30.3741015	33.3296411
	20:50	12.67	7.71	22.02366455	1.032512644	30.37190122	33.32666348
	21:00	12.32	7.75	21.83848502	1.03243045	30.3688787	33.3217476
	21:10	12.03	7.42	21.7093148	1.032329423	30.3648148	33.31684083
	21:20	11.49	7.42	21.53671767	1.0321713	30.36237702	33.3103082
	21:30	10.93	7.82	21.43842392	1.032045292	30.36030071	33.3026019
	21:40	10.44	7.82	21.41841131	1.031919319	30.35846701	33.29492125
	21:50	83.82	7.74	21.03634383	1.0317862	30.35483762	33.2833847
	22:00	83.03	7.82	20.98366257	1.031670111	30.35014885	33.2721814
	22:10	82.56	7.46	20.91195191	1.03146246	30.34153849	33.2606456
	22:20	81.43	7.82	20.53366643	1.03120536	30.34083219	33.36119078
	22:30	80.82	7.82	20.3495592	1.030962411	30.34002281	33.3455410
	22:40	80.43	7.63	20.5808482	1.03081742	30.3365191	33.324342
	22:50	84.2	7.03	19.3222988	1.03044967	30.33270787	33.3024535
	23:00	82.01	7.63	19.7020981	1.03044702	30.32819419	33.2844310
	23:10	81.23	7.80	18.44039113	1.03022322	30.32480563	33.2666516
	23:20	80.44	7.83	18.26362117	1.029966992	30.3201742	33.2492532
	23:30	77.58	7.42	18.03055833	1.02974355	30.31644546	33.232476
	23:40	75.01	7.83	16.77891752	1.029489314	30.31268203	33.2158483



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

0.910203332414302_18.63359152052625

Emisor: fco

$$H_p = H_0 \alpha^{\left(1 - e^{-b(T_{max} - T_{min})^f}\right)}$$

$$H_0 = \frac{24 \times 3600}{\pi} G_s \times E_g (\cos(\theta)) (\cos(\phi)) \sin(\omega) + \frac{\pi}{180} \cos(\theta) \sin(\phi)$$

FECHA	HORA	AZIMUT	TEMPERATURA	DECLINACION SOLAR	FACTOR DE EFECTIVIDAD	ANGULO DEL SOL AL AMANECER	IRRADIACION GLOBAL SOLAR
3-10	11:43	1.43	21.957167	1.021711	30.30237752	33.2703082	3607533.0
3-20	10:39	1.32	-21.43430932	1.032043302	30.35630751	33.25602119	3670623.9
3-30	10:44	1.23	-21.28747391	1.027059378	30.37322101	33.24468279	3744639.5
3-40	6:52	1.74	-21.09634369	1.0319562	30.35407952	33.22333847	3883366.0
3-50	6:53	1.32	-20.97936257	1.031931011	30.35014085	33.20555422	3822193.4
3-10-00	6:38	2.46	-20.71131031	1.03426465	30.34333945	33.18686017	3620009.6
3-10-10	6:49	1.32	-20.53366343	1.03220556	30.34383289	33.16710379	3620080.7
3-10-20	6:52	1.62	-20.34889552	1.030634711	30.34022081	33.14934479	3620069.0
3-10-30	6:53	1.93	-20.15914462	1.02907142	30.33695953	33.13249452	3620174.4
3-10-40	6:42	1.63	-19.9628398	1.02645647	30.33370787	33.11645335	36422434.8
3-10-50	6:21	1.63	-19.7595961	1.024474105	30.32990489	33.10199479	3644333.0
3-10-00	6:12	1.30	-19.54095989	1.02222322	30.32448653	33.08473934	36506655.0
3-10-10	5:54	1.63	-19.28362511	1.023593012	30.3207142	33.06325112	36543333.0
3-10-20	5:58	1.42	-19.02078293	1.021845559	30.31653153	33.043404842	36533476.6
3-10-30	5:51	1.33	-18.74919752	1.023449334	30.31266033	33.02449092	36635848.1
3-10-40	5:27	1.65	-18.46187665	1.022460301	30.30919012	33.00655444	36671844.5
3-10-50	4:51	1.33	-18.23193111	1.023312683	30.30457181	32.98978135	36723197.0
3-10-00	4:51	1.01	-18.04277763	1.02385845	30.29933083	32.98018387	36767055.0
3-10-10	4:12	13.84	-17.82077501	1.024481716	30.29433282	32.97337384	36800955.4
3-10-20	3:52	10.27	-17.58439346	1.02398559	30.28963483	32.96844838	36844828.6
3-10-30	3:35	10.14	-17.2852919	1.027107011	30.28448634	32.9633	36888610.7
3-10-40	2:36	10.16	-16.9634527	1.02710724	30.27970207	32.95833926	36942490.9
3-10-50	1:59	10.13	-16.6554373	1.027107453	30.27511438	32.95348431	36995830.6
3-10-00	1:4	13.14	-16.28223771	1.026687591	30.27102685	32.94919185	37048850.8
3-10-10	0:4	13.35	-16.1038159	1.026529623	30.26701281	32.94517114	37101812.1
3-10-20	3:16.3	13.84	-15.8970286	1.026191853	30.26348439	32.94156439	37154834.3
3-10-30	3:43.68	13.35	-15.653398	1.025533463	30.24760607	32.93831355	37207854.6
3-10-40	3:16.3	13.44	-15.38033621	1.02449167	30.24359675	32.94396353	37260874.9
3-10-50	2:59.3	13.63	-15.20030146	1.025764481	30.24419152	32.9496149	37313895.2
3-10-00	2:53.3	14.14	-14.92839625	1.024144371	30.23989653	32.94710936	37366915.5
3-10-10	3:18.8	14.14	-14.5687826	1.02434477	30.23538185	32.94368171	37419935.8
3-10-20	3:44.8	14.64	-14.34434891	1.023370363	30.23130939	32.94037862	37472956.1
3-10-30	3:10.6	14.63	-14.0496441	1.02354422	30.22644549	32.93696329	37525976.4
3-10-40	3:07.6	14.84	-13.8395919	1.02318407	30.2217475	32.93325987	37578996.7
3-10-50	3:14.95	14.13	-13.5646093	1.02277922	30.21737811	32.92927048	37632017.0
3-10-00	3:02.57	15.54	-13.2622637	1.02236489	30.21330868	32.92507579	37685037.3
3-10-10	3:00.51	15.34	-12.9141059	1.02184222	30.19865083	32.91853544	37738057.6
3-10-20	2:58.7	15.84	-12.5233363	1.02152664	30.19335356	32.91170901	37791077.9
3-10-30	2:57.12	15.97	-12.1903665	1.02107871	30.18802979	32.90490186	37844098.2
3-10-40	2:55.73	15.84	-11.82630053	1.02063843	30.18248421	32.89813204	37897118.5
3-10-50	2:54.43	15.36	-11.51925395	1.02018221	30.17682325	32.89137842	37950138.8
3-10-00	2:53.4	16.43	-11.2091956	1.01971397	30.17092876	32.88462209	37950229
3-10-10	2:52.42	16.84	-10.9403181	1.01924184	30.16486667	32.87789661	37950320
3-10-20	2:51.56	16.23	-10.71939391	1.01877396	30.15862354	32.87115079	37950411
3-10-30	2:50.18	16.54	-10.44833247	1.01830575	30.15219525	32.86439237	37950502
3-10-40	2:50.03	16.14	-10.24066676	1.01783719	30.14466547	32.85763393	37950593
3-10-50	2:53.46	16.34	-10.10744051	1.01729354	30.13733263	32.85087549	37950684
3-10-00	2:58.31	17.00	-9.92070985	1.01669021	30.12917786	32.84377841	37950775
3-10-10	2:58.41	17.84	-9.78439395	1.016447339	30.12179196	32.83623106	37950866
3-10-20	2:57.99	17.62	-9.53712561	1.01622279	30.1141881	32.8282426	37950957
3-10-30	2:57.07	17.12	-9.1904919	1.01542954	30.10519295	32.81995926	37951048
3-10-40	2:57.21	17.63	-8.78439391	1.01438333	30.1058568	32.81131503	37951139
3-10-50	2:56.3	17.65	-8.37148174	1.01440431	30.1065789	32.80240083	37951230
3-10-00	2:56.43	17.17	-8.38034477	1.01386323	30.09845936	32.79328541	37951321
3-10-10	2:56.38	17.14	-8.36816363	1.01337043	30.08983893	32.78402426	37951412
3-10-20	2:56.19	17.14	-8.29027843	1.01287169	30.08083907	32.77461797	37951503
3-10-30	2:56.02	17.14	-8.20970022	1.01232751	30.0712861	32.76511168	37951594
3-10-40	2:55.88	17.63	-8.14393646	1.01184462	30.06139514	32.75550539	37951685
3-10-50	2:55.77	17.14	-8.06824251	1.01139132	30.0544411	32.7458991	37951776



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TITULACIÓN

GRADO DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

ANEXOS E BASE DE DATOS HARGREAVES SAMANI




TITULO:

EVALUACIÓN TEÓRICA DE LA IRRADIACIÓN SOLAR GLOBAL EN EL CAMPUS
MATRIZ DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

AUTORES:

HUARACA HUARACA JORGE LUIS

IZA QUINGATUÑA BRAYAN ISRAEL



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DATOS DE LA ESTACION		COORDENADAS		ALTURAS		DATOS DE LA ESTACION		DATOS DE LA ESTACION		DATOS DE LA ESTACION		DATOS DE LA ESTACION		DATOS DE LA ESTACION	
ESTACION	INDICADOR	UTM X	UTM Y	ESTACION	INDICADOR	ESTACION	INDICADOR	ESTACION	INDICADOR	ESTACION	INDICADOR	ESTACION	INDICADOR	ESTACION	INDICADOR
1	1	...	1	...	1	...	1	...	1	...	1	...
2	2	...	2	...	2	...	2	...	2	...	2	...
...
100	100	...	100	...	100	...	100	...	100	...	100	...
...
200	200	...	200	...	200	...	200	...	200	...	200	...
...
300	300	...	300	...	300	...	300	...	300	...	300	...
...
400	400	...	400	...	400	...	400	...	400	...	400	...
...
500	500	...	500	...	500	...	500	...	500	...	500	...
...
600	600	...	600	...	600	...	600	...	600	...	600	...
...
700	700	...	700	...	700	...	700	...	700	...	700	...
...
800	800	...	800	...	800	...	800	...	800	...	800	...
...
900	900	...	900	...	900	...	900	...	900	...	900	...
...
1000	1000	...	1000	...	1000	...	1000	...	1000	...	1000	...



The table contains a large amount of data organized in columns. Several columns are highlighted with colors: green, yellow, and blue. The text within the table is too small to be legible, but it appears to be a structured dataset with various numerical and categorical entries.





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TITULACIÓN

GRADO DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

ANEXOS F BASE DE DATOS ESTADÍSTICOS



TITULO:

EVALUACIÓN TEÓRICA DE LA IRRADIACIÓN SOLAR GLOBAL EN EL CAMPUS
MATRIZ DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

AUTORES:

HUARACA HUARACA JORGE LUIS

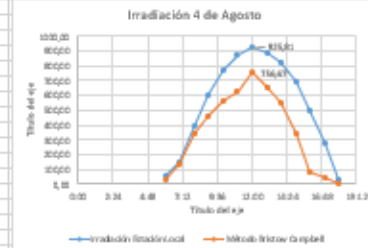
IZA QUINGATUÑA BRAYAN ISRAEL

Análisis de irradiación del 4 de Agosto								
Parámetros [W/m ²]	Método Estación Local				Método Bristow Campbell			
	Máximo	Medio	Mínimo	Promedio	Máximo	Medio	Mínimo	Promedio
Datos Generales	325,81	689,62	37,48	536,68	256,67	342,83	7,66	352,74
Varianza	185637,4821				72589,23864			
Desviación Estándar	430,845737				269,2755863			
Ceficiente de Variación	0,6185616837				0,763379868			
X de coeficiente de variación	68,56X				76,34X			
Diferencia relativa de paralelaje					15,78X			

Análisis de irradiación del 4 de Agosto								
Parámetros [W/m ²]	Método Estación Local				Método Manganoza Samani			
	Máximo	Medio	Mínimo	Promedio	Máximo	Medio	Mínimo	Promedio
Datos Generales	325,81	689,62	37,48	536,68	321,56	533,37	39,22	532,42
Varianza	33772,48647				185637,4821			
Desviación Estándar	183,528858				430,845737			
Ceficiente de Variación	0,578532427				0,8118454858			
X de coeficiente de variación	57,86X				61,85X			
Diferencia relativa de paralelaje					9,35X			

Análisis de irradiación del 8 de Agosto								
Parámetros [W/m ²]	Método Estación Local				Método Bristow Campbell			
	Máximo	Medio	Mínimo	Promedio	Máximo	Medio	Mínimo	Promedio
Datos Generales	236,83	453,38	11,84	144,72	225,23	428,63	6,18	126,34
Varianza	6531,198887				5768,887837			
Desviación Estándar	81,23548415				75,83538615			
Ceficiente de Variación	0,57928871				0,688752423			
X de coeficiente de variación	57,32X				68,88X			
Diferencia relativa de paralelaje					2,76X			

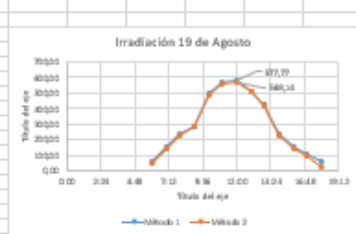
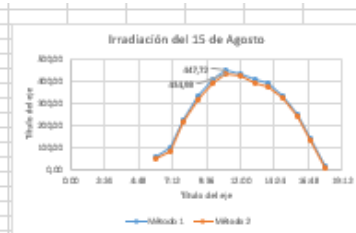
Análisis de irradiación del 8 de Agosto								
Parámetros [W/m ²]	Método Estación Local				Método Manganoza Samani			
	Máximo	Medio	Mínimo	Promedio	Máximo	Medio	Mínimo	Promedio
Datos Generales	236,83	453,38	11,84	144,72	233,77	458,78	18,77	142,28
Varianza	6531,198887				5748,149378			
Desviación Estándar	81,23548415				75,76379653			
Ceficiente de Variación	0,57928871				0,592497837			
X de coeficiente de variación	57,32X				58,61X			
Diferencia relativa de paralelaje					1,55X			



Resulta de la irradiación del 15 de Agosto									
Método Estadístico Local				Método Homocrono Samari					
Parámetros (W/m ²)	Mínimo	Medio	Máximo	Promedio	Mínimo	Medio	Máximo	Promedio	
Datos Generales	335,33	233,35	14,81	286,14	331,36	229,38	18,84	282,17	
Varianza	18855,24751				18855,24751				
Desviación Estándar	137,2758571				137,2758571				
Ceficiente de Variación	0,48457793				0,485389728				
X de coeficiente de variación	48,64%				49,68%				
Diferencia relativa de parámetro	0,26%								

Resulta de la irradiación del 19 de Agosto									
Método Estadístico Local				Método Bruielou Campbell					
Parámetros (W/m ²)	Mínimo	Medio	Máximo	Promedio	Mínimo	Medio	Máximo	Promedio	
Datos Generales	577,27	233,82	56,74	236,31	568,14	224,19	29,56	285,47	
Varianza	37835,41984				38828,82492				
Desviación Estándar	194,5192721				197,02798				
Ceficiente de Variación	0,835197659				0,859197937				
X de coeficiente de variación	83,51%				87,71%				
Diferencia relativa de parámetro	2,28%								

Resulta de la irradiación del 19 de Agosto									
Método Estadístico Local				Método Homocrono Samari					
Parámetros (W/m ²)	Mínimo	Medio	Máximo	Promedio	Mínimo	Medio	Máximo	Promedio	
Datos Generales	577,27	233,82	56,74	236,31	554,42	218,17	33,86	279,26	
Varianza	37835,41984				37835,41984				
Desviación Estándar	194,5192721				194,5192721				
Ceficiente de Variación	0,835197659				0,741815883				
X de coeficiente de variación	83,51%				74,18%				
Diferencia relativa de parámetro	5,67%								



Resulta de la variación entre los modelos en irradiación en Estadístico Local		
Método Estadístico Local	Método Homocrono Samari	Método Bruielou Campbell
	3,84%	4,32%



Resúmenes de irradiación del 4 de Agosto													
Módulo Hargreaves Samani				Módulo Orizaba NASA				Módulo ATLAS SOLAR					
Parámetros [W/m ²]	Máximo	Medio	Mínimo	Promedio	Máximo	Medio	Mínimo	Promedio	Máximo	Medio	Mínimo	Promedio	
Datos Generales	324,56	333,37	33,22	332,42	322,68	688,41	34,26	333,46	322,38	688,74	34,56	333,76	
Varianza	185637,4824				185637,4824				185637,4824				
Desviación Estándar	430,845797				430,845797				430,845797				
Coefficiente de Variación	0,518454858				0,518454858				0,518454858				
X de coeficiente de variación	51,85X				51,85X				51,85X				
Diferencia relativa de paralelaje													
				0,42X				0,45X					

Resúmenes de irradiación del 8 de Agosto													
Módulo Hargreaves Samani				Módulo Orizaba NASA				Módulo ATLAS SOLAR					
Parámetros [W/m ²]	Máximo	Medio	Mínimo	Promedio	Máximo	Medio	Mínimo	Promedio	Máximo	Medio	Mínimo	Promedio	
Datos Generales	233,77	158,78	48,77	142,28	234,81	151,82	41,81	143,32	235,11	152,12	42,11	143,62	
Varianza	5748,143773				5748,143773				5748,143773				
Desviación Estándar	75,9279653				75,9279653				75,9279653				
Coefficiente de Variación	0,52497837				0,52497837				0,52497837				
X de coeficiente de variación	52,25X				52,25X				52,25X				
Diferencia relativa de paralelaje													
				0,33X				0,38X					

Resúmenes de irradiación del 12 de Agosto													
Módulo Hargreaves Samani				Módulo Orizaba NASA				Módulo ATLAS SOLAR					
Parámetros [W/m ²]	Máximo	Medio	Mínimo	Promedio	Máximo	Medio	Mínimo	Promedio	Máximo	Medio	Mínimo	Promedio	
Datos Generales	331,36	223,38	48,84	282,17	333,88	238,42	41,88	283,24	335,38	238,72	42,18	283,54	
Varianza	18855,24751				18855,24751				18855,24751				
Desviación Estándar	137,325571				137,325571				137,325571				
Coefficiente de Variación	0,43383728				0,43383728				0,43383728				
X de coeficiente de variación	43,38X				43,38X				43,38X				
Diferencia relativa de paralelaje													
				0,25X				0,33X					

Resúmenes de irradiación del 13 de Agosto													
Módulo Hargreaves Samani				Módulo Orizaba NASA				Módulo ATLAS SOLAR					
Parámetros [W/m ²]	Máximo	Medio	Mínimo	Promedio	Máximo	Medio	Mínimo	Promedio	Máximo	Medio	Mínimo	Promedio	
Datos Generales	554,12	248,17	33,86	273,26	555,16	244,21	34,18	274,38	555,46	244,51	34,48	274,68	
Varianza	37835,41984				37835,41984				37835,41984				
Desviación Estándar	194,5192721				194,5192721				194,5192721				
Coefficiente de Variación	0,741815883				0,741815883				0,741815883				
X de coeficiente de variación	74,18X				74,18X				74,18X				
Diferencia relativa de paralelaje													
				0,27X				0,35X					

Resúmenes de irradiación del 13 de Agosto												
Módulo Hargreaves Samani				Módulo Orizaba NASA				Módulo ATLAS SOLAR				
				0,26X				0,33X				



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TITULACIÓN

GRADO DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO G PLANO PIRANÓMETRO



TITULO:

EVALUACIÓN TEÓRICA DE LA IRRADIACIÓN SOLAR GLOBAL EN EL CAMPUS
MATRIZ DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

AUTORES:

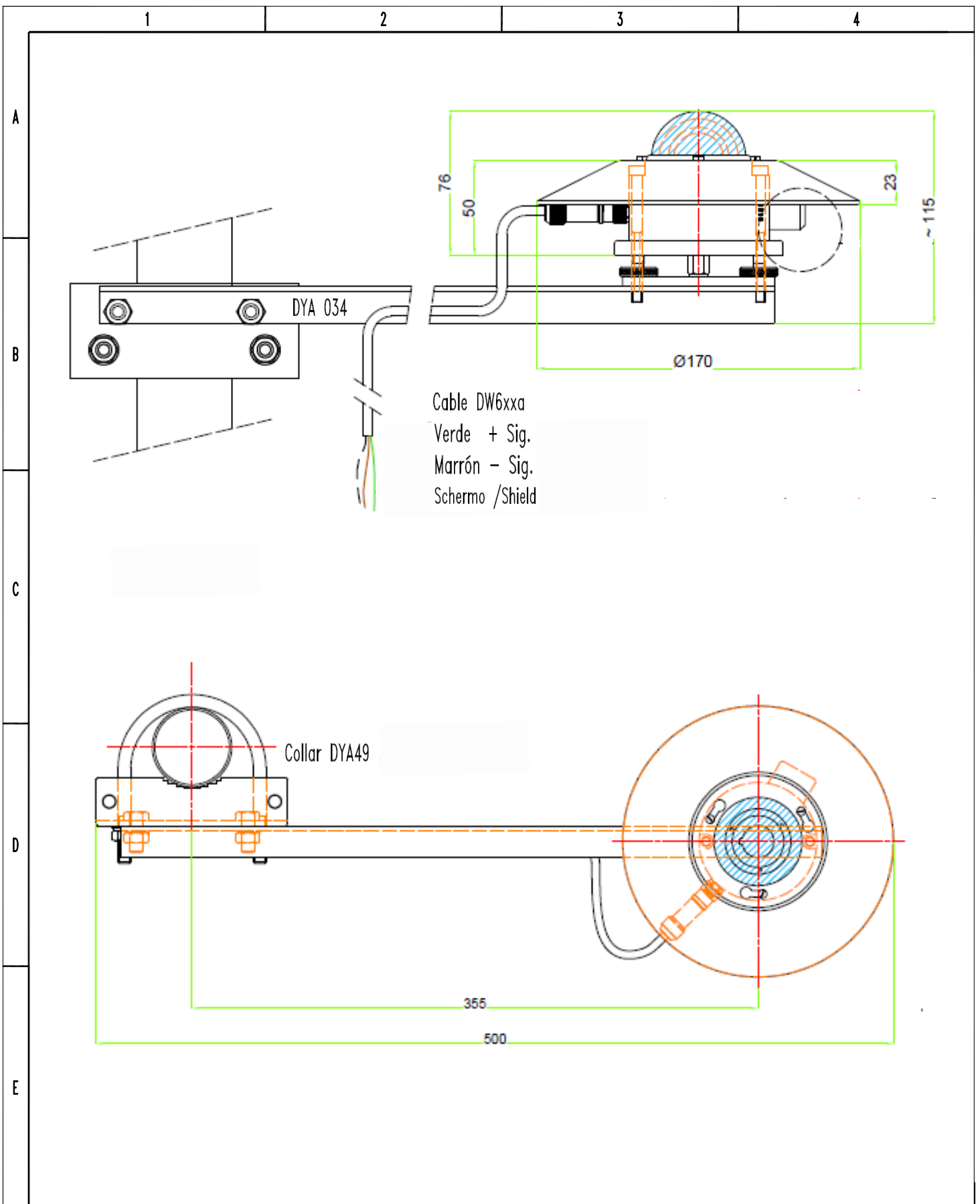
HUARACA HUARACA JORGE LUIS

IZA QUINGATUÑA BRAYAN ISRAEL



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
ABRIL 2022 – AGOSTO 2022





				tolerancias	(Peso)	TEMA	
						PIRANÓMETRO DPA 154	
				Fecha	Nombre	Escala	
				Dib. 20/08/22	Huaraca J, Iza B	1:3	
				Rev. 20/08/22	Ing. Luis Cruz		
				Apro. 20/08/22	Ing. Luis Cruz		
				UTC		Fig. 1	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			ISO E	
						(Sustituye a:)	