



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Validación del modelo amplitud térmica de Bristow y Campbell  
para estimación del recurso solar en desarrollo de energía limpia  
Huancayo-2020**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

**AUTOR:**

Valle Basualdo Maycohol Tom (ORCID: 0000-0001-6819-4583)

**ASESOR:**

MSc. Quijano Pacheco Wilber (ORCID: 0000-0001-7889-7928)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y gestión de los recursos naturales

LIMA - PERÚ

2021

## **Dedicatoria**

A mis padres María Basualdo Cuadros y Manuel Valle Yauri, quienes velan y guían mi camino con su esfuerzo y consejos para verme cumplir mis sueños

## **Agradecimiento**

A dios por siempre guiar mis pasos y mantenerme con salud.

A mis padres, hermana y familiares que son la única razón para cumplir mis metas

A mis amistades más cercanas por la preocupación y apoyo incondicional en toda mi etapa profesional

A mi asesor MSc. Quijano Pacheco Wilber Samuel por su paciencia y entrega al momento de guiarme y responder mis dudas

A la universidad cesar vallejo, que me otorgo una grandiosa oportunidad para cumplir mis metas

## Índice de contenidos

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de Tablas.....	vi
Índice de gráficos y figuras.....	vii
Resumen.....	viii
Abstract.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	6
III. METODOLOGÍA.....	17
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	18
3.2. Variables y operacionalización.....	18
3.3. Población, muestra y muestreo.....	20
3.4. Técnica e instrumentos de recolección de datos.....	20
3.5. Procedimientos.....	22
3.6. Métodos de análisis de datos.....	27
3.7. Aspectos éticos.....	28
IV. RESULTADOS.....	29
4.2 Radiación extraterrestre.....	33
4.3 radiación solar estimada aplicando el modelo de Bristow y Campbell.....	34
4.4 Radiación solar medida con el piranómetro.....	37
4.5 Validación del modelo de Bristow y Campbell.....	38
4.6 Contrastación de hipótesis.....	41
V. DISCUSIÓN.....	43
VI. CONCLUSIONES.....	46

VII. RECOMENDACIONES.....	48
REFERENCIAS.....	50
ANEXOS .....	54

## Índice de Tablas

Tabla 1: Operacionalización de Variables .....	19
Tabla 2: Promedio resultante de los instrumentos por los expertos .....	21
Tabla 3: Parámetros calculados para las condiciones de la Provincia de Huancayo .....	25
Tabla 4: Valores promedios mensuales de la temperatura máxima, mínima y amplitud térmica en °C de la estación meteorológica del Observatorio de Huancayo durante el periodo 2020. ....	30
Tabla 5: Radiación extraterrestre mensual estimada con el modelo Bristow y Campbell en Huancayo durante el periodo 2020. ....	33
Tabla 6: Radiación global solar diaria estimada mediante el modelo Bristow y Campbell en Huancayo en el año 2020 .....	36
Tabla 7: Promedio mensual de la radiación solar estimada y medida en KWh/m <sup>2</sup> /día en Huancayo en el año 2020.....	39
Tabla 8: indicadores estadísticos empleados para validar el modelo de Bristow y Campbell. ....	40
Tabla 9: Resultados de la prueba t de student para la validación del modelo de Bristow y Campbell.....	41

## Índice de gráficos y figuras

Figura 1 Componentes De La Radiación Solar .....	12
Figura 2 Balance radiactivo tierra – atmósfera.....	13
Figura 3 Orbita de la tierra alrededor del sol .....	14
Figura 4 Angulo horario.....	15
Figura 5:Mapa de ubicación del área de estudio.....	22
Figura 6: Temperaturas máximas y mínimas diarias de la estación meteorológica del observatorio de Huancayo durante el periodo 2020.....	31
Figura 7: Temperaturas máximas de la estación meteorológica del observatorio de Huancayo durante el periodo 2020. ....	31
Figura 8: Temperaturas mínimas de la estación meteorológica del observatorio de Huancayo durante el periodo 2020. ....	32
Figura 9: Diferencia de temperaturas máximas y mínimas de la estación meteorológica del observatorio de Huancayo durante el periodo 2020.....	32
Figura 10: Radiación extraterrestre mensual estimada con el modelo Bristow y Campbell en Huancayo durante el periodo 2020. ....	34
Figura 11: Radiación solar diaria estimada con el modelo Bristow y Campbell en Huancayo durante el periodo 2020. ....	35
Figura 12: Radiación solar mensual estimada con el modelo Bristow y Campbell en Huancayo durante el periodo 2020. ....	37
Figura 13: Radiación solar mensual medida con el piranómetro instalado en el Observatorio de Huancayo durante el periodo 2020.....	38
Figura 14: Comparación entre los datos de radiación solar mensual estimados y medidos en Huancayo durante el periodo 2020.....	39
Figura 15: Diagrama de dispersión entre los valores de radiación estimados y medidos en KWh/m <sup>2</sup> /día.....	40

## Resumen

La presente tesis tiene como objetivo Validar el modelo amplitud térmica de Bristow y Campbell para estimar el recurso solar en desarrollo de energía limpia en Huancayo (Junín – Perú) durante el periodo 2020, Los valores obtenidos del modelo se compararon con el instrumento meteorológico piranómetro, empleando datos de temperatura. Es de tipo aplicado, con alcance de nivel no experimental transversal y descriptivo correlacional. Para la estimación de la radiación disponible durante todo el año 2020 se descargaron 732 datos de temperatura máximas y mínimas obteniendo 2 datos/día durante 366 días de la estación meteorológica convencional del SENAMHI instalada en la provincia de Huancayo y para el proceso de validación se emplearon datos de radiación solar global medidos por el equipo piranómetro en la superficie, los mismo que fueron descargados del Observatorio IGP de Huancayo, los resultados de radiación solar estimada con el modelo presenta un promedio anual de  $6.14 \text{Kwh/m}^2/\text{día}$  y con el piranómetro un valor de  $5.76 \text{Kwh/m}^2/\text{día}$ , el análisis de regresión entre los datos estimados y medidos muestra un valor de  $r$  igual a 0.90, siendo la variación de la radiación estimada de  $6.15 \pm 0.36$  y la radiación medida de  $5.76 \pm 1.24 \text{KWh/m}^2/\text{día}$ ; En conclusión el uso del modelo Bristow y Campbell para estimar la radiación solar global en la provincia de Huancayo se presenta como una alternativa adecuada y eficiente .

**Palabras Clave:** radiación solar, modelo Bristow y Campbell, amplitud térmica



## Abstract

The objective of this thesis is to validate the Bristow and Campbell thermal amplitude model to estimate the solar resource in clean energy development in Huancayo (Junín - Peru) during the period 2020, The values obtained from the model were compared with the pyranometer meteorological instrument, using temperature data. It is of an applied type, with a scope of non-experimental transversal and descriptive correlational level. To estimate the radiation available throughout the year 2020, 732 maximum and minimum temperature data were downloaded, obtaining 2 data / day for 366 days from the conventional meteorological station of SENAMHI installed in the province of Huancayo and for the validation process they were used global solar radiation data measured by the pyranometer equipment on the surface, the same that were downloaded from the IGP Observatory of Huancayo, the results of solar radiation estimated with the model presents an annual average of 6.14Kwh / m<sup>2</sup> / day and with the pyranometer a value of 5.76Kwh / m<sup>2</sup> / day, the regression analysis between the estimated and measured data shows a value of r equal to 0.90, with the variation of the estimated radiation of  $6.15 \pm 0.36$  and the measured radiation of  $5.76 \pm 1.24$  KWh / m<sup>2</sup> / day ; Thus, the use of the Bristow and Campbell model to estimate global radiation in the province of Huancayo is presented as an adequate and efficient alternative.

Keywords: solar radiation, model Bristow and Campbell, thermal amplitud

## **I. INTRODUCCIÓN**

La contaminación atmosférica es uno de los temas con mayor relevancia y preocupación medioambiental que la población global enfrenta, debido a que según la Organización Mundial de la Salud el 90 % de las personas respiran aire altamente contaminado (OMS, 2019). La producción de energías convencionales es uno de los principales aportadores en este problema, debido que a su funcionamiento proviene de plantas de carbón, gas y petróleo incluyendo el uso de recursos, en los últimos años el crecimiento de las actividades económicas se ve como una gran amenaza debido a que su extensión intensifica la emisión de contaminantes al requerir mayor consumo de energía, un claro ejemplo de esto es el sector industrial que en la última década presenta un consumo de la energía mundial del 30% (Neme Castillo et al., 2015), pero en la actualidad está como otras actividades se ven comprometidas a cumplir con los compromisos ambientales, por esa razón la gestión energética se ve como una solución sustentable debido a sus dos puntos de partida que son: los cambios culturales y el desarrollo tecnológico (Vásquez Stanescu et al., 2017).

El desarrollo tecnológico en el sector energético se ve vinculado al uso de energía renovable, el cual se refiere al aprovechamiento sostenible de los recursos naturales. Actualmente en el país ya se desarrollan la producción de este tipo de energía como la hidro-energía, eólica y solar; las cuales son conocidas como energías primarias por la disponibilidad en la naturaleza antes de ser transformadas, esta operación en el caso de estos recursos se realiza por las centrales eléctricas, según la DGEE en el último año que se publicó el Balance Nacional de Energía, la participación de energías primarias en el mercado eléctrico en el 2019 fue de 153 937 TJ de la cual el aporte fue de 83.9 % Hidroenergía, 4.4 % otro, 3.9 de eólico % y 1.8% solar, este resultado nos muestra bajo aporte por el recurso solar (Dirección General de Eficiencia Energética, 2019).

La mejor alternativa en el uso de energía renovable es la energía solar fotovoltaica debido a la capacidad de abastecer de energía eléctrica en zonas geográficamente de difícil acceso donde normalmente aún no se encuentra la energía eléctrica comercial y también por ser una tecnología económica. En los últimos años la aplicación de la energía fotovoltaica en nuestra civilización se ve en aumento como en (electrificación rural, telecomunicaciones, iluminación, señalización, control,

monitoreo, etc.). Según el Atlas Solar Peruano en nuestro territorio se cuenta con gran potencial de radiación solar para ser transformada en energía servible (Cruz Ornetta, 2012).

A medida que existe mayor aceptación del uso de energías renovables igualmente crece la necesidad de adquirir fuentes de datos más específicos de los recursos, como es en el caso de la energía solar que en diversos países como en el nuestro que se hallan escasas estaciones meteorológicas con información necesaria que determine y cuantifique la radiación solar en la superficie terrestre para así conocer el potencial de los sistemas fotovoltaicos, esta información es precisa por la razón que los sistemas antes mencionados son muy dependientes de las condiciones y fenómenos climatológicos (Camayo et al., 2017).

El uso de modelos matemáticos en las investigaciones se presenta como una alternativa accesible en el aspecto económico cumpliendo la función de equipos sofisticados, en temas referentes a la caracterización de radiación solar el modelo de Bristow & Campbell es el más destacable debido a que en la aplicación de este se considera a los elementos que mitigan la radiación solar en su camino por la atmósfera, también muestra afectividad en hallar la radiación total al generar la adición de la radiación directa y la radiación difusa en una superficie horizontal (Vanegas Chamorro et al., 2017).

La zona donde se caracterizara la radiación es en la ciudad de Huancayo el cual muestra potencial para la aplicación de fuentes alternativas con energía fotovoltaica, debido a su ubicación en el cinturón solar a  $12^{\circ}$  de la línea ecuatorial, al igual que el SENAMHI existen respaldos de datos históricos y bibliográficos que muestran a la región central del Perú con una radiación solar constante alrededor de todo el año, también en radiación atmosférica con datos repetitivos por debajo de los  $325\text{w/m}^2$ , a lo contrario que sucede con valores superiores a este rango, pero con muy poca variabilidad de ( $\pm 25\text{ w/m}^2$ ), respecto al ciclo diurno de radiación solar, presenta un constante cambio desde octubre hasta marzo, maximizado desde las 11:00 a las 14:00 horas y en julio casi no presenta variabilidad (Cámac et al., 2015).

La motivación del presente trabajo es validar el uso de modelos matemáticos para la provincia Huancayo teniendo en cuenta un factor importante como las sustancias

presentes en la atmósfera, esto se realizara a partir de la transmitancia atmosférica y la amplitud térmica mediante la aplicación del modelo Bristow & Campbell, con la finalidad de conocer si la tecnología solar puede ser implementada a su mejor capacidad y así disminuir el uso de energía proveniente de combustibles fósiles que aportan con el cambio climático.

La presente investigación, desde el **aspecto teórico**, Pretende fortalecer el uso de tecnología sostenible solar, prestando una herramienta funcional en caracterización de radiación solar para la provincia de Huancayo, Desde el **aspecto metodológico** permitirá la accesibilidad a datos de radiación solar de la zona a investigadores interesados sin requerir un presupuesto elevado, Desde el **aspecto social** ayudara indirectamente a frenar los efectos crónicos del calentamiento global como: EL aumento de estrés generado por las olas calor y desvanecimiento debido a los golpes de calor, también en el **aspecto ambiental** se desea generar un respaldo para el planteamiento de aplicar tecnología limpia solar presentadas a las autoridades de la zona y del mismo modo disminuir la mitigación de los GEI.

El problema general que se planteó en la investigación fue ¿Cómo será la validación del modelo amplitud térmica de Bristow y Campbell para estimar el recurso solar en desarrollo de energía limpia en Huancayo durante el periodo 2020? Y los problemas específicos ¿Cuál será la diferencia de temperaturas extremas durante el día para estimar el recurso solar en desarrollo de energía limpia en Huancayo durante el periodo 2020?, ¿Cuál será la radiación solar extraterrestre estimada mediante el modelo Bristow & Campbell en Huancayo durante el periodo 2020?, así mismo se plantean los siguientes objetivos: objetivo general: Validar el modelo amplitud térmica de Bristow y Campbell para estimar el recurso solar en desarrollo de energía limpia en Huancayo durante el periodo 2020, y como objetivos específicos Determinar la diferencia de temperaturas extremas durante el día para estimar el recurso solar en desarrollo de energía limpia en Huancayo durante el periodo 2020, Determinar la radiación solar extraterrestre mediante el modelo Bristow & Campbell en Huancayo durante el periodo 2020.

La hipótesis general planteada en el estudio fue: La validación del modelo amplitud térmica de Bristow y Campbell es eficiente para estimar el recurso solar y por lo tanto factible para el desarrollo de energía limpia en Huancayo durante el periodo 2020, de igual forma las hipótesis específicas como: La diferencia de temperaturas extremas durante el día permite estimar el recurso solar en desarrollo de energía limpia en Huancayo durante el periodo 2020, La radiación solar extraterrestre es determinado mediante el modelo Bristow & Campbell en Huancayo durante el periodo 2020 con valores de 15 KWh/m<sup>2</sup>.día.

## **II. MARCO TEÓRICO**

Según Almorox et al., (2013), tuvieron el objetivo de calibrar, validar y comparar cinco modelos representativos para predecir la radiación solar global, ajustando los coeficientes empíricos para aumentar la aplicabilidad local y desarrollar un modelo lineal. Todos los modelos se basaron en variables meteorológicas fácilmente disponibles, para estimar la radiación solar diaria en Cañada de Luque (Córdoba, Argentina). Como validación, los datos de radiación solar medidos y estimados se analizaron utilizando varios coeficientes estadísticos. Los resultados mostraron que todos los modelos analizados eran robustos y precisos (valores de  $R^2$  y RMSE entre 0,87 a 0,89 y 2,05 a 2,14, respectivamente), por lo que la radiación global se puede estimar adecuadamente con variables meteorológicas fácilmente disponibles como los datos de temperaturas extremas. Los modelos de Hargreaves - Samani, Allen y Bristow & Campbell podrían usarse con valores típicos para estimar la radiación solar.

Según Meza & Varas, (2000), tuvieron como objetivo evaluar el comportamiento de dos modelos empíricos basados en la diferencia entre temperaturas máximas y mínimas y compara los resultados con un modelo basado en horas de sol. Se concluye que los modelos empíricos basados en la temperatura tienen un coeficiente de determinación mayor que el modelo basado en la nubosidad para las condiciones normales de Chile. Además, se calcularon funciones de distribución de probabilidad e intervalos de confianza para las estimaciones de radiación solar utilizando modelos estocásticos de diferencias de temperatura, por ello se calibraron modelos para 20 localidades en Chile que representan una amplia variación en las características climáticas, los resultados según el análisis de regresión entre la energía solar global diaria calculada y observada muestra un valor de  $R^2$  igual a 0.79, con una pendiente de 1.090 y un límite superior e inferior de 0.97 y 1.2 respectivamente al 95% por que se infiere que los modelos propuestos por Allen y Bristow Campbell son adecuados y permiten estimar la radiación solar global promedio en función de la variación de la temperatura del aire, pero ambos modelos tienen limitaciones cuando se aplican a datos diarios. La radiación solar en lugares con grandes diferencias de temperatura no se modeló correctamente utilizando el procedimiento de Allen y el modelo Bristow Campbell tuvo un mejor rendimiento.



Según Pan et al., (2013) tuvieron como objetivo parametrizar el modelo propuesto por Bristow Campbell con la finalidad de estimar la radiación solar diaria en la meseta tibetana y con los resultados obtenidos proponer un método que permita rasterizar la radiación solar diaria. Los datos de radiación solar diaria y temperatura diurna observados de once estaciones sobre la meseta tibetana durante 1971-2010 se utilizaron para calibrar y validar el modelo de radiación de Bristow Campbell. La transmitancia atmosférica y los datos de radiación extraterrestre se obtuvieron y calcularon en la plataforma del sistema de información geográfica (GIS). Los resultados muestran que el modelo de Bristow Campbell se desempeña bien después de ajustar los parámetros, los coeficientes de correlación de Pearson promedio ( $r$ ), la ecuación de Nash-Sutcliffe (NSE), la relación entre el error cuadrático medio y la desviación estándar de los datos medidos (RSR) y el error cuadrático medio (RMSE) de 11 estaciones es 0.85, 2.81 MJ m<sup>2</sup> día<sup>-1</sup>, 0.3 y 0.77 respectivamente, sobre la base de los resultados obtenidos se concluye y afirma que el modelo de Bristow y Campbell funciona de manera efectiva y es válido en la meseta tibetana y además puede proporcionar datos de radiación solar razonablemente eficientes y precisas.

Según Chen et al., (2004) tuvieron como objetivo la Validación de cinco modelos de radiación global con datos medidos diarios donde desarrollaron dos modelos de radiación global basados en la luz solar y tres basados en la temperatura del aire se calibraron utilizando datos diarios del 1 de enero de 1994 al 31 diciembre de 1998 en 48 estaciones en toda China. La ecuación de Nash-Sutcliffe (NSE) se utiliza como criterio de evaluación del modelo. Los modelos que utilizan la temperatura del aire como variable de entrada no son adecuados para estimar la radiación solar diaria global en China. Los valores promediados de NSE de los tres modelos que se basan principalmente en la temperatura del aire de la atmósfera (modelo Bristow & Campbell, modelo Allen y modelo Hargreaves) no son mayores a 0.47. En el presente estudio se encuentra una relación logarítmica entre la radiación global diaria / radiación solar extraterrestre diaria ( $RG = RA$ ) y la diferencia de temperatura entre la temperatura máxima y mínima diaria del aire ( $TM - Tm$ ). Se diseña un nuevo modelo de radiación global diaria que es función de  $RA$ , horas de sol y  $TM - Tm$ , que da un valor NSE promedio de 0.85 y un valor máximo de 0.92.

Delgado & Orellana, (2015) en su investigación tuvieron como objetivo principal aplicar el modelo de Bristow y Campbell con la finalidad de estimar la radiación solar diaria para Cantón Cuenca, para desarrollar la investigación se emplearon datos de temperaturas máximas y mínimas de 16 estaciones obtenidas del INER (Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables). Para la validación de resultados se aplicó un conjunto de estadísticas descriptivas, siendo el resultado que el modelo de Bristow y Campbell presenta un buen ajuste el mismo que fue validado por el coeficiente de determinación con un valor de 0.70, un RMSE de  $0.177 \text{ MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$  lo cual indica un buen ajuste de datos. Según el modelo la radiación estimada en Cantón Cuenca es de  $15,367 \text{ MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$  durante el año 2014, y se concluye que existe una influencia directa de las temperaturas máximas y mínimas en el recurso solar en el Cantón de Cuenca.

Según Recalde et al., (2015) en esta investigación se utilizó los valores de los coeficientes de transmitancia atmosférica utilizando heliofanía y las diferencias entre las temperaturas mínimas y máximas para una ciudad ubicada en la Zona Ecuatoriana, en la Cordillera de los Andes. Primero, se calculó la radiación extraterrestre para estudiar la confiabilidad de los modelos, después se aplicaron técnicas estadísticas a los datos meteorológicos medidos desde junio de 2007 por un período de cinco años. Estos datos se utilizaron para calcular los coeficientes lineales empíricos entre diferentes variables, usando tres modelos: uno usando heliofanía y dos usando la diferencia entre temperaturas. Los resultados mostraron que existe una relación más consistente entre la radiación solar y las horas de sol. Además, según el análisis estadístico se obtuvo que más del 94% de los datos obtenidos mediante el modelo están dentro del 95% de confiabilidad, mostrando un  $R^2$  con un valor de 0.79 y un error de 0.024, mostrando alta eficiencia del modelo Prescott para estimar la radiación solar.

Según Hunt et al., (1998), el objetivo de esta investigación fue determinar la precisión y aplicabilidad de una serie de fórmulas existentes y desarrolladas recientemente para calcular la radiación solar a partir de variables meteorológicas. Se tomaron datos de ocho sitios en Ontario, Canadá. En las fórmulas se utilizaron la temperatura y la precipitación, junto con los valores calculados para la radiación del cielo despejado. La radiación se calculó en relación de la latitud, el día del año,

el ángulo solar y la constante solar. Los coeficientes de correlación entre los valores se calcularon los datos medidos y los errores. Una fórmula recientemente desarrollada que incluía la temperatura máxima, la diferencia entre la temperatura máxima y mínima, la precipitación y la precipitación al cuadrado, proporcionó estimaciones con menos error que otras fórmulas. Los coeficientes de este modelo y de otra fórmula se ajustaron a los datos de siete sitios. El error cuadrático medio (RMSE) entre los valores calculados para días individuales con el modelo recientemente desarrollado y los datos medidos para Ontario fueron  $4,1 \text{ MJ m}^{-2} \text{ días}^{-1}$  con una desviación estándar de  $0,29 \text{ MJ m}^{-2} \text{ días}^{-1}$ .

Según Camayo et al., (2015) realizaron la investigación con la finalidad de encontrar un método para calcular la radiación solar por mes y año en la región Junín, ya que este lugar no dispone de información, para lo cual se aplicó el modelo de Bristow y Campbell. El primer procedimiento fue registrar datos de las temperaturas mínimas y máximas de las 19 estaciones meteorológicas del SENAMHI ubicados en la selva y sierra. La rentabilidad de los datos de radiación solar obtenidos se determinó mediante lo afirmado por la OLADE en el año 1992, donde menciona que radiaciones mayores a  $4 \text{ KWh/m}^2/\text{día}$  resultan ser rentables y de  $5,0 \text{ KWh/m}^2/\text{día}$  resultan muy rentables. La investigación tuvo como resultados en la región Junín un valor de 5.3, en la sierra 5.6 y en la selva 4.2, por tanto en los tres lugares de estudio resultó que la radiación estimada registrada es muy rentable, siendo mayor en la sierra y menor en la selva. Finalmente se concluye que el modelo es de simple funcionamiento y además accesible para todo aquel que desea realizar este tipo de investigación resultando un instrumento de alta utilidad para implementar la base de datos de radiación solar en toda la región Junín y en todo el Perú.

Las teorías relacionadas al tema son las siguientes: Cuando un parámetro meteorológico tiene variaciones no habituales hablamos de “cambio climático” ocasionada por los cambios internos en la atmósfera como las turbulencias; o por cambios externos como las variaciones en la intensidad de radiación solar que recibe la superficie o en los cambios de las características del planeta (Wright, 2008) (cambios de uso del suelo, concentración de GEIs, etc.) como consecuencia de la actividad humana. La variabilidad del clima se presenta de muchas formas y, por tanto su pronóstico en periodos largos es difícil. Por lo que la investigación aplica y

valida el modelo de Bristow y Campbell propuesta en 1984; dicho modelo es un método que permite estimar la radiación global diaria a partir de las mediciones diarias de temperatura del aire máxima y mínima (Pan et al., 2013), de esta manera será posible hacer predicciones y estimaciones a corto, mediano y largo plazo de la radiación solar (Recalde et al., 2015).

El clima es definido como el promedio de variables, en la actualidad se entiende como un estado variable de la atmósfera, debido a las interacciones con el continente y el mar, en diversas escalas de espacio y tiempo (Teke et al., 2015), mientras que la meteorología es la ciencia de la física de la atmósfera que se encarga del estudio de los fenómenos atmosféricos (viento, lluvia, nieve, granizos, etc.), el medio atmosféricos, el estado del tiempo y todas las leyes que lo rigen (Hunt et al., 1998).

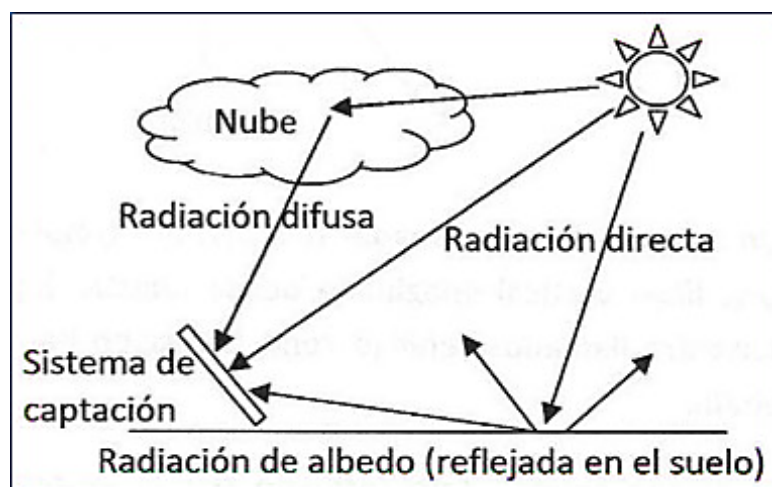
Vivimos en la Tierra, uno de los planetas del sistema solar cuyo centro es una estrella, el sol, un cuerpo luminoso que irradia luz y calor. El sol es la principal fuente de energía primaria, que se propaga a través del espacio y es el responsable de producir todos los procesos químicos, físicos y biológicos que tiene lugar en la superficie terrestre (Vanegas Chamorro et al., 2017). Las reacciones nucleares que se producen en la parte central son la fuente de toda la energía que, en diferentes formas, el sol irradia al espacio que lo rodea" (Adelaide & Pires, 2011).

La radiación total, que es el incidente sobre una superficie inclinada, incluye los dos componentes, directa y difusa, más una parte debida a la radiación reflejada en la superficie y en los elementos circundantes, que es función del albedo del lugar (Delgado & Orellana, 2015). La radiación total se denomina a menudo en la literatura "radiación inclinada" o "radiación en el plano inclinado" y, en este caso, corresponde a la radiación recibida en una superficie con una inclinación igual a la latitud del lugar (Wong & Chow, 2001). La radiación solar que alcanza la parte superior de la atmosfera varía ligeramente según la distancia que existe entre el sol y la tierra y la actividad de las manchas solares. El valor medio de esta irradiancia se denomina constante solar ( $I_{cs}$ ), y se define como la tasa de radiación solar, en todas las longitudes de onda, incidente sobre una superficie ubicada fuera de la atmósfera terrestre, perpendicular a la radiación solar, a una distancia de 1U.A del

sol. Equivalente a 149.597. 870 km (Iqbal, 1993). El valor de la constante solar, según la definición, es independiente de la distancia de la Tierra al Sol, sin embargo, varía entre 1365 y 1367 W/m<sup>2</sup> dependiendo de la actividad de las manchas solares, adoptando el valor promedio.

$$I_{cs} = 1367 \text{ W/m}^2 \quad (1)$$

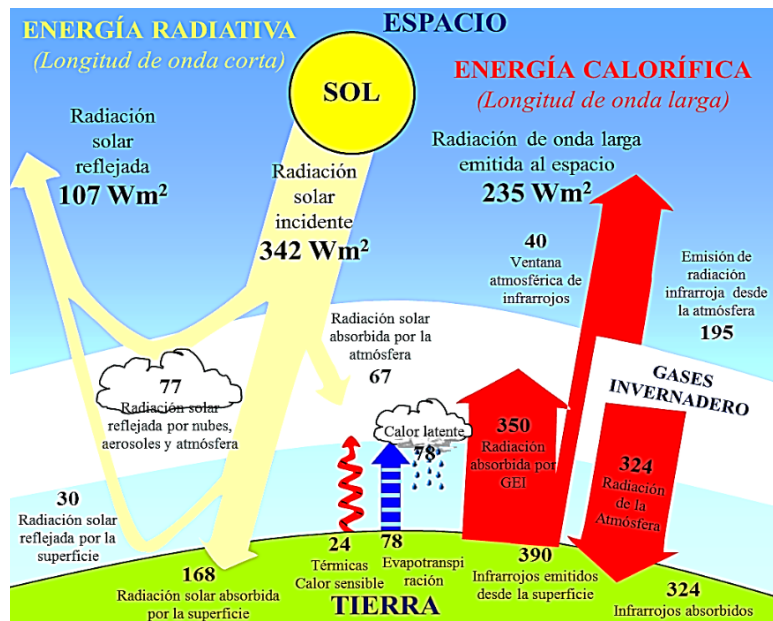
Cuando la radiación solar entra a la atmósfera, sufre varios procesos físicos antes de llegar a la superficie de la Tierra compuesta en dos partes: radiación directa y radiación difusa, como se muestra en la Figura 1.



Fuente: (Polo et al., 2017)

Figura 1 Componentes De La Radiación Solar

El Sol es la mayor y principal fuente de energía del sistema Tierra-Atmósfera, con un diámetro de  $1,39 \times 10^6$  km y un volumen de  $1,412 \times 10^{18}$  km<sup>3</sup>. Su energía desencadena una serie de procesos térmicos, dinámicos y químicos. Los gradientes de temperatura en la superficie de la Tierra proporcionan movimientos de aire a todas las escalas, como la circulación general de la atmósfera o incluso las brisas (Figura 2). Esta energía se propaga sin necesidad de la existencia de un medio material, en lo que se define como radiación, por lo que se asocia a una irradiancia espectral (cantidad de energía radiante, que en un rango de longitud de onda unitaria, atraviesa una unidad de área tomada perpendicular a la dirección considerada, en una unidad de tiempo) (Vanegas et al., 2015).



Fuente: (Ballester et al., 2006)

Figura 2 Balance radiativo tierra – atmósfera.

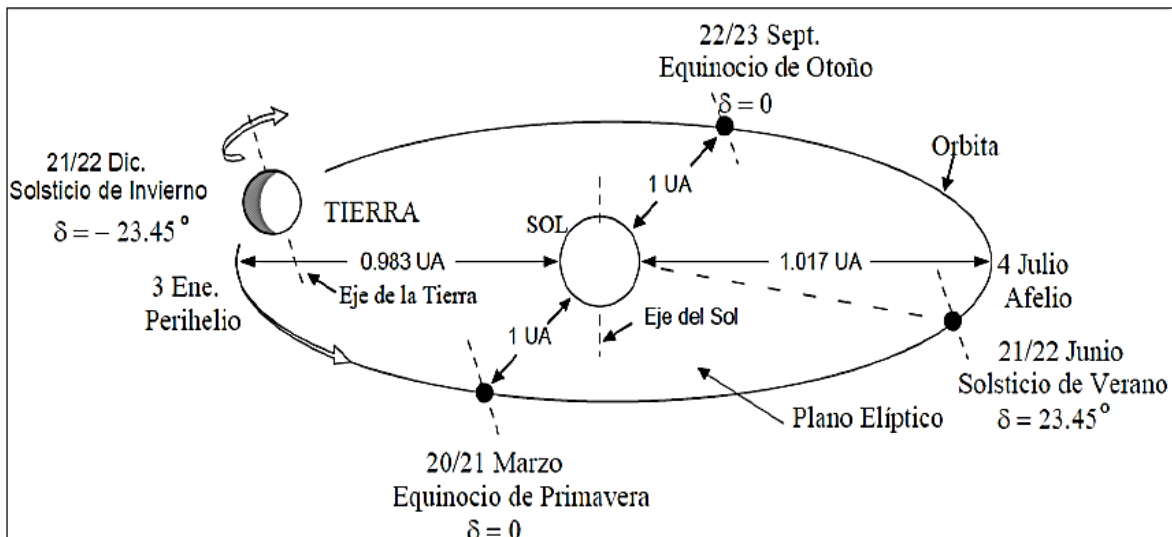
Los factores modulares de la radiación solar se dividen en dos, primero en Factores geométricos: compuesta por la distancia entre el sol y la tierra: La tierra de acuerdo a la primera ley de Kepler gira alrededor del sol en una órbita elíptica. La cantidad de radiación que llega a la superficie de la tierra es inversamente proporcional al cuadrado en relación a su distancia al sol. La distancia media tierra – sol  $r_0$ ; se denomina una unidad astronómica (Iqbal, 1993), cuyo valor es:

$$1 \text{ U.A} = r_0 = 1.496 \times 10^8 \text{ Km} \quad (2)$$

Y el segundo es el factor de corrección  $E_0$  el cual es el movimiento orbital de la tierra no se da uniformemente, la velocidad lineal media con la que da este movimiento es de unos 29.8km/s aproximadamente, siendo mínima en el afelio y máxima en el perihelio. Sin embargo, la distancia “tierra – sol”  $r$  para cualquier día del año se conoce con considerable precisión. Tradicionalmente, la distancia  $r$ , se expresa en términos de una expansión en series de Fourier con un determinado número de coeficientes. Con un error máximo de 0.0001, Spencer (1971) desarrollo la siguiente expresión denominado factor de excentricidad de la órbita de la tierra ( $E_0$ ),

$$E_0 = 1 + 0.033 \cos \left[ \frac{2\pi d_n}{365} \right] \quad (3)$$

Siendo  $d_n$  el día juliano, el cual es un valor numérico que se calcula a partir de los días transcurridos a partir del día 1 de enero, la declinación solar  $\delta$  es el ángulo que se forma por los rayos que provienen del sol y el plano ecuatorial de la tierra. La rotación de la Tierra sobre su eje genera variaciones diurnas en la cantidad de radiación que alcanza la superficie de la Tierra (IPCC, 2013). La posición de este eje en relación al Sol genera variaciones estacionales en la radiación solar incidente. El ángulo entre el eje polar y la normal al plano de la eclíptica permanece inalterado. Lo mismo ocurre con el ángulo entre el plano ecuatorial de la Tierra y el plano de la eclíptica (Figura 3). Sin embargo, el ángulo entre la línea que une los centros del Sol y de la Tierra en relación al plano ecuatorial cambia todos los días, de hecho, a cada instante (Schmale et al., 2017).



Fuente: (Iqbal, 1993)

Figura 3 Órbita de la tierra alrededor del sol

El valor de la declinación solar depende del día del año, y se calcula a partir de la siguiente ecuación:

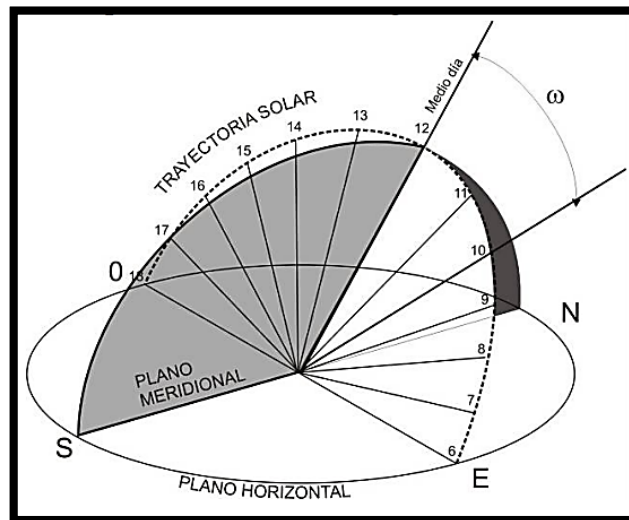
$$\delta = 0.409 \operatorname{sen} \left[ \frac{2\pi d_n}{365} - 1.39 \right] \quad (4)$$

El ángulo horario,  $\omega$  es aquel ángulo que se forma por el rayo del sol y el plano meridional del punto, medido en el plano que conforma a la trayectoria solar. Según

la posición del sol a medio día es decir a las 12:00 horas se tiene un ángulo horario cuyo valor es  $0^\circ$ . Hacia el oriente la cuenta es positiva y hacia el poniente la cuenta es negativa, por lo que a las 6:00 horas según la posición del sol se tiene un ángulo horario con un valor de  $90^\circ$ , mientras que a las 18:00 horas el valor del ángulo es de  $-90^\circ$ . La ecuación correspondiente para determinar el ángulo horario es la siguiente:

$$\omega = \cos^{-1}(-\tan\phi \tan\delta) \quad (5)$$

Donde  $\phi$  es la latitud del punto y  $\delta$  es la declinación solar



Fuente: (Adalberto & Gabriel, 2015)

Figura 4 Ángulo horario.

La latitud  $\phi$  es aquel ángulo que se forma a partir de la vertical de un punto con el plano ecuatorial. Se expresa en grados, midiendo  $0^\circ$  en el ecuador y  $\pm 90^\circ$  en los polos. Siendo positiva en el hemisferio norte y negativa en el hemisferio sur (Figura 4).

Los modelos empíricos para estimar la radiación solar global son una herramienta conveniente si los parámetros se pueden calibrar para diferentes ubicaciones. Estos modelos tienen la ventaja de utilizar datos meteorológicos que están comúnmente disponibles. La radiación solar entrante está determinada por el estado de la atmósfera. Sin embargo, la dinámica de la atmósfera es muy difícil de



predecir. Considerando las transformaciones experimentadas por la radiación solar, se puede esperar encontrar una relación para expresar la radiación solar en función de las variables meteorológicas comúnmente registradas en las estaciones climatológicas (Álvarez et al., 2011). Cuando las radiaciones solares llegan a la superficie de la tierra, una parte se refleja y otra se absorbe. Lo mismo ocurre con la radiación de onda larga que cada cuerpo emite en función de su temperatura. Suele haber una buena relación entre la radiación neta y la radiación solar global, ya que esta última es la principal fuente de energía (Meza & Varas, 2000).

Además, si se descuida el flujo de calor hacia el suelo, se puede encontrar la relación entre el calor sensible y el calor latente, sobre una base diaria. El calor sensible es responsable de las variaciones de temperatura, por lo que es posible obtener una relación entre las diferencias de temperatura y la radiación solar, siendo la temperatura un reflejo del balance de radiación, con este argumento, Bristow y Campbell en el 1984 sugirieron la siguiente relación para la  $R_g$  diaria, en función de la  $R_e$  diaria y la diferencia entre las temperaturas máxima y mínima (Quispe Huaman, 2018) ( $\Delta T$ , °C):

$$\rho = A[1 - \exp(-B\Delta T^C)] \quad (6)$$

Donde  $\rho$  es la transmitancia atmosférica total diaria y A, B y C son coeficientes empíricos determinados a partir de los datos de radiación solar medidos para una ubicación particular. Aunque estos coeficientes se determinan empíricamente, reflejan la física involucrada en la relación. "A" representa la transmitancia total potencial en un día despejado y sin nubes. Los coeficientes "B y C" controlan la velocidad a la que se acerca a "A" a medida que aumenta la diferencia de temperatura (Camayo Lapa et al., 2015).

### **III. METODOLOGÍA**

### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

#### **Tipo de la investigación**

De acuerdo al tipo de estudio la presente investigación presenta las condiciones metodológicas de una investigación aplicada con un enfoque cuantitativo, que se caracteriza por el uso de teorías desarrolladas en anteriores investigaciones constatando métodos y modelos con la finalidad de generar nuevos conocimientos a través de la aplicación innovadora (Vargas Cordero, 2009) en este caso se usaron los conocimientos de las ciencias físicas y meteorologías para la aplicación y evaluación del modelo Bristow & Campbell,

#### **Diseño De Investigación**

El diseño de la investigación es no experimental transversal y descriptivo correlacional, esto se debe a que cumple con las siguientes características, no experimental descriptivo: Los estudios se realizan sin manipular o alterar las variables y se observa los fenómenos en su ambiente después de ser analizados (Agudelo et al., 1965), Transversal: Porque se recaban datos de un tiempo determinado para realizar inferencias acerca de sus causas, evolución, y efectos, esto debido a que tiene como objetivo estimar cambios significativos, no solo un cambio de perfil individual (Arnau & Bono, 2008), Correlacional: porque realiza estimaciones de la radiación solar mediante un modelo numérico. Además, explica la relación entre variables, determinándose la influencia de las variables ambientales en la estimación del recurso energético solar disponible y por último se cuantifica la relación entre variables obteniéndose valores numéricos (Mousalli, 2016).

### **3.2. Variables y operacionalización**

**Variable independiente** Amplitud térmica en el modelo Bristow & Campbell

**Variable dependiente** Recurso solar disponible

Tabla 1: Operacionalización de Variables

Variables	Definicion/Concepto	Definicion Operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad de Medida
Amplitud térmica	Se describe como la variedad que existe entre la temperatura máxima y la temperatura mínima que se obtiene en un tiempo específico, este termino refiere a la amplitud como rango o intervalo y térmica a la temperatura o al calor (Borda, 2017)	Para poder determinar la amplitud termica es necesario conocer la temperatura con mayor intensidad producida durante todo el día, de igual de importante tambien conocer la temperatura minima q se genere durante todo el día. Debido a q la diferencia de los dos datos conforman la amplitud termica	DIFERENCIA DE TEMPERATURA EXTREMAS DURANTE EL DIA	TEMPERATURA MÁXIMA	°C
				TEMPERATURA MÍNIMA	°C
		Para poder definir la radiación solar disponible con el modelo BRISTOW & CAMPBELL es necesario conocer la radiación solar que llega antes de entrar en contacto con los gases existentes en la atmosfera, aquella es conocida como radiación extraterrestre, esta es la energía que recibe una superficie del plano tangencial al planeta tierra en un punto ubicado al exterior de la atmosfera, plano que será también el plano horizontal de ese punto (Bautista Carrascosa, 2013).	RADIACION SOLAR EXTRATERRESTRE	ERROR DE EXCENTRICIDAD	adimensional
				ANGULO HORARIO	GRADOS
			DECLINACION SOLAR	GRADOS	
				LATITUD	GRADOS
Recurso solar disponible	La radiación solar en la superficie terrestre se compone de radiación directa y radiación difusa. La "radiación directa" corresponde a los rayos del sol que atraviesan directamente la atmósfera sin sufrir ninguna "absorción o dispersión". La "radiación difusa" es la que resulta de los diversos procesos de "difusión / reflexión" que ocurren durante su curso. La radiación se dispersa "por moléculas de aire, partículas de aerosol y gotas de agua. La dispersión depende en gran medida de la longitud de onda de la radiación". Juntos, forman radiación global (Vanicek et al., 2000)	radiacion disponible en la provincia de Huancayo por días y promedio mensual durante todo el año 2020	RADIACION SOLAR ESTIMADA CON EL MODELO	VALORES DIARIOS	KWh/m2/día
				PROMEDIOS MENSUALES	
			RADIACION SOLAR MEDIDA CON EL PIRANÓMETRO	VALORES DIARIOS	KWh/m2/día
				PROMEDIOS MENSUALES	

### **3.3. Población, muestra y muestreo**

La población corresponde a toda estación convencional meteorológica del SENAMHI ubicada en Huayao - Huancayo, porque de ellas se obtuvo datos de temperatura extremos presentados por día.

La muestra está conformada por la estación meteorológica de Huayao en las cuales existe datos de temperatura mínima y máxima, así como también el equipo piranómetro que nos brindó datos de radiación.

El muestreo es no probabilístico por conveniencia al criterio del investigador, debido que en la estación escogida es completa y cuenta con todos los datos permitiendo simplemente validar el modelo.

### **3.4. Técnica e instrumentos de recolección de datos**

La técnica que se emplea para el desarrollo del presente trabajo, es la observación de datos de temperaturas extremas, aquellas que son de gran importancia en el desarrollo del modelo Bristow & Campbell para la determinación de radiación disponible en la provincia de Huancayo.

La observación es un instrumento esencial que permite generar descripciones de calidad basadas en la realidad, solucionando cuestionamientos debido a que su origen es el registro de lo observado, por ello esta técnica debe ser efectuada en el punto que se visualice la acción o realidad en cuestión (Martínez R., 2007).

Instrumentos de recolección y organización de datos, los instrumentos que se usaron en esta investigación estuvieron relacionados a la operacionalización de las variables de las cuales se dividen en cuatro fichas, ficha 01: Registro de amplitud térmica por día y promediado por mes de todo el año 2020, más adelante en ANEXO 01, ficha 02: Registro de radiación extraterrestre por día y promediado por mes de todo el año 2020 más adelante en ANEXO 02, ficha 03: Estimación de radiación solar disponible por mes con el modelo (Bristow y Campbell) más

adelante en ANEXO 03 y ficha 04: Comparación de datos obtenidos por modelamiento y Piranómetro más adelante en ANEXO 04.

La validación de los mencionados instrumentos presentó un resultado promedio aprobatorio, las cuales fueron revisadas por los expertos mencionados en el siguiente cuadro con el respectivo puntaje (Tabla 2)

*Tabla 2: Promedio resultante de los instrumentos por los expertos*

<b>Expertos</b>	<b>Instrumento 01</b>	<b>Instrumento 02</b>	<b>Instrumento 03</b>	<b>Instrumento 04</b>
<b>GÜERE SALAZAR FIORELLA VANESSA</b>	90	85	90	85
<b>LUIS HOLGUIN ARANDA</b>	85	85	85	85
<b>CASTRO TENA LUCERO</b>	95	95	95	95
<b>PROMEDIO TOTAL</b>	90	88	90	88

### 3.5. Procedimientos

#### 3.5.1. Ubicación

El presente trabajo se llevó a cabo en la provincia de Huancayo (Figura 5), departamento de Junín, ubicada a los 12°02'18" s 75° 19' 22" con una superficie total de 1153.05 km<sup>2</sup> a una altitud de 3350 msnm (INEI, 2017).

Huancayo es identificada por tener un clima frío presentando temperaturas bajas inclusive en los meses más cálidos, la temperatura media anual es de 8.7°C y precipitaciones de 16mm con el índice más bajo presentado en julio con un promedio de 32 mm y el mayor en enero con un promedio de 254mm, también una temperatura media de 9.5°C en noviembre siendo el mes más caluroso del año y en julio tiene la temperatura promedio más bajo del año con 7.3°C (Huamán et al., 2019).

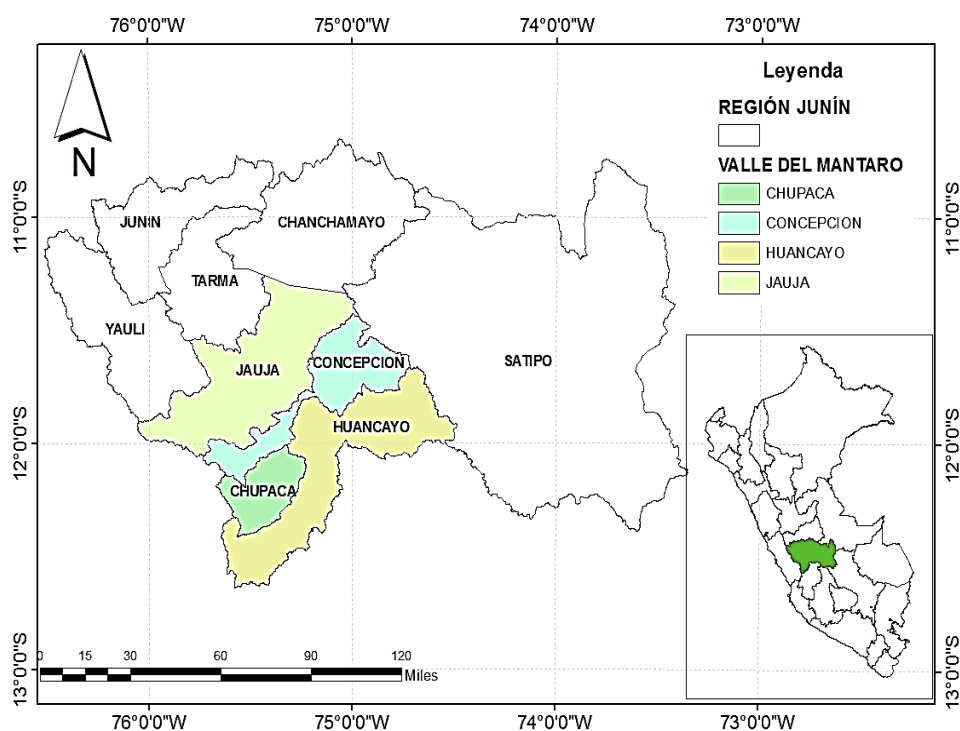


Figura 5 Mapa de ubicación del área de estudio

### **3.5.2. Materiales y equipos**

**Estaciones convencionales meteorológicas SENAMHI:** se descargó datos de temperatura mínimas y máximas del año 2020 de la estación meteorológica convencional del SENAMHI instalada en la provincia de Huancayo, el termómetro de máxima está fabricado en forma semejante a los termómetros de mercurio y cristal, sin embargo existe un estrechamiento en la luz del tubo, el mercurio al momento de dilatarse es forzado a atravesar dicho estrechamiento, por el contrario al momento de contraerse debido al enfriamiento la columna delgada de mercurio que queda por encima del estrechamiento es separada del mercurio de la ampolla, para finalmente quedar registrada la temperatura máxima (SENAMHI, 2003). Por otro lado el termómetro de mínima está formado por un tubo de alcohol en el que se encuentra sumergido un índice. Al momento de contraerse el alcohol, dicho índice es arrastrado por adherencia en dirección a la ampolla y de esta manera señala la temperatura mínima alcanzada (SENAMHI, 2003).

Para el proceso de validación del modelo Bristow & Campbell se empleó datos de radiación solar global medidos en superficie los mismo que fueron descargados del Observatorio de Huancayo. El piranómetro es un instrumento que mide la radiación solar global en la superficie terrestre. El equipo de medición debe estar en el plano horizontal y sin obstrucciones al hemisferio celeste, pero debe estar protegido de la radiación reflejada del suelo y sus alrededores (Wright, 2008).

### **Modelización**

Modelo Bristow & Campbell en el software Matlab para estimar la radiación solar disponible en el Valle del Mantaro.

### **3.5.3. Obtención de datos**

#### **Modelo Bristow & Campbell:**



En 1984 Bristow y Campbell propusieron un método para estimar la radiación solar global diaria a partir de mediciones diarias de la temperatura del aire máxima y mínima. Se desarrolló una relación empírica para expresar la transmitancia atmosférica total diaria (relaciona  $R_g$  (radiación solar global diaria) con  $R_e$  (radiación solar extraterrestre) como una función del rango diurno en la temperatura del aire  $\Delta T = T_{m\acute{a}x} - T_{m\acute{i}n}$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) (Pan et al., 2013).

$$\frac{R_g}{R_e} = A[1 - e^{-B(T_{m\acute{a}x} - T_{m\acute{i}n})^C}] \quad (7)$$

Donde:

- $R_g$ : Radiación global (KWh/m<sup>2</sup>).
- $R_e$ : Radiación solar extraterrestre (KWh/m<sup>2</sup>).
- $A$ : Transmitancia atmosférica máxima, que depende de la contaminación atmosférica del lugar y de la altitud.
- $B$ : Constante específica de la región, depende de la constante C.
- $C$ : Constante específica de la región, depende de la amplitud térmica y la latitud.

Aunque los coeficientes A, B y C son empíricos, tienen algún significado físico. El coeficiente “A” representa la radiación máxima que se puede esperar en un día despejado. Los coeficientes “B y C” controlan la velocidad a la que se acerca a “A” a medida que aumenta la diferencia de temperatura. Los valores informados con mayor frecuencia para estos coeficientes son 0.78 para A, el rango de 0.004 a 0.010 para B y 2.4 para C.

Este modelo se define únicamente en términos de diferencias de temperatura y, por tanto, es más sencillo de aplicar. El valor del coeficiente A es 0,7, que es un valor razonable para días despejados. Este tipo de día suele estar asociado a grandes diferencias de temperatura.

Las temperaturas mínimas y máximas están influenciadas por la latitud, topografía, altitud y otros factores. Los coeficientes B y C propuestos suelen aplicarse en áreas con condiciones similares, por ello si se da una inadecuada aplicación del modelo en áreas donde no existe este requisito, por ello desarrollaron dos ecuaciones empíricas para calcular el valor de estos coeficientes:

Se tiene las siguientes ecuaciones para los coeficientes B y C:

$$B = 0.107C^{-2.6485} \quad (8)$$

$$C = 2.116 - 0.072(T_{m\acute{a}x} - T_{m\acute{i}n}) + 57.574e^{\phi} \quad (9)$$

Donde:

- $\phi$ : Latitud geográfica

Para la investigación estos coeficientes fueron calculados de acuerdo a las condiciones del lugar de estudio, los valores obtenidos para B están en el rango de 0.16 a 0.18 y para C es de 0.81 a 0.84, los demás resultados se presentan en la tabla 3.

*Tabla 3: Parámetros calculados para las condiciones de la Provincia de Huancayo*

MESES – 2020	A	B	C	Eo	Ds	Wh
ENERO	0.747	0.174	0.832	1.031	-0.363	1.653
FEBRERO	0.750	0.174	0.833	1.023	-0.228	1.621
MARZO	0.748	0.174	0.832	1.008	-0.033	1.578
ABRIL	0.743	0.176	0.829	0.992	0.173	1.533
MAYO	0.743	0.176	0.829	0.977	0.333	1.496
JUNIO	0.736	0.179	0.824	0.968	0.403	1.478
JULIO	0.735	0.179	0.824	0.969	0.364	1.488
AGOSTO	0.738	0.178	0.825	0.977	0.225	1.521
SEPTIEMBRE	0.744	0.176	0.829	0.992	0.026	1.565
OCTUBRE	0.745	0.175	0.830	1.009	-0.180	1.610
NOVIEMBRE	0.742	0.176	0.828	1.024	-0.337	1.647
DICIEMBRE	0.748	0.174	0.832	1.032	-0.403	1.664

### **Transmitancia atmosférica de cielo despejado:**

Kreith y Kreider, (1978) han descrito la transmitancia atmosférica para la radiación directa mediante la relación empírica dada en la ecuación 10 (Pan et al., 2013):

$$A = 0.56(e^{-0.56M} + e^{-0.095M}) \quad (10)$$

Donde A es la transmitancia atmosférica de cielo despejado y M es la masa de aire. Las constantes explican la atenuación de la radiación por los diferentes factores discutidos anteriormente. Debido a que la dispersión depende de la longitud de onda, los coeficientes representan una dispersión promedio en todas las longitudes de onda. Esta relación da la transmitancia atmosférica para cielos despejados con una precisión del 3%.

La relación de masa de aire es la masa relativa de aire a través de la cual debe pasar la radiación solar para llegar a la superficie de la Tierra y se define por la relación entre la masa de longitud de trayectoria real y la masa cuando el sol está directamente sobre la cabeza. La relación de masa de aire varía de  $M=1$  cuando el sol está en lo alto hasta aproximadamente  $M=30$  cuando el sol está en el horizonte. Los dos factores principales que afectan la relación de masa de aire son la dirección del camino y la altitud local.

Los valores obtenidos para este estudio están desde 0.74 para A. Los demás resultados se muestran en la tabla 3.

### **Radiación solar extraterrestre:**

Es la energía recibida en un plano exterior de la atmósfera terrestre, el plano es tangencial al planeta (Bautista Carrascosa, 2013). La radiación solar recibida en un sitio depende del flujo solar fuera de la atmósfera. La insolación extraterrestre total diaria ( $R_e$ ) incidente sobre una superficie horizontal se calculó utilizando la siguiente ecuación:

$$R_e = \frac{24(60)}{\pi} E_0 I_{CS} (\omega \sin\phi \sin\delta + \cos\phi \cos\delta \sin\omega) \quad (11)$$

Donde  $I_{CS}$  es la constante solar ( $1367\text{W/m}^2$ ),  $E_0$  es el error de excentricidad,  $\omega$  es el ángulo horario, es decir la duración de medio día ( $\cos\omega = -\tan\phi \tan\delta$ ),  $\phi$  es la latitud de la ubicación de interés y  $\delta$  es la declinación solar. La declinación solar y la latitud, y por lo tanto la duración del día, están en radianes.

**Modelo Bristow & Campbell para el cálculo de la Radiación solar disponible:**

$$R_g = A R_e [1 - e^{-B(T_{\text{máx}} - T_{\text{mín}})^C}] \quad (12)$$

Para un mejor rendimiento del modelo, RSR y RMSE deberían estar más cerca de cero, pero r y NSE deberían tener valores cercanos a 1.

### 3.6. Métodos de análisis de datos

Para el análisis de datos se comparó los datos de radiación solar global diaria estimada y medida para evaluar el rendimiento del modelo. La concordancia entre los valores estimados y medidos se evaluó cuantitativamente utilizando los coeficientes de correlación de Pearson (r), la ecuación de Nash-Sutcliffe (NSE) y la raíz cuadrática medio error (RMSE). La evaluación se calificó como 'Muy buena' ( $0.75 < \text{NSE} < 1.00$ ), 'Buena' ( $0.65 < \text{NSE} < 0.75$ ), 'Satisfactoria' ( $0.50 < \text{NSE} < 0.65$ ), o 'Insatisfactorio' ( $\text{NSE} < 0.50$ ), según los criterios sugeridos por Moriasi et al., (2013). A menor RMSE, mejor rendimiento tiene de la simulación del modelo. El r, NSE y RMSE se calcularon de la siguiente manera:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - X_0)(Y_i - Y_0)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - X_0)^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (Y_i - Y_0)^2}} \quad (13)$$

$$\text{NSE} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - Y_i)^2}{\sum_{i=1}^n (X_i - X_0)^2} \quad (14)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - X_i)^2} \quad (15)$$

Donde  $Y_i$  y  $X_i$  son los  $i$ -ésimos valores estimados y medidos ( $MJ/m^2$ ), respectivamente,  $X_0$  es el valor medido promedio  $n$  es el número de observaciones. Para un mejor rendimiento del modelo RMSE deberían estar más cerca de cero, pero  $r$  y NSE deberían tener valores cercanos a 1.

Para determinar el nivel de significancia del modelo de Bristow y Campbell se aplicó la prueba  $t$  de student el cual permitió validar la hipótesis planteada en la investigación.

La estadística descriptiva permitió obtener resultados de la media y desviación estándar para el análisis de datos. Para el desarrollo de los indicadores estadísticos y análisis de datos se utilizará el software Matlab y Excel.

### 3.7. Aspectos éticos

La presente investigación titulada “Validación del modelo amplitud térmica por Bristow y Campbell para estimación del recurso solar disponible en desarrollo de energía limpia en Huancayo-2020” se respetó y cumplió con lo que dicta la resolución de ética rectoral n° 0089-2019 de la universidad cesar vallejo, aspecto de **originalidad** que todos los resultados fueron estimados mediante los instrumentos mostrados en este documento con rigurosa veracidad y honestidad, aspecto de **respeto** se manejó responsablemente la información de libros, artículos y revistas siendo citadas adecuadamente y también el presente trabajo fue sometida al software turnitin para verificar el cumplimiento de los límites de similitud planteados por la Universidad César Vallejo y en el aspecto del **ambiente** la presente tesis fue ejecutada sin generar posibles impactos negativos contra el ambiente por el contrario el objetivo se encuentra enfocado en la reducción de la emisión de los gases de efecto invernadero provenientes del sector energético.

#### **IV. RESULTADOS**

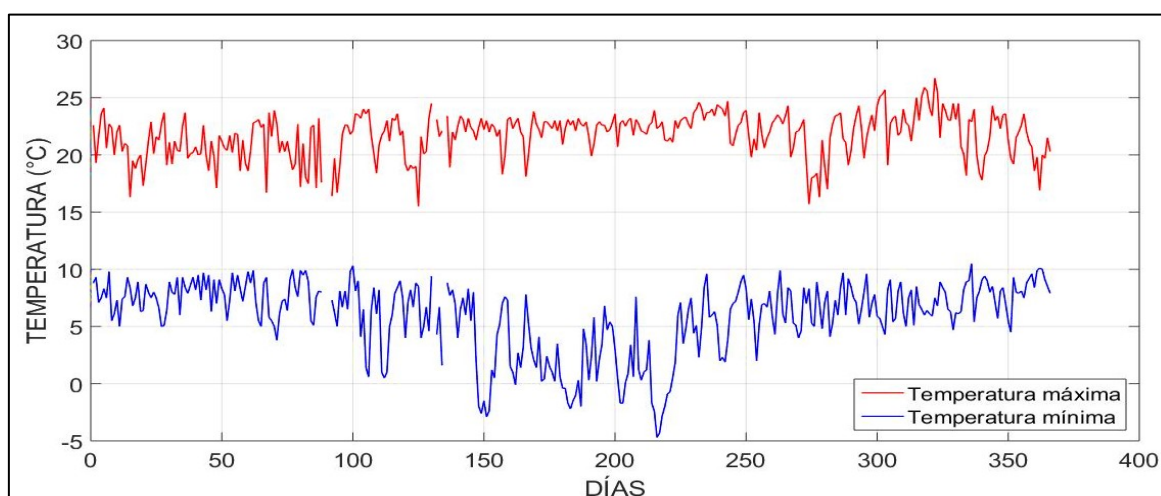
#### 4.1 Amplitud térmica

Los resultados promedios diarios y mensuales de temperaturas máximas, mínimas y amplitud térmica se presentan en la tabla 4.

*Tabla 4: Valores promedios mensuales de la temperatura máxima, mínima y amplitud térmica en °C de la estación meteorológica del Observatorio de Huancayo durante el periodo 2020.*

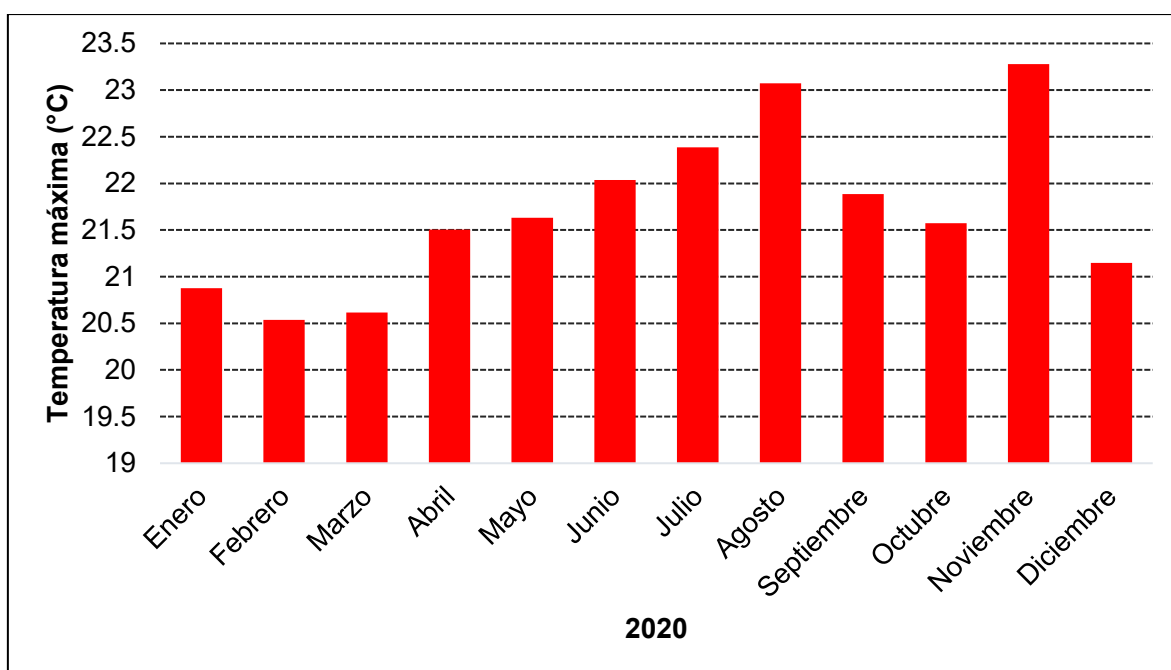
2020	Temperatura (°C)		Amplitud Térmica (°C)
	Máxima	Mínima	
Enero	20.88	7.44	13.44
Febrero	20.54	8.29	12.24
Marzo	20.62	7.46	13.16
Abril	21.50	6.14	15.36
Mayo	21.63	4.92	16.71
Junio	22.04	2.46	19.57
Julio	22.39	1.87	20.51
Agosto	23.07	2.99	20.08
Septiembre	21.89	6.73	15.16
Octubre	21.57	6.88	14.69
Noviembre	23.28	6.94	16.34
Diciembre	21.15	8.20	12.95

La tabla 4 resume los promedios mensuales de las temperaturas máximas, mínimas y amplitud térmica, se observa que en el mes de noviembre presentó un valor máximo de 23.28°C y el mes de julio el valor mínimo de 1.87°C, siendo la mayor diferencia de temperatura el mes de julio con un valor de 20.51°C.



*Figura 6: Temperaturas mínimas y máximas diarias de la estación meteorológica del Observatorio de Huancayo durante el periodo 2020.*

La figura 6 describe los valores máximos y mínimos de temperatura registrados en la estación meteorológica del observatorio de Huancayo durante el periodo 2020, los valores registrados muestran una variación diaria significativa; presentando un valor máximo de 26.7°C el día 17 de noviembre de 2020 y un mínimo valor de -4.7°C el 3 de agosto de 2020. Se tomaron datos diarios de los 366 días seleccionados correspondientes al año 2020.



*Figura 7: Temperaturas máximas de la estación meteorológica del Observatorio de Huancayo durante el periodo 2020.*

La figura 7, muestra las temperaturas máximas promedio mensual del año 2020 de la estación meteorológica del Observatorio de Huancayo. Se observa que los meses que presentan mayores valores de temperatura son agosto y noviembre, llegando a un valor máximo promedio mensual de 23.07 °C.



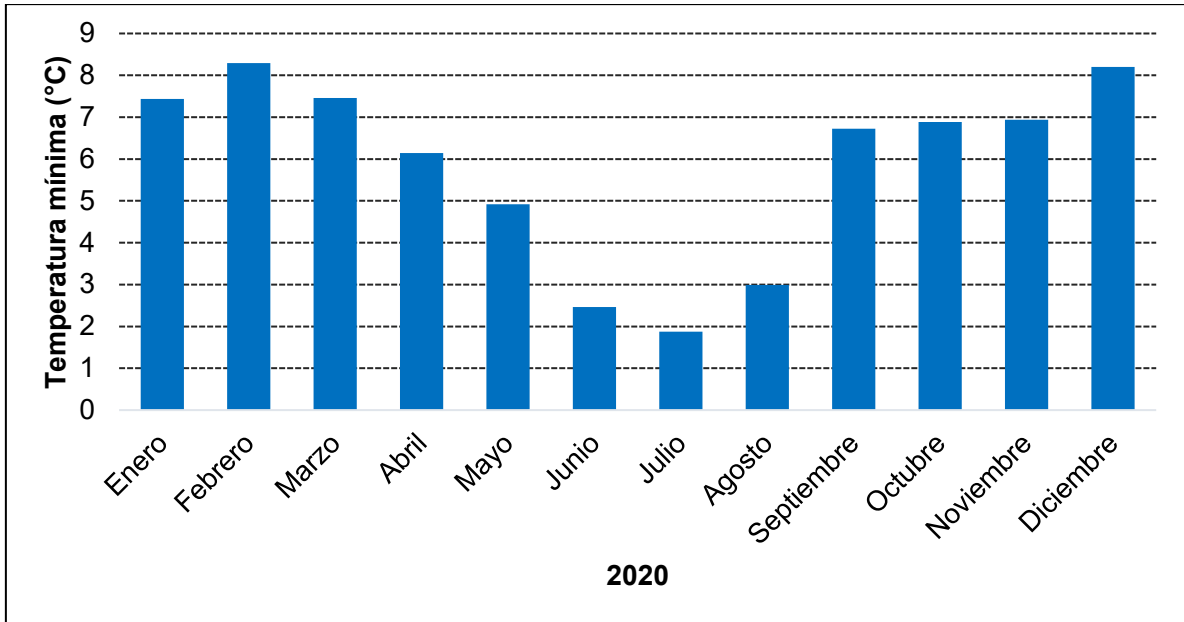


Figura 8: Temperaturas mínimas de la estación meteorológica del observatorio de Huancayo durante el periodo 2020.

La figura 8, muestra las temperaturas mínimos promedio mensual del año 2020 de la estación meteorológica del Observatorio de Huancayo. Se observa que los meses que presentan los menores valores de temperatura son mayo, junio, julio y agosto meses considerados como invierno, llegando a un valor mínimo promedio mensual de 1.87 °C en el mes de julio.

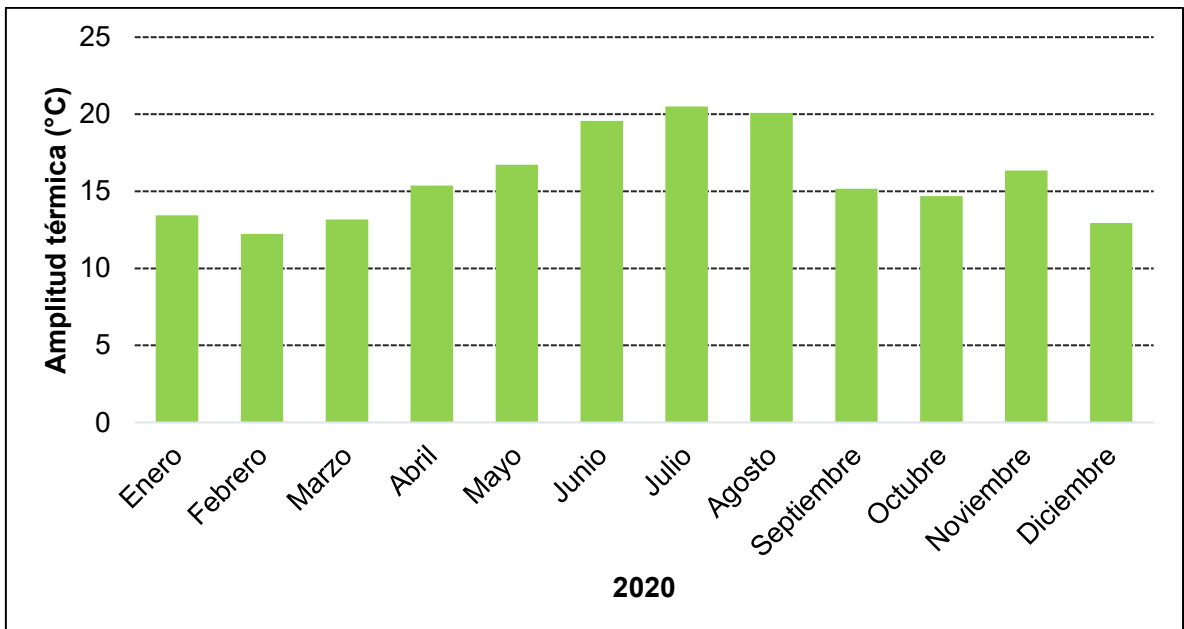


Figura 9: Diferencia de temperaturas mínimas y máximas de la estación meteorológica del observatorio de Huancayo durante el periodo 2020.

La figura 9 muestra la diferencia entre la temperatura máxima y mínima promedio mensual se observa un valor máximo de 20.51 °C y mínimo de 12.24°C. Estos datos de temperaturas extremas sirvieron como entrada principal al modelo Bristow y Campbell para estimar el recurso solar disponible en Huancayo.

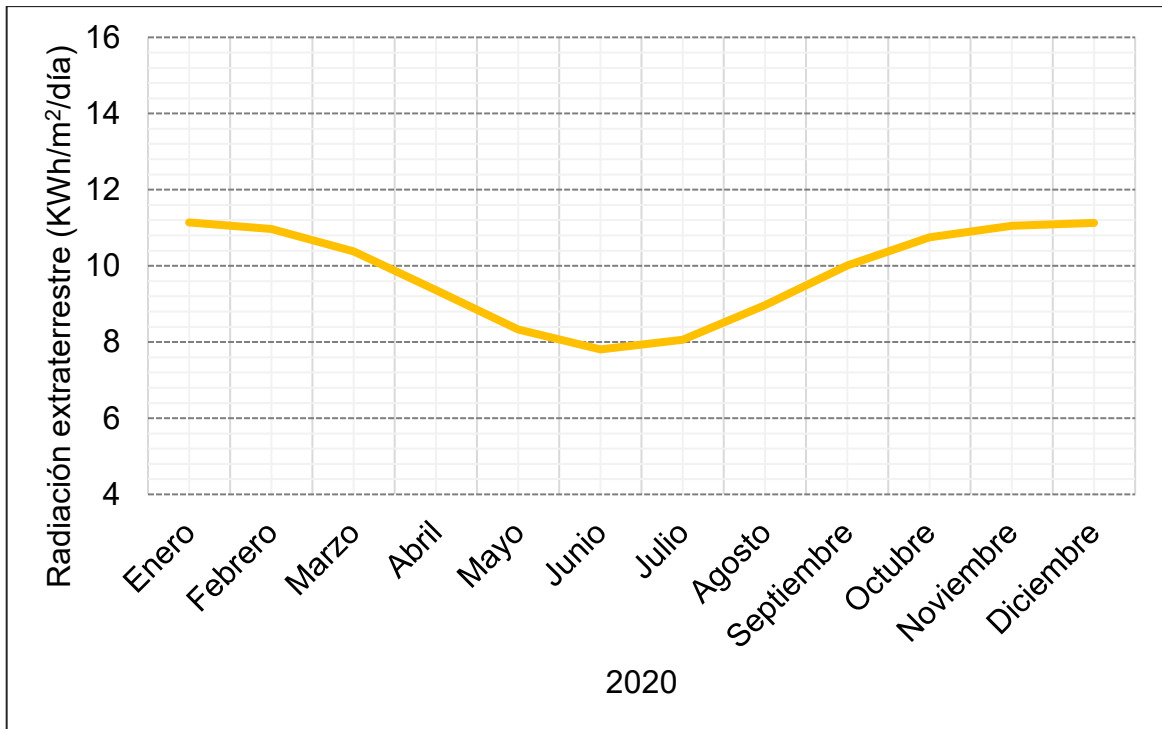
#### 4.2 Radiación extraterrestre

Las estimaciones de la radiación solar extraterrestre promedio mensual con datos disponibles para la investigación tienen una cobertura de 366 días. Los resultados se muestran en la tabla 4.

*Tabla 5: Radiación extraterrestre mensual estimada con el modelo Bristow y Campbell en Huancayo durante el periodo 2020.*

2020	Radiación extraterrestre (KWh/m <sup>2</sup> /día)
Enero	11.14
Febrero	10.97
Marzo	10.38
Abril	9.37
Mayo	8.33
Junio	7.81
Julio	8.06
Agosto	8.97
Septiembre	10.01
Octubre	10.75
Noviembre	11.06
Diciembre	11.13

La tabla 5 resume los promedios mensuales de las radiaciones extraterrestres durante el año 2020, siendo el valor más alto en el mes de enero con un valor de 11.14 KWh/m<sup>2</sup>/día y un valor mínimo de 7.81 KWh/m<sup>2</sup>/día en el mes de junio.

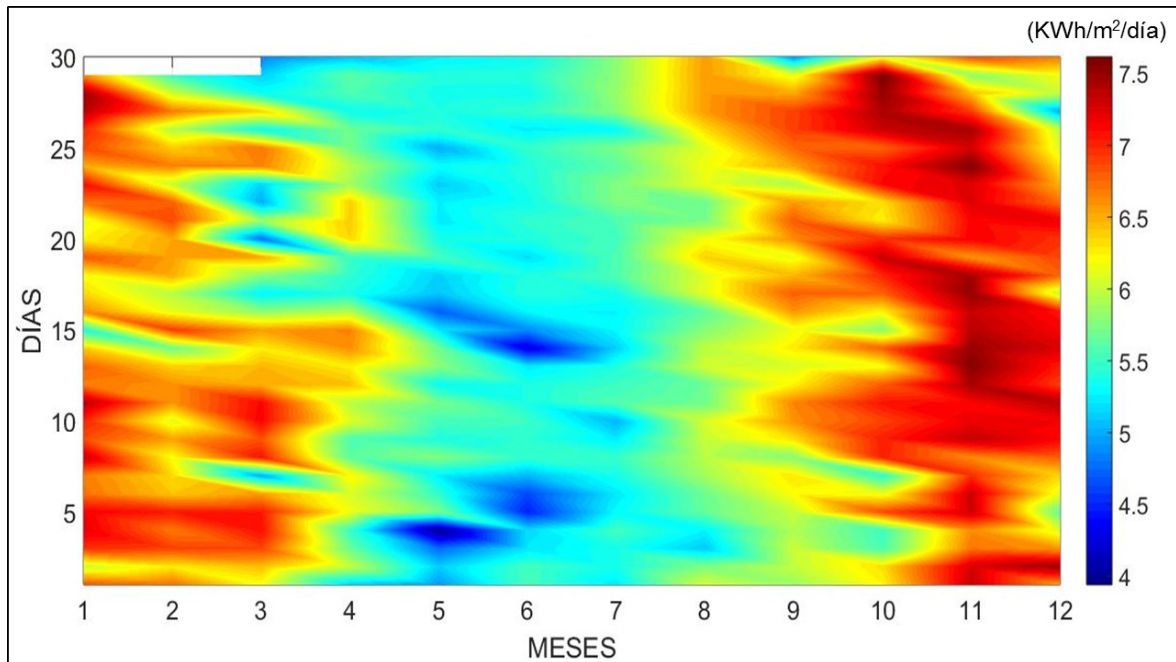


*Figura 10: Radiación extraterrestre mensual estimada con el modelo Bristow y Campbell en Huancayo durante el periodo 2020.*

La figura 10 muestra el comportamiento mensual de la radiación solar extraterrestre, es decir de la radiación en un punto exterior de la atmosfera, se puede observar un variación muy significativa con máximos valores en los meses de enero y febrero seguidas de una disminución significativa hasta llegar a un punto mínimo con un valor de 7.81 KWh/m<sup>2</sup>/día en el mes de junio, luego muestra una tendencia ascendente llegando nuevamente a valores máximos en los meses de enero, noviembre y diciembre con un valor máximo de 11.14 KWh/m<sup>2</sup>/día. Estos valores de radiación son el punto de partida para el cálculo de la radiación solar disponible.

#### **4.3 radiación solar estimada aplicando el modelo de Bristow y Campbell**

Para la estimación de la radiación solar disponible en la provincia de Huancayo se aplicó el modelo Bristow y Campbell, los resultados se muestran en la figura 11 y los valores promedios mensuales en la tabla 4.



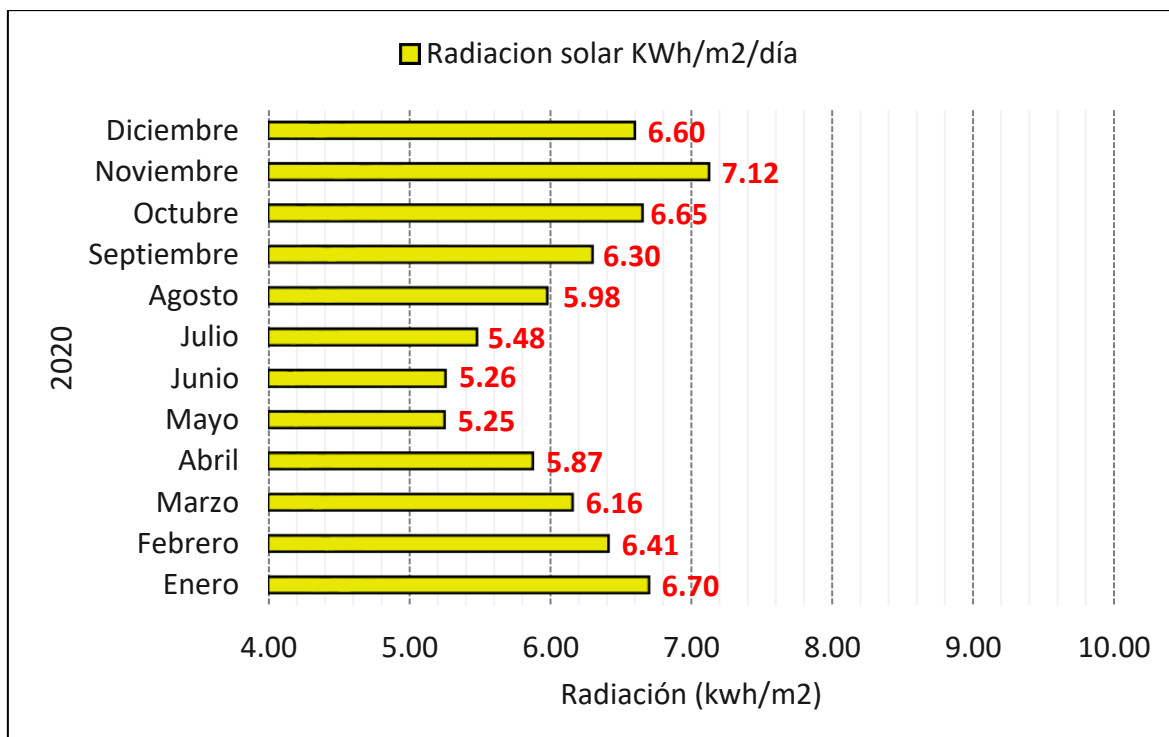
*Figura 11: Radiación solar diaria estimada con el modelo Bristow y Campbell en Huancayo durante el periodo 2020.*

En la figura 11 muestra la variación diaria mensual de la radiación solar global disponible estimada mediante el modelo de Bristow y Campbell, la barra lateral de la figura muestra la intensidad de la radiación solar con valores de entre 4 a 7.61 KWh/m<sup>2</sup>/día. Esta grafica permite ejemplificar el comportamiento de la radiación en Huancayo durante el año 2020 donde se observa claramente valores marcados según las estaciones del año con máximos valores en verano y primavera con un valor de 7.61 KWh/m<sup>2</sup>/día en el mes de noviembre, mientras que invierno y otoño presentan los valores más bajos coincidiendo con los valores mínimos de temperatura registrados durante esos meses. El valor mínimo registrado es de 3.94 KWh/m<sup>2</sup>/día en el mes de mayo.

*Tabla 6: Radiación global solar diaria estimada mediante el modelo Bristow y Campbell en Huancayo en el año 2020*

2020	Temperatura (°C)		Radiación solar (KWh/m <sup>2</sup> /día)
	Máxima	Mínima	
Enero	20.88	7.44	6.70
Febrero	20.54	8.29	6.41
Marzo	20.62	7.46	6.16
Abril	21.50	6.14	5.87
Mayo	21.63	4.92	5.25
Junio	22.04	2.46	5.26
Julio	22.39	1.87	5.48
Agosto	23.07	2.99	5.98
Septiembre	21.89	6.73	6.30
Octubre	21.57	6.88	6.65
Noviembre	23.28	6.94	7.12
Diciembre	21.15	8.20	6.60
PROMEDIO ANUAL	21.71	5.86	6.15

La tabla 6 muestra que en la provincia de Huancayo el menor valor de radiación solar mensual estimada con el modelo se presenta en el mes de mayo con un valor de 5.25 KWh/m<sup>2</sup>/día seguida del mes de junio con 5.26 KWh/m<sup>2</sup>/día, y un valor máximo de radiación solar en el mes de noviembre presentando un valor promedio de 7.12 KWh/m<sup>2</sup>/día. Mientras que muestra un promedio anual de 6.15 KWh/m<sup>2</sup>/día con valores de temperaturas promedios máximas y mínimas de 21.71°C y 5.86°C respectivamente.



*Figura 12: Radiación solar mensual estimada con el modelo Bristow y Campbell en Huancayo durante el periodo 2020.*

La radiación solar calculado con el modelo Bristow y Campbell es representado en la figura 12 con promedios mensuales, en el cual se puede apreciar claramente la variación de radiación es muy marcada según las estaciones del años, donde se puede apreciar que en los meses de mayo y junio se obtienen los valores mínimos de 5,25 y 5,26 Kwh/m<sup>2</sup> respectivamente, con tendencia de incremento en los siguientes meses alcanzando su punto máximo en el mes de noviembre registrando 7,12 Kwh/m<sup>2</sup>, posterior al mes de diciembre tiene un descenso gradual en los siguientes meses, de manera similar sucede en el mes de enero hasta llegar a su punto más bajo en mayo. Los valores de radiación estimados presentan una variación de  $\pm 0.36$  Kwh/m<sup>2</sup>.

#### **4.4 Radiación solar medida con el piranómetro**

Los datos registrados con el piranómetro se muestras a continuación en la figura 13.

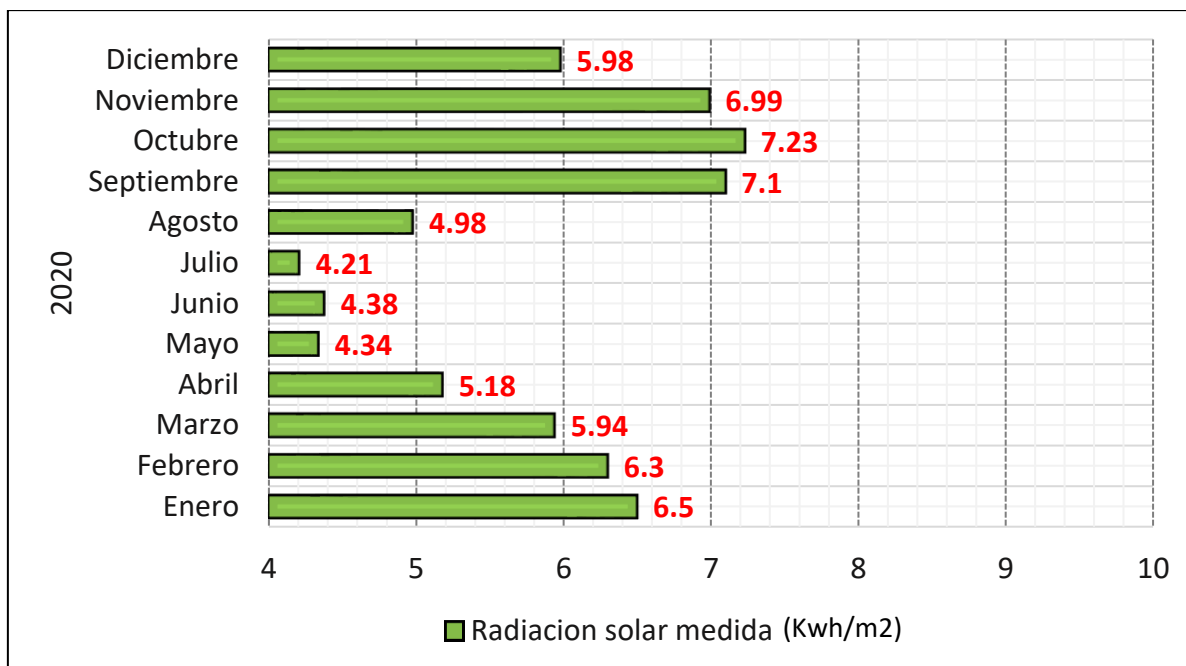


Figura 13: Radiación solar mensual medida con el piranómetro instalado en el Observatorio de Huancayo durante el periodo 2020.

La figura 13 muestra una tendencia muy marcada de intensidad de radiación, en las estaciones. La incidencia de radiación solar sobre la superficie más baja del año está registrada en los meses de mayo, junio y julio, registrando un promedio mensual de 4.21 Kwh/m2. Mientras los valores máximos se registran en primavera y verano, siendo el promedio más alto en el mes de octubre con un valor de 7.23 Kwh/m2. Los valores de radiación medidos presentan una variación de  $\pm 1.24$  Kwh/m2.

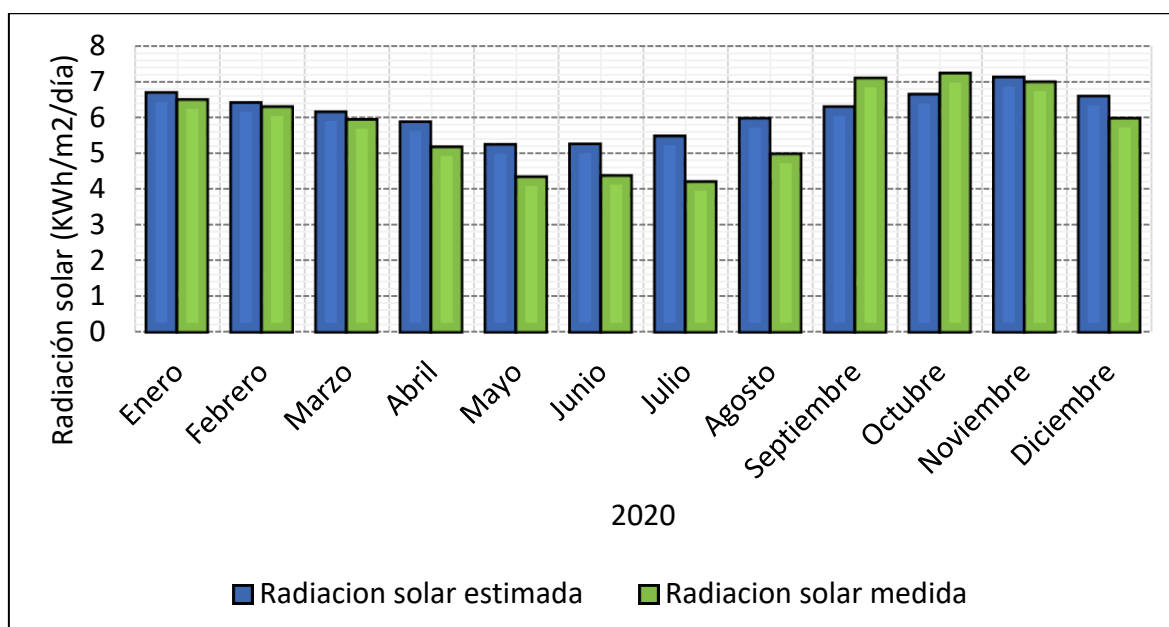
#### 4.5 Validación del modelo de Bristow y Campbell

Los resultados promedios mensuales de los datos de radiación solar medidos y estimados se muestran en la en la tabla 6 y figura 14.

*Tabla 7: Promedio mensual de la radiación solar estimada y medida en KWh/m<sup>2</sup>/día en Huancayo en el año 2020*

2020	Radiación solar estimada KWh/m <sup>2</sup> /día	Radiación solar medida KWh/m <sup>2</sup> /día
Enero	6.70	6.5
Febrero	6.41	6.3
Marzo	6.16	5.94
Abril	5.87	5.18
Mayo	5.25	4.34
Junio	5.26	4.38
Julio	5.48	4.21
Agosto	5.98	4.98
Septiembre	6.30	7.1
Octubre	6.65	7.23
Noviembre	7.12	6.99
Diciembre	6.60	5.98

En la tabla 7 se muestra los datos de radiación solar estimados y observados. El desempeño del modelo Bristow y Campbell se realizó a través de la comparación de un conjunto de datos de radiación solar registrados en superficie con el piranómetro con datos estimados con el modelo. Los resultados se presentan en la tabla 7.



*Figura 14: Comparación entre los datos de radiación solar mensual estimados y medidos en Huancayo durante el periodo 2020.*

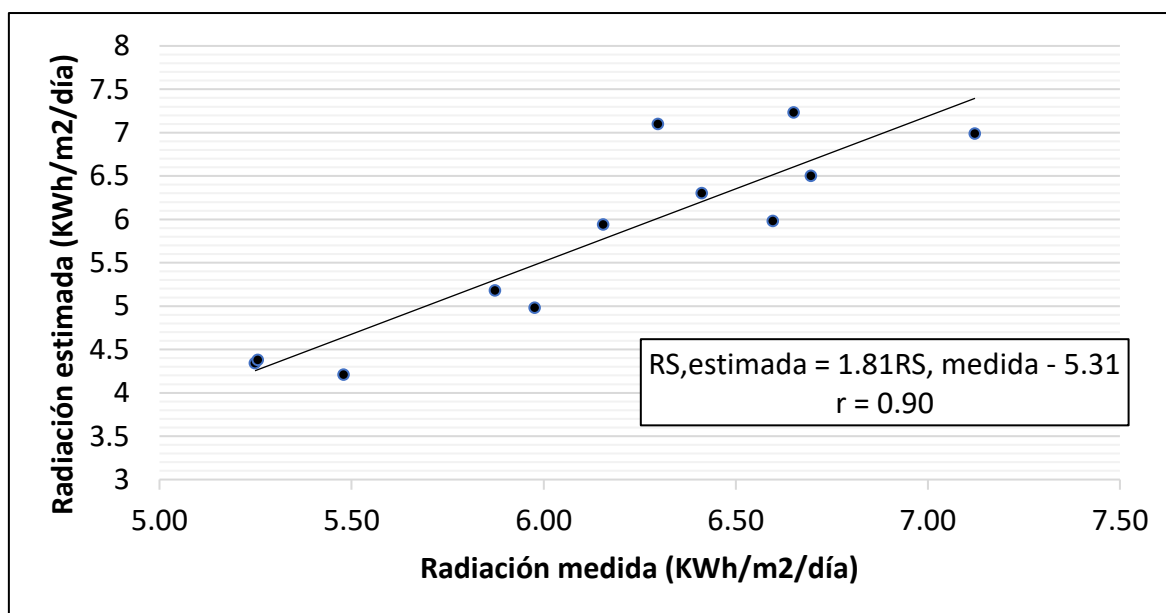


En la figura 14 se observa que el modelo de Bristow y Campbell, es capaz de simular la radiación solar con una muy buena precisión, acercándose a los datos registrados en con el piranómetro.

*Tabla 8: indicadores estadísticos empleados para validar el modelo de Bristow y Campbell.*

Indicadores Estadísticos	
R	0.90
NSE	0.77
RMSE	0.24

Siendo  $r$  el coeficiente de correlación de Pearson, NSE la eficiencia de Nash Sutcliffe y RMSE el error medio de la raíz cuadrada. Para  $r$  se muestra un valor de 0.90 lo cual indica un alto grado de linealidad entre los datos medidos y simulados, mientras que la NSE muestra un valor de 0.77 lo cual indica un buen grado de ajuste del modelo, el RMSE muestra un valor de 0.24, por lo que el modelo tiene un buen desempeño al realizar los cálculos de la radiación solar (tabla 8). Según esta parte estadística los datos tienen un alto grado de confiabilidad para su uso.



*Figura 15: Gráfica de dispersión entre los datos de radiación estimados y medidos en KWh/m2/día.*

En la figura 15, la línea negra es la línea de regresión que presenta el mejor ajuste entre los valores de radiación solar medidos y estimados. Se observa que  $r$  es igual a 0.90, lo cual indica simulaciones cercanas al valor medido, sin embargo también

se observa valores alejados a la línea de regresión, esto se debe a reflexiones múltiples y la presencia de partículas en la atmosfera que hace que la radiación solar sea variable e inestable. Los datos estimados mediante el modelo Bristow y Campbell presenta variaciones respecto a los datos estimados, siendo el principal factor la inestabilidad atmosférica.

#### 4.6 Contrastación de hipótesis

Para la contratación de hipótesis se plantea las siguientes hipótesis:

Ho = La validación del modelo amplitud térmica de Bristow y Campbell no es eficiente para estimar el recurso solar y por lo tanto tampoco es factible para el desarrollo de energía limpia en Huancayo durante el periodo 2020.

Ha = La validación del modelo amplitud térmica de Bristow y Campbell es eficiente para estimar el recurso solar y por lo tanto factible para el desarrollo de energía limpia en Huancayo durante el periodo 2020.

Se trabajó a un nivel de significancia del 5%.

$P = 5\% = 0.05$

Entonces:

Ho:  $p > 0.05$

Ha:  $p < 0.05$

*Tabla 9: Resultados de la prueba t de student para la validación del modelo de Bristow y Campbell*

Indicadores estadísticos	Radiación solar estimada	Radiación solar medida
Media	6.15	5.76
Varianza	0.36	1.24
Observaciones	12	12
Coefficiente de correlación de Pearson	0.90	
Grados de libertad	11	
Estadístico t	2.13	
P(T<=t) una cola	0.02	
Valor crítico de t (una cola)	1.79	

Según los resultados obtenidos en la tabla 9, se rechaza la hipótesis nula ya que el  $P_{\text{value}}$  es igual a 0.02 siendo menor al nivel de significancia que es de 0.05. Entonces se concluye que la validación del modelo amplitud térmica de Bristow y Campbell es eficiente para estimar el recurso solar y por lo tanto factible para el desarrollo de energía limpia en Huancayo durante el periodo 2020. Siendo la variación de la radiación estimada de  $6.15 \pm 0.36$  y la radiación medida de  $5.76 \pm 1.24$  KWh/m<sup>2</sup>/día.

## **V. DISCUSIÓN**

En cuanto a las variables meteorológicas se infiere que a mayores valores de temperatura mayor radiación solar, en Huancayo los máximos valores de temperatura se presenta en el mes de noviembre con un valor de 23.28 °C y el mismo mes con un valor máximo de radiación solar de 7.12 KWh/m<sup>2</sup>/día. Mientras que muestra un promedio anual de 6.15 KWh/m<sup>2</sup>/día y 5.26 KWh/m<sup>2</sup>/día con unas temperaturas máximas y mínimas promedio de 21.71°C y 5.86°C respectivamente, coincidiendo con lo mencionado por Chen et al., (2004) donde afirma que las variables meteorológicas influyen significativamente en la radiación solar, obteniéndose un valor de NSE igual a 0.72, mientras que en la investigación se obtuvo un valor de 0.77, concluyendo que el modelo es válido para estimar la radiación solar teniendo en cuenta las condiciones de cada lugar.

Los resultados del análisis estadístico muestran valores de  $r$  de 0.90 y RMSE de 0.24 KWh/m<sup>2</sup>/día, mientras que, en la investigación de Almorox et al., 2013 según su análisis estadístico muestra valores de  $R^2$  y RMSE entre 0.89 y 2.05 KWh/m<sup>2</sup>/día, por lo cual se afirma que el uso de los datos de radiación estimados con el modelo de Bristow y Campbell produce simulaciones casi iguales a las que se obtiene con el piranómetro, lo mismo que coincide con Delgado & Orellana, (2015) que muestra un valor de  $R^2$  de 0.70 lo cual indica un buen ajuste de los datos, y se concluye que existe influencia directa de la amplitud térmica en la radiación solar.

En la presente investigación se tiene un valor de  $r$  de 0.90, por lo que sobre la base de los resultados generales, se puede concluir que un Bristow Campbell calibrado funciona bien considerando las variables meteorológicas y las condiciones geográficas del lugar de estudio y puede proporcionar estimaciones de radiación solar global razonablemente precisas, coincidiendo una vez más y validando el modelo de Bristow y Campbell para estimar el recurso solar, con la investigación de Pan et al., (2013) y Hunt et al., (1998) los resultados muestran que el modelo de Bristow Campbell se desempeña bien, los coeficientes de correlación de Pearson promedio ( $r$ ) es 0.85, la ecuación de Nash-Sutcliffe (NSE) 1, la relación entre el error cuadrático medio 2.81 MJm<sup>2</sup>/día, la desviación estándar de los datos medidos 0.3 y el error cuadrático medio de 0.77 respectivamente.

La validación del modelo amplitud térmica de Bristow y Campbell es eficiente para estimar el recurso solar y por lo tanto factible para el desarrollo de energía limpia en Huancayo esto se comprobó mediante la prueba t de student a un 95% de confiabilidad y a 5% de significancia, obteniéndose un  $P_{value}$  es igual a 0.02, dicho resultado coincide con Recalde et al., (2015) que menciona que los datos estimados por el modelo de Bristow y Campbell están dentro del 95% de confiabilidad mostrando alta eficiencia del modelo para estimar la radiación solar.

Huancayo, es una provincia de la región Junín con un potencial de 6,15 KWh/m<sup>2</sup>/día promedio anual estimado por el modelo Bristow y Campbell por lo cual según Camayo Lapa et al., (2015) menciona que valores mayores a 4 KWh/m<sup>2</sup>/día promedio anual resultan rentables para la implementación de energías limpias. Por lo tanto el valor estimado obtenido en este trabajo se encuentra por encima de los 4 KWh/m<sup>2</sup>/día alcanzando un valor máximo de 7.12 KWh/m<sup>2</sup>/día por lo que se afirma que estos valores altos de radiación registrados son adecuados para proyectos fotovoltaicos y térmicos de gran potencial, de esta manera se contribuye al desarrollo de energías limpias en Huancayo.

## **VI. CONCLUSIONES**

- Los promedios mensuales de las temperaturas máximas, mínimas y amplitud térmica, presentó un valor máximo en el mes de noviembre de 23.28°C y el mes de julio el valor mínimo de 1.87°C, la amplitud térmica promedio anual presenta un valor de 15.85 °C, los cuales influyen significativamente sobre la radiación solar.
- La radiación solar extraterrestre se determinó mediante el modelo Bristow & Campbell, presentan máximos valores en los meses de enero y febrero seguidas de una disminución significativa hasta llegar a un punto mínimo con un valor de 7.81 KWh/m<sup>2</sup> en el mes de junio, con tendencia ascendente a los valores máximos en los meses de noviembre, diciembre y enero con un valor máximo de 11.14 KWh/m<sup>2</sup>.
- El promedio anual de radiación solar estimada con el modelo propuesto muestra un valor de 6.14 KWh/m<sup>2</sup>, mientras que el promedio anual registrado con el piranómetro es de 5.76 KWh/m<sup>2</sup>, existiendo una diferencia mínima de 0.39 KWh/m<sup>2</sup>, por lo cual se afirma que el modelo Bristow y Campbell es válido y confiable para estimar el recurso solar promedio diario y mensual en la Provincia de Huancayo con un coeficiente de correlación de Pearson de 0.90.



## **VII. RECOMENDACIONES**

- Ampliar el número de estaciones meteorológicas que cubran mayor área de Huancayo de acuerdo a sus altitudes, microclimas, etc., además que estén implementados con piranómetros el cual nos permitirá obtener datos más precisos y detallados en la región Junín.
- Emplear los datos obtenidos para la elaboración de medidas y políticas e incentivar el uso de energías limpias con la finalidad de promover el desarrollo sostenible en la Ciudad de Huancayo y en todo el Perú.
- Desarrollar esta investigación para otras ciudades del Perú, para obtener registro de datos de radiación solar en todo el territorio peruano, ya que esto será de mucha utilidad para proyectos sobre el cambio climático, uso de energías limpias, agricultura, entre otros.

## REFERENCIAS

- Adalberto, T. M., & Gabriel, G. A. (2015). *Prontuario Solar de México Prontuario solar de México*.
- Adelaide, M., & Pires, P. (2011). *Mestrado em ensino das ciências*.
- Agudelo, G., Aignerren, M., & Ruiz, J. (1965). *DISEÑOS DE INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL Y NO-EXPERIMENTAL Gabriel Agudelo, Miguel Aignerren y Jaime Ruiz. Compiladores*. 1–46.
- Almorox, J., Bocco, M., & Willington, E. (2013). Estimation of daily global solar radiation from measured temperatures at Cañada de Luque , Córdoba , Argentina. *Renewable Energy*, 60, 382–387. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2013.05.033>
- Álvarez, J., Mitsova, H., & Allen, H. L. (2011). Estimating monthly solar radiation in south-central Chile. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 71(December), 601–609.
- Arnau, J., & Bono, R. (2008). *DISEÑO Y LONGITUDINAL ANALYSIS*. 32–41.
- Ballester, F., Díaz, J., & Moreno, J. M. (2006). Cambio climático y salud pública: escenarios después de la entrada en vigor del Protocolo de Kioto. *Gaceta Sanitaria*, 20(SUPPL. 1), 160–174. <https://doi.org/10.1157/13086040>
- Bautista Carrascosa Inmaculada. (n.d.). *Cálculo de la radiación solar extraterrestre en función de la latitud y la declinación solar*.
- Cámac, J., Arroyo, J., & Astuhamán, L. (2015). Evaluación de la energía térmica solar para generación de electricidad mediante un sistema Stirling en Huancayo. *Apuntes De Ciencia & Sociedad*, 05(02), 211–217. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.18259/acs.2015031> ARTÍCULO
- Camayo, B., Camayo, A., Condezo, D., Ramos, A., & Massipe, J. (2017). *Estimación de la radiación solar global , mediante temperaturas extremas , aplicando el modelo Bristow – Campbell en la región Junín , Perú Estimation of global solar radiation , using extreme temperatures , applying the Bristow - Campbell*

*model in the Ju.*

Camayo Lapa, B., Massipe Hernandez, J., Pomachagua Paucar, J., Torres Ten, A., & Quispe Flores, M. (2015). *Desarrollo del modelo bristow campbell para estimar la radiación solar global de la región de junin , Perú.* 220–234.

Chen, R., Ersi, K., Yang, J., Lu, S., & Zhao, W. (2004). *Validation of five global radiation models with measured daily data in China.* 45, 1759–1769. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2003.09.019>

Cruz Ornetta, V. (2012). *Los sistemas de energía solar fotovoltaica en el Perú.*

Delgado O, G., & Orellana S, M. (2015). *Estimación de la radiación solar global diaria en el cantón Cuenca mediante la aplicación del modelo Bristow & Campbell.*

Dirección General de Eficiencia Energética. (2019). *Balance Nacional de Energía.*

Huamán de la Cruz, Y. B. R. (2019). Chemical Characterization of PM 2.5 at Rural and Urban Sites around the Metropolitan Area of Huancayo.

Hunt, L. A., Kuchar, L., & Swanton, C. J. (1998). *Estimation of solar radiation for use in crop modelling.* 91.

Iqbal, M. (1993). *an introduccion to the radiation solar.* (c), 1–4. <https://doi.org/10.15713/ins.mmj.3>

Instituto Nacional de Estadística e Informática. Perú: Principales Indicadores Departamentales 2009–2016; Instituto Nacional de Estadística e Informática: Lima, Perú, 2017.

IPCC, I. P. on C. C. Climate Change 2013: the Third Assessment Report to the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge, New York, 2001, p. 8.

Martínez R., L. A. (2007). *La Observación y el Diario de Campo en la Definición de un Tema de Investigación.*

Meza, F., & Varas, E. (2000). *Estimation of mean monthly solar global radiation as a function of temperature.* 100, 231–241.

Moriasi, D., Arnold, J., Van Liew, M., & Bingner, R. (2013). *Model Evaluation*

*Guidelines for Systematic Quantification of Accuracy in Watershed Simulations.* (May 2007). <https://doi.org/10.13031/2013.23153>

Mousalli, G. (2016). *Métodos y Diseños de Investigación Cuantitativa.* (October 2015). <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2633.9446>

Neme Castillo, O., Valderrama Santibáñez, A., & García Meza, M. A. (2015). *Consumo de energía, empleo y producción manufacturera en México.*

Pan, T., Wu, S., Dai, E., & Liu, Y. (2013). Estimating the daily global solar radiation spatial distribution from diurnal temperature ranges over the Tibetan Plateau in China. *Applied Energy*, 107, 384–393. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.02.053>

Polo, J., Ballestrín, J., Alonso-Montesinos, J., López-Rodríguez, G., Barbero, J., Carra, E., ... Batlles, F. J. (2017). Analysis of solar tower plant performance influenced by atmospheric attenuation at different temporal resolutions related to aerosol optical depth. *ScienceDirect*, 157(August), 803–810. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2017.09.003>

Quispe Huaman, L. (2018). *Universidad nacional del altiplano.*

Recalde, C., Cisneros, C., & Vaca, D. (2015). *Relación de la Transmitancia Atmosférica con la Heliofanía y la Diferencia de Temperaturas Extremas Diarias en la Zona Ecuatorial Andina Relationship between Atmospheric Transmissivity with Daily Heliophany and Extreme Temperature Difference in the Andean Equatorial Zone.* 26(1), 143–150. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642015000100016>

Schmale, J., Henning, S., Henzing, B., Keskinen, H., Sellegri, K., Ovadnevaite, J., ... Gysel, M. (2017). Collocated observations of cloud condensation nuclei, particle size distributions, and chemical composition. *Scientific Data*, 4, 170003. Retrieved from <https://doi.org/10.1038/sdata.2017.3>

SPENCER, J, 1971. Fourier series representation of the position of the sun. *Search* 2, v. 5, p. 172.

SENAMHI. (2003). *ATLAS DE ENERGÍA SOLAR.*

Teke, A., Ba, H., & Çelik, Ö. (2015). *Evaluation and performance comparison of*

*different models for the estimation of solar radiation.* 50, 1097–1107.  
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.05.049>

Vanegas Chamorro, M., Churio Silvera, O., Valencia Ochoa, G., Villicaña Ortiz, E., & Ospino Castro, A. (2017). *Cálculo de las radiaciones total , directa y difusa a través de la transmisibilidad atmosférica en los departamentos del Cesar , La Guajira y Magdalena.*

Vanegas, M., Villicaña, E., & Arrieta, L. (2015). *Cuantificación y caracterización de la radiación solar en el departamento de La Guajira-Colombia mediante el cálculo de transmisibilidad atmosférica Quantification and characterization of solar radiation at the department of La Guajira-Colombia by calcula.*

Vargas Cordero, R. Z. (2009). *LAS REALIDADES CON EVIDENCIA CIENTÍFICA Introducción El Sistema de Estudios de Posgrado.*

Vásquez Stanescu, L. C., Carillo Ozal, A., Tona Castillo, M. E., Galíndez Jimenez, M., Macias Camacaro, K., & Esposito de Díaz, C. (2017). *de Productos Alimex CA.* 8, 115–121.

Wong, L. T., & Chow, W. K. (2001). *Solar radiation model.* 69, 191–224.

Wright, J. (2008). *CÁLCULO ESPECTRAL DE LA IRRADIACIÓN SOLAR DIREC-*. 71–86.

Wringht, J. (2008). *CÁLCULO Y MAPEO DE LA RADIACIÓN SOLAR DIRECTA Y DIFUSA EN COSTA RICA. UNICIENCIA,* 55–69.

**ANEXOS**

# Anexo 1: validación de expertos del instrumento de registro de amplitud térmica



## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: GÜERE SALAZAR FIORELLA VANESSA
- 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE UCV
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: ING. AMBIENTAL
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Registro de amplitud térmica
- 1.5. Autor de Instrumento: Valle Basualdo Maycohol

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Torna en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con Los Requisitos para su aplicación SI
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación.

SI
----

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%
-----

Huancayo, 25 de junio de 2021



## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: LUIS HOLGUIN ARANDA
- 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE UCV
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: ING. AMBIENTAL
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Registro de amplitud térmica
- 1.5. Autoras de Instrumento: Valle Basualdo Maycohol

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con Los Requisitos para su aplicación SI
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

<b>85%</b>
------------

  
**LUIS FERMÍN  
 HOLGUÍN ARANDA  
 INGENIERO AMBIENTAL  
 Reg. CIP. N° 1111711**

Huancayo, 25 de junio de 2021

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **CASTRO TENA LUCERO**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **DOCENTE UCV**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **ING. AMBIENTAL**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Registro de amplitud térmica**
- 1.5. Autoras de Instrumento: **Valle Basualdo Maycohol**

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con Los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

95%

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

  
 LUCERO KATHERINE CASTRO TENA  
 DNI: 70837725  
 CIP: 129964

Huancayo, 25 de junio de 2021

Teléfono: -


DNI: 43566120

Teléfono: -

DNI:

Teléfono: -

DNI:70837735

	INSTRUMENTO. 01			
	<b>Registro de amplitud térmica por día y promediado por mes de todo el año 2020</b>			
Título:	"Validación del modelo de Bristow y Campbell para estimación del recurso solar en desarrollo de energía limpia Huancayo-2020"			
Línea de Investigación:	Calidad y Gestión de los recursos naturales			
Facultad:	Ingeniería Ambiental			
tesista:	Valle Basualdo Maycohol			
ficha:	Registro de amplitud térmica por día y promediado por mes de todo el año 2020			
Equipos/Programas:	los Termómetros de máxima y mínima instalados en las estaciones meteorológicas convencionales del SENAMHI			
Mes	Día	Temperatura Máxima(Tmax)	Temperatura Mínima(Tmin)	Amplitud Termica (AT)
Enero	1			
	2			
	:			
	31			
:	:			
Diciembre	366			



**Firma del experto**  
 CIP:131344



LUIS FERRER  
 HOLGUIN ARANDA  
 INGENIERO AMBIENTAL  
 Reg. CIP. N° 111711

**Firma del experto**  
 CIP:



LUCERO KATHERINE CASTRO TENA  
 DNI:70837735  
 CIP: 162994

**Firma del experto**  
 CIP:162994

## Anexo 2: validación de expertos del instrumento de registro de radiación extraterrestre



### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: GÜERE SALAZAR FIORELLA VANESSA
- 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE UCV
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: ING. AMBIENTAL
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Registro de radiación extraterrestre
- 1.5. Autor de Instrumento: Valle Basualdo Maycohol

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con Los Requisitos para su aplicación SI
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85%
-----

Huancayo, 25 de junio de 2021

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: LUIS HOLGUIN ARANDA
- 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE UCV
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: ING. AMBIENTAL
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Registro de radiación extraterrestre
- 1.5. Autoras de Instrumento: Valle Basualdo Maycohol

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con Los Requisitos para su aplicación SI
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

<b>85%</b>
------------

  
 LUIS HOLGUIN ARANDA  
 INGENIERO AMBIENTAL  
 Reg. CIP. N° 1114711

Huancayo, 25 de junio de 2021

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **CASTRO TENA LUCERO**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **DOCENTE UCV**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **ING. AMBIENTAL**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Registro de radiación extraterrestre**
- 1.5. Autoras de Instrumento: **Valle Basualdo Maycohol**

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con Los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

95%

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN


  
LUCERO KATHERINE CASTRO TENA  
 DNI: 70837725  
 CIP: 112964

Huancayo, 25 de junio de 2021

Teléfono: -  
DNI: 43566120

Teléfono: -  
DNI:

Teléfono: -  
DNI:70837735

INSTRUMENTO. 02						
Registro de radiacion extraterrestre por día y promediado por mes de todo el año 2020						
						
Título: "Validación del modelo de Bristow y Campbell para estimación del recurso solar en desarrollo de energía limpia Huancayo-2020"						
Línea de Investigación: Calidad y Gestión de los recursos naturales						
Facultad: Ingeniería Ambiental						
tesista: Valle Basualdo Maycohol						
ficha: Registro de radiacion extraterrestre por día y promediado por mes de todo el año 2020						
Equipos/Programas: Modelo Bristow y Campbell (Programa Matlab)						
Mes	Día	Error de Excentricidad	Angulo Horario	Dedincacion Solar	Latitud	Radiacion Extraterrestre (Re)
Enero	1					
	2					
	:					
	31					
:	:					
Diciembre	366					




Firma del experto  
CIP:131344



LUIS FERRER  
HOLGUIN ARANDA  
INGENIERO AMBIENTAL  
R.G. CIP Nº 155744

Firma del experto  
CIP:



LLCERO KATHERINE CASTRO TEÑA  
DNI:70837735  
CIP: 162994

Firma del experto  
CIP:162994



## Anexo 3: validación de expertos del instrumento de estimación de radiación solar



### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: GÜERE SALAZAR FIORELLA VANESSA
- 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE UCV
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: ING. AMBIENTAL
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Estimación de radiación solar
- 1.5. Autor de Instrumento: Valle Basualdo Maycochol

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con Los Requisitos para su aplicación SI
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación.

SI
----

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Huanayo, 25 de junio de 2021.



## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: LUIS HOLGUIN ARANDA
- 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE UCV
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: ING. AMBIENTAL
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Estimación de radiación solar
- 1.5. Autoras de Instrumento: Valle Basualdo Maycohol

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con Los Requisitos para su aplicación SI
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

<b>85%</b>
------------

  
 LUIS HOLGUIN ARANDA  
 INGENIERO AMBIENTAL  
 Reg. CIP. N° 1114711

Huancayo, 25 de junio de 2021

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: CASTRO TENA LUCERO
- 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE UCV
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: ING. AMBIENTAL
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Estimación de radiación solar
- 1.5. Autoras de Instrumento: Valle Basualdo Maycohol

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con Los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

95%

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN


  
 LUCERO KATHERINE CASTRO TENA  
 DNI: 70837725  
 CIP: 112964

Huancayo, 25 de junio de 2021

Teléfono: -  
DNI: 43566120

Teléfono: -  
DNI:

Teléfono: -  
DNI: 70837735

		INSTRUMENTO. 03			
		Estimación de radiación solar disponible por mes con el modelo (Bristow y Campbell)			
Título:	"Validación del modelo de Bristow y Campbell para estimación del recurso solar en desarrollo de energía limpia Huancayo-2020"				Aplicación del modelo (Bristow y Campbell)
Línea de Investigación:	Calidad y Gestión de los recursos naturales				
Facultad:	Ingeniería Ambiental				
tesista:	Valle Basualdo Maycohol				
ficha:	Estimación de radiación solar disponible por mes con el modelo (Bristow y Campbell)				
Equipos/Programas:	Modelo Bristow y Campbell (Programa Matlab)				
Mes	Día	Amplitud Termica (AT)	Transmitancia Atmosferica(A)	Radiacion Extraterrestre (Re)	Radiacion Disponible con el Modelo (Rg)
Enero	1				
	2				
	:				
	31				
:	:				
Diciembre	366				


  
**Firma del experto**  
**CIP:131344**
  
**LUIS FERRER**  
**HOLGUIN ARANDA**  
**INGENIERO AMBIENTAL**  
**Reg. CIP Nº 111774**  
**Firma del experto**  
**CIP:**
  
**LLUCERO KATHERINE CASTRO TENA**  
**DNI: 70837735**  
**CIP: 162994**  
**Firma del experto**  
**CIP: 162994**

## Anexo 4: validación de expertos del instrumento de comparación de datos por modelamiento y piranómetro



### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: GÜERE SALAZAR FIORELLA VANESSA
- 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE UCV
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: ING. AMBIENTAL
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Comparación de datos por modelamiento y piranómetro
- 1.5. Autor de Instrumento: Valle Basualdo Maycohol

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con Los Requisitos para su aplicación SI
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85%

Huancayo, 25 de junio de 2021

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: LUIS HOLGUIN ARANDA
- 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE UCV
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: ING. AMBIENTAL
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Comparación de datos por modelamiento y piranómetro
- 1.5. Autoras de Instrumento: Valle Basualdo Maycohol

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con Los Requisitos para su aplicación SI
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

<b>85%</b>
------------

  
 LUIS HOLGUIN ARANDA  
 INGENIERO AMBIENTAL  
 Reg. CIP. N° 111471

Huancayo, 25 de junio de 2021

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **CASTRO TENA LUCERO**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **DOCENTE UCV**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **ING. AMBIENTAL**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Comparación de datos por modelamiento y piranómetro**
- 1.5. Autoras de Instrumento: **Valle Basualdo Maycohol**

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con Los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

95%

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN


  
LUCERO KATHERINE CASTRO TENA  
 DNI: 70837725  
 CIP: 112964

Huancayo, 25 de junio de 2021

Teléfono: -  
DNI: 43566120

Teléfono: -  
DNI:

Teléfono: -  
DNI:70837735

	INSTRUMENTO. 04	
	<b>Comparacion de datos obtenidos por modelamiento y Piranómetro</b>	
Título:	"Validación del modelo de Bristow y Campbell para estimación del recurso solar en desarrollo de energía limpia Huancayo-2020"	
Línea de Investigación:	Calidad y Gestión de los recursos naturales	
Facultad:	Ingeniería Ambiental	
tesista:	Valle Basualdo Maycohol	
ficha:	Comparacion de datos obtenidos por modelamiento y Piranómetro	
Equipos/Programas:	Piranómetro del Instituto geofísico del Perú – Observatorio de Huancayo	
	Radiacion Disponible con el Modelo (Rg)	Radiacion Disponible con Piranómetro (Rp)
Mes		
Enero		
Febrero		
.		
.		
.		
Diciembre		




**Firma del experto**  
CIP:131344

  
 LUIS FERRER  
 HOLGUIN ARANDA  
 INGENIERO AMBIENTAL  
 Reg. CIP. N° 1111711

**Firma del experto**  
CIP:



LUCCERO KATHERINE CASTRO TENA  
 DNI: 70837735  
 CIP: 162994

**Firma del experto**  
CIP:162994

Anexo 5: matriz de consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE INDEPENDIENTE	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diferencias de temperaturas extremas durante el día</li> <li>Radiación solar extraterrestre</li> </ul>
¿Cómo será la validación del modelo amplitud térmica de Bristow y Campbell para estimar el recurso solar en desarrollo de energía limpia en Huancayo durante el periodo 2020?	Validar el modelo amplitud térmica de Bristow y Campbell para estimar el recurso solar en desarrollo de energía limpia en Huancayo durante el periodo 2020	La validación del modelo amplitud térmica de Bristow y Campbell es eficiente para estimar el recurso solar y por lo tanto factible para el desarrollo de energía limpia en Huancayo durante el periodo 2020	Amplitud térmica	
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICO	HIPÓTESIS ESPECÍFICOS	VARIABLE DEPENDIENTE	<ul style="list-style-type: none"> <li>Radiación solar observada</li> <li>Radiación solar estimada</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>¿Cuál será la diferencia de temperaturas extremas durante el día para estimar el recurso solar en desarrollo de energía limpia en Huancayo durante el periodo 2020?</li> <li>¿Cuál será la radiación solar extraterrestre estimada mediante el modelo Bristow &amp; Campbell en Huancayo durante el periodo 2020?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Determinar la diferencia de temperaturas extremas durante el día para estimar el recurso solar en desarrollo de energía limpia en Huancayo durante el periodo 2020,</li> <li>Determinar la radiación solar extraterrestre mediante el modelo Bristow &amp; Campbell en Huancayo durante el periodo 2020</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La diferencia de temperaturas extremas durante el día permite estimar el recurso solar en desarrollo de energía limpia en Huancayo durante el periodo 2020.</li> <li>La radiación solar extraterrestre es determinado mediante el modelo Bristow &amp; Campbell en Huancayo durante el periodo 2020 con valores de 15 KWh/m2.día.</li> </ul>	Recurso solar	