

**ESTIMACIÓN DE LA PLATAFORMA ENERGÉTICA SOLAR DISPONIBLE EN LA REGIÓN DE LOS LLANOS DE VENEZUELA****Amezquita Uxmal\*, Alvares Julio\*\*, Hurtado Yesika\*\*, Ulloa Carlos\*\*, Varela María\*\***

\* Escuela de Ingeniería Mecánica, Universidad Central de Venezuela, Dirección de contacto: Avenida Los Jabillos cruce con calle Las Flores, Ed Inma, piso 1 apto 1-A, Sabana Grande, Caracas - Venezuela. Código postal 1050.

Teléfono: +584122145672, [uxmal777@gmail.com](mailto:uxmal777@gmail.com)

\*\*Tesisistas del Instituto Universitario de Tecnología del Oeste Mariscal Sucre (IUTOMS).

<https://doi.org/10.34637/cies2020.1.6104>

**RESUMEN**

El objetivo de estimar la plataforma energética solar disponible de la Región de los Llanos Venezolanos la cual esta conformada por los Estados Anzoátegui, Apure, Barinas, Cojedes, Guárico, Lara y Portuguesa, fue obtener valores procesados de radiación solar global (H), directa (Rdir) y difusa (Rdif) a fin de conocer su comportamiento para usos de tecnologías solares. Se procesaron los datos promedios diarios de H para un periodo de 5 años por cada una de las 21 estaciones meteorológicas pertenecientes a zonas bioclimáticas distintas de los Estados mencionados y se determinaron los valores de Rdif y Rdir por dos modelos (Erbs y Collares Pereira Ralb). Se analizaron las gráficas de comportamiento de las radiaciones con base a los promedios mensuales. Entre las conclusiones están: La mayor H por Estado fue 18,21MJ/m<sup>2</sup> (Guárico), 17,18MJ/m<sup>2</sup> (Apure), 16,50MJ/m<sup>2</sup> (Lara) y la mayor por región 20,96MJ/m<sup>2</sup> (Cojedes) y la mayor Rdif (ERBS) por Estado fue 10,76MJ/m<sup>2</sup> (Anzoátegui), 11,39MJ/m<sup>2</sup> (Apure) y 11,39MJ/m<sup>2</sup> (Cojedes) y la mayor por región 11,51MJ/m<sup>2</sup> (Lara).

**PALABRAS CLAVES:** Análisis energético, Radiación global, Radiación difusa

**ABSTRACT**

The objective of estimating the available solar energy platform of the Venezuelan Llanos Region, which is made up of the Anzoátegui, Apure, Barinas, Cojedes, Guárico, Lara and Portuguesa States, was to obtain processed values of global solar radiation (H), direct (Rdir) and diffuse (Rdif) in order to know their behavior for uses of solar technologies. The daily average data of H for a period of 5 years for each of the 21 meteorological stations belonging to different bioclimatic zones of the mentioned States were processed and the values of Rdif and Rdir were determined by two models (Erbs and Collares Pereira Ralb). Radiation performance graphs were analyzed based on monthly averages. Among the conclusions are: The highest H by State was 18.21MJ / m<sup>2</sup> (Guárico), 17.18MJ / m<sup>2</sup> (Apure), 16.50MJ / m<sup>2</sup> (Lara) and the highest by region 20.96MJ / m<sup>2</sup> (Cojedes) and the highest Rdif (ERBS) by State was 10.76MJ / m<sup>2</sup> (Anzoátegui), 11.39MJ / m<sup>2</sup> (Apure) and 11.39MJ / m<sup>2</sup> (Cojedes) and the highest by region 11.51MJ / m<sup>2</sup> (Lara).

**KEYWORDS:** Energy analysis, Global radiation, Diffuse radiation

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad existen diversas tecnologías para la captación y aprovechamiento de energía solar y entre las más usadas se encuentran: la tecnología fotovoltaica, los colectores solares, los concentradores solares, la tecnología solar pasiva (alumbrado, enfriamiento y calefacción de edificios) entre otras. Para ser factibles las tecnologías antes mencionadas, dependen del equipo y de los costos de operación, del porcentaje de radiación solar que puede convertirse en el producto de energía deseado y de la cantidad de radiación solar disponible en el sitio de colocación, y es por ello que resulta fundamental en primera instancia, tener acceso a datos precisos de la radiación solar ya que mientras se conozcan los recursos de energía solar con más exactitud, tanto más se podrá perfeccionar los sistemas de energía solar y su selección. Por lo tanto, la obtención de los datos en forma exhaustiva, bien detallados sobre radiación solar, así como su forma de procesamiento es un factor esencial en el diseño de sistemas de energía solar. De lo anterior se infiere que la simulación del comportamiento dinámico de esos sistemas de energía solar a lo largo del tiempo es altamente necesaria para establecer su eficiencia, su desempeño y su confiabilidad. Para ello se requiere, entre otras variables que intervienen en un estudio de esa naturaleza tanto del conocimiento riguroso, como la contribución de las componentes directa y difusa de la radiación solar global medida en la superficie de la tierra.

Sobre la atmósfera se recibe un promedio de radiación solar (constante solar) de 1367 W/m<sup>2</sup>, valor establecido por la Organización Mundial de Meteorología, pero a nivel del suelo la radiación varía entre 0 a 1000 W/m<sup>2</sup>. Esta atenuación de los valores de radiación y su variabilidad en el tiempo se debe a varios factores, como son los efectos de absorción y difusión de la atmósfera, los astronómicos, los meteorológicos y el tipo de vegetación. Es por ello que para dos lugares que presenten las mismas características astronómicas (solo variando la longitud), no deberían presentar los mismos niveles de radiación solar global, directa y difusa.

El presente trabajo analiza el comportamiento en el tiempo de la radiación solar global, directa y difusa (usando herramientas de cálculo y estadísticas) de 21 estaciones meteorológicas diseminadas a lo largo y ancho de la región de los Llanos Venezolanos, cuya zona bioclimática predominante es la Tropical de Sabana y están distribuidas estratégicamente entre los Estados: Anzoátegui, Apure, Barinas, Cojedes, Guárico, Lara y Portuguesa (ver Fig.1); todo con el fin de determinar y comparar el potencial energético solar de cada Estado y con base a lo anterior, tratar de estimar (por fusión de datos) el potencial o plataforma energética solar de todo la región de los llanos Venezolanos.

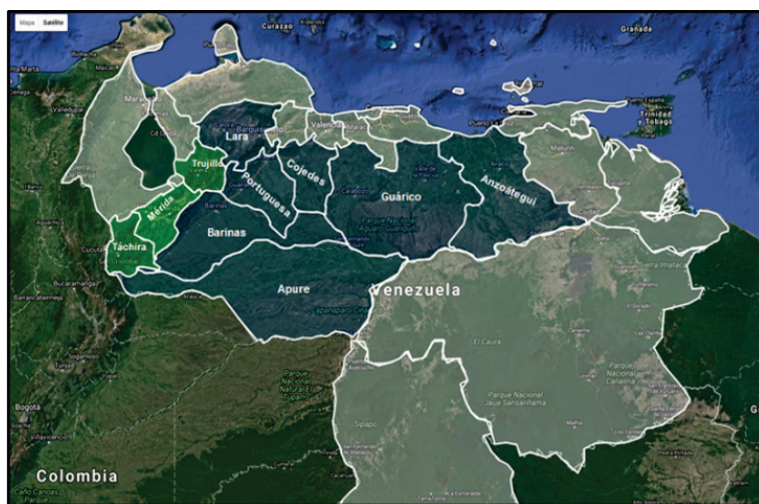


Fig 1. Estados de la Región de los Llanos de Venezuela (azulado oscuro)

## MARCO METODOLOGICO

### Definición de los Datos y Zonas de Estudio

De las Estaciones Meteorológicas pertenecientes al Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH) diseminadas a lo largo y vasto de la region de los Llanos en Venezuela, se seleccionaron 21 de ellas por cumplir con los requerimientos para este estudio (insignes del instituto, registro de por lo menos 5 años consecutivos en cada Estación, datos confiables y certificados, gran número de variables meteorológicas, ubicación en zonas bioclimaticas representativas de cada Estado), las cuales fueron las siguientes:

#### **Del Estado Anzoategui:**

Musinacio (latitud 7°42'21'', longitud -64°46'30'', 52 m.s.n.m, 1984-1988)

La Viuda (latitud 8°52'0'', longitud -63°40'0'', 188 m.s.n.m, 1971-1975)

La Canoa (latitud 8°37'18'', longitud -63°51'54'', 140 m.s.n.m, 1976-1980)  
 El Tigre (latitud 8°52'0'', longitud -64°13'0'', 265 m.s.n.m, 1998-2002)  
 La Corcovada (latitud 10°5'0'', longitud -64°34'0'', 90 m.s.n.m, 1991- 1995).  
 La Zona Bioclimatica (Koppen) predominante en este Estado es: Sabanas herbazales y bosques tropofitos semi-secos.

#### **Del Estado Apure:**

Elorza (latitud 7°3'0'', longitud -69°29'0'', 90 m.s.n.m, 1987- 1991)  
 Bruzual (latitud 8°0'20'', longitud -69°20'35'', 80 m.s.n.m, 1986- 1990)  
 Zona Bioclimatica (Koppen) predominante: selva tipo amazónica con sabanas de bosques húmedos y semi-secos.

#### **Del Estado Barinas:**

Aeropuerto (latitud 8°36'0'', longitud -70°15'0'', 189 m.s.n.m, 1986- 1990)  
 La Quinta (latitud 8°19'0'', longitud -70°0'0'', 165 m.s.n.m, 1993- 1997)  
 Zona Bioclimatica (Koppen) predominante: sabanas (herbazales) y bosques tropofito sub-húmedos, sabanas herbazales y bosques tropofito semi-secos.

#### **Del Estado Cojedes:**

San Carlos Unellez (latitud 9°41'51'', longitud -68°35'11'', 86 m.s.n.m, 1992- 1996)  
 Zona Bioclimatica (Koppen) predominante: bosques húmedos y sabanas semisecos con templado de altura.

#### **Del Estado Guárico:**

Guanapito (latitud 9°55'37'', longitud -66°24'0'', 422 m.s.n.m, 1981- 1985)  
 San Juan de los Morros (latitud 9°55'11'', longitud -67°21'43'', 433 m.s.n.m, 1981 -1985)  
 Rio Verde (latitud 9°33'0'', longitud - 67°40'0'', 171 m.s.n.m, 1974 - 1978),  
 Presa Tamanaco (latitud 9°27'2'', longitud -66°3'56'', 160 m.s.n.m, 2000- 2004),  
 Mayalito-Cujialote (latitud 9°32'57'', longitud -60°12'0'', 130 m.s.n.m, 1974- 1978),  
 Valle la Pascua (latitud 9°13'0'', longitud -66°0'0'', 184 m.s.n.m, 2000 - 2004),  
 Biológica Los Llanos (latitud 8°53'0'', longitud -77°19'0'', 86 m.s.n.m, 2001- 2005);  
 Zona Bioclimatica (Koppen) predominante: Sabanas con bosques semisecos y bosques húmedos.

#### **Del Estado Lara:**

Moroturo (latitud 10°33'2'', longitud -69°14'19'', 190 m.s.n.m, 1986- 1990)  
 Zona Bioclimatica (Koppen) predominante: sabanas y bosques semisecos, desierto árido y templado de altura.

#### **Del Estado Portuguesa:**

Banco de los Cedros (latitud 8°57'0'', longitud -69°43'0'', 125 m.s.n.m, 2000- 2004)  
 Experimental las Majaguas (latitud 9 ° 40'0'', longitud -68 °59'0'', 149 m.s.n.m, 1978- 1982)  
 Mesas de Cavacas (latitud 9°4'0'', longitud -69°48'0'', 255 m.s.n.m, 1981- 1985)  
 Zona Bioclimatica (Koppen) predominante: Sabanas con bosques semisecos y bosques húmedos.

INAMEH suministró los datos promedios diarios de la radiación solar global (H) de los periodos mencionados de cada una de las estaciones seleccionadas (38325 datos en total).

#### Del Procesamiento de los Datos

Se construyó una base de datos bajo plataforma Microsoft Excel 2007 for Windows con los datos promedios diarios de la radiación solar global (H) suministrados y se ordenaron secuencialmente bajo un esquema diario por mes, por año, por Estacion Meteorologica (esquema fecha calendario). Los datos faltantes (9.8% del total) fueron completados por el promedio aritmetico de la familia de datos de igual fecha calendario del dato faltante.

A partir de la latitud de cada Estación Meteorológica se calculó para cada uno de los 365 días del año el valor de la radiación solar extraterrestre (Ho) (Duffie y Beckman, 1991) y se asoció a cada valor de H con su valor respectivo de Ho según el esquema de fecha calendario. Se determinó el índice de claridad diario (kt) (Duffie y Beckman, 1991) asociado a cada valor de H y de Ho de cada zona, bajo el esquema de fechas calendario. Después se calculó la radiación solar difusa (Rdif) y directa (Rdir) diarias para cada valor de H y kt de cada Estacion Meteorologica, según dos modelos de la referencia internacional el modelo de Erbs (con  $\cos \theta > 81.4^\circ$ ) (Erbs, Klein y Duffie, 1982) y el modelo de Collares – Pereira – Ralb (CPR) (Collares-Pereira y Ralb, 1979). Realizado lo anterior y con la base de datos conformada por los campos H, kt, Ho, Rdif-Erbs, Rdir-Erbs, Rdif-CPR y Rdir-CPR de cada Estaciones Meteorologicas para cada Estado en estudio (268275 datos totales), se procedio con el mismo software (Microsoft Excel 2007 for Windows) a determinar los parametros clásicos estadísticos (promedio aritmético, mediana, moda y desviación típica) en tres diferentes niveles de tiempo base de procesamiento de cada campo por Estación.

El procesamiento de los datos se realizo en tres diferentes bases de tiempo configurados en promedio diario (bajo el esquema de fecha calendario), en promedio mensual y promedio anual para cada uno de los campos, obteniendose el perfil energético solar del área de cada Estacion Meteorológica; luego se fusionaron los datos de todas las Estaciones correspondientes a un Estado, dando como resultado lo que se denomino zona ficticia del Estado en evaluacion, cuyo fin es el de tener una aproximación al comportamiento macro en cada campo como si fuera el comportamiento real del Estado, de aqui se define la plataforma energetica solar de cada Estado de la Region de los Llanos Venezolanos.

Por ultimo para definir la plataforma energética solar de la Región de los Llanos Venezolanos como un todo, se realizo un procedimiento similar al efectuado en cada Estado, de fusion de datos por campo de todas las Estaciones Meteorologicas bajo el esquema de procesamiento de tres diferentes bases de tiempo.

Como resultado de lo descrito anteriormente, se obtuvo tablas de estadísticos por cada campo mencionado, según el tiempo base de procesamiento en cada Estacion Meteorologica de cada Estado y por fusion de datos para la Region de los Llanos en general, esquemas de distribución por frecuencias promedio mensual de los campos de estudio y gráficas de comportamiento mensual. Para el presente artículo por razones de extension del artículo, solo se presentan las tablas de todos los Estados estudiados y solo dos gráficas (Anzoátegui y la Region de los Llanos en general) a manera ilustrativa del comportamiento mensual de las variables o campos. No se expresaron ecuaciones en este artículo, ya que pueden ser ubicadas en la referencia bibliográfica.

## RESULTADOS

### Del Estado Anzoátegui

Tabla 1. Valores promedios mensuales de radiación solar extraterrestre, global, directa y difusa e índice de claridad del Estado Anzoátegui

Valores Promedios Mensuales del Comportamiento de la Radiación Solar Extraterrestre, Global, Directa y Difusa (Erbs, Collares-Pereira-Ralb) e Índice de Claridad							
Estado: Anzoátegui			Unidad de Radiación:		MJ/m2		
Mes	Rad. Extraterrestre	Rad. Global	Rad. Directa (Erbs)	Rad. Difusa (Erbs)	Rad. Directa (CPR)	Rad. Difusa (CRP)	Ind. Claridad
Enero	32,52	12,84	3,65	9,20	3,57	9,27	0,40
Febrero	34,82	13,90	3,97	9,93	3,95	9,95	0,40
Marzo	36,99	14,40	3,95	10,45	3,91	10,49	0,39
Abril	37,79	14,35	3,60	10,76	3,52	10,84	0,38
Mayo	37,25	13,63	3,37	10,26	3,33	10,30	0,37
Junio	36,63	12,50	2,40	10,10	2,29	10,22	0,34
Julio	36,78	12,85	2,63	10,22	2,51	10,34	0,35
Agosto	37,33	13,15	2,72	10,43	2,60	10,54	0,35
Septiembre	37,06	14,00	3,49	10,52	3,41	10,60	0,38
Octubre	35,29	13,24	3,23	10,01	3,15	10,09	0,38
Noviembre	32,92	12,65	3,36	9,29	3,21	9,44	0,38
Diciembre	31,64	11,68	2,84	8,84	2,78	8,90	0,37

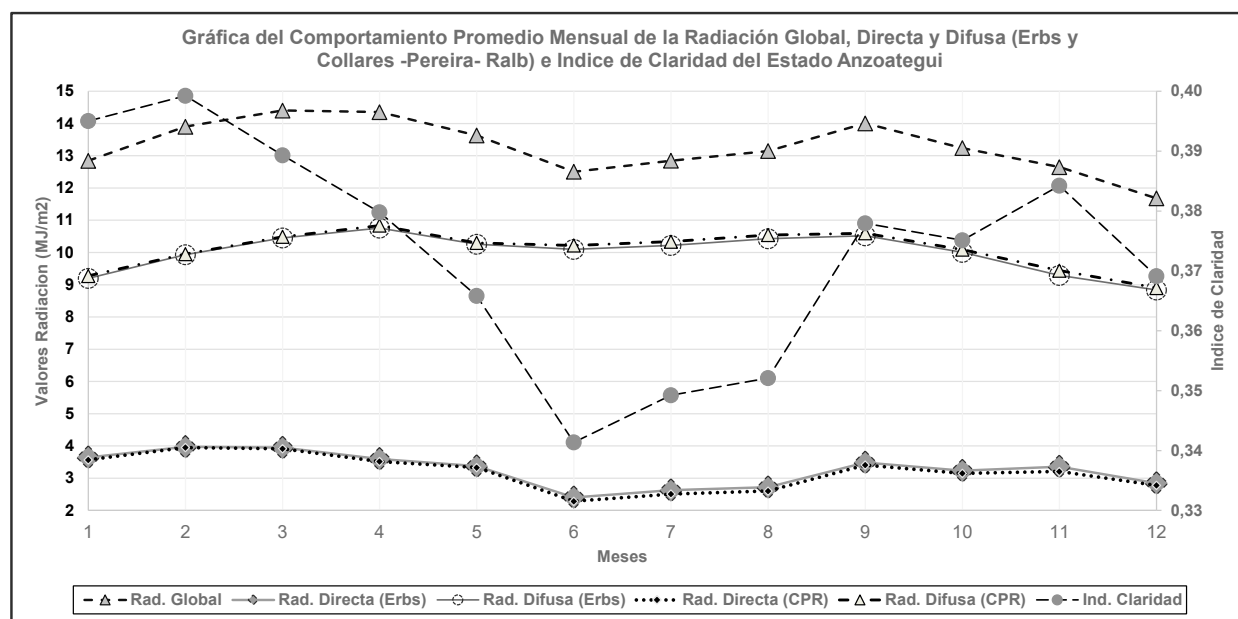


Fig 2. Gráfica de promedios mensuales de radiación solar global, directa y difusa e índice de claridad del Estado Anzoátegui.

### Del Estado Apure

Tabla 2. Valores promedios mensuales de radiación solar extraterrestre, global, directa y difusa e índice de claridad del Estado Apure

Valores Promedios Mensuales del Comportamiento de la Radiación Solar Extraterrestre, Global, Directa y Difusa (Erbs, Collares-Pereire-Ralb) e Índice de Claridad							
Estado: Apure			Unidad de Radiación: MJ/m2				
Mes	Rad. Extraterrestre	Rad. Global	Rad. Directa (Erbs)	Rad. Difusa (Erbs)	Rad. Directa (CPR)	Rad. Difusa (CRP)	Ind. Claridad
Enero	33,12	15,78	5,67	10,11	5,69	10,10	0,477
Febrero	35,26	17,01	6,33	10,68	6,38	10,63	0,482
Marzo	37,17	17,18	5,78	11,40	5,75	11,43	0,462
Abril	37,69	15,64	4,32	11,32	4,21	11,43	0,415
Mayo	36,93	14,37	3,50	10,87	3,37	11,00	0,389
Junio	36,20	13,81	3,19	10,61	3,06	10,75	0,381
Julio	36,40	13,88	3,30	10,58	3,18	10,69	0,381
Agosto	37,14	13,88	3,13	10,76	3,00	10,89	0,374
Septiembre	37,13	14,78	3,81	10,97	3,70	11,09	0,398
Octubre	35,65	14,38	3,81	10,57	3,71	10,67	0,403
Noviembre	33,48	13,73	3,65	10,08	3,53	10,20	0,410
Diciembre	32,29	14,53	4,66	9,87	4,61	9,92	0,450

### Del Estado Barinas

Tabla 3. Valores promedios mensuales de radiación solar extraterrestre, global, directa y difusa e índice de claridad del Estado Barinas

Valores Promedios Mensuales del Comportamiento de la Radiación Solar Extraterrestre, Global, Directa y Difusa (Erbs, Collares-Pereire-Ralb) e Índice de Claridad							
Estado: Barinas			Unidad de Radiación: MJ/m2				
Mes	Rad. Extraterrestre	Rad. Global	Rad. Directa (Erbs)	Rad. Difusa (Erbs)	Rad. Directa (CPR)	Rad. Difusa (CRP)	Ind. Claridad
Enero	32,70	12,58	3,00	9,58	2,89	9,69	0,385
Febrero	34,96	12,99	2,95	10,05	2,84	10,16	0,372
Marzo	37,05	12,95	2,56	10,39	2,44	10,52	0,350
Abril	37,76	12,17	2,03	10,14	1,91	10,25	0,322
Mayo	37,16	11,88	1,93	9,95	1,82	10,06	0,320
Junio	36,50	12,34	2,31	10,04	2,19	10,15	0,338
Julio	36,67	12,95	2,68	10,26	2,57	10,37	0,353
Agosto	37,28	13,39	2,72	10,67	2,57	10,82	0,359
Septiembre	37,08	13,26	2,76	10,50	2,63	10,62	0,357
Octubre	35,40	12,50	2,44	10,05	2,31	10,19	0,353
Noviembre	33,09	11,97	2,50	9,47	2,38	9,59	0,362
Diciembre	31,84	12,17	2,84	9,33	2,73	9,44	0,382

### Del Estado Cojedes

Tabla 4. Valores promedios mensuales de radiación solar extraterrestre, global, directa y difusa e índice de claridad del Estado Cojedes

Valores Promedios Mensuales del Comportamiento de la Radiación Solar Extraterrestre, Global, Directa y Difusa (Erbs, Collares-Pereire-Ralb) e Índice de Claridad							
Estado: Cojedes			Unidad de Radiación: MJ/m2				
Mes	Rad. Extraterrestre	Rad. Global	Rad. Directa (Erbs)	Rad. Difusa (Erbs)	Rad. Directa (CPR)	Rad. Difusa (CRP)	Ind. Claridad
Enero	32,13	16,98	7,48	9,50	7,69	9,29	0,528
Febrero	33,35	18,14	7,90	10,24	8,11	10,03	0,544
Marzo	36,87	18,80	7,72	11,09	7,87	10,93	0,510
Abril	37,85	16,63	5,14	11,49	5,07	11,56	0,439
Mayo	37,45	16,12	4,73	11,39	4,63	11,49	0,430
Junio	36,89	16,02	4,79	11,23	4,70	11,31	0,434
Julio	37,01	16,50	5,25	11,25	5,20	11,30	0,446
Agosto	37,45	16,63	5,25	11,38	5,20	11,43	0,444
Septiembre	37,00	16,87	5,51	11,36	5,46	11,41	0,456
Octubre	35,06	16,67	5,98	10,69	6,00	10,66	0,475
Noviembre	32,56	16,08	6,25	9,84	6,33	9,75	0,494
Diciembre	31,23	16,09	6,76	9,33	6,91	9,18	0,515

### Del Estado Guarico

Tabla 5. Valores promedios mensuales de radiación solar extraterrestre, global, directa y difusa e índice de claridad del Estado Guarico

Valores Promedios Mensuales del Comportamiento de la Radiación Solar Extraterrestre, Global, Directa y Difusa (Erbs, Collares-Pereire-Ralb) e Índice de Claridad							
Estado: Guarico			Unidad de Radiación: MJ/m2				
Mes	Rad. Extraterrestre	Rad. Global	Rad. Directa (Erbs)	Rad. Difusa (Erbs)	Rad. Directa (CPR)	Rad. Difusa (CRP)	Ind. Claridad
Enero	32,02	15,81	6,25	9,57	6,33	9,49	0,494
Febrero	34,46	17,18	7,16	10,02	7,26	9,93	0,499
Marzo	36,83	18,21	7,32	10,89	7,40	10,81	0,494
Abril	37,86	16,39	5,04	11,35	4,98	11,41	0,433
Mayo	37,50	15,36	4,19	11,16	4,09	11,27	0,409
Junio	36,95	15,26	4,22	11,03	4,12	11,14	0,413
Julio	37,07	15,92	4,81	11,12	4,73	11,19	0,430
Agosto	37,48	16,20	4,87	11,33	4,79	11,41	0,432
Septiembre	36,98	16,55	5,38	11,16	5,34	11,20	0,447
Octubre	35,00	15,82	5,30	10,52	5,27	10,55	0,452
Noviembre	32,46	15,25	5,58	9,67	5,59	9,66	0,470
Diciembre	31,12	14,79	5,50	9,29	5,52	9,27	0,475

### Del Estado Lara

Tabla 6. Valores promedios mensuales de radiación solar extraterrestre, global, directa y difusa e índice de claridad del Estado Lara

Valores Promedios Mensuales del Comportamiento de la Radiación Solar Extraterrestre, Global, Directa y Difusa (Erbs, Collares-Pereire-Ralb) e Índice de Claridad							
Estado: Lara			Unidad de Radiación: MJ/m2				
Mes	Rad. Extraterrestre	Rad. Global	Rad. Directa (Erbs)	Rad. Difusa (Erbs)	Rad. Directa (CPR)	Rad. Difusa (CRP)	Ind. Claridad
Enero	31,73	14,07	4,29	9,77	4,21	9,86	0,443
Febrero	34,25	14,66	4,18	10,48	4,07	10,60	0,428
Marzo	36,73	16,27	4,99	11,29	4,90	11,37	0,443
Abril	37,89	15,05	3,65	11,40	3,48	11,57	0,397
Mayo	37,64	14,88	3,61	11,27	3,45	11,43	0,395
Junio	37,14	15,32	4,03	11,28	3,89	11,43	0,412
Julio	37,24	15,84	4,43	11,40	4,30	11,54	0,425
Agosto	37,55	16,50	4,99	11,51	4,89	11,61	0,439
Septiembre	36,93	16,31	5,01	11,31	4,93	11,39	0,442
Octubre	34,82	15,02	4,40	10,62	4,31	10,72	0,431
Noviembre	32,19	13,00	3,28	9,71	3,15	9,85	0,404
Diciembre	30,80	12,92	3,52	9,40	3,40	9,52	0,419

### Del Estado Portuguesa

Tabla 7. Valores promedios mensuales de radiación solar extraterrestre, global, directa y difusa e índice de claridad del Estado Portuguesa

Valores Promedios Mensuales del Comportamiento de la Radiación Solar Extraterrestre, Global, Directa y Difusa (Erbs, Collares-Pereire-Ralb) e Índice de Claridad							
Estado: Portuguesa			Unidad de Radiación: MJ/m2				
Mes	Rad. Extraterrestre	Rad. Global	Rad. Directa (Erbs)	Rad. Difusa (Erbs)	Rad. Directa (CPR)	Rad. Difusa (CRP)	Ind. Claridad
Enero	32,35	14,27	4,33	9,94	4,25	10,02	0,441
Febrero	34,70	14,71	4,11	10,59	3,99	10,71	0,424
Marzo	36,94	15,05	3,89	11,16	3,74	11,30	0,407
Abril	37,82	12,87	2,29	10,57	2,15	10,72	0,340
Mayo	37,34	12,82	2,32	10,51	2,17	10,65	0,343
Junio	36,74	13,09	2,54	10,55	2,38	10,71	0,356
Julio	36,88	13,58	2,86	10,72	2,71	10,87	0,368
Agosto	37,38	13,72	2,83	10,88	2,67	11,05	0,367
Septiembre	37,03	14,02	3,11	10,91	2,95	11,06	0,379
Octubre	35,19	13,80	3,30	10,50	3,16	10,64	0,392
Noviembre	32,76	13,66	3,71	9,95	3,59	10,07	0,417
Diciembre	31,46	13,02	3,45	9,57	3,32	9,69	0,414

### De la Región de los Llanos

Tabla 8. Valores promedios mensuales de radiación solar extraterrestre, global, directa y difusa e índice de claridad de la Región de Los Llanos

Valores Promedios Mensuales del Comportamiento de la Radiación Solar Extraterrestre, Solar Global, Directa y Difusa (Erbs, Collares-Pereira-Ralb) e Índice de Claridad							
Región de Estudio: Los Llanos			Unidad de Radiación: MJ/m <sup>2</sup>				
Mes	Rad. Extraterrestre	Rad. Global	Rad. Directa (Erbs)	Rad. Difusa (Erbs)	Rad. Directa (CPR)	Rad. Difusa (CRP)	Ind. Claridad
Enero	32,37	14,92	5,25	9,67	5,24	9,67	0,461
Febrero	34,54	15,78	5,50	10,28	5,50	10,29	0,457
Marzo	36,94	16,41	5,46	10,95	5,43	10,98	0,444
Abril	37,81	14,79	3,79	11,00	3,68	11,11	0,391
Mayo	37,33	14,24	3,47	10,77	3,35	10,88	0,381
Junio	36,72	14,31	3,61	10,69	3,49	10,82	0,390
Julio	36,86	14,78	3,99	10,79	3,88	10,90	0,401
Agosto	37,37	15,05	4,06	10,99	3,95	11,11	0,403
Septiembre	37,03	15,30	4,34	10,96	4,24	11,05	0,413
Octubre	35,20	14,70	4,28	10,42	4,20	10,50	0,418
Noviembre	32,78	13,95	4,23	9,72	4,15	9,79	0,426
Diciembre	31,48	13,92	4,54	9,38	4,50	9,42	0,442

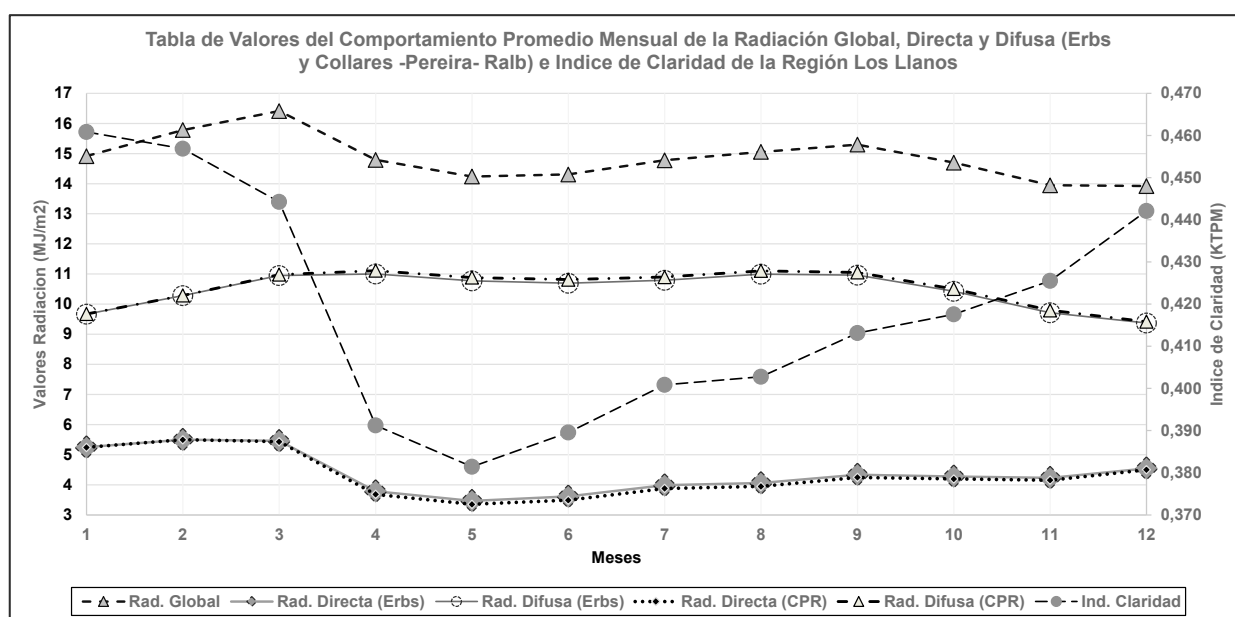


Fig 3. Gráfica de promedios mensuales de radiación solar global, directa y difusa e índice de claridad de la Región de los Llanos

### CONCLUSIONES

- La diferencia porcentual de la radiación solar difusa promedio mensual calculada bajo el modelo de Erbs y bajo el modelo CPR no supera el 5% en el caso mas desfavorable y mantienen una tendencia general menor del 2% en todos los Estados estudiados. Esto indica que por la proximidad de los resultados es indiferente usar uno u otro modelo para el cálculo de la radiación difusa.
- Las curvas de la variación anual de la radiación solar extraterrestre entre 7° y 10° de Latitud Norte pertenecientes a los Estados de la Región de los Llanos, no presentan variaciones significativas entre ellas. por ende se puede aproximar a una curva promedio.
- Las curvas de la variación anual de la radiación solar difusa pertenecientes a cada Estado de la Región de los Llanos (entre 7° y 10° de Latitud Norte), no presentan variaciones significativas entre ellas, por ende se puede aproximar a una curva promedio.
- No se detectó variaciones notables por efecto estacional en las curvas de variación anual de la radiación difusa de las zonas en estudio.
- El Estado con mayor radiación global de la región de los Llanos se encontro en el Estado Cojedes con 18,80MJ/m<sup>2</sup>
- El Estado con menor radiación global de la región de los Llanos se encontro en el Estado Anzoategui con 11,68MJ/m<sup>2</sup>

- El Estado con mayor radiación directa (ERBS) de la región de los Llanos se encontró en el Estado Cojedes con 7,90MJ/m<sup>2</sup>
- El Estado con menor radiación directa (ERBS) de la región de los Llanos se encontró en el Estado Barinas con 1,93MJ/m<sup>2</sup>
- El Estado con mayor radiación difusa (ERBS) de la región de los Llanos se encontró en el Estado Lara con 11,51MJ/m<sup>2</sup>
- El Estado con menor radiación difusa (ERBS) de la región de los Llanos se encontró en el Estado Anzoátegui con 8,84MJ/m<sup>2</sup>
- Se detectó cambios por efecto estacional en las curvas de variación anual de la radiación global y directa de las zonas en estudio.
- La Región de los Llanos Venezolanos (fusión de datos) posee un pico máximo de radiación solar global de 16,41MJ/m<sup>2</sup> y un mínimo de 13,92MJ/m<sup>2</sup>
- La Región de los Llanos Venezolanos (fusión de datos) posee un pico máximo de radiación solar directa (ERBS) de 5,50MJ/m<sup>2</sup> y un mínimo de 3,47MJ/m<sup>2</sup>
- La Región de los Llanos Venezolanos (fusión de datos) posee un pico máximo de radiación solar difusa (ERBS) de 11,00MJ/m<sup>2</sup> y un mínimo de 9,38MJ/m<sup>2</sup>

#### REFERENCIAS

Alvares J., Hurtado Y., Ulloa C. y Varela M. (2018). “Comportamiento de la Radiación Global, Directa y Difusa en la Región de los Andes y Llanos Venezolanos, partiendo del uso del Índice de Claridad”. Trabajo de Pregrado de Ingeniería. Instituto Universitario de Tecnología del Oeste Mariscal Sucre. Escuela de Ingeniería Mecánica.

Amézquita Z, U. (2005). “Estudio Estadístico de la Radiación Solar Global en el Estado Bolívar y la Influencia de las Variables Meteorológicas en el Índice de Claridad”. Trabajo de Grado de Maestría. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Mecánica.

Collares-Pereira, M. and Rabl, A. (1979). “The Average Distribution of Solar Radiation Correlations between Diffuse and Hemispherical and between Daily and Hourly Insolation Values”, Solar Energy. Vol 22. pp. 155- 164.

Duffie J.A. and Beckman W.A. (1991) *Solar Engineering of Thermal Processes*, 2<sup>nd</sup> edn. pp. 1-87. Wiley Interscience, New York.

Erbs, D.G., Klein, S.A. and Duffie, J.A. 1982. “Estimation of The Diffuse Radiation Fraction for Hourly, Daily and Monthly – Average Global Radiation”, Solar Energy. Vol 28. Nº 4. pp. 293- 302.