**IMPACTO DE LAS CONDICIONES METEOROLÓGICAS EN LA EFICIENCIA DE LA ENERGÍA SOLAR**

*Juan Diego Cruz Salazar, Luis Alejandro Barbosa Torres, Sebastián Rodríguez*

**ABSTRACT:**

We consider some data about solar energy and its multiple variables with respect to different weather conditions and season changes. We explore this data obtain in Kaggle.com and conclude some features about the relation between meteorology conditions and the efficiency of this kind of renewable energy.

**OBJETIVOS:**

* Analizar cómo afectan las condiciones meteorológicas a la demanda de energía y a los patrones de consumo.
* Explorar cómo las variaciones en la duración de la luz diurna y la disponibilidad de luz solar influyen en la generación de energía renovable.
* Aportar información para apoyar los esfuerzos encaminados a construir una red eléctrica más resistente y sostenible.

**INTRODUCCIÓN**

Imagínate tener acceso a una valiosa fuente de información que revela cómo las condiciones climáticas inciden directamente en la generación de energía renovable. Este conjunto de datos, meticulosamente compilado con mediciones horarias, representa una oportunidad única para desentrañar los misterios que rodean esta relación fundamental.

Adentrándonos en los detalles, encontramos elementos cruciales que delinean el panorama de la producción de energía renovable:

1. **Impulsores Principales de la Energía Solar**: El conjunto de datos ofrece mediciones detalladas de "Irradiancia Horizontal Global (GHI)", proporcionando una visión precisa de la radiación solar que alcanza una superficie plana en cada hora. Este indicador es esencial, dado que la luz solar constituye el alma misma de la producción de energía solar.
2. **Más Allá del Sol**: Sin embargo, el clima presenta facetas más complejas que la simple presencia solar. El conjunto de datos abarca también registros de temperatura, humedad y precipitación, todos influyendo de manera significativa en la dinámica de producción y consumo de energía.
3. **El Tiempo Hace la Diferencia**: Incorporando mediciones de "longitud del día" y "tiempo de luz solar", se abre la posibilidad de entender cómo la duración y disponibilidad de la luz solar impactan directamente en los patrones de generación de energía.

Estas perspectivas no solo son de interés para investigadores y analistas, sino también para cualquier individuo interesado en el futuro de la energía renovable. Este conjunto de datos proporciona herramientas poderosas para:

* **Predecir la Producción de Energía Renovable**: Al examinar la relación entre el clima y la generación de energía en el pasado, podemos desarrollar modelos predictivos que permitan anticipar la producción futura, ofreciendo valiosa ayuda en la gestión de la red eléctrica y la planificación energética.
* **Entender la Demanda Energética**: Además de influir en la producción, el clima también ejerce un impacto significativo en el consumo de energía. Al estudiar cómo variables como la temperatura afectan la demanda, podemos optimizar la infraestructura y la distribución de energía para una mayor eficiencia.

Este conjunto de datos representa, en última instancia, un paso crucial hacia un futuro más sostenible y respetuoso con el medio ambiente. Al comprender la intrincada relación entre el clima y la energía renovable, nos encaminamos hacia la realización plena del potencial de las fuentes de energía limpia, edificando una red eléctrica más resistente y adaptada a los desafíos del siglo XXI.

**METODOLOGÍA**

Para desarrollar el análisis de esta base de datos se usó la metodología CRIPS-DM, la cual busca desarrollar modelos a partir del análisis de informaciones y datos de un negocio para prever futuras fallas y soluciones. Con base a esto a continuación se muestra las fases que se llevaron a cabo para el desarrollo de este estudio.

**FASE 1: Comprensión del negocio**

* **¿QUE SON LAS ENERGÍAS RENOVABLES?**

Las energías renovables son fuentes de energía que provienen de recursos naturales que se regeneran constantemente, como la luz solar, el viento, la biomasa, el agua y el calor geotérmico [1]. Estas fuentes de energía son infinitas y sostenibles a largo plazo, ya que no se agotan con su uso y generan una cantidad mínima o nula de emisiones de gases de efecto invernadero, contribuyendo así a la reducción del impacto ambiental y al combate del cambio climático [2].

Las energías renovables, también conocidas como energías limpias o verdes, son aquellas fuentes de energía que se obtienen de recursos naturales que se renuevan constantemente en un período de tiempo relativamente corto. Estas fuentes incluyen la energía solar, eólica, hidroeléctrica, biomasa, geotérmica y mareomotriz.

La energía solar se obtiene mediante la captación de la radiación del sol a través de paneles solares, que convierten la luz solar en electricidad o calor. Es una de las fuentes más abundantes y accesibles en todo el mundo, con un potencial prácticamente ilimitado. Por otro lado, la energía eólica se genera mediante el aprovechamiento del viento a través de aerogeneradores, convirtiendo la energía cinética del viento en electricidad.

La energía hidroeléctrica se produce a partir del aprovechamiento del flujo de agua en ríos o embalses, que mueve turbinas para generar electricidad. La energía biomasa utiliza materia orgánica, como residuos agrícolas, forestales o urbanos, para producir energía mediante la combustión, fermentación o conversión química. La energía geotérmica aprovecha el calor del interior de la Tierra para generar electricidad o calor, utilizando el vapor o agua caliente bajo tierra. Finalmente, la energía mareomotriz aprovecha el movimiento de las mareas para generar electricidad.

Estas fuentes de energía renovable se consideran ambientalmente amigables porque generan una cantidad mínima o nula de emisiones de gases de efecto invernadero, contribuyendo así a la reducción de la huella de carbono y al combate del cambio climático. Además, al ser recursos naturales que se regeneran constantemente, son sostenibles a largo plazo y no se agotan con su uso, a diferencia de los combustibles fósiles como el carbón, el petróleo y el gas natural.

El crecimiento y la adopción de las energías renovables en todo el mundo son fundamentales para la transición hacia un sistema energético más limpio, sostenible y resiliente, promoviendo la independencia energética, la creación de empleo y el desarrollo económico, así como la protección del medio ambiente y la salud pública.

* **¿COMO SE ENCUENTRA POSICIONADA LA ENERGÍA RENOVABLE A NIVEL MUNDIAL?**

La energía renovable está experimentando un crecimiento significativo a nivel mundial, impulsada por la preocupación por el cambio climático, la necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y el avance tecnológico en el sector. Numerosos países están aumentando su capacidad de generación de energía renovable y adoptando políticas para promover su uso.

En cuanto al país con la mayor producción de energía renovable, China se destaca como líder mundial. China ha realizado inversiones masivas en energías renovables en las últimas décadas y ha establecido ambiciosas metas para aumentar su capacidad de generación de energía limpia. En 2020, China fue el principal productor de energía renovable del mundo, superando a otros países tanto en capacidad instalada como en generación de energía renovable.

En cuanto al tipo de energía renovable que produce, China ha invertido considerablemente en varias fuentes de energía limpia, incluyendo la energía hidroeléctrica, la energía solar, la energía eólica y la energía biomasa. La energía hidroeléctrica ha sido históricamente la principal fuente de energía renovable en China, pero en los últimos años, el país ha aumentado significativamente su capacidad de generación de energía solar y eólica, convirtiéndose en uno de los mayores productores mundiales de energía solar y eólica [3].

Referencias:

[3] "China cements its position as world’s renewables superpower", Carbon Brief, https://www.carbonbrief.org/china-cements-its-position-as-worlds-renewables-superpower

Gráfico, Gráfico de barras

Descripción generada automáticamente

*Figura 1: Producción de energía renovable a nivel global.*

* **¿COMO SE ENCUENTRA POSICIONADA LA ENERGÍA RENOVABLE A NIVEL COLOMBIA?**

En Colombia, la energía renovable está experimentando un crecimiento significativo en los últimos años, impulsado por políticas gubernamentales, inversiones en infraestructura y el interés creciente en la sostenibilidad ambiental y la diversificación energética.

La energía hidroeléctrica ha sido tradicionalmente la principal fuente de energía renovable en el país, representando la mayor parte de la capacidad instalada. Colombia cuenta con un gran potencial hidroeléctrico debido a su geografía montañosa y abundancia de recursos hídricos, lo que ha permitido el desarrollo de numerosas centrales hidroeléctricas a lo largo de los años [4].

Además de la hidroeléctrica, Colombia está empezando a explorar otras fuentes de energía renovable, como la solar y la eólica. Se están desarrollando proyectos solares en varias regiones del país, aprovechando el alto nivel de radiación solar que recibe Colombia durante todo el año. Asimismo, se están instalando parques eólicos en zonas con buenos recursos de viento, especialmente en la región de La Guajira [5].

El Gobierno colombiano ha establecido metas ambiciosas para aumentar la participación de las energías renovables en la matriz energética del país. El Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 incluye objetivos específicos para promover la generación de energía limpia y sostenible, así como para mejorar la eficiencia energética y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero [6].

A pesar de estos avances, aún existen desafíos en el camino hacia una mayor penetración de las energías renovables en Colombia, como la necesidad de mejorar la infraestructura de transmisión y distribución, la regulación del mercado energético y la financiación de proyectos. Sin embargo, el país está trabajando activamente para superar estos obstáculos y aprovechar plenamente su potencial en energía limpia y renovable.

* **¿CUALES SON LAS VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE ESTE TIPO DE ENERGÍA?**

Las energías renovables ofrecen una serie de ventajas y desventajas. Estas se pueden ver reflejadas a continuación:

**Ventajas:**

1. Sostenibilidad ambiental: Las energías renovables provienen de fuentes naturales que son inagotables a escala humana y generan una cantidad mínima de emisiones de gases de efecto invernadero, contribuyendo así a la mitigación del cambio climático y la preservación del medio ambiente [7].
2. Independencia energética: Al diversificar la matriz energética y reducir la dependencia de los combustibles fósiles importados, las energías renovables pueden mejorar la seguridad energética y la autonomía de los países [8].
3. Generación de empleo: La industria de las energías renovables crea empleos en sectores como la fabricación, instalación, mantenimiento y operación de infraestructuras de energía limpia, lo que contribuye al crecimiento económico y al desarrollo local [9].
4. Reducción de costos a largo plazo: A medida que avanza la tecnología y aumenta la escala de producción, los costos de las energías renovables, como la solar y la eólica, están disminuyendo, lo que las hace cada vez más competitivas en comparación con las fuentes de energía convencionales [10].

**Desventajas:**

1. Intermitencia y variabilidad: Al depender del clima y las condiciones naturales, las energías renovables como la solar y la eólica pueden experimentar fluctuaciones en la generación de energía, lo que puede presentar desafíos en la gestión de la red eléctrica y la garantía de un suministro estable [11].
2. Requiere espacio y recursos: Algunas formas de energía renovable, como la energía solar y la eólica a gran escala, requieren grandes extensiones de tierra y recursos naturales para su implementación, lo que puede generar conflictos por el uso del suelo y la afectación de la biodiversidad [12].
3. Impacto visual y sonoro: La instalación de infraestructuras de energía renovable, como parques eólicos y plantas solares, puede provocar impactos visuales y sonoros en el entorno circundante, lo que puede generar preocupaciones estéticas y de calidad de vida para las comunidades locales [13].
4. Costos iniciales y financiamiento: Aunque los costos de las energías renovables han disminuido en los últimos años, la inversión inicial en infraestructuras y tecnologías de energía limpia puede ser elevada, lo que puede requerir incentivos y financiamiento adecuados para su desarrollo y adopción .

* **LAS ENERGÍAS RENOVABLES Y EL TIPO DE CLIMA**

El tipo de clima puede tener un impacto significativo en la generación de energía renovable. A continuación, se muestran algunas maneras en que diferentes tipos de clima pueden afectar a las energías renovables:

1. **Energía Solar:**
   * La cantidad de radiación solar recibida varía según la ubicación geográfica y las condiciones climáticas locales, como la cantidad de nubosidad y la presencia de neblina o contaminación atmosférica [14].
   * Los climas soleados tienden a ser más favorables para la generación de energía solar, ya que proporcionan una mayor cantidad de luz solar disponible para la conversión en electricidad mediante paneles solares fotovoltaicos [15].
2. **Energía Eólica:**
   * La velocidad y dirección del viento son factores clave que determinan la generación de energía eólica. Los climas con vientos constantes y fuertes son más propicios para la instalación de parques eólicos eficientes [16].
   * Las características topográficas y la distribución geográfica del terreno también pueden influir en la velocidad del viento y, por lo tanto, en la viabilidad de la energía eólica en una región determinada [17].
3. **Energía Hidroeléctrica:**
   * La disponibilidad de agua y la cantidad de precipitación son fundamentales para la generación de energía hidroeléctrica. Los climas con abundantes lluvias o nieve tienden a ser más adecuados para la producción hidroeléctrica [18].
   * Los cambios en los patrones de precipitación debido al cambio climático pueden afectar la disponibilidad de agua y, por lo tanto, la generación de energía hidroeléctrica en ciertas regiones [19].
4. **Otras Energías Renovables:**
   * Otros tipos de energías renovables, como la biomasa y la geotérmica, también pueden ser influenciados por el clima y las condiciones atmosféricas. Por ejemplo, la biomasa depende de la disponibilidad de materia orgánica para la producción de biogás o bioenergía, mientras que la energía geotérmica se ve afectada por la temperatura y la actividad geológica [20].

Es Importante destacar que los datos fueron recopilados gracias a un piranómetro el cual es un instrumento utilizado para medir la irradiancia solar, es decir, la cantidad de energía radiante procedente del sol que llega a una superficie determinada en un periodo de tiempo dado. Esta superficie suele ser horizontal y plana, y el piranómetro se instala de manera que esté expuesto directamente a la radiación solar.

El piranómetro consta típicamente de una cúpula transparente que permite que la radiación solar la atraviese y llegue a un sensor ubicado en su interior. Este sensor está diseñado para capturar la radiación solar en un rango de longitudes de onda específico, generalmente en el rango de la luz visible y cercano al infrarrojo. A partir de la cantidad de radiación capturada por el sensor y el área de la superficie receptora, el piranómetro puede calcular la irradiancia solar incidente en unidades como vatios por metro cuadrado (W/m²).



*Figura 2: Piranómetro*

Principio del formulario

Final del formulario

**Fase 2: Comprensión de los datos**

Para entender los datos se usos la herramienta Jupyter Notebook. Esta es una aplicación web de código abierto. Cada desarrollador puede dividir el código en partes y trabajar en ellas sin importar el orden: escribir, probar funciones, cargar un archivo en la memoria y procesar el contenido. Adicionalmente el desarrollo de este ejercicio se hizo a través del lenguaje de programación Python.

Lo primero que se hizo fue ver la cantidad y tipo de datos que se tenían, para ello se creó un dataframe con ayuda de librería pandas y se obtuvo que la base contaba con 196776 filas y 17 columnas, de las cuales se dará más información en el siguiente diccionario de datos:

**DICCIONARIO DE DATOS**

 Tiempo **(Time):**

* Descripción: La marca de tiempo de los datos registrados en el formato YYYY-MM-DD HH:MM
* Tipo de dato: Cadena de caracteres (String).

 Variaciónde Energía **(Energy delta [Wh]):**

* Descripción: La diferencia en el consumo de energía en vatios-hora (Wh) desde el tiempo anterior hasta el tiempo actual.
* Tipo de dato: Número entero (Integer).

 IrradianciaHorizontalGlobal **(GHI):**

* Descripción: La irradiancia horizontal global en vatios por metro cuadrado (W/m²) medida por un piranómetro.
* Tipo de dato: Número decimal (Float).

 Temperatura **(temp):**

* Descripción: La temperatura en grados Celsius (°C) medida a la misma altura que el piranómetro.
* Tipo de dato: Número decimal (Float).

 PresiónAtmosférica **(pressure):**

* Descripción: La presión atmosférica en hectopascales (hPa) medida a la misma altura que el piranómetro.
* Tipo de dato: Número entero (Integer).

 HumedadRelativa **(humidity):**

* Descripción: La humedad relativa en porcentaje (%) medida a la misma altura que el piranómetro.
* Tipo de dato: Número entero (Integer).

 VelocidaddelViento **(wind\_speed):**

* Descripción: La velocidad del viento en metros por segundo (m/s) medida a la misma altura que el piranómetro.
* Tipo de dato: Número decimal (Float).

 PrecipitaciónenlaÚltimaHora **(rain\_1h):**

* Descripción: La cantidad de precipitación en milímetros (mm) medida en la última hora.
* Tipo de dato: Número decimal (Float).

 NieveenlaÚltimaHora **(snow\_1h):**

* Descripción: La cantidad de nieve caída en milímetros (mm) medida en la última hora.
* Tipo de dato: Número decimal (Float).

 CoberturadeNubes **(clouds\_all):**

* Descripción: La situación de las nubes expresada como un porcentaje (%).
* Tipo de dato: Número entero (Integer).

 IndicadordeSoleado **(isSun):**

* Descripción: Indica si es un día soleado o no.
* Tipo de dato: Booleano (True/False).

 TiempodeLuzSolar **(sunlightTime):**

* Descripción: El tiempo de luz solar disponible en horas.
* Tipo de dato: Número decimal (Float).

 DuracióndelDía **(dayLength):**

* Descripción: La duración del día en horas.
* Tipo de dato: Número decimal (Float).

 Proporciónde Tiempo de Luz Solar respecto a la Duración del Día **(SunlightTime/daylength):**

* Descripción: La proporción de tiempo de luz solar respecto a la duración total del día.
* Tipo de dato: Número decimal (Float).

 Tipo de Clima **(weather\_type):**

* Descripción: El tipo de clima registrado en el momento de la medición.
* 1) Soleado.
* 2) Ventisca.
* 3) Nublado.
* 4) Lluvioso.
* 5) Tormenta.
* Tipo de dato: Cadena de caracteres (String).

 Hora **(hour):**

* Descripción: La hora del día en formato de 24 horas.
* Tipo de dato: Número entero (Integer).

 Mes **(month):**

* Descripción: El mes en formato numérico (1 para enero, 2 para febrero, etc.).
* Tipo de dato: Número entero (Integer).

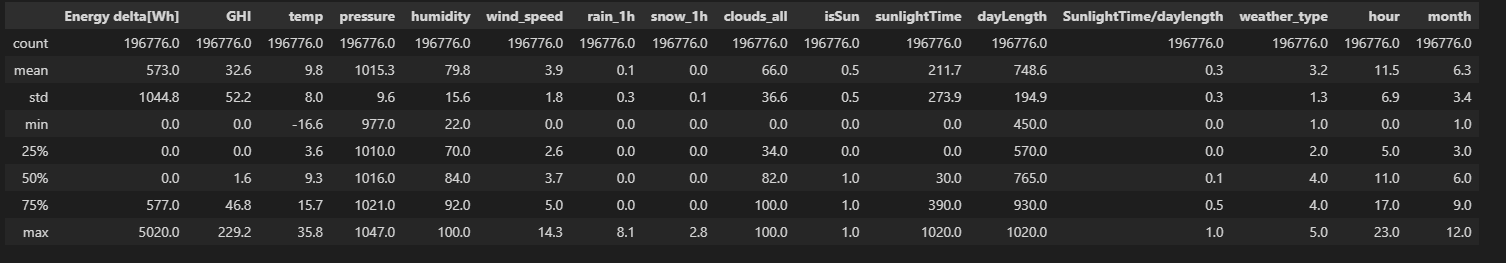
El siguiente paso fue ver si existía datos faltantes en el dataframe, sin embargo, como se puede observar en la figura 3. Todas las columnas estaban con un valor.

Pantalla de computadora con letras

Descripción generada automáticamente con confianza media

*Figura 3: Identificación de porcentajes faltantes por columnas*

El siguiente paso fue identificar los valores únicos por columna y tener una descripción estadística de los datos:



*Figura 4: Descripción estadística de las variables*

Aquí se pueden dar las primeras observaciones:

1. Variabilidad del Consumo de Energía: La gran desviación estándar y el rango en la columna "Energy delta [Wh]" indican que el consumo de energía puede variar significativamente de una hora a otra.

2. Impacto de la Luz Solar: La media baja y la alta desviación estándar en la columna "GHI" sugieren que la cantidad de irradiancia solar varía mucho, lo cual es crucial para la generación de energía solar.

3. Condiciones Climáticas: La alta humedad media y la alta cobertura nubosa indican un clima generalmente húmedo y nublado, lo cual podría afectar tanto la generación de energía solar como la demanda de energía (por ejemplo, calefacción en climas fríos y húmedos).

4. Precipitación y Nieve: Las bajas medias y medianas en "rain\_1h" y "snow\_1h" indican que la precipitación y la nieve son eventos relativamente raros en el conjunto de datos.

5. Duración del Día y Luz Solar: La variabilidad en "dayLength" y "sunlightTime" refleja las diferencias estacionales en la duración del día y la disponibilidad de luz solar, factores importantes para la generación de energía renovable.

6. Distribución Temporal: Los datos están uniformemente distribuidos a lo largo de las horas del día y los meses del año, lo que permite un análisis detallado de los patrones diarios y estacionales en la generación y consumo de energía.

**Fase 3: Preparación de los datos:**

A continuación, se mostrarán las distintas gráficas que tenían el objetivo de relacionar cada una de las variables entre sí:

Gráfico, Histograma

Descripción generada automáticamenteGráfico, Histograma

Descripción generada automáticamenteGráfico, Gráfico de líneas, Gráfico de dispersión

Descripción generada automáticamenteImagen de la pantalla de un celular

Descripción generada automáticamente con confianza baja

*Figura 5. Relación entre el consumo de energía, GHI, Temperatura y largo del día, respecto al tiempo.*

El siguiente paso fue clasificar las variables que eran categóricas y numéricas obteniendo el siguiente resultado:





Con esta segmentación en las variables se procedió a realizar los siguientes gráficos:

Gráfico, Gráfico de cajas y bigotes

Descripción generada automáticamente

*Figura 6. Diagrama de Caja y bigotes entre Energy Delta y isSun*

Gráfico, Histograma

Descripción generada automáticamente

*Figura 7. Diagrama de Caja y bigotes entre Energy Delta y hour*

Imagen que contiene Icono

Descripción generada automáticamenteImagen que contiene Icono

Descripción generada automáticamente

*Figura 8. Relación ente Energy Delta y GHI por hora.*

Gráfico

Descripción generada automáticamente

*Figura 9. Diagrama de Caja y bigotes entre Energy Delta y month*

Gráfico, Gráfico de cajas y bigotes

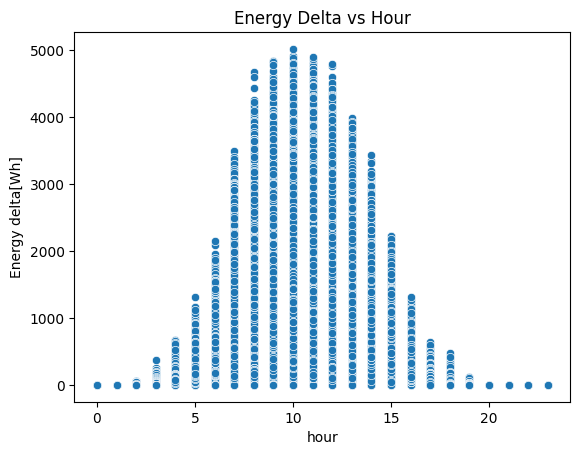
Descripción generada automáticamente

*Figura 10. Diagrama de Caja y bigotes entre Energy Delta y weather\_type*

Gráfico, Gráfico de rectángulos

Descripción generada automáticamente

*Figura 11. Matriz de correlación entre la variables.*



*Figura 12. Grafico de dispersión entre Energy delta y Hour*

Gráfico, Gráfico de barras

Descripción generada automáticamente

*Figura 13. Gráfico de densidad entre Energy delta y Hour*

De acuerdo con el conjunto de datos mostrado. La producción de energía solar está estrechamente relacionada con la presencia de luz solar, indicada por la variable "isSun". Cuando "isSun" es 0, la producción de energía es casi nula, lo que demuestra que la disponibilidad de luz solar es un factor determinante en la generación de energía solar. Este hallazgo se alinea con la influencia de factores climáticos como la radiación solar y la nubosidad en la eficiencia de los paneles solares como se muestra en [21]. La radiación solar ("GHI") proporciona la energía necesaria para la producción solar, mientras que la nubosidad y los días nublados reducen significativamente la cantidad de radiación disponible, afectando negativamente la generación de energía.

El impacto de otros factores climáticos como la temperatura, la velocidad del viento y la humedad también es evidente en la correlación de "Energy\_Delta" con variables como "hour", "month" y "weather\_type". La temperatura influye en la eficiencia de los paneles solares, disminuyendo su rendimiento a medida que aumenta. La velocidad del viento y la humedad pueden interferir con la cantidad de radiación solar que llega a la superficie terrestre, reduciendo así la eficiencia de los paneles. Los gráficos respaldan estas relaciones, mostrando cómo las condiciones climáticas varían a lo largo del día y del año, y cómo estas variaciones afectan la producción de energía solar. La comprensión de estas correlaciones es crucial para optimizar la planificación y gestión de la energía solar, especialmente en el contexto de los desafíos planteados por el cambio climático y la necesidad de adaptar las tecnologías y prácticas de producción de energía renovable.

Las gráficas de dispersión y densidad entre la hora y el Delta de la energía producida indican que la generación de energía solar sigue un patrón diario consistente y simétrico. Este comportamiento es coherente con la naturaleza de la energía solar, que depende de la disponibilidad de luz solar, alcanzando su pico durante las horas centrales del día y disminuyendo durante las primeras y últimas horas del día. Este análisis confirma la importancia de la luz solar en la producción de energía y puede ser útil para la planificación y optimización del uso de energía solar.

CONCLUSIONES

- Basados en el comportamiento visto en el almacenamiento de energía versus tiempo, podemos inferir la relación que hay entre la capacidad de la energía solar y las estaciones climáticas observadas en el hemisferio norte. Condicionando está capacidad a la variabilidad climática.

- La relación climatológica con la recolección de energía en un año que parece evidente desde la intuición se ratifica al observar un comportamiento de distribución normal en la capacidad de recolección de energía al transcurso de un año. Teniendo en cuenta que el verano se encuentra a medio año y es precisamente donde más incidencia solar ocurre en el hemisferio norte.

- Basados en la incidencia solar y en la capacidad de recolectar energía, se observa que no solo eventos anuales alteran este modelo de energía renovable, sino también eventos climáticos cotidianos como días lluviosos o con tormenta, generando una fuerte dependencia del modelo de energía solar con las condiciones climáticas en todo sentido (anuales o diarias).

- La dependencia anteriormente mencionada nos hace creer en la importancia de varios sistemas de energía renovable trabajando a la par para suplir las deficiencias y debilidades que pueda tener el modelo de energía solar, de tal manera que no haya una posible deficiencia en el suministro energético cuando los eventos climáticos no permitan recolectar energía de manera deseada.

- Si bien los datos fueron recolectados en el hemisferio norte y específicamente en zonas con clima estacional, nos dan una pista de lo que sería implementar este modelo en nuestro país, el cual, aunque no tiene estaciones si una gran variabilidad climática, dándonos esta variabilidad información de sitios óptimos de ubicación del modelo, información de la capacidad energética del sistema y del posible apoyo que pueda necesitar de otras energías renovables.

- Por último, como posible trabajo a futuro observamos que con estos datos se podría trabajar en un modelo predictivo de series de tiempo estacional usando como por ejemplo el modelo de Sarima. Permitiéndonos posiblemente darnos una idea de lo que puede pasar con el modelo de energía solar en un período de tiempo próximo a los años considerados en el conjunto de datos.

REFERENCIAS:

[1] "Energías Renovables", Wikipedia, <https://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_renovable>

[2] "Qué son las energías renovables y por qué son importantes", WWF España, <https://www.wwf.es/nuestro_trabajo/cambio_climatico/energias_renovables/>

[4] "Potencial Hidroeléctrico de Colombia", UPME, <https://www.upme.gov.co/Lists/Estudios%20Realizados/Attachments/34/Estudio%20de%20potencial%20hidroelectric%20nacional.pdf>

[5] "Colombia busca ampliar su matriz energética con proyectos eólicos", El Espectador, <https://www.elespectador.com/noticias/economia/colombia-busca-ampliar-su-matriz-energetica-con-proyectos-eolicos-articulo-913180>

[6] "Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022", Presidencia de la República de Colombia, <https://dapre.presidencia.gov.co/normativa/normativa/PLAN_NACIONAL_DE_DESARROLLO_2018_2022.pdf>

[7] "Ventajas y Desventajas de las Energías Renovables", Ecoticias, <https://www.ecoticias.com/energias-renovables/200610/ventajas-y-desventajas-de-las-energias-renovables>

[8] "Ventajas y Desventajas de las Energías Renovables", ICAEN, <http://icaen.gencat.cat/es/serveis/energia/promocio/renovables/ventajas-desventajas/>

[9] "Renewable Energy and Jobs - Annual Review 2020", International Renewable Energy Agency (IRENA), <https://www.irena.org/publications/2020/Jun/Renewable-Energy-and-Jobs-Annual-Review-2020>

[10] "Renewable Energy Costs", International Renewable Energy Agency (IRENA), <https://www.irena.org/costs>

[11] "The Intermittency Challenge", International Renewable Energy Agency (IRENA), <https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Apr/IRENA_Intermittency_2019.pdf>

[12] "The Environmental Impacts of Renewable Energy", Union of Concerned Scientists, <https://www.ucsusa.org/resources/environmental-impacts-renewable-energy>

[13] "The Visual Impact of Wind Turbines: From NIMBY to NIABY", Energies, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6099714/> [8] "What Are the Pros and Cons of Renewable Energy?", WorldAtlas, <https://www.worldatlas.com/what-are-the-pros-and-cons-of-renewable-energy.html>

[14] "How Weather Affects Solar Energy Production", Vaisala, <https://www.vaisala.com/sites/default/files/documents/Solar-Handbook-how-weather-affects-solar-energy-production-B211938ES.pdf>

[15] "Solar Resource Assessment: Understanding Solar Radiation", National Renewable Energy Laboratory (NREL), <https://www.nrel.gov/pv/solar-resource-assessment.html>

[16] "Wind Energy Basics: What You Need to Know", U.S. Department of Energy, <https://www.energy.gov/eere/wind/wind-energy-basics>

[17] "Climatic Factors Influencing Wind Energy Production: An Overview", International Journal of Renewable Energy Research, <https://www.ijrer.org/ijrer/index.php/ijrer/article/view/1397>

[18] "How Climate Change Affects Hydropower", Climate.gov, <https://www.climate.gov/news-features/climate-tech/climate-change-how-climate-change-affects-hydropower>

[19] "Impacts of Climate Change on the Energy Sector", Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/>

[20] "How Climate Change Affects Renewable Energy Production", Renewable Energy World, <https://www.renewableenergyworld.com/how-climate-change-affects-renewable-energy-production/>

[21]Impacto de las Condiciones Climáticas en la Producción de Energía Solar: Cómo afectan las variaciones del clima a la generación de energía renovable. <https://solar21.es/condiciones-climaticas-en-la-produccion-en-energia-solar/>