



Universidad
Pontificia
Bolivariana



Universidad
Pontificia
Bolivariana

Acreditación Institucional
ALTA CALIDAD • MULTICAMPUS
Res. MEN No. 17228 del 24 de octubre de 2018 • 6 años

Seccional
Montería

Vigilada Mineducación



Evaluación 4 – Análisis de Datos con Python: Potencial Solar Fotovoltaico

Joiner Arrieta, Julio Burgos, Rafael Ramos

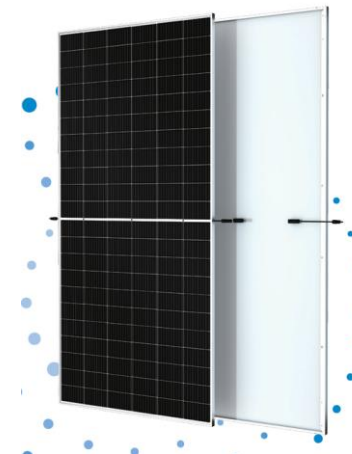
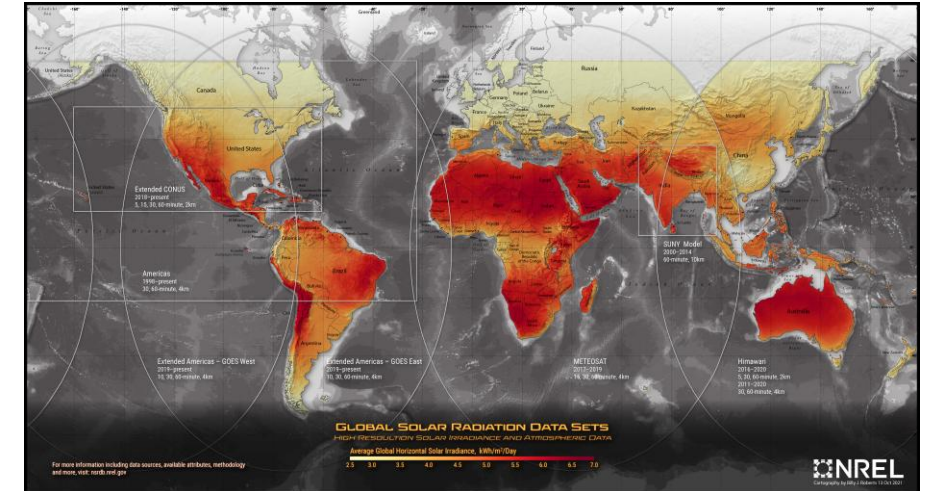


Contexto del Análisis Fotovoltaico

- Uso de datos de la NSRDB – NREL (EE.UU.).
- Radiación solar y variables meteorológicas a nivel global.
- Aplicación en evaluación del potencial solar fotovoltaico.

Objetivo y metodología

- Analizar datos reales de radiación solar con Python.
- Modelar un panel solar de referencia (585 W) en condiciones reales.
- Comparar el rendimiento entre Berlín – Alemania y Montería – Colombia.





Herramientas utilizadas

- Python: pandas, numpy, matplotlib.
- Modelo OOP: simulación del panel solar.
- CSV: datos climáticos y de irradiancia de la NSRDB.

Ubicaciones de estudio

- Berlín, Alemania: ciudad europea de clima templado-continental.
- Montería, Colombia: ciudad tropical con alta radiación solar.



Berlín



Montería

colab

El potencial del Sol

Centrales eléctricas que emplean energía solar

Importancia del análisis

- Identificar la influencia del clima y latitud en el potencial solar.
- Comparar eficiencia real de un mismo panel en dos contextos diferentes.
- Apoyar la toma de decisiones para proyectos fotovoltaicos en diversas regiones..

Países con mayor capacidad de generación (gigavatios)

China			55
EE.UU.			38
India			26
R. Unido			9
Alemania			7
Japón			6
Francia			5
España			5
Chile			4
Australia			3

Capacidad de generación (megavatios)

• 1.000
• 100

Cartografía:

Álvaro Merino (2021)

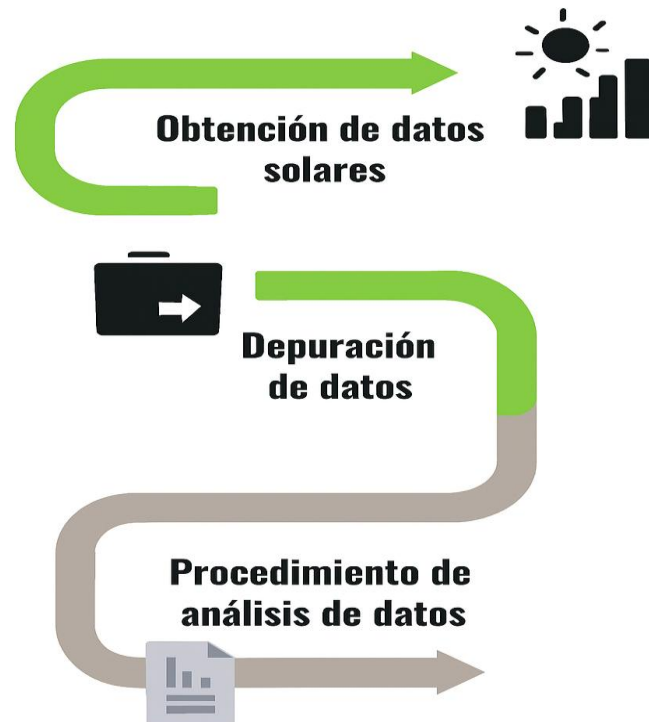
Fuente:

Global Power Plant Database, World Resources Institute (2019)





Análisis de Datos



- Códigos para eliminación de datos y organización de estos
- Códigos para un procesamiento en donde se muestran los resultados de los datos escogidos



Antes de pasar por el código

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	source,Location ID,City,State,Country,Latitude,Longitude,Time Zone,Elevation,Local Time Zone,Clearsky DHI Units,Clearsky DNI Units,Clearsky GHI Units,Dew Point Units,DHI Units,DNI Units,												
2	SRDB,756258,-,-,52.53,13.38,1,38,1,w/m2,w/m2,w/m2,c,w/m2,w/m2,w/m2,Degree,c,mbar,%,cm,Degrees,m/s,N/A,Clear,Probably Clear,Fog,Water,Super-Cooled Water,Mixed,Opaqu												
3	ear,Month,Day,Hour,Minute,Temperature,Alpha,Aerosol Optical Depth,Asymmetry,Clearsky DHI,Clearsky DNI,Clearsky GHI,Cloud Type,Dew Point,DHI,DNI,Fill Flag,GHI,Ozone,Relative Hurr												
4	019,1,1,0,30,1,0.65,0.0794,0.64,0,0,0,0,0.7000000000000001,0,0,0,0.293,97.54,150.27,0.12,1028,0.8,279,3												
5	019,1,1,1,30,6.800000000000001,1.18,0.0740000000000001,0.64,0,0,0,7,6.4,0,0,0,0.311,97.31,146.76,0.12,1019,1.2000000000000002,260,5												
6	019,1,1,2,30,7,1.2,0.0791,0.64,0,0,0,8,6.6000000000000005,0,0,0,0.313,97.04,140.24,0.12,1018,1.1,262,5.6000000000000005												
7	019,1,1,3,30,6,9,1.23,0.0742,0.64,0,0,0,7,6.4,0,0,0,0.312,96.92,132.06,0.12,1017,1.1,262,6												
8	019,1,1,4,30,6,5,1.21,0.0726,0.64,0,0,0,7,6.1000000000000005,0,0,0,0.31,96.97,123.1300000000000001,0.12,1016,1.2000000000000002,261,6.4												
9	019,1,1,5,30,6,2,1.16,0.0732,0.64,0,0,0,6,5.5,0,0,0,0.309,95.14,114.02,0.12,1014,1.4000000000000001,259,6.8000000000000001												
10	019,1,1,6,30,6,2,1.1300000000000001,0.0764000000000001,0.64,0,0,0,7,5.2,0,0,0,0.31,93.07000000000001,105.14,0.12,1013,1.6,257,7.2												
11	019,1,1,7,30,6,4,1.1,0.0807000000000001,0.64,0,0,0,5,2,0,0,0,0.311,92.01,96.8,0.12,1012,1.6,258,7.5												
12	019,1,1,8,30,6,5,1.07,0.0832000000000001,0.64,11,75,12,1,5,4,11,75,0,12,0.312,92.57000000000001,88.95,0.12,1011,1.5,263,7.7												
13	019,1,1,9,30,6,7,1.04,0.0872,0.64,40,383,86,4,5.6000000000000005,6,0,3,6,0.314,92.85000000000001,83.04,0.12,1011,1.3,271,7.7												
14	019,1,1,10,30,7,0.85,0.1312,0.64,66,465,159,4,5,9,11,0,3,11,0.317,92.59,78.54,0.12,1010,1,280,7.5												
15	019,1,1,11,30,7,10000000000000005,0.53,0.1637,0.64,86,470,200,1,5,7,86,470,0,200,0.322,90.51,75.97,0.12,1010,0.9,286,7.5												
16	019,1,1,12,30,7,0.26,0.1505,0.64,88,477,206,4,4.1000000000000005,15,0,3,15,0.325,82.07000000000001,75.60000000000001,0.12,1009,0.9,287,7.8000000000000001												
17	019,1,1,13,30,6,9,0.2,0.1403,0.64,79,437,174,0,3.4000000000000004,79,437,0,174,0.326,78.22,77.45,0.12,1009,0.9,286,7.8000000000000001												
18	019,1,1,14,30,6.3000000000000001,0.19,0.1552,0.64,63,281,106,4,3,2,8,0,3,8,0.328,80.36,81.35000000000001,0.12,1008,0.9,286,7.7												
19	019,1,1,15,30,5.6000000000000005,0.22,0.1538000000000002,0.64,26,59,29,0.2,9000000000000004,26,59,0,29,0.331,82.86,86.9,0.12,1008,0.8,287,7.6000000000000005												
20	019,1,1,16,30,4,9,0.26,0.151,0.64,0,0,0,0,2.4000000000000004,0,0,0,0.336,84.16,94.21000000000001,0.12,1008,0.8,288,7.8000000000000001												
21	019,1,1,17,30,4,3,0.25,0.1696,0.64,0,0,0,4,2,0,0,0,0.341,84.86,102.28,0.12,1007,0.8,289,8.1												
22	019,1,1,18,30,3.9000000000000004,0.22,0.1932,0.64,0,0,0,4,1.4000000000000001,0,0,0,0.3440000000000003,83.52,111.02,0.12,1007,0.8,290,8.3												
23	019,1,1,19,30,3,5,0.18,0.2113000000000002,0.64,0,0,0,4,0.5,0,0,0,0.3480000000000003,80.91,120.09,0.12,1007,0.8,291,8.4												
24	019,1,1,20,30,3.3000000000000003,0.14,0.2291,0.64,0,0,0,4,-0.4,0,0,0,0.353,76.66,129.12,0.12,1007,0.8,292,8.4												
25	019,1,1,21,30,3,1,0.11,0.2709000000000003,0.64,0,0,0,8,-0.9,0,0,0,0.356,75.05,137.62,0.12,1007,1,292,8.5												
26	019,1,1,22,30,3,1,0.1,0.325,0.64,0,0,0,8,-0.5,0,0,0,0.357,77.44,144.81,0.12,1007,1,295,8.5												

Resultados de codigos de filtrado

	A	B	C	D	E
1	Year,Month,Day,Hour,Minute,Temperature,GHI,DNI				
2	2019,1,1,0,0,23.8,0.0,0.0				
3	2019,1,1,1,0,23.700000000000003,0.0,0.0				
4	2019,1,1,2,0,23.5,0.0,0.0				
5	2019,1,1,3,0,23.200000000000003,0.0,0.0				
6	2019,1,1,4,0,23.0,0.0,0.0				
7	2019,1,1,5,0,22.900000000000002,0.0,0.0				
8	2019,1,1,6,0,23.1,0.0,0.0				
9	2019,1,1,7,0,25.200000000000003,102.0,333.0				
10	2019,1,1,8,0,27.700000000000003,330.0,659.0				
11	2019,1,1,9,0,29.8,553.0,800.0				
12	2019,1,1,10,0,31.700000000000003,736.0,880.0				
13	2019,1,1,11,0,33.300000000000004,855.0,915.0				
14	2019,1,1,12,0,34.6,902.0,926.0				
15	2019,1,1,13,0,35.2,871.0,909.0				
16	2019,1,1,14,0,35.300000000000004,767.0,878.0				
17	2019,1,1,15,0,34.5,599.0,815.0				
18	2019,1,1,16,0,33.5,383.0,692.0				

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Year	Month	Day	Hour	Minute	Temperature	GHI	DNI		
2	2019	1	1	0	0	23.8	0	0		
3	2019	1	1	1	0	23.7	0	0		
4	2019	1	1	2	0	23.5	0	0		
5	2019	1	1	3	0	23.2	0	0		
6	2019	1	1	4	0	23	0	0		
7	2019	1	1	5	0	22.9	0	0		
8	2019	1	1	6	0	23.1	0	0		
9	2019	1	1	7	0	25.2	102	333		
10	2019	1	1	8	0	27.7	330	659		
11	2019	1	1	9	0	29.8	553	800		
12	2019	1	1	10	0	31.7	736	880		
13	2019	1	1	11	0	33.3	855	915		
14	2019	1	1	12	0	34.6	902	926		
15	2019	1	1	13	0	35.2	871	909		
16	2019	1	1	14	0	35.3	767	878		
17	2019	1	1	15	0	34.5	599	815		
18	2019	1	1	16	0	33.5	383	692		
19	2019	1	1	17	0	30.3	151	435		
20	2019	1	1	18	0	28	0	0		
21	2019	1	1	19	0	26.6	0	0		
22	2019	1	1	20	0	25.7	0	0		
23	2019	1	1	21	0	25.1	0	0		
24	2019	1	1	22	0	24.5	0	0		
25	2019	1	1	23	0	24.2	0	0		
26	2019	1	2	0	0	24	0	0		
27	2019	1	2	1	0	23.9	0	0		
28	2019	1	2	2	0	23.7	0	0		
29	2019	1	2	3	0	23.5	0	0		



Resultados – Código de Analisis

PROMEDIOS:

- Promedio general (todas las horas): 106.83 W/m²
- Promedio diario (primeros 7 días ordenados):
 - 01) 2019-01-01 -> Promedio = 18.96 W/m² (horas registradas: 24)
 - 02) 2019-01-02 -> Promedio = 10.92 W/m² (horas registradas: 24)
 - 03) 2019-01-03 -> Promedio = 5.17 W/m² (horas registradas: 24)
 - 04) 2019-01-04 -> Promedio = 2.96 W/m² (horas registradas: 24)
 - 05) 2019-01-05 -> Promedio = 26.71 W/m² (horas registradas: 24)
 - 06) 2019-01-06 -> Promedio = 3.08 W/m² (horas registradas: 24)
 - 07) 2019-01-07 -> Promedio = 26.62 W/m² (horas registradas: 24)
- Promedio mensual (por año-mes):
 - 2019-01 -> Promedio = 15.63 W/m² (horas: 744)
 - 2019-02 -> Promedio = 42.61 W/m² (horas: 672)
 - 2019-03 -> Promedio = 49.68 W/m² (horas: 744)
 - 2019-04 -> Promedio = 186.62 W/m² (horas: 720)
 - 2019-05 -> Promedio = 168.67 W/m² (horas: 744)
 - 2019-06 -> Promedio = 270.82 W/m² (horas: 720)
 - 2019-07 -> Promedio = 180.70 W/m² (horas: 744)
 - 2019-08 -> Promedio = 180.05 W/m² (horas: 744)
 - 2019-09 -> Promedio = 108.85 W/m² (horas: 720)
 - 2019-10 -> Promedio = 49.98 W/m² (horas: 744)
 - 2019-11 -> Promedio = 15.35 W/m² (horas: 720)
 - 2019-12 -> Promedio = 11.73 W/m² (horas: 744)
- Promedio anual (por año):
 - 2019 -> Promedio = 106.83 W/m² (horas: 8760)

HORAS DE MÁXIMA Y MÍNIMA RADIACIÓN:

- Máxima: 906.00 W/m² en 2019-05-29 a las 12:00
- Mínima: 0.00 W/m² en 2019-01-01 a las 00:00

INDICADORES ENERGÉTICOS (Wh/m²):

- Energía total (suma de todas las horas): 935797.00 Wh/m²
- Energía por mes (primeros 12 meses listados):
 - 2019-01 -> 11628.00 Wh/m² (horas: 744)
 - 2019-02 -> 28633.00 Wh/m² (horas: 672)
 - 2019-03 -> 36963.00 Wh/m² (horas: 744)
 - 2019-04 -> 134368.00 Wh/m² (horas: 720)
 - 2019-05 -> 125488.00 Wh/m² (horas: 744)
 - 2019-06 -> 194991.00 Wh/m² (horas: 720)
 - 2019-07 -> 134442.00 Wh/m² (horas: 744)
 - 2019-08 -> 133955.00 Wh/m² (horas: 744)
 - 2019-09 -> 78369.00 Wh/m² (horas: 720)
 - 2019-10 -> 37182.00 Wh/m² (horas: 744)
 - 2019-11 -> 11051.00 Wh/m² (horas: 720)
 - 2019-12 -> 8727.00 Wh/m² (horas: 744)
- Energía por día (primeros 7 días listados):
 - 2019-01-01 -> 455.00 Wh/m² (horas: 24)
 - 2019-01-02 -> 262.00 Wh/m² (horas: 24)
 - 2019-01-03 -> 124.00 Wh/m² (horas: 24)
 - 2019-01-04 -> 71.00 Wh/m² (horas: 24)
 - 2019-01-05 -> 641.00 Wh/m² (horas: 24)
 - 2019-01-06 -> 74.00 Wh/m² (horas: 24)
 - 2019-01-07 -> 639.00 Wh/m² (horas: 24)

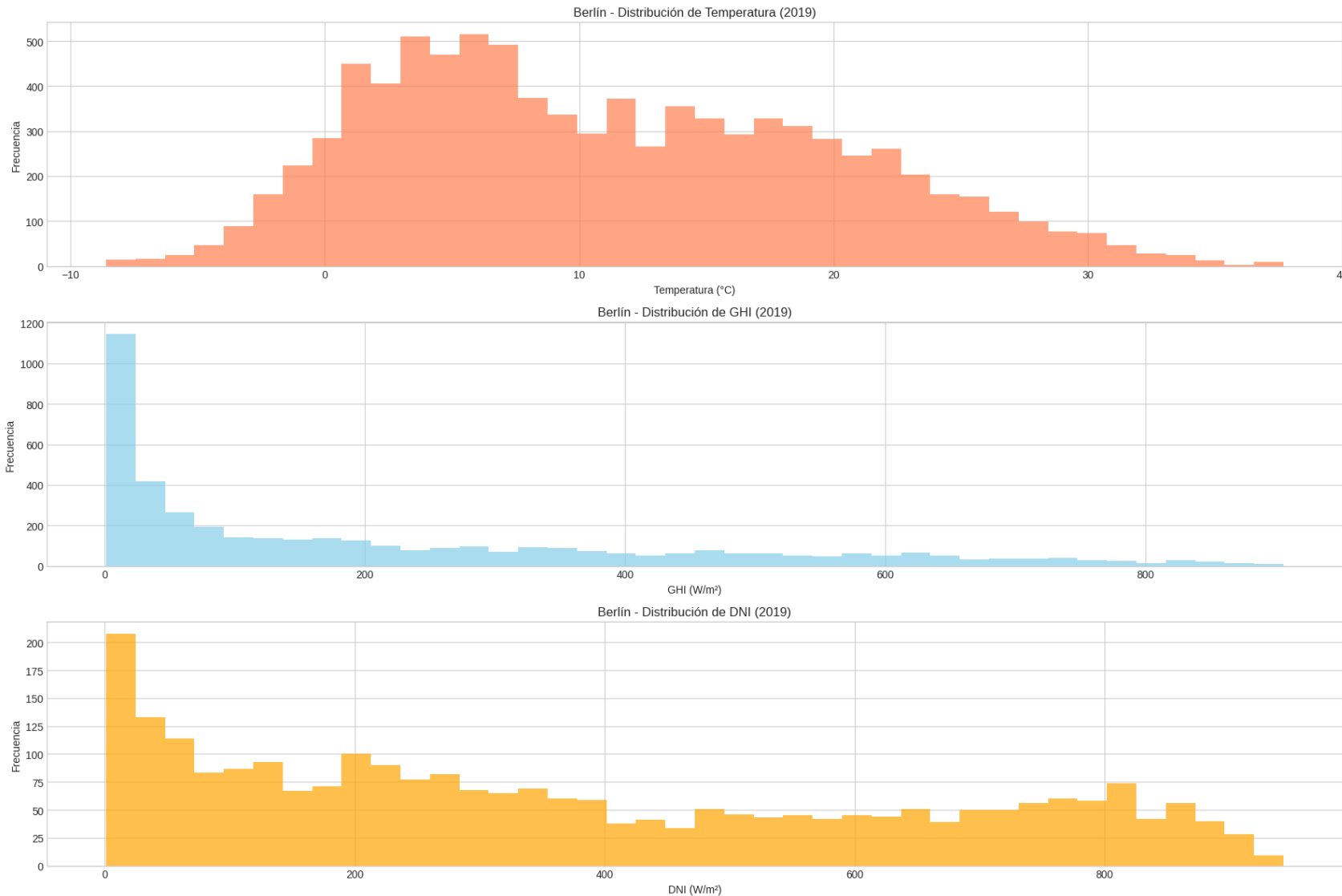
POTENCIAL ENERGÉTICO (panel de referencia):

- Área panel: 1.5 m²
- Eficiencia panel: 18.0%
- Potencial total ≈ 252665.19 Wh = 252.67 kWh

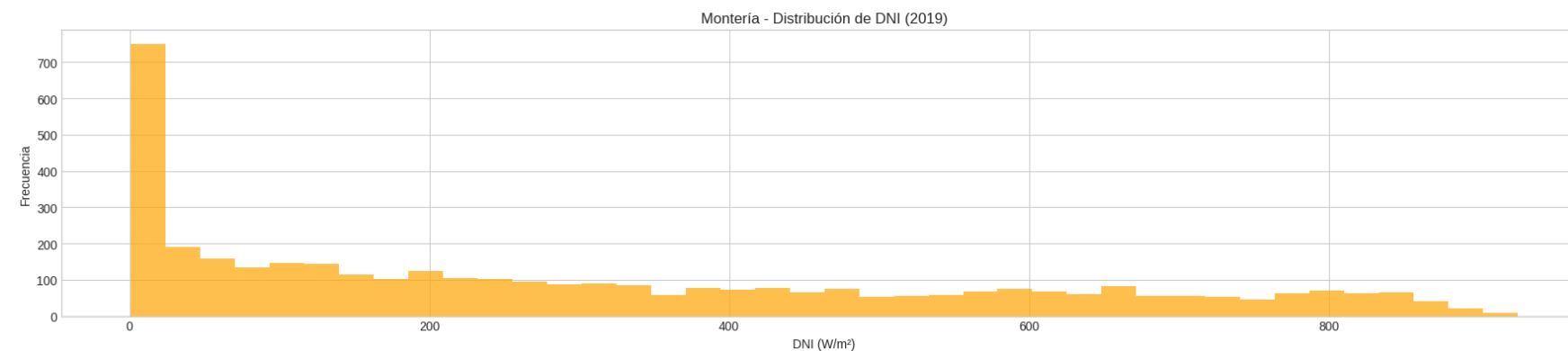
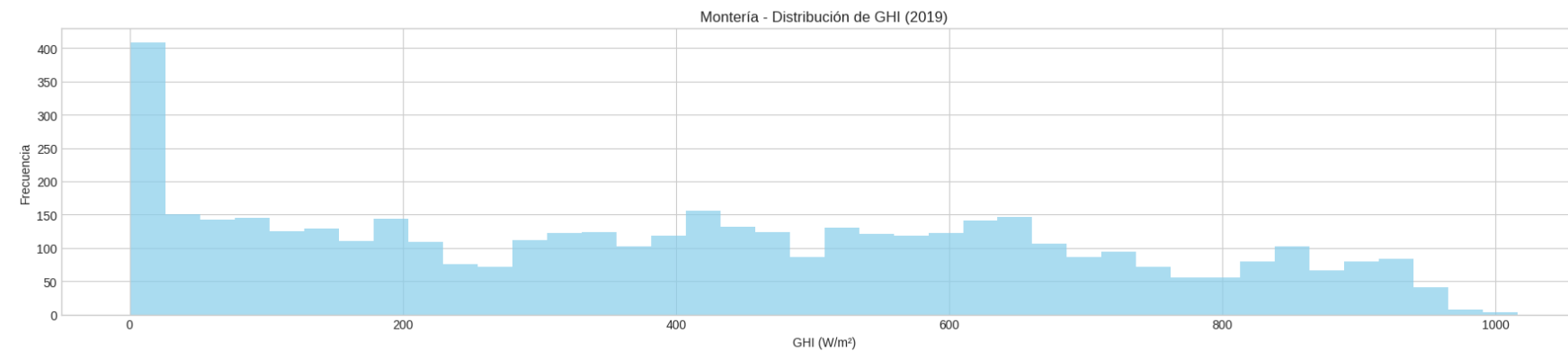
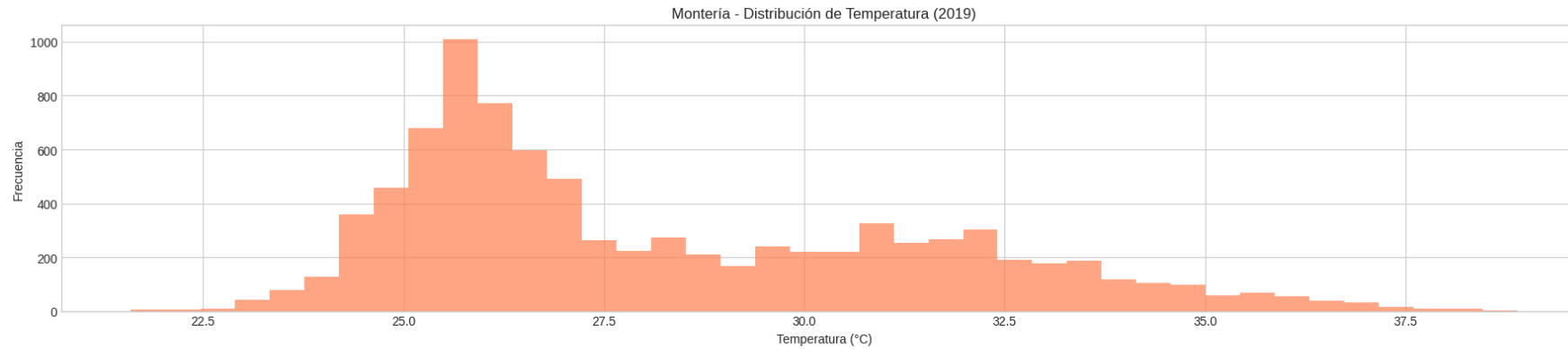


UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA

www.upb.edu.co

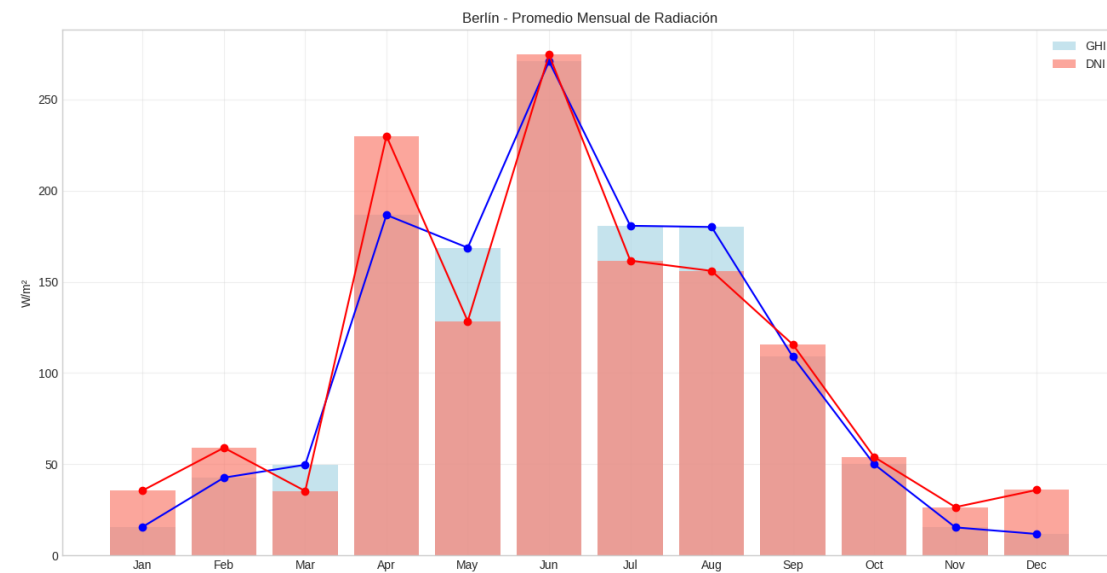
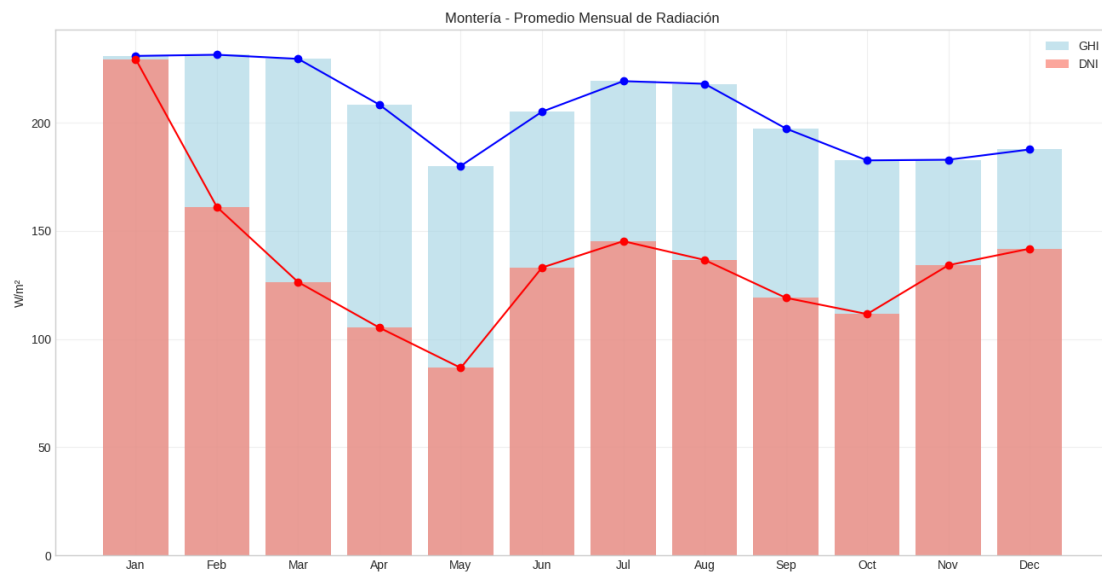


Distribución de temperatura



Distribución de temperatura

Radiación solar mensual





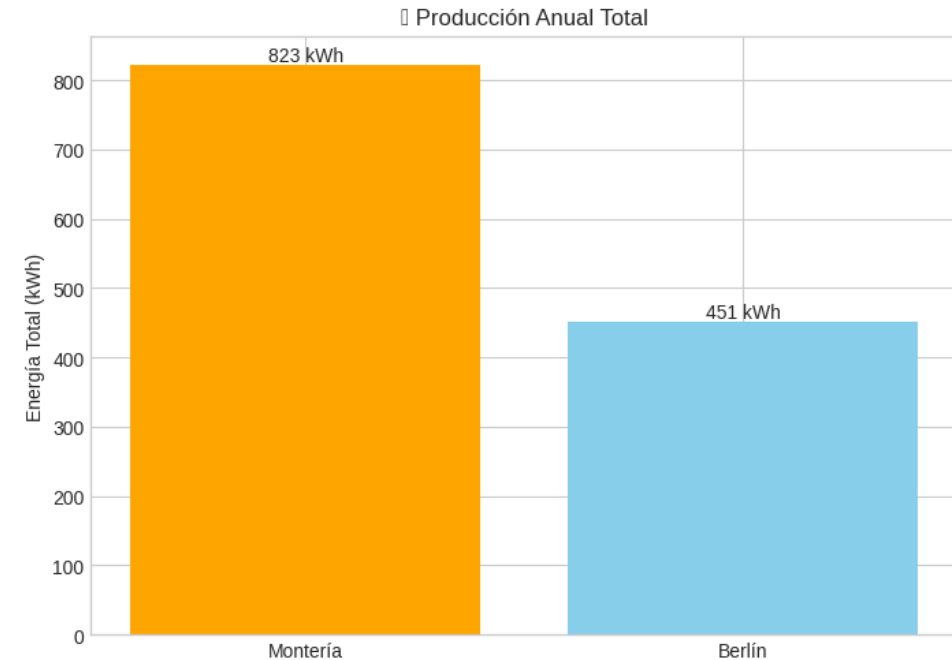
UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA



www.upb.edu.co

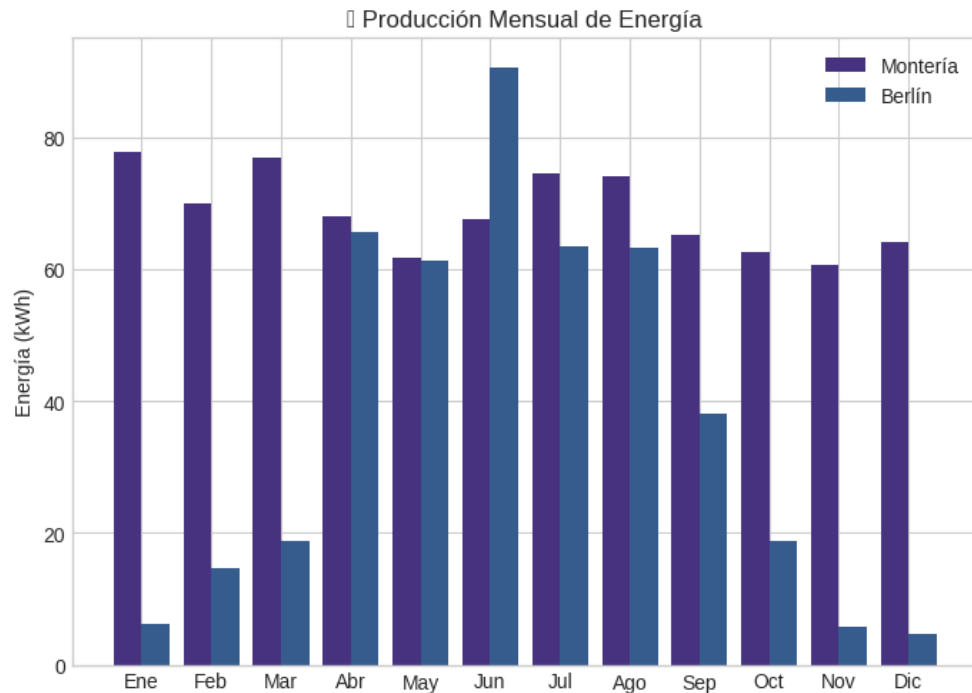
Resultados principales

- Producción anual total:
 - Montería: 823 kWh
 - Berlín: 451 kWh
- Diferencia: +372 kWh a favor de Montería (~82% más)
 - Mejor mes Berlín: junio (97 kWh)
 - Mejor mes Montería: junio (85 kWh)
- Peor mes Berlín: diciembre (3 kWh)
- Peor mes Montería: octubre (62 kWh)

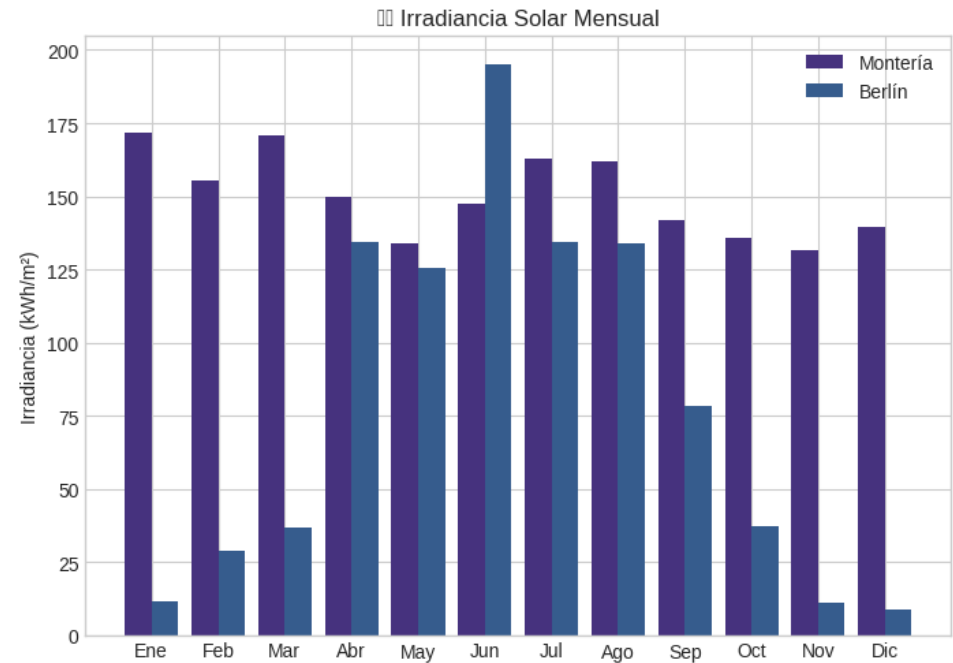


Producción mensual de energía

- Montería: estable durante todo el año, sin caídas drásticas.
- Berlín: fuerte estacionalidad (alto en verano, casi nulo en invierno).

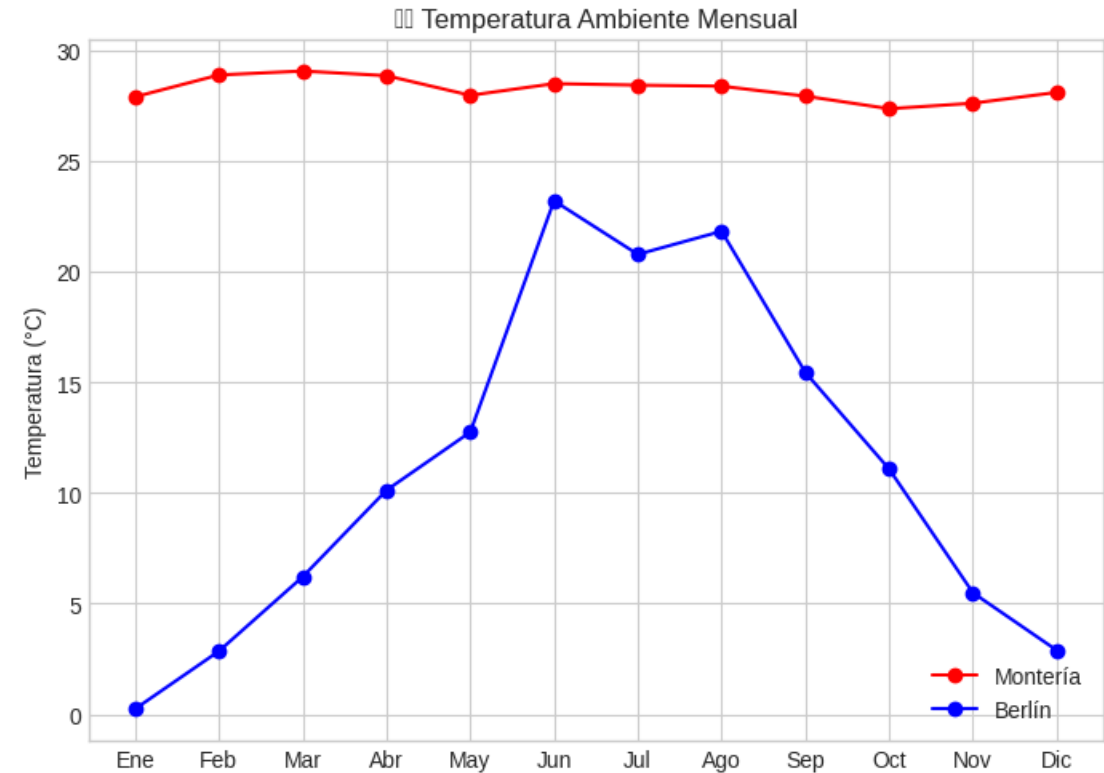


- Montería mantiene irradiancia promedio alta (130–175 kWh/m²).
- Berlín depende de la estación, con máximos en verano y mínimos extremos en invierno.



Comparación climática

- Montería: estable entre 27–29 °C.
- Berlín: gran variabilidad (0 °C en invierno hasta 23 °C en verano).
- La temperatura influye, pero la irradiancia es el factor más crítico en la generación.



Conclusiones

MONTERÍA SUPERA
AMPLIAMENTE A
BERLÍN EN
PRODUCCIÓN ANUAL

LA LATITUD Y LA
ESTACIONALIDAD
EXPLICAN LA
DIFERENCIA EN
RENDIMIENTO.

BERLÍN DEPENDE MÁS
DEL DISEÑO DE
SISTEMAS HÍBRIDOS O
ALMACENAMIENTO.

MONTERÍA TIENE ALTA
VIABILIDAD
FOTOVOLTAICA PARA
PROYECTOS SOLARES.

PYTHON + OOP
PERMITIERON
MODELAR Y SIMULAR
RESULTADOS CON
DATOS REALES.



Bibliografía

- Global Power Plant Database, Word Resources Institute (2019)
- Duffie, J. A., & Beckman, W. A. (2013). Solar Engineering of Thermal Processes. Wiley.
- Green, M. A. (1982). Solar Cells: Operating Principles, Technology, and System Applications. Prentice-Hall.
- International Electrotechnical Commission (IEC). (2016). IEC 61215: Terrestrial Photovoltaic (PV) Modules – Design Qualification and Type Approval. IEC.
- National Renewable Energy Laboratory (NREL). (2020). National Solar Radiation Database (NSRDB).
- Recuperado de: <https://nsrdb.nrel.gov> Trina Solar. (2021). Datasheet – Trina Solar Vertex 585W Module. Trina Solar.
- https://github.com/RafarelG/An-lisis-de-Datos-con-Python-/blob/0fda818a7f1d289afe8d1b9545faee5e1d4a8688/Filtrado_solar.ipynb





Seccional
Montería