

Comportamiento estacional del viento entre los años 2015 y 2021 en Tarapoto, San Martín, Perú.

Seasonal behavior of the wind between the years 2015 and 2021 in Tarapoto, San Martín, Peru.

David Correa Chilón¹, Marco Antonio Merma Jara²

Grupo de Investigación en Modelamiento Numérico en Mecánica de Fluidos,
Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú

Grupo de Investigación de Física, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú

RESUMEN

El comportamiento del viento en la zona circundante al aeropuerto de Tarapoto entre los años 2015 y 2021, utilizando datos horarios de velocidad y dirección del viento fue analizado a nivel horario y estacional, describiendo su comportamiento a lo largo del año, diferenciando la ocurrencia de vientos débiles a calmos. Los datos de viento se obtuvieron de los reportes METAR del aeropuerto de Tarapoto. Se calcularon promedios horarios y estacionales de velocidad y dirección del viento. Los resultados muestran, que, la velocidad del viento en Tarapoto presenta variabilidad moderada, con predominancia de vientos de intensidad débil a moderadas, con dirección variable, que oscilan entre desde dirección Suroeste a Noroeste. El promedio estacional horario del viento muestra un comportamiento estacional diferenciado, con mayores velocidades en verano y primavera y menores velocidades de viento en otoño e invierno. La ocurrencia de vientos muy débiles a calmos sería común en la ciudad de Tarapoto, especialmente en las horas de la mañana y la noche, presentándose a lo largo del año, con mayor frecuencia en los meses de verano y otoño.

Palabras clave: Comportamiento del viento, vientos débiles, Aeropuerto de Tarapoto.

ABSTRACT

The behavior of the wind in the area surrounding the Tarapoto airport between the years 2015 and 2021, using hourly data on wind speed and direction, was analyzed at the hourly and seasonal level, describing its behavior throughout the year, differentiating the occurrence of weak to calm wind. Wind data were obtained from METAR reports from the Tarapoto airport. Hourly and seasonal averages of wind speed and direction were calculated. The results show that the wind speed in Tarapoto presents moderate variability, with a predominance of winds of weak to moderate intensity, with variable direction, ranging from southwest to northwest direction. The hourly seasonal average of the wind shows a differentiated seasonal behavior, with higher speeds in summer and spring and lower wind speeds in autumn and winter. The occurrence of very weak to calm winds would be common in the city of Tarapoto, especially in the morning and night hours, occurring throughout the year, with greater frequency in the summer and autumn months. Knowing the behavior of the wind in the area surrounding the Tarapoto airport would contribute to the safety of air operations and urban planning. It can also be useful for agriculture, pest control, and flower pollination, among others.

Keywords: Wind behavior, light winds, Tarapoto Airport

¹ Grupo de Investigación en Modelamiento Numérico en Mecánica de Fluidos, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Email: david.correa@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4121-4131>, Lima, Perú.

² Grupo de Investigación de Física, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Email: mmermaj@unmsm.edu.pe, <https://orcid.org/0000-0002-9805-1935>, Lima, Perú.

1. INTRODUCCIÓN

La dinámica del viento influye sobre parámetros ambientales como la temperatura y la humedad del aire, así como la dispersión de contaminantes y la propagación de plagas, también contribuye a la polinización de las flores. La ciudad de Tarapoto, se ubica en la región San Martín, Perú, se caracteriza por un clima tropical, húmedo, vientos de magnitud moderada; de acuerdo a Gordillo y colaboradores (2022) la región San Martín tendría un potencial eólico bajo en comparación a las regiones costeras. Sin embargo, ocasionalmente se registran vientos fuertes, como lo ocurrido el día 11 de octubre del 2021, en que se registraron voladura de techos de viviendas en la ciudad de Tarapoto, (COEN, 2021) y el 22 de marzo del 2024, en que ocurrió un temporal de vientos con lluvias, que causaron daños materiales en infraestructuras educativas de San Martín (COEN, 2024). Así mismo, el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) informó que 54 viviendas quedaron inhabitables a causa de los fuertes vientos que azotaron a los distritos de Tabaloso y Pueblo Nuevo, ubicados en las regiones de San Martín y Huánuco, respectivamente (El Comercio, 2020). Por otro lado, SENAMI (2016), predijo la ocurrencia de lluvias de moderada intensidad producto del quinto friaje del año, acompañadas de tormentas y vientos que podrían alcanzar velocidades máximas de 30 km/h, durante los días 23 y 24 de mayo, afectaron gran parte de la región San Martín. Por lo antes mencionado, es importante conocer el comportamiento del viento en la ciudad de Tarapoto, durante las horas del día y a lo largo de los meses del año.

Figura 1.

Localización de registro de vientos en el Aeropuerto Cadete FAP Guillermo del Castillo



2. MÉTODOS Y MATERIALES

La información del viento, corresponde a registros horarios, entre las 07:00 a.m. y 10:00 p.m., hora local, entre 01 enero 2015 al 29 de octubre 2021, realizados en la estación meteorológica automática del Aeropuerto Cadete FAP Guillermo del Castillo Paredes, de la ciudad de Tarapoto, departamento San Martín, Perú (Figura 1). El Aeropuerto es administrado por CORPAC (Corporación Peruana de Aeropuertos y Aviación Comercial Sociedad Anónima). La información de vientos fue recolectada desde los reportes

METAR (Meteorological Aeródrome Reports), emitido por el aeropuerto de Tarapoto (SPST, código METAR), accesibles en <https://www.aviationweather.gov/metar> (Aviation Weather Center, 2022), para la decodificación se utilizó el manual WMO N° 782 (Organización Meteorológica Mundial, 2020).

El viento consiste en movimiento de aire, que se desplaza a una velocidad y dirección, que varía en el tiempo. La velocidad del viento en el aeropuerto de Tarapoto, fue obtenida desde los mensajes METAR, en unidades de nudos, y fue convertido a unidades de metros por segundos (m/s), en el Sistema Internacional, 1 nudo = 0.5144 m/s (International Civil Aviation Organization, 2010). La dirección del viento, se mide en grados y se expresa en 16 sectores entre 0 a 360°, para mayor información revisar el WMO N° 782 (Organización Meteorológica Mundial, 2020).

La variabilidad de la velocidad del viento, fue analizada a través de promedios horarios, entre las 07 y 22 horas del día, por cada estación del año (verano, otoño, invierno y primavera), mientras que la dirección fue analizada a través de su componente zonal (V_x) y meridional (V_y), para luego calcular la dirección promedio. Los vientos menores a 0.5 m/s, que representan el aproximadamente el 33% del total de los registros, fueron identificados como vientos calmos, por lo que fueron excluidos de los cálculos del promedio horarios, y fueron analizados por separados, como ocurrencia de vientos débiles a calmos, en rangos horarios, de 07:00 - 12:00, 12:00 - 16:00 y 16:00 - 22:00 horas.

3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1. Variabilidad del viento

A nivel general, el viento registrado en la zona circundante al aeropuerto de Tarapoto, presentó una velocidad de viento (VV) variable, entre 0,0 a 9,7 m/s, con dirección de viento que oscilaron, entre 0 a 360°; las VV menor a 0.5 m/s fueron identificados como vientos calmos, por lo que fueron excluidos y analizados por separados en la sección de ocurrencia de vientos débiles o calmos. Respecto a la VV, se encontró 48% de predominancia de velocidades de 1,0 a 2,0 m/s, seguido de 28% de VV entre 2,0 a 3,0 m/s, respecto a la dirección del viento, predominan vientos del Sureste a Sur en porcentajes de 10,4% y 9,6% respectivamente (Tabla 1 y Figura 2). La varianza horaria de la VV presentó patrones distintivos según la estación del año, durante los meses de verano y primavera, entre las 10:00 a 20:00 horas, la VV presentó mayor varianza, oscilando entre 1,0 a 2,5 m/s (Figura 3), que se podría atribuir a la intensificación de la convección atmosférica durante el día, que generan corrientes ascendentes y descendentes que alteran la velocidad del viento, mientras que antes y después de estas horas del día, la varianza de la VV fue menor a 1,0 m/s, indicando condiciones más estables. Durante los meses de otoño e invierno, se registró un comportamiento similar, pero con menor varianza, entre las 12:00 a 18:00 horas del día, la VV presentó una varianza entre 0,5 a 1,5 m/s, mientras que antes y después de estas horas, la varianza de la VV registró valores menores a 0,5 m/s (Figura 3).

Tabla 1.

Frecuencia porcentual de la velocidad y dirección del viento entre enero 2015 a octubre 2021, Aeropuerto Cadete FAP Guillermo del Castillo Paredes, Tarapoto, San Martín, Perú

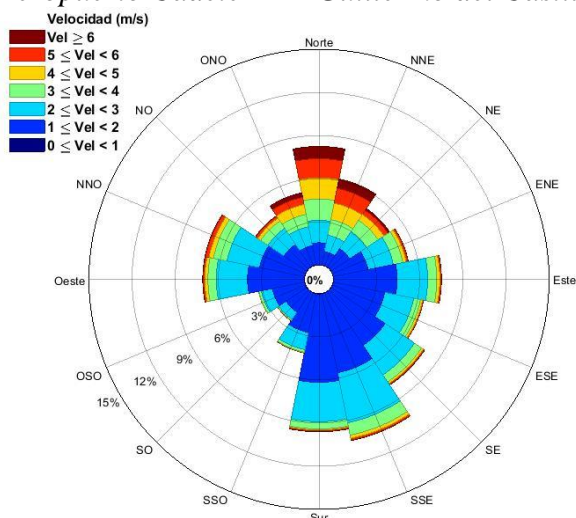
Dirección (°)	Velocidad del viento (m/s)							TOTAL (%)
	[0,5 - 1)*	[1 - 2)	[2 - 3)	[3 - 4)	[4 - 5)	[5 - 6)	[> 6)	
Norte	0.00	1.54	1.57	1.48	1.46	1.33	0.86	8.24
NNE	0.01	0.96	1.16	1.10	1.15	1.05	0.67	6.10
NE	0.00	1.56	1.40	0.98	0.48	0.34	0.16	4.92
ENE	0.00	2.47	1.79	0.68	0.24	0.12	0.03	5.33
Este	0.00	4.43	2.12	0.64	0.21	0.08	0.04	7.52
ESE	0.02	3.64	2.06	0.48	0.14	0.06	0.01	6.41
SE	0.02	4.51	2.46	0.59	0.15	0.07	0.05	7.85
SSE	0.01	5.61	3.54	0.88	0.22	0.12	0.04	10.42
Sur	0.02	6.15	2.74	0.50	0.07	0.07	0.05	9.60
SSO	0.01	2.75	1.22	0.17	0.02	0.03	0.01	4.21
SO	0.02	1.73	0.60	0.07	0.03	0.01	0.01	2.47
OSO	0.02	2.27	0.79	0.16	0.03	0.00	0.00	3.27
Oeste	0.01	3.95	2.18	0.58	0.22	0.10	0.05	7.09
NNO	0.02	3.19	2.31	0.96	0.31	0.24	0.05	7.08
NO	0.00	1.92	1.34	0.60	0.24	0.15	0.05	4.30
ONO	0.01	1.38	1.34	0.88	0.69	0.50	0.32	5.12
TOTAL (%)	0.17	48.06	28.62	10.75	5.66	4.27	2.40	100%

* Las VV menos a 0.5 m/s, fueron excluidos y analizado en forma separada, como ocurrencia de vientos calmos.

Fuente. Elaboración propia.

Figura 2.

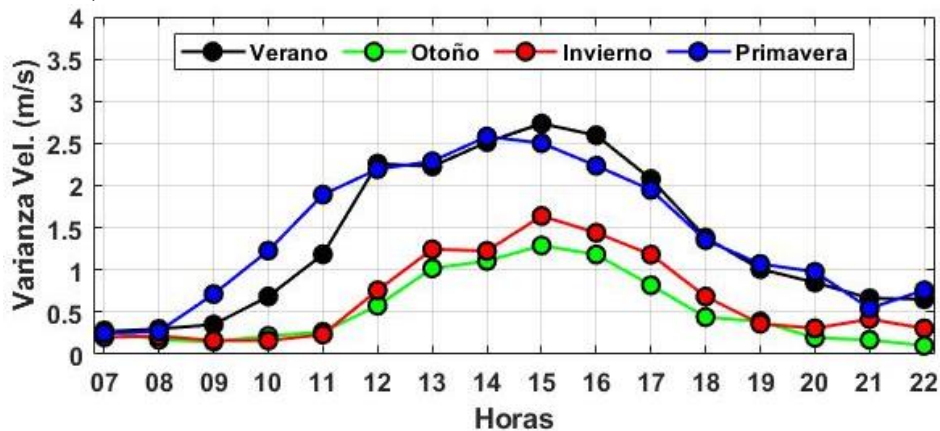
Rosa de viento (velocidad y dirección) registrada entre enero 2015 a octubre 2021, Aeropuerto Cadete FAP Guillermo del Castillo Paredes, Tarapoto, San Martín, Perú



Fuente. Elaboración Propia.

Figura 3.

Varianza estacional horaria de la velocidad del viento, registrado entre enero 2015 a octubre 2021, Aeropuerto Cadete FAP Guillermo del Castillo Paredes, Tarapoto, San Martín, Perú.



Fuente. Elaboración Propia.

3.2. Promedio estacional horario del viento

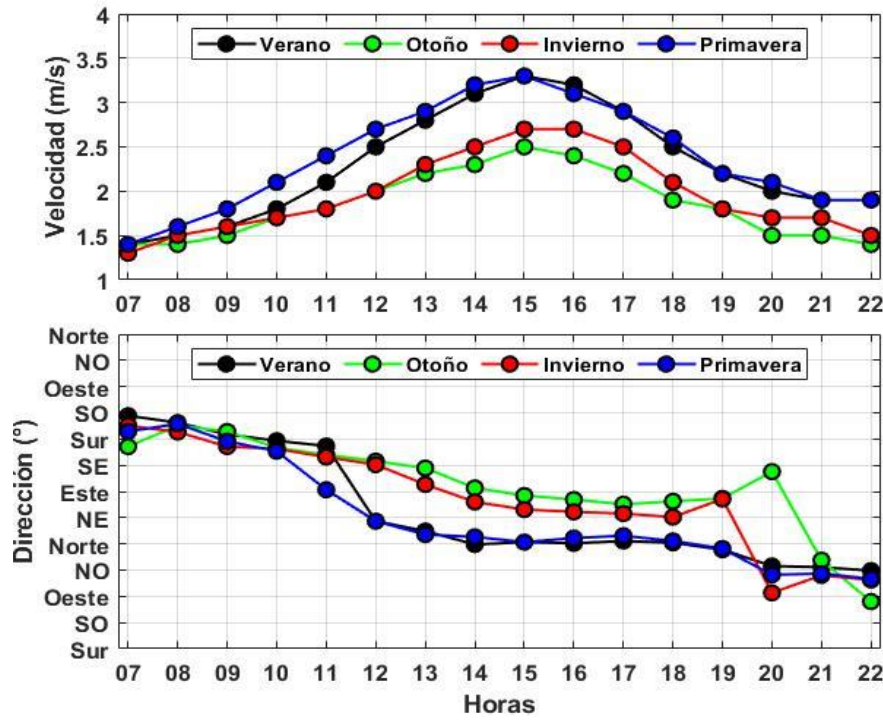
El análisis del promedio estacional horario de la velocidad del viento, muestra un comportamiento estacional diferenciado, con mayores VV, entre 1,5 a 3,5 m/s, durante los meses de verano y primavera, y menores VV, entre 1,5 a 2,7 m/s, durante los meses de otoño e invierno. En todas las estaciones del año, la VV, promedio horario presente menores velocidades (menores a 2,0 m/s), entre las 07 a 10 horas (mañana) y después de las 19 horas (noche), mientras mayores velocidades se registran entre las 10 y 18 horas, variando entre 2,0 a 3,5 m/s, para verano y primavera y entre 1,5 a 2,7 m/s otoño e invierno (Figura 4). Respecto a la dirección del viento, presentó un comportamiento diferenciado entre las estaciones de verano y primavera en comparación a otoño e invierno, coincidiendo en dirección de SO (suroeste) a SE (sudeste) entre las 07 a 10 horas (mañana), mientras que entre las 11 a 19 horas del día, se registraron vientos de dirección Sur a Norte en los meses de verano y primavera y de dirección Sur a NE (noreste) en otoño a invierno. Por otro lado, a partir de las 19 horas (noche), predominaron vientos de dirección Norte a Oeste, a excepción de otoño, en que se registraron vientos de dirección SE, a las 20 horas (Figura 4 y Tabla 2).

Respecto a la dirección del viento, presentó un comportamiento diferenciado entre las estaciones de verano y primavera en comparación a otoño e invierno, coincidiendo en dirección de SO (suroeste) a SE (sudeste) entre las 07 a 10 horas (mañana), mientras que entre las 11 a 19 horas del día, se registraron vientos de dirección Sur a Norte en los meses de verano y primavera y de dirección Sur a NE (noreste) en otoño a invierno. Por otro lado, a partir de las 19 horas (noche), predominaron vientos de dirección Norte a Oeste, a excepción de otoño, en que se registraron vientos de dirección SE, a las 20 horas (Figura 3 y Tabla 2).

Se observa correspondencia horaria entre la velocidad y dirección del viento, evidenciándose tres comportamientos diferenciados durante las horas del día, que evidenciarían la influencia de procesos de externos que condicionan la dinámica del viento en la zona de circundante al aeropuerto de Tarapoto.

Figura 4.

Promedio estacional horario de la a) velocidad y b) dirección del viento, registrado entre enero 2015 a octubre 2021, Aeropuerto Cadete FAP Guillermo del Castillo Paredes, Tarapoto, San Martín, Perú.



Fuente. Elaboración Propia.

Tabla 2.

Promedio estacional horario de la velocidad y dirección del viento entre enero 2015 a octubre 2021, Aeropuerto Cadete FAP Guillermo del Castillo Paredes, Tarapoto, San Martín, Perú

Horas	Verano		Otoño		Invierno	
	velocidad (m/s)	Dirección (°)	velocidad (m/s)	Dirección (°)	velocidad (m/s)	Dirección (°)
07:00	1.4	220	1.4	167	1.3	203
08:00	1.5	208	1.4	203	1.5	192
09:00	1.6	188	1.5	193	1.6	167
10:00	1.8	177	1.7	165	1.7	163
11:00	2.1	168	1.8	153	1.8	149
12:00	2.5	39	2	142	2	136
13:00	2.8	22	2.2	130	2.3	102
14:00	3.1	1	2.3	96	2.5	72
15:00	3.3	3	2.5	83	2.7	59
16:00	3.2	1	2.4	76	2.7	55
17:00	2.9	5	2.2	68	2.5	52
18:00	2.5	2	1.9	73	2.1	46
19:00	2.2	350	1.8	78	1.8	77
20:00	2	322	1.5	124	1.7	276
21:00	1.9	320	1.5	332	1.7	306
22:00	1.9	314	1.4	261	1.5	298
Promedio estacional	2.3 m/s	Norte	1.8 m/s	SE	2.0 m/s	Este

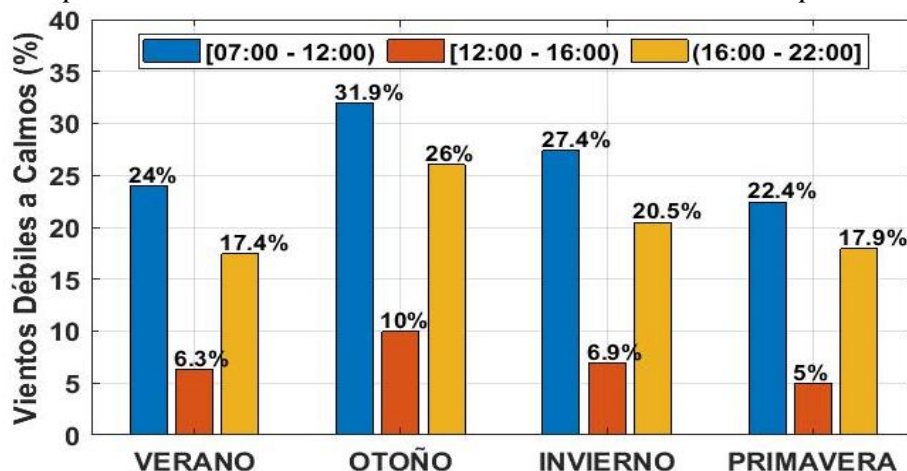
3.3. Ocurrencia de vientos débiles a calmos

Los vientos muy débiles a calmos, con VV menores a 0.5 m/s, corresponden a aproximadamente el 33% de los registros de los vientos analizados, entre los años 2015 a 2021, equivalente a 2969 (verano), 3399 (otoño), 2951 (invierno) y 2487 (primavera) registros; los cuales ocurren a lo largo de las horas del día en diversos porcentajes de ocurrencia, que fueron analizados en tres rangos horarios, desde las 07:00 a las 12:00, de 12:00 a las 18:00 y de 18:00 a las 22:00 horas.

Se encuentra similitud en la ocurrencia de vientos muy débiles a calmos a las cuatro estaciones del año, específicamente durante los rangos horarios de las 7 a 12 horas y de las 16 a 22 horas del día, con porcentajes de varían entre 47.1 a 50.9% y 37 a 41% respectivamente, mientras que en el rango horario de las 12 a 16 horas, se registraron entre 8.8% (primavera) a 13.9% (otoño) de ocurrencia de vientos muy débiles (Figura 5). La ocurrencia de vientos muy débiles a calmos, podría estar relacionada con las épocas lluviosas y el alto contenido de humedad, específicamente durante las horas de la mañana y la noche, que podrían estar contribuyendo a la reducción de la velocidad del viento debido a la fricción con el aire húmedo.

Figura 5.

Porcentaje estacional de vientos débiles a calmos, entre enero 2015 a octubre 2021, Aeropuerto Cadete FAP Guillermo del Castillo Paredes, Tarapoto, San Martín, Perú.



Fuente. Elaboración Propia.

4. CONCLUSIONES

El análisis del comportamiento del viento en la zona circundante al aeropuerto de Tarapoto entre los años 2015 y 2021 muestra velocidades de viento de magnitud baja a moderada, con dirección variable, desde dirección Suroeste a Noroeste, registrando mayor variabilidad durante los meses de verano y primavera.

El promedio estacional horario del viento muestra un comportamiento estacional diferenciado, con mayores velocidades en verano y primavera y menores velocidades en otoño e invierno. En todas las épocas del año, las velocidades promedio horarias son menores a 2,0 m/s durante las primeras y últimas horas del día, mientras que, entre las horas del día y la tarde, el viento registra mayores velocidades. La dirección del viento presenta un comportamiento diferenciado entre los meses de verano y primavera respecto a los meses de otoño e invierno, principalmente desde el mediodía hasta el final de la tarde.

La ocurrencia de vientos muy débiles a calmos sería común en la ciudad de Tarapoto, especialmente en las horas de la mañana y la noche, presentándose a lo largo del año, con mayor frecuencia en los meses de verano y otoño. La humedad del aire podría ser el principal elemento que influye en la reducción de la velocidad del viento.

La ocurrencia de vientos débiles a calmos es más frecuente en las horas de la mañana, especialmente en otoño. La humedad del aire, especialmente durante las primeras horas del día y en los meses lluviosos, pueden influir en la reducción de la velocidad del viento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aviation Weather Center. (15 de 01 de 2022). *Aviation Weather Center*. Obtenido de Aviation Weather Center: <https://www.aviationweather.gov/metar>

COEN. (2021). *Vientos fuertes en el distrito de Tarapoto, San Martín*. INDECI, Centro de Operaciones de Emergencia Nacional (COEN), Lima. Recuperado el 06 de 06

de 2024, de <https://portal.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2021/10/REPORTE-COMPLEMENTARIO-N%C2%BA-5763-13OCT2021-VIENTOS-FUERTES-EN-EL-DISTRITO-DE-TARAPOTO-SAN-MART%C3%8DN-1.pdf>

COEN. (2024). *Temporales en el distrito de San Martín, San Martín*. Reporte preliminar N° 728, INDECI, Centro de Operaciones de Emergencia Nacional, Lima. Recuperado el 06 de 06 de 2024, de <https://portal.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2024/04/INFORME-DE-EMERGENCIA-N.%C2%BA-728-3MAY2024-TEMPORALES-EN-EL-DISTRITO-DE-SAN-MART%C3%8DN-SAN-MART%C3%8DN-1.pdf>

El Comercio. (2020). Fuertes vientos dejaron 54 casas inhabitables en distritos de las regiones San Martín y Huánuco. Obtenido de <https://elcomercio.pe/peru/fuertes-vientos-dejaron-54-casas-inhabitables-en-distritos-de-las-regiones-san-martin-y-huanuco-nnpp-noticia/>

Gordillo Valdez, A., Montoya Granda, M., & Salinas Pedemonte, P. A. (2022). Análisis del desarrollo y potencial de la energía eólica en el Perú. *Ingeniería Industrial*(43), 177-198. doi:<https://doi.org/10.26439/ing.ind2022.n43.6114>

International Civil Aviation Organization. (2010). *Annex 5 to the Convention on International Civil Aviation: Units of Measurement to be Used in Air and Ground Operations* (1era ed.). Obtenido de https://aerosavvy.com/wp-content/uploads/2014/08/an05_cons.pdf

Organización Meteorológica Mundial. (2020). *Informes y pronósticos de aerodromo: manual para la utilización de las claves* (2020 ed., Vols. OMM-N° 782). (O. M. Mundial, Ed.) Obtenido de https://library.wmo.int/?lvl=notice_display&id=7675#.YfYRAupBy5c

SENAMHI. (2016). *Aviso Meteorológico N° Aviso Meteorológico N°040 - QUINTO FRIAJE DEL AÑO*. Recuperado el 06 de 06 de 2024, de San Martín: Se pronostican vientos y lluvias moderadas producto de quinto friaje: <https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=san-martin&p=prensa&n=385>