Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), septiembre-octubre 2025,
Volumen 9, Número 5.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i5

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DESCRIPTIVO DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO ANUAL, EN LA CIUDAD DE BOCA DEL RÍO, VERACRUZ MEDIANTE SOFTWARE MINITAB.

DESCRIPTIVE STATISTICAL ANALYSIS OF THE ANNUAL WIND SPEED IN THE CITY OF BOCA DEL RÍO, VERACRUZ USING MINITAB SOFTWARE.

Erika Jazmín De la Cruz Ángel
Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias Navales

Guadalupe González Mejía
Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias Navales

José Alfredo Inclán Barragán
Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias Navales

Jessica Rosario Grajeda Rosado
Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Ángela Susana Vázquez Pérez
Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias Navales

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i5.23647

Análisis estadístico descriptivo de la Velocidad del Viento anual, en la Ciudad de Boca del Río, Veracruz mediante software Minitab.

Erika Jazmín De la Cruz Ángel[1]
eridelacruz@uv.mx
https://orcid.org/0009-0001-2617-0708
Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias Navales
México

Guadalupe González Mejía
guadalupegonzalez@uv.mx
https://orcid.org/0009-0003-0639-7942
Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias Navales
México

José Alfredo Inclán Barragán
jinclan@uv.mx
https://orcid.org/0009-0009-0351-0851
Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias Navales
México

Jessica Rosario Grajeda Rosado
jgrajeda@uv.mx
https://orcid.org/0009-0002-9843-7552
Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica
México

Ángela Susana Vázquez Pérez
angevazquez@uv.mx
https://orcid.org/0009-0005-9445-4699
Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias Navales México

RESUMEN

Este estudio presenta el análisis estadístico de las mediciones de la velocidad del viento registradas durante el año 2024 en Boca del Río, Veracruz. El objetivo principal es caracterizar el comportamiento temporal de la velocidad promedio del viento como variable de evaluación, mediante la generación de una base cuantitativa para comprender patrones predominantes que contribuyan a la toma de decisiones en estudios meteorológicos en esta zona. La metodología se basó en el procesamiento estadístico de 8,546 registros horarios, donde se calcularon las medidas de tendencia central y de dispersión mediante el software Minitab, el cual automatiza cálculos precisos y reduce los errores humanos que podrían presentarse al utilizar hojas de cálculo tradicionales. Los resultados indican que la velocidad promedio anual se mantuvo dentro de un intervalo moderado, con fluctuaciones mensuales relacionados a los cambios climáticos estacionales.

Palabras clave: análisis estadístico, velocidad del viento, Minitab.

[1] Autor principal
Correspondencia: guadalupegonzalez@uv.mx

Descriptive statistical analysis of the annual wind speed in the city of Boca del Río, Veracruz using Minitab software.

ABSTRACT

This study presents the statistical analysis of wind speed measurements recorded in Boca del Río, Veracruz, during 2024. The main objective is to characterize wind behavior by evaluating the average wind speed variable, generating a quantitative basis for understanding predominant patterns that will contribute to decision-making in meteorological studies in this area. The methodology was based on the statistical processing of 8,546 hourly records, where measures of central tendency and dispersion were calculated using Minitab software, as this tool automates precise calculations, reducing human errors that could occur compared to Excel. The results indicate that the average annual wind speed remained within a moderate range, with monthly fluctuations related to seasonal climate changes.

***Keywords*: s**tatistical analysis, wind speed, Minitab.

Artículo recibido 18 setiembre 2025
Aceptado para publicación: 05 octubre 2025

INTRODUCCIÓN

Las regiones con recurso potencial eólico deben ser caracterizadas a través de técnicas de estadística descriptiva. Este estudio describe un análisis del comportamiento de la velocidad del viento en la zona conurbada de Boca del Río Veracruz durante el año 2024, una región costera del Golfo de México que tiene características geográficas y climáticas particulares que podrían favorecer el aprovechamiento del recurso eólico, utilizando datos medidos en un centro meteorológico local. Esta zona, influenciada por sistemas meteorológicos tropicales y condiciones locales, representa un espacio de interés para la exploración de energías renovables, especialmente en un contexto nacional donde la transición energética aún enfrenta importantes retos de implementación.

Los datos utilizados en este estudio fueron proporcionados por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), específicamente del Centro Regional Hidrometeorológico de Boca del Río en la estación 76692 del Observatorio Meteorológico, con coordenadas geográficas Latitud 19 grados 08' 34.76" N y longitud 96 grados 06' 40.73" W. Esta institución proporcionó los valores registrados de manera horaria durante el año 2024, (Gobierno de México, 2022)

Este análisis se realizó permite caracterizar el comportamiento temporal de la velocidad del viento, sirviendo como base fundamental para la toma de decisiones en los estudios meteorológicos, de planeación portuaria, planificación urbana y aspectos clave para el desarrollo sostenible de la ciudad. (De la Cruz Ángel, Inclán Barragán, González Mejía, Grajeda Rosado, & Diaz Abascal, 2024).

La caracterización de regiones en el planeta con potencial eólico, se lleva a cabo generalmente a través de técnicas implementadas por la estadística descriptiva. Las medidas de tendencia central y de dispersión, se complementan con los modelos de probabilidad (generalmente Normal ó Weibull), para generar conocimiento del comportamiento del viento en la zona estudiada. Este análisis se lleva a cabo mediante el Software de Minitab debido a su capacidad para generar gráficas precisas y medidas estadísticas lo que contribuye a una interpretación más eficiente de la climatología.

METODOLOGÍA

El comportamiento del viento a nivel de superficie en la estación ubicada en la zona urbana de Boca del Río, está directamente ligado a las condiciones de altura del terreno, el relieve, la temporada estacional del año y la cercanía a la costa. Además, las corrientes de viento se ven influenciadas por la climatología

de la región de estudio, ya que se encuentra en el centro del Golfo de México y se mantiene expuesta a eventos de frentes fríos cerca de las épocas invernales.(González Mejia, De la Cruz Ángel, Inclán Barragán, Pacheco Martinez, & Ponce Ávila, 2025)

La medición del viento considerado como un posible recurso energético puede ser fundamental para estudiar detalladamente el comportamiento del viento en otras aplicaciones ingenieriles. Para realizar el presente estudio, se tomaron las mediciones diarias a lo largo del año 2024, estos datos son medidos desde la estación 76692 del Observatorio Meteorológico del Centro Regional Meteorológico de Boca del Río (CONAGUA) que se encuentra ubicada en las coordenadas 19° 08’ 34.76” N y 96° 06’ 40.73” W. s. como se muestra en la Ilustración 1, (De la Cruz Ángel, Inclán Barragán, González Mejía, Grajeda Rosado, & Diaz Abascal, 2024)

Ilustración 1 *Ubicación del centro de mediciones en Boca del Río, Ver.*



Fuente: Creación propia.

Los instrumentos de medición se ubican a una altitud de 15 msnm. Para lo cual se utilizó un mástil de 10 metros hasta considerar una altura operativa total de 25 msnm, conforme a las normas para estaciones meteorológicas, tal como se muestra en la siguiente ilustración. El anemocinemógrafo de la marca Esterline Angus, modelo F-420C-M4,. Este equipo está compuesto por una veleta y un anemómetro, elementos que hicieron posible medir no solo la velocidad del viento (en metros por segundo), sino también su orientación, en relación con los puntos cardinales de la rosa de viento (De la Cruz Ángel, Inclán Barragán, González Mejía, Grajeda Rosado, & Diaz Abascal, 2024).

Ilustración 2 *Equipo de medición de viento ubicado en la estación meteorológica.*



La procedencia del viento se define según el punto cardinal de origen. Así, se dice que un viento es del Oeste cuando la masa aérea proviene de esa dirección. Las mediciones confirman que la orientación eólica oscila constantemente alrededor de un rumbo promedio.

El análisis de los datos y/o los registros de velocidad y dirección del viento cotidianos favorece la creación, para cada sitio, de un gráfico circular que revela los porcentajes de tiempo en los que el viento ha soplado desde una orientación concreta. Estas representaciones pueden generarse para intervalos de diversa duración. Esta herramienta permite analizar el comportamiento habitual del viento tanto en ciclos anuales como en las variaciones diarias.(Barzola, y otros, 2016)

Estadística descriptiva

Estas herramientas son fundamentales debido a que permiten adquirir información de gran relevancia al analizar y describir la información referente a las variables meteorológicas utilizadas en este trabajo. De igual forma, ayuda en la agrupación de los datos en clase, las cuales, permiten realizar histogramas de frecuencia en los cuales se pueden observar patrones presentes en los datos analizados. Para obtener información de un grupo de datos es posible utilizar dos métodos de medidas numéricas, mediante los cuales se pueden mostrar algunas propiedades importantes, estas medidas son las de tendencia central y las de variabilidad.

Es necesario exponer las medidas estadísticas utilizadas en el presente trabajo, con la finalidad de dar

un seguimiento puntual al desarrollo del mismo, las expresiones aunque de uso común se recomienda consultar la referencia (A. J. D. L. H., Garcia, G. R., & Castillo, D. C. V. 2021)

Medida primer momento.

La media aritmética está relacionada con el valor promedio y es representada por la siguiente ecuación:

$$\overline{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i}{n}$$

Varianza segundo momento.

Da una distancia promedio de cualquier observación del conjunto de datos con respecto de la medida de distribución.

$$S^2 = \frac{\sum_{i=0}^{n} (X_i - \overline{X})^2}{n-1}$$

Coeficiente de asimetría tercer momento.

Es un valor adimensional derivado de una medida de asimetría de la distribución

$$S_k = \frac{n^{1/2} \sum_{i=1}^{n} (X_i - \overline{X})^3}{\left[\sum_{i=0}^{n} (X_{i_} \overline{X})^2\right]^{3/2}}$$

Coeficiente de curtosis cuarto momento.

Es un valor adimensional que representa la medida de la concentración entorno a la medida de la distribución de probabilidad de una variable aleatoria.

$$S_k = \frac{n \sum_{i=1}^{n} (X_i - \overline{X})^4}{\left[\sum_{i=0}^{n} (X_{i_} \overline{X})^2\right]^2}$$

Modelo Normal de Probabilidad

La distribución normal ocupa un lugar relevante en la estadística debido a que sus propiedades la hacen aplicable a un gran número de situaciones en las cuales es necesario hacer inferencias mediante la toma de muestras. Además, la distribución normal casi se ajusta a las distribuciones de frecuencias reales observadas en muchos fenómenos, dentro de los cuales las mediciones de la velocidad del viento no son la excepción, se representa mediante una función que depende básicamente de la media y la desviación estándar:

$$f(u) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(u-\overline{u})^2}{2\sigma^2}\right]$$

Donde:

u es la velocidad del viento (m/s),

$\overline{u}$ es la media de la velocidad del viento (m/s),

σ es la desviación estándar (m/s).

Modelo de Weibull de Probabilidad

(El Kihel, B., Elyamani, N. E. E. K., Chillali, A., & Slimani, H. , 2024) La distribución de probabilidad de Weibull es utilizada con gran frecuencia en la caracterización de regiones con potencial eólico, esto se debe a que la cola alargada al final de la distribución refleja en gran medida el comportamiento del viento en la mayoría de las regiones se caracteriza por dos parámetros el de forma (k) y el de escala (c), la expresión que la define la función de densidad de probabilidad de Weibull está definida por:

$$f(x) = \frac{k}{u}\left(\frac{u}{c}\right)^{k-1} \exp\left[-\left(\frac{u}{c}\right)^{k}\right]$$

donde:

u = velocidad del viento (m/s)

k = factor de forma no tiene unidades

c = factor de escala (m/s)

Para estimar los parámetros de la función de Weibull existen varios métodos, el más utilizado es el empírico para el cual solo basta conocer la velocidad promedio y la desviación estándar de los datos de la muestra. Los parámetros k y c pueden ser calculados por las siguientes expresiones:

$$k = \left(\frac{\sigma}{\overline{x}}\right)^{-1.086}$$

$$c = \frac{\overline{x}}{I\left(1 + \frac{1}{k}\right)}$$

σ = desviación estándar (m/s).

$\overline{x}$ = velocidad promedio del viento (m/s)

Del estudio realizado en el año 2024 con 8,546 registros horarios, se realizó el análisis estadístico descriptivo obteniendo las medidas de ubicación y de dispersión de la velocidad promedio del viento, la mediana, moda, cuartiles, desviación estándar, desviación media, coeficiente de variación, error

estándar, coeficiente de asimetría y coeficiente de curtosis (siendo estas las más importantes).

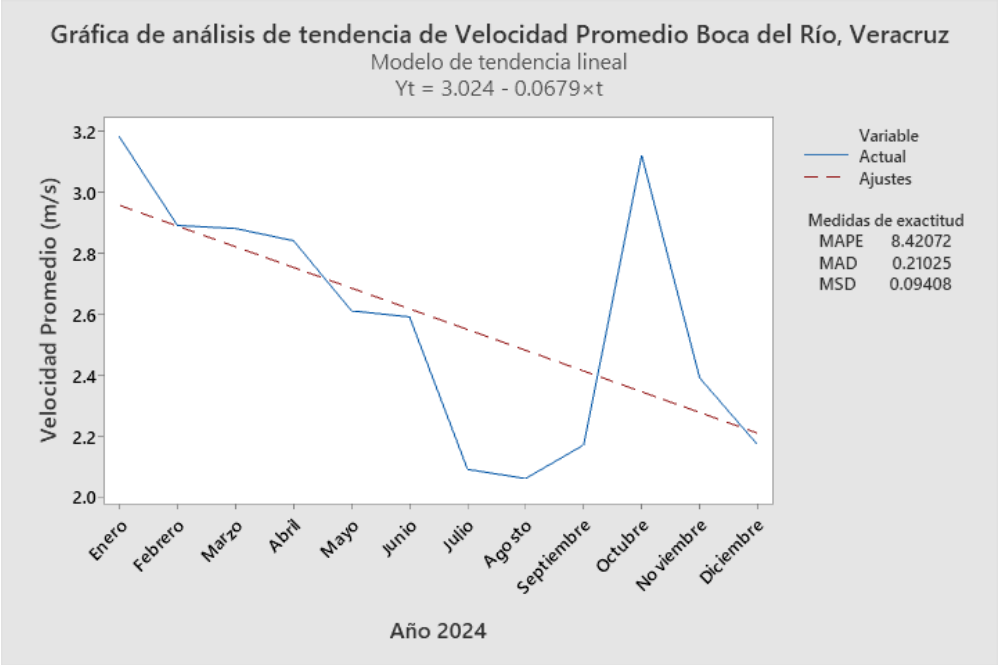
En la tabla 1 se presenta un resumen de estas medidas correspondientes al año 2024, los registros fueron obtenidos a través de un anemómetro colocado sobre un mástil a 10 metros sobre la superficie y a 25 msnmm, la lectura de velocidades del viento está en una zona urbana desarrollada y cerca de la costa.

Tabla 1 *Estadística descriptiva de la velocidad del viento*

Mes 2024	Número de datos	Velocidad Promedio (m/s)	Mediana (m/s)	Moda (m/s)	Q1 (m/s)	Q2 (m/s)	Q3 (m/s)	Varianza	Desv_Est. (m/s)	Desv_Media (m/s)	Sv	Error_Est.	Sesgo	Curtosis
Enero	743	3.18	2.50	0.8	1.2	2.5	4	6.87	2.62	1.91	0.82	0.1	1.68	2.71
Febrero	672	2.89	2.43	2.2	1.38	2.43	3.88	4.3	2.07	1.54	0.72	0.08	1.53	2.84
Marzo	743	2.88	2.50	1.1	1.4	2.5	3.99	3.21	1.79	1.44	0.62	0.07	0.96	1.19
Abril	719	2.84	2.50	2.2	1.48	2.5	4.03	2.92	1.71	1.41	0.6	0.06	0.81	0.53
Mayo	743	2.61	2.65	2.8	1.65	2.65	3.38	1.59	1.26	1.02	0.48	0.05	0.31	-0.3
Junio	715	2.59	2.50	2.8	1.55	2.5	3.48	1.76	1.33	1.08	0.51	0.05	0.47	-0.33
Julio	739	2.09	2.13	1.1	1.25	2.13	2.8	1.06	1.03	0.85	0.49	0.04	0.52	0.4
Agosto	737	2.06	2.11	2.2	1.12	2.11	2.8	0.95	0.97	0.81	0.47	0.04	0.38	-0.42
Septiembre	71	2.17	1.93	2.2	1.18	1.93	2.8	1.82	1.35	1	0.62	0.05	1.62	4.29
Octubre	743	3.12	2.65	2.2	1.48	2.65	4.1	4.18	2.04	1.62	0.65	0.07	1.04	0.4
Noviembre	719	2.39	2.20	0.8	1.25	2.2	2.3	2.49	1.58	1.16	0.66	0.06	1.55	2.79
Diciembre	563	2.17	1.50	1.1	1.1	1.5	2.8	4.03	2.01	1.26	0.92	0.08	3.4	14.74

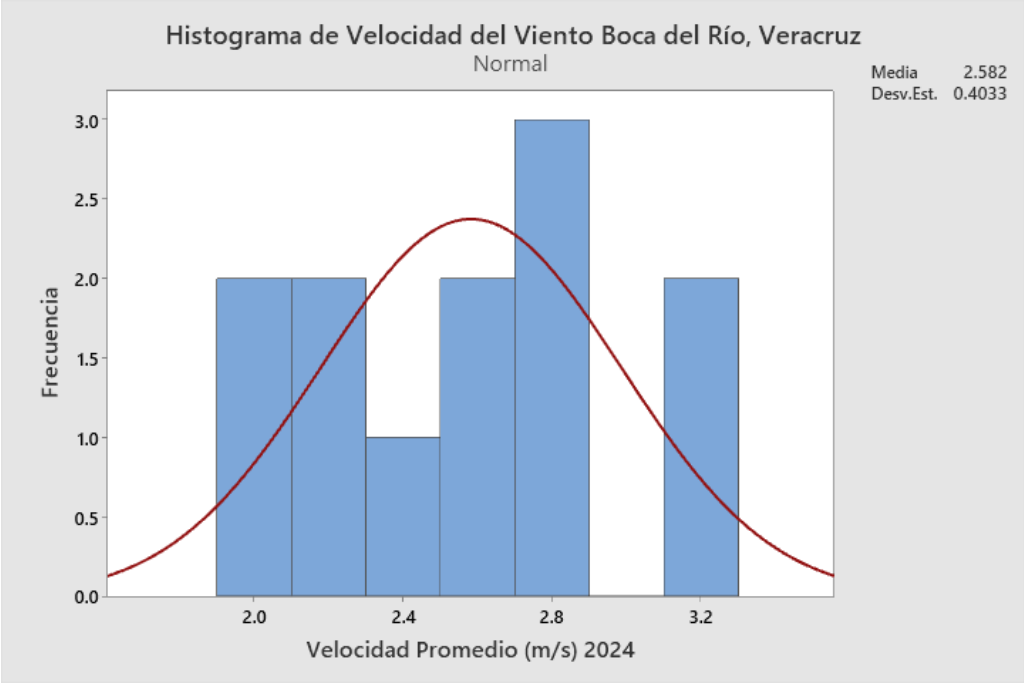
De la tabla 1 se genera la figura 1, donde se observa mediante un gráfico el comportamiento anual de la velocidad del viento.

Figura 1 *Gráfico de tendencia anual de la velocidad del viento en el 2024*



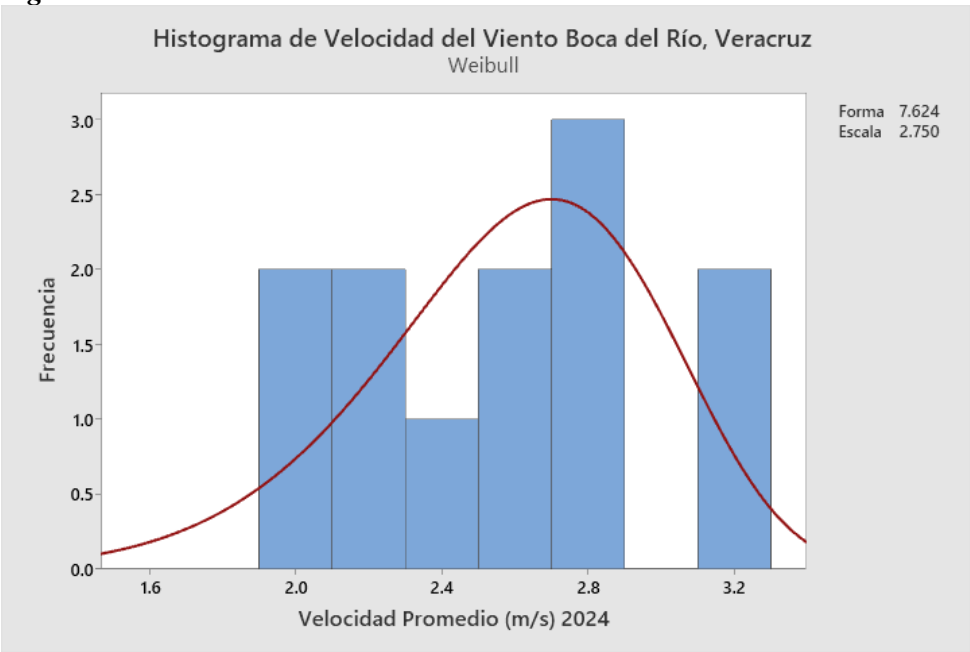
La figura 1, muestra la tendencia de la velocidad del viento, según los meses el gráfico muestra que los meses de septiembre a febrero son de mayores vientos y los meses de marzo a agosto son los de menor velocidad del viento.

Figura 2 *Distribución Normal de Probabilidad de la velocidad del viento en el 2024*



La figura 2, muestra un histograma de la velocidad promedio del viento en Boca del Río, Veracruz (2024) con una curva normal ajustada. Se observa que la distribución de valores de la velocidad promedio del viento para la ciudad de Boca del Río, Veracruz, aparenta ser normal, aunque con algunas asimetrías leves.

Figura 3 *Distribución Weibull de Probabilidad de la velocidad del viento en el 2024*



La figura 3 muestra un histograma de velocidades promedio (m/s) con ajuste de una distribución Weibull. Se observa que hay poca dispersión ya que los datos no se alejan mucho de la media.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En base al análisis estadístico realizado y a los gráficos generados mediante el Software Minitab podemos observar que la tendencia general es decreciente, ya que la ecuación del modelo $Yt=3.024-0.0679tY_t = 3.024 - 0.0679tYt =3.024-0.0679t$ indica que conforme va transcurriendo el año la velocidad promedio del viento tiende a disminuir aproximadamente 0.0679 m/s por mes.

En el histograma de la velocidad promedio del viento con la curva normal ajustada se muestra que hay una ligera concentración de valores entre 2.4 y 2.9 m/s. Se obtuvo una media de 2.582 m/s y una desviación estándar de 0.4033 lo que indica que gran parte de los valores se encuentran dentro del rango (2.18, 2.99) m/s aproximadamente $\pm 1\sigma$.

En el histograma de la velocidad promedio del viento con el ajuste de la distribución Weibull se observa que la distribución está centrada aproximadamente entre 2.5 y 3.0 m/s. La cola hacia la derecha es suave,

característica en datos de viento donde no se presentan valores extremadamente altos.

CONCLUSIONES

El análisis revela que la velocidad del viento en 2024 en la zona de Boca del Río, Veracruz mostró una tendencia general a la baja, aunque con variaciones estacionales pronunciadas. La distribución de velocidades promedio del viento en Boca del Río para 2024 se aproxima a una distribución normal, con una ligera tendencia hacia valores un poco más altos. Los datos están moderadamente concentrados alrededor de 2.6 m/s, y la dispersión es baja, lo que indica estabilidad en la velocidad promedio del viento durante el periodo medido. Sugiere que las condiciones de viento en la zona son relativamente consistentes, con variaciones moderadas y sin presencia de valores extremos.

La variabilidad estacional identificada, con mayores velocidades entre septiembre y febrero, sugiere la posibilidad de un aprovechamiento estacional que podría optimizarse con tecnologías de baja potencia y bajo costo de inversión inicial.

El resultado de la fluctuación entre los meses de agosto a octubre es probable que sea relacionado con la temporada de frentes fríos y huracanes, no obstante sería un tema sujeto a estudio analizar las turbulencias que pueden generarse debido a la urbanización cercana a la estación de medición.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barzola, J., Espinoza, M., Vera, Á., Valencia, Á., Cabrera, F., & Briones, C. (2016). Análisis del potencial de energía eólica a partir de mediciones in situ en Atahualpa - Santa Elena. *YACHANA, 5*(3), 103-112.

De la Cruz Ángel, E. J., Inclán Barragán, J. A., González Mejía, G., Grajeda Rosado, R. M., & Diaz Abascal, P. (2024). Estudio de Comportamiento de Velocidad del Viento en Boca del RíoMediante Distribución Weibull. *Ingeniantes, 2*(1), 23-28.

El Kihel, B., Elyamani, N. E. E. K., Chillali, A., & Slimani, H. (2024, May). Exploring the potential of wind data through Weibull and Rayleigh functions at ten sites along Morocco's Atlantic Shore. In *2024 4th International Conference on Innovative Research in Applied Science, Engineering and Technology (IRASET)* (pp. 1-8). IEEE.

Gobierno de México, «Centro Hidrometeorológico Regional “Boca del Rio - Veracruz”,» CO- NAGUA, 2022.: https://smn.conagua.gob.mx/es/centro-hidrometeorologico-veracruz-boca-del-rio.

González Mejia, G., De la Cruz Ángel, E. J., Inclán Barragán, J. A., Pacheco Martinez, C., & Ponce Ávila, J. (2025). EVALUACIÓN DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO A DIFERENTES ALTURAS: ESTUDIO TEMPORAL Y ESPACIAL EN BOCA DEL RÍO, VERACRUZ. *Ciencia Latina, 9*(1), 6245-6255.

Moreno, A. J. D. L. H., Garcia, G. R., & Castillo, D. C. V. (2021). Análisis de estadística descriptiva y distribución de frecuencia de la velocidad del viento. *Revista Boletín Redipe*, *10*(11), 514-528.