

Evaluación de Modelos de Pronóstico de Viento creados con el modelo Weather Research and Forecasting

Evaluation of Wind Forecast Models

Damián Campuzano Milián¹; Erasmo Cadenas Calderón¹;
Rafael Campos Amezcua²

1. Posgrado de la Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán
2. Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico, Tecnológico Nacional de México. Cuernavaca, Morelos, México.

Contacto: damian.campuzano@umich.mx

Resumen. ¿Alguna vez te has preguntado cómo sabemos si hará viento o lloverá mañana? Predecir el clima no solo nos ayuda a decidir qué ropa usar, sino que también es fundamental para sectores como la agricultura, la generación de energía y la prevención de desastres naturales. Desde planificar la siembra hasta aprovechar el viento para generar electricidad, las predicciones meteorológicas tienen un impacto directo en nuestras vidas. En este contexto, el modelo WRF (Weather Research and Forecasting) es una herramienta poderosa que permite simular y predecir fenómenos atmosféricos. Sin embargo, como cualquier modelo, necesita ser evaluado para garantizar que sus predicciones sean confiables. En este artículo te contamos cómo se lleva a cabo este proceso de validación, utilizando datos de fuentes como la NASA y el National Center for Atmospheric Research (NCAR). Nos centramos en La Mata, un pequeño pueblo de Oaxaca con un gran potencial para la energía eólica. Aquí, el viento no solo es parte del paisaje, sino también una promesa de energía limpia y renovable. Validar las predicciones del modelo WRF implica compararlas con datos reales, utilizando tanto herramientas visuales como métodos matemáticos. Descubrimos que combinar estas estrategias nos permite obtener una imagen mucho más precisa y confiable del comportamiento del viento. Este tipo de estudios no solo mejoran la ciencia detrás de las predicciones, sino que también tienen un impacto real en la vida de las personas, ayudando a planificar mejor el uso de recursos naturales y fomentando el desarrollo sostenible.

Palabras clave: modelo WRF, energía eólica, validación de modelos.

Abstract. Have you ever wondered how we know if it will be windy or rainy tomorrow? Weather forecasting not only helps us decide what to wear, but it is also crucial for sectors such as agriculture, energy production, and disaster prevention. From planning crop planting to harnessing wind for electricity, weather predictions have a direct impact on our daily lives. In this context, the Weather Research and Forecasting (WRF) model is a powerful tool that allows us to simulate and predict atmospheric phenomena. However, like any model, it needs to be evaluated to ensure its predictions are reliable. In this article, we explain how this validation process works, using data from sources such as NASA and the National Center for Atmospheric Research (NCAR). We focus on La Mata, a small town in Oaxaca with great potential for wind energy. Here, the wind is not only part of the landscape but also a promise of clean and renewable energy. Validating the WRF model's predictions involves comparing them with real-world data, using both visual tools and mathematical methods. We found that combining these strategies provides a much more accurate and reliable picture of wind behavior. This type of study not only enhances the science behind weather predictions but also has a real impact on people's lives by improving resource management and promoting sustainable development.

Keywords: WRF model, wind energy, model validation.



Figura 1. Turbinas eólicas (AESVAL,2022).

Introducción

La energía eólica ha emergido como una de las fuentes de energía renovable más prometedoras en las últimas décadas, jugando un papel crucial en la transición hacia un modelo energético sostenible y de bajo impacto ambiental. Esta fuente de energía, que se basa en la conversión del movimiento del viento en electricidad, ofrece la ventaja de ser inagotable y de no generar emisiones contaminantes durante su operación. Su importancia es cada vez mayor en la matriz energética global, especialmente en regiones con un alto potencial eólico (National Geographic, 2022).

La predicción precisa del viento es esencial para maximizar la eficiencia y la viabilidad económica de los parques eólicos (Figura 1). Una predicción

adecuada permite optimizar la operación de las turbinas, planificar la integración de la energía eólica en las redes eléctricas y reducir los riesgos asociados con la variabilidad del recurso. Sin embargo, la naturaleza altamente dinámica y no lineal del viento presenta desafíos significativos para su modelado y predicción, especialmente en regiones complejas como las zonas montañosas o costeras.

En México, la investigación y desarrollo en el campo de la energía eólica han avanzado considerablemente en los últimos años, impulsados por el vasto potencial eólico del país, particularmente en regiones como el Istmo de Tehuantepec, en Oaxaca. A pesar de este progreso, la predicción del viento aún enfrenta limitaciones significativas debido a la escasez de estudios regionales detallados y la falta de modelos de predicción ajustados a las condiciones específicas del territorio mexicano. Esto contrasta con la situación en otros países con una industria eólica más madura, donde la investigación sobre la predicción del viento ha avanzado notablemente, apoyada por una infraestructura robusta de observación y modelado (AMDEE, 2024).

El presente estudio aborda esta brecha de conocimiento, centrándose en la validación de las predicciones de velocidad del viento generadas por el modelo Weather Research and Forecasting (WRF) en la región de La Mata, Oaxaca. Este trabajo no solo busca mejorar la comprensión de la precisión de los modelos de pronóstico en contextos locales, sino también contribuir al desarrollo de métodos de validación que puedan ser aplicados en otras regiones del país con potencial eólico. De esta manera, se pretende proporcionar una base sólida para futuras investigaciones que fortalezcan la capacidad de México para aprovechar de manera efectiva su recurso eólico.

Creación del modelo de pronóstico

Para predecir cómo se comportará el viento en La Mata, utilizamos un modelo avanzado llamado WRF (Weather Research and Forecasting). Este proceso se dividió en tres pasos principales. Primero, preparamos los datos que el modelo necesita para hacer

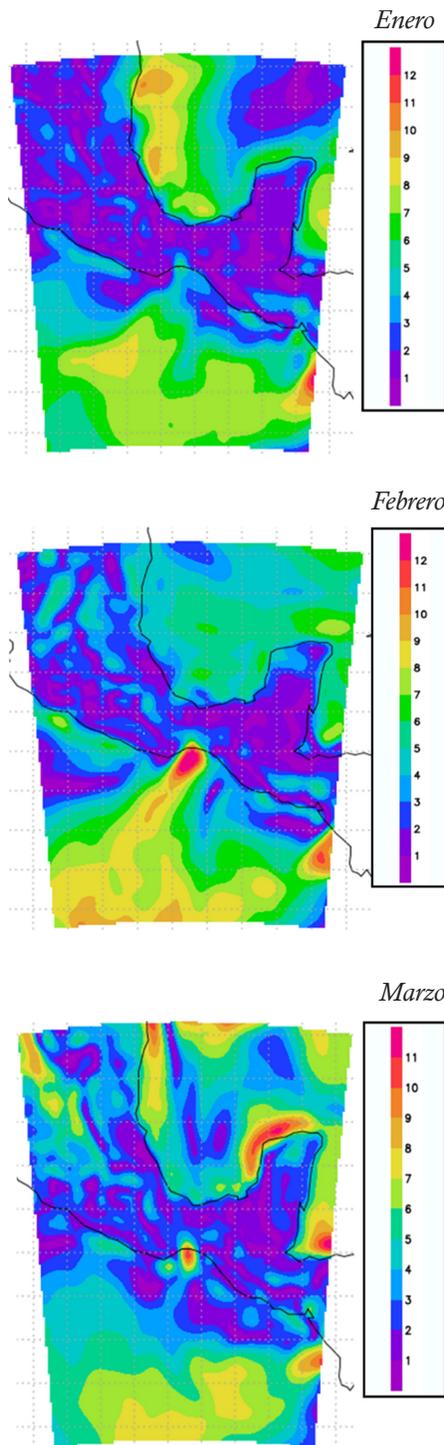


Figura 2. Modelo de velocidad del viento promedio elaborado con WRF.

las predicciones (NASA, 2024). Esto se hizo utilizando un sistema que organiza y ajusta la información, como las condiciones del clima en el pasado y otros detalles específicos de la región de La Mata.

El segundo paso consistió en hacer que el modelo trabajara mediante una

técnica matemática compleja conocida como integración numérica. Este proceso implica utilizar cálculos matemáticos para simular el comportamiento del viento bajo diferentes condiciones climáticas durante el periodo de tiempo previsto. Fue en este paso cuando el modelo calculó cómo se comportaría el viento durante un periodo de 48 horas, repitiendo las predicciones para tres días específicos en los meses de enero, febrero y marzo de 2024.

Finalmente, en el tercer paso, analizamos los resultados obtenidos del modelo utilizando un software que nos permitió visualizar y entender cómo se comporta el viento según lo predicho por el modelo. Este proceso nos ayudó a obtener información más clara y precisa para entender la dinámica del viento en la región.

Validación del modelo de pronóstico

En el recurso cualitativo propuesto para la validación con datos de NASA Giovanni, se reveló una correspondencia notable entre las predicciones del WRF y las observaciones; como podemos observar en las Figuras 2 y 3, las velocidades del viento promedio para los días 1 al 3 de enero, 1 al 3 de febrero y 1 al 3 de marzo oscilaron entre 3 y 7 m/s según el modelo, comparadas con rangos observacionales de NASA Giovanni donde va de 4.3 a 6.7 m/s para los mismos periodos y ubicaciones como lo podemos ver en la Figura 3. Esta comparación visual facilitó una comprensión más inmediata y global de la precisión del modelo, destacando la utilidad de los mapas para la validación regional.

Para la validación cuantitativa, se utilizaron datos observacionales de los recursos energéticos globales de la NASA (NCAR, 2024), comparándose las predicciones del WRF con datos reales específicos del sitio de estudio mediante las métricas de Error Promedio Absoluto (MAE), Raíz del Error Cuadrático Medio (RMSE) y Coeficiente de Correlación de Anomalías (ACC). Los resultados variaron ligeramente entre los diferentes periodos, con etiquetas de “excelente” y “bueno” para los diferentes horizontes

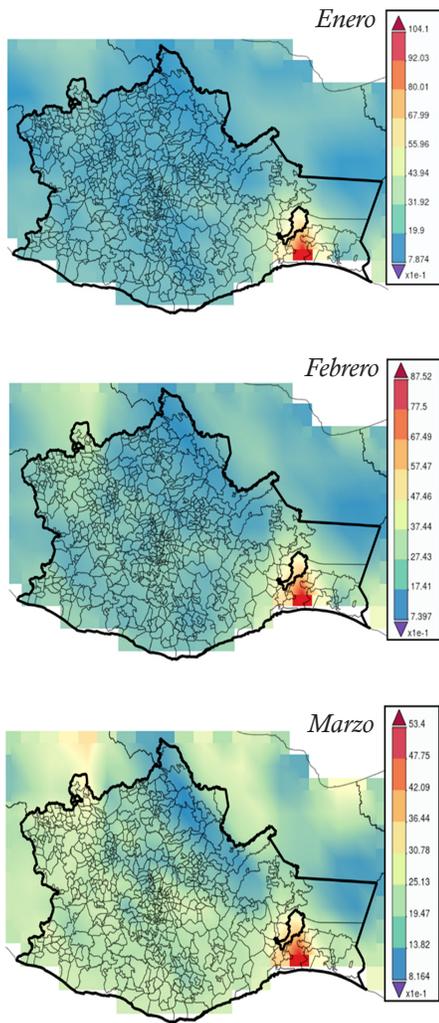


Figura 3. Velocidad del viento promedio elaborado con datos observacionales de NASA GIOVANNI.

de pronóstico, destacando el rendimiento robusto del modelo en la región de estudio, observando de manera gráfica el comportamiento de la velocidad cada hora del 1 al 3 de enero, febrero y marzo en la Figura 4.

Los mapas y las gráficas no solo muestran los números, sino que permiten ver de manera clara cómo se comporta el viento en la región y qué tan cerca están las predicciones del modelo de la realidad.

Conclusiones

La validación cuantitativa ha demostrado ser una estrategia eficaz para evaluar la precisión del WRF en la predicción de la velocidad del viento y en este sentido para el estudio realizado en La Mata, Oaxaca, no fue la excepción. Mientras que las métricas de

error proporcionaron una evaluación detallada para ubicaciones específicas, el recurso cualitativo adicional nos brindó una validación regional con datos de NASA Giovanni (NASA Giovanni, 2024), ofreciendo una visión más amplia y visualmente más atractiva. Este enfoque complementario no solo resalta la precisión del WRF, sino que también resalta la importancia de utilizar enfoques combinados, que incluyan tanto análisis visuales como matemáticos, para verificar la precisión de los modelos meteorológicos. Estos métodos son esenciales no solo para mejorar futuras investigaciones, sino también para aplicaciones prácticas que dependen de predicciones meteorológicas confiables.

Referencias

AESVAL (2022). *La importancia de la energía eólica*. Consultado en: <https://aesval.es/la-importancia-de-la-energia-eolica/>

AMDEE (2024). *Asociación Mexicana de Energía Eólica*. Consultado en: https://amdee.org/es_es/

NASA (2024). "NASA Prediction of Worldwide Energy Resources". Consultado en: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>

NASA Giovanni (2024). "Giovanni The Bridge Between Data and Science v 4.40". Consultado en: <https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/>

National Geographic (2022). *¿Qué es la energía eólica?*. Consultado en: <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/que-es-la-energia-eolica>

NCAR (2024). "Data for Climate & Weather Research". Consultado en: <https://rda.ucar.edu/>

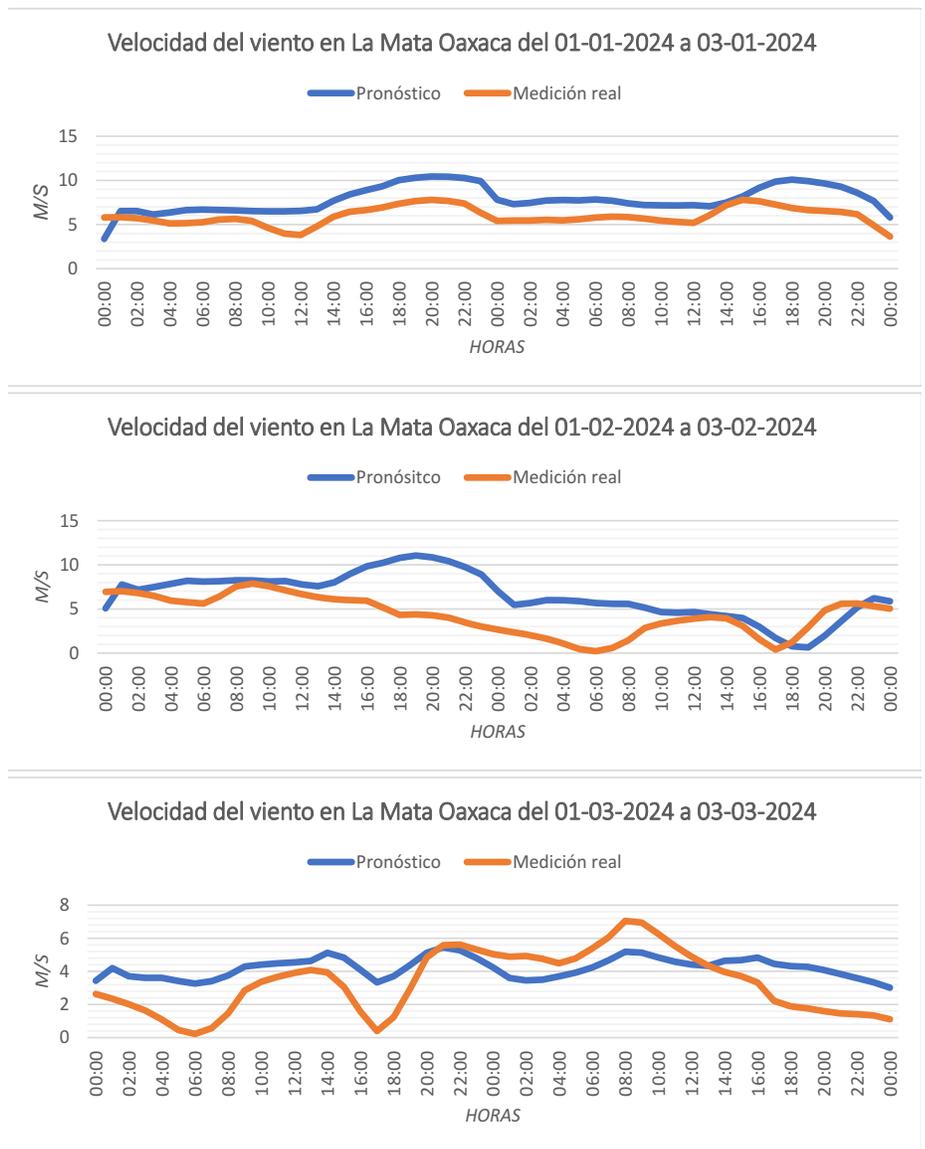


Figura 4. Comparación entre las predicciones del viento (pronosticado) y las mediciones reales (real) en La Mata, Oaxaca, durante los días 1 al 3 de enero, febrero y marzo de 2024.