

# **Análisis y Predicción de Precios Spot en el Mercado Eléctrico Colombiano**

## **Aplicación Python para Análisis Predictivo y Comparativo**



**Miller Duvan Infante Perez**

# Objetivos del Proyecto

- Desarrollar una herramienta computacional integral para análisis y predicción de precios spot
- Integrar capacidades de extracción de datos, visualización y modelación predictiva
- Establecer comparaciones con mercados internacionales

# Arquitectura de la Aplicación



Programación orientada a objetos para robustez y escalabilidad



Organización modular del código mediante clases

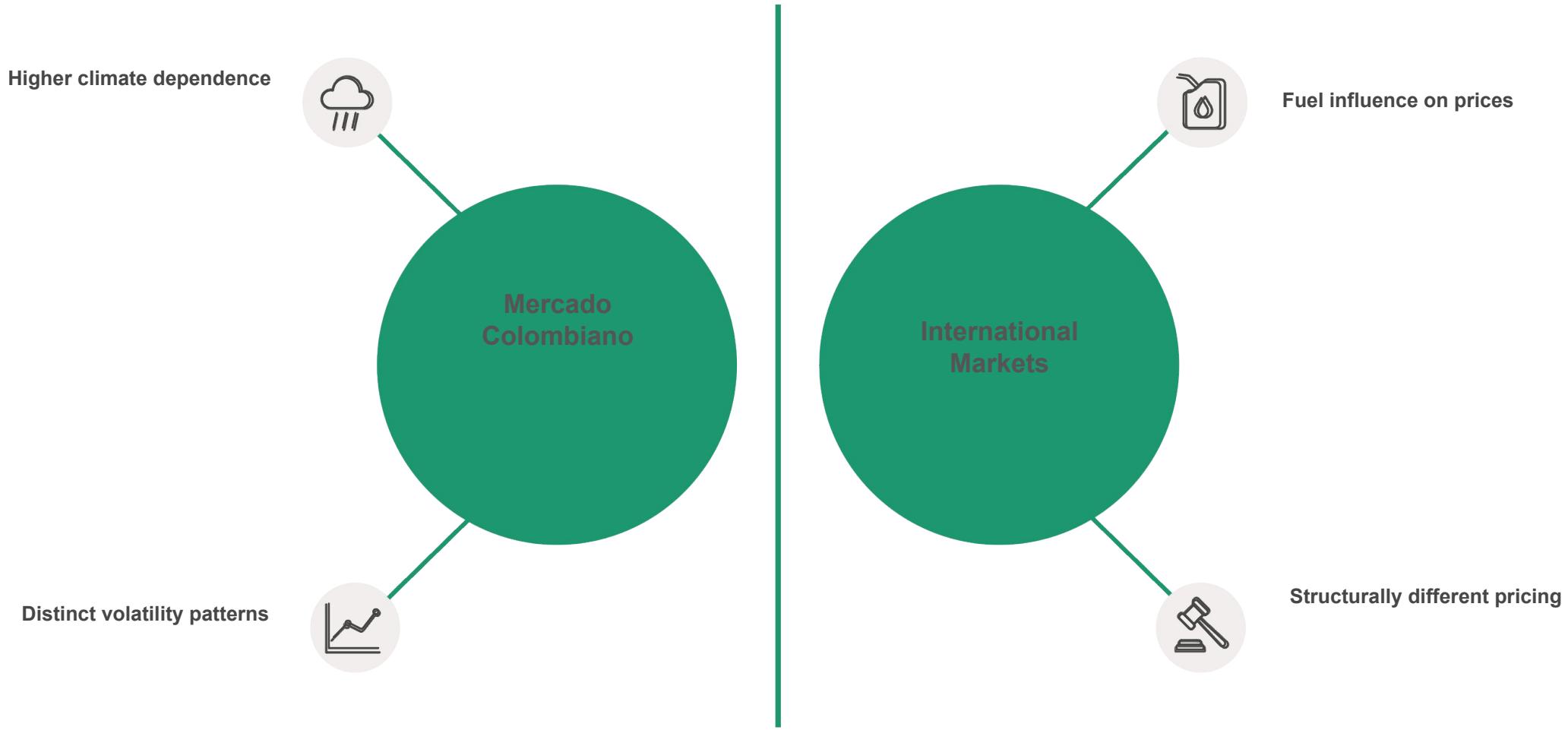


Sistema de fallback con datos sintéticos



Integración del ecosistema Python especializado

# Diferencias Estructurales entre Mercados



# Próximos Pasos y Trabajo Futuro



Incorporación de datos climáticos reales

Desarrollo de modelos híbridos más sofisticados

Implementación de técnicas de deep learning

Expansión a otros mercados energéticos regionales

Desarrollo de interfaz de usuario para stakeholders

# Conclusiones Principales

- 1 Aplicación Python cumplió satisfactoriamente los objetivos planteados
- 2 Herramienta robusta desarrollada para análisis del mercado eléctrico
- 3 Bases metodológicas y técnicas establecidas para sistemas avanzados
- 4 Validación de utilidad de herramientas computacionales en mercados energéticos
- 5 Importancia de continuar refinando modelos con variables adicionales

# Tecnologías y Librerías Utilizadas



Pandas

Manipulación y análisis de datos



NumPy

Computación numérica



Scikit-learn

Machine Learning (Random Forest)



Matplotlib/Seaborn

Visualización de datos



Requests

Extracción de datos de APIs

# Impacto y Aplicaciones Prácticas



Herramienta robusta para análisis del mercado eléctrico colombiano



Base metodológica para sistemas avanzados de predicción



Validación de herramientas computacionales en mercados energéticos



Fundamento para desarrollo de sistemas más sofisticados

# Limitaciones y Desafíos Identificados

## Captura de Eventos Extremos

Captura de eventos extremos (spikes de precios)

## Dependencia de Datos Sintéticos

Dependencia de datos sintéticos para variables críticas

## Ausencia de Datos Climáticos

Ausencia de datos climáticos reales en tiempo real

## Volatilidad Estocástica

Necesidad de modelos más sofisticados para volatilidad estocástica

# Análisis de Volatilidad - Hallazgos Clave

Nuestro análisis de volatilidad del mercado eléctrico colombiano ha revelado los siguientes hallazgos principales:



## Desviación estándar rolling de 30 días como métrica principal

Utilizamos la desviación estándar rolling de 30 días para capturar la variabilidad a corto plazo y la exposición al riesgo.



## Identificación de períodos de alta volatilidad

Hemos detectado claramente los momentos de mayor inestabilidad en los precios spot, crucial para la toma de decisiones.



## Correlación con eventos climáticos específicos

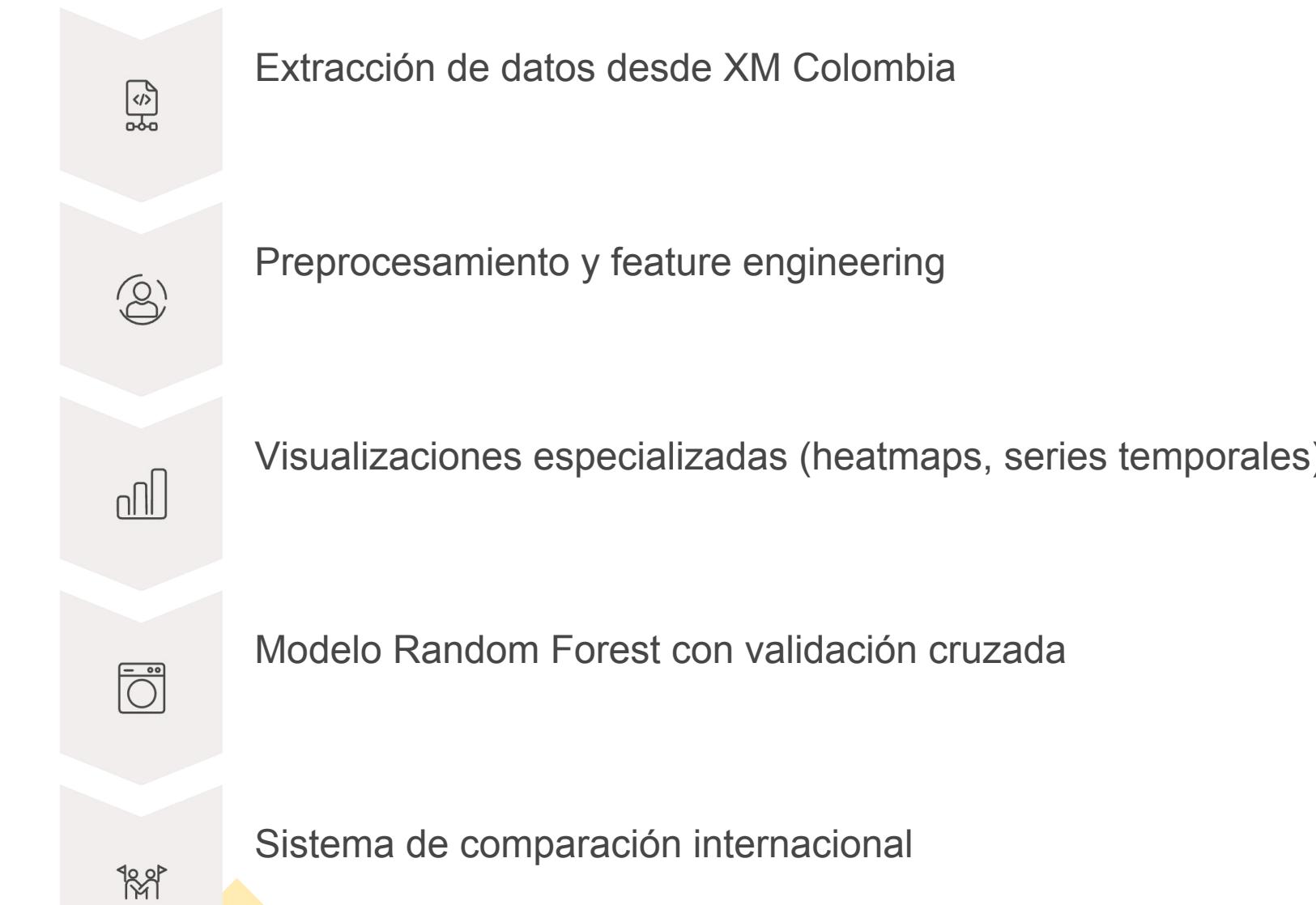
Existe una fuerte correlación entre los picos de volatilidad y fenómenos climáticos como El Niño o La Niña.



## Patrones diferenciados entre mercados nacionales e internacionales

Los drivers de volatilidad son distintos para el mercado colombiano en comparación con otros mercados energéticos globales.

# Implementación Técnica - Componentes Clave



# Métricas de Desempeño del Modelo



**MAE (Mean Absolute Error)**

Cuantificó precisión predictiva



**Variables de lag**

Alta importancia predictiva confirmada



**RMSE (Root Mean Square Error)**

Evaluó magnitud de errores



**Capacidad de captura de relaciones no lineales**

Demostrada

# Validez del Enfoque Integrado



Combinación efectiva de análisis teórico, herramientas computacionales y comparación internacional



Ecosistema Python permitió flujo de trabajo integrado



Arquitectura implementada sirve como base para extensiones futuras



Herramientas computacionales validadas para análisis de mercados energéticos complejos

# Oportunidades de Mejora Identificadas



Incorporar modelos híbridos  
(ARIMA-GARCH + Machine Learning)



Integración de datos climáticos reales



Implementar modelos de cambio de régimen  
para capturar spikes



Desarrollo de componentes de volatilidad estocástica

# Desempeño del Modelo Random Forest

## Fortalezas:

- Capacidad para capturar relaciones no lineales
- Métricas MAE y RMSE cuantificaron error predictivo
- Variables de lag mostraron alta importancia predictiva

## Limitaciones:

- Dificultad para capturar eventos extremos (spikes)
- Dependencia de datos sintéticos para variables críticas
- Ausencia de componentes de volatilidad estocástica

# Patrones de Estacionalidad Identificados

Nuestro análisis reveló patrones claros de estacionalidad y volatilidad en los precios spot, permitiendo una comprensión más profunda del comportamiento del mercado.

## Estacionalidades Confirmadas

Identificamos patrones diarios, semanales y anuales recurrentes en los precios spot, fundamentales para la predicción.

## Volatilidad Caracterizada

La volatilidad fue caracterizada mediante la desviación estándar rolling de 30 días, mostrando sus fluctuaciones temporales.

## Heatmap de Precios por Hora

Un heatmap visualizó claramente los períodos de máxima demanda y precios elevados a lo largo del día y la semana.

## Correlación con Eventos Climáticos

Se encontró una correlación significativa entre los períodos de alta volatilidad de precios y la ocurrencia de eventos climáticos específicos.

# Hallazgos Técnicos del Desarrollo

- **Arquitectura efectiva mediante POO:** El uso de Programación Orientada a Objetos facilitó un diseño modular y escalable, crucial para la robustez de la aplicación.
- **Capacidades completas de visualización:** Se desarrollaron herramientas de visualización interactivas que permiten un análisis profundo y una comprensión intuitiva de los patrones de precios.
- **Manejo robusto de datos con sistema de fallback:** La implementación de un sistema de respaldo con datos sintéticos asegura la continuidad operativa y previene fallos por indisponibilidad de datos reales.
- **Preprocesamiento esencial para calidad del análisis:** La etapa de preprocesamiento de datos resultó ser crítica para garantizar la exactitud y fiabilidad de los modelos predictivos y los análisis generados.

# Objetivos Específicos

## Extracción y Consolidación de Datos

- Sistema de adquisición de datos históricos (XM Colombia)
- Datos internacionales comparativos
- Mecanismos de respaldo con datos sintéticos

## Análisis Exploratorio y Visualización

- Visualizaciones temporales para patrones y tendencias
- Análisis comparativos entre mercados
- Gráficos de volatilidad y estacionalidad

## Modelación Predictiva

- Modelo Random Forest para pronóstico
- Features de ingeniería temporal
- Evaluación con métricas MAE y RMSE



# **¡Gracias por su Atención!**

## **Preguntas y Discusión**

