



Proyecto Final Modelo GARCH

Alumno: Humberto Alejandro García Medina

Profesor: Julio César Galindo López

Series de Tiempo

Indice

1. Objetivo	3
2. Introducción.....	3
3. Metodología	3
4. Resultados	4
5. Conclusiones	7
6. Referencias.....	7

1. Objetivo

El objetivo de este proyecto es emplear un enfoque combinado de los modelos ARIMA y GARCH(1,1) para analizar y predecir la volatilidad y los precios futuros del petróleo WTI (West Texas Intermediate). El modelo ARIMA se utilizará para modelar y predecir los rendimientos logarítmicos del precio del petróleo, mientras que el modelo GARCH(1,1) se ajustará a los residuos del modelo ARIMA para estimar la volatilidad condicional de los rendimientos. Este enfoque permitirá obtener predicciones más precisas de los precios futuros del petróleo en el periodo comprendido entre enero de 2018 y abril de 2025.

2. Introducción

El precio del petróleo es un indicador muy importante en la economía mundial, ya que influye en diferentes sectores, desde las actividades primarias hasta las actividades terciarias. Como es uno de los productos mas consumidos a nivel global, las fluctuaciones en sus precios impactan de forma significativa los mercados financieros y las políticas económicas de los países. Dentro de los diferentes tipos de petróleo crudo, el West Texas Intermediate (WTI) es uno de los más relevantes, siendo un referente para los precios globales.

En este contexto, es importante poder estimar la volatilidad del precio del petróleo para las instituciones financieras ya que refleja el riesgo asociado a las variaciones de los precios.

Es por ello que el modelo GARCH es uno de los modelos más utilizados para modelar la volatilidad de series financieras. Este modelo permite abordar las características de la heteroscedasticidad condicional que presentan las series temporales financieras, como los precios del petróleo. Sin embargo, en este estudio se incorpora un enfoque combinado, utilizando tanto el modelo ARIMA, como el modelo GARCH(1,1). Esta combinación proporciona una herramienta más precisa para la predicción de los precios futuros del petróleo, mejorando la estimación del riesgo asociado.

3. Metodología

El modelo ARIMA se utilizó para modelar y predecir los rendimientos logarítmicos del precio del petróleo, mientras que el modelo GARCH(1,1) se aplicó a los residuos del modelo ARIMA para modelar la volatilidad condicional de los rendimientos. Primero se descargaron los datos históricos diarios del precio del petróleo de yahoo finanzas, a partir de estos se obtuvieron los rendimientos logarítmicos, por medio de la fórmula.

$$r_t = \ln\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right)$$

r_t representa el rendimiento logarítmico y P_t es el precio del cierre en el día t . r_t es la variable dependiente en el modelo

Se realizaron gráficas tanto de los precios originales como de los rendimientos logarítmicos con el objetivo de visualizar la evolución del precio del petróleo y observar la presencia de heterocedasticidad, lo cual justifica el uso de modelos GARCH. Estas visualizaciones también ayudaron a confirmar la adecuación de los modelos para capturar las fluctuaciones del precio.

Se aplicó este modelo a los rendimientos logarítmicos, los cuales escalamos a 100 para mejorar la convergencia numérica del estimador. Se obtuvo la volatilidad condicional estimada, para ver su evolución en el tiempo.

Se ajustó un modelo ARIMA de manera automática a los rendimientos logarítmicos del precio del petróleo, con el fin de modelar la serie temporal de los rendimientos y realizar predicciones de estos para el futuro. El modelo ARIMA captura las dependencias temporales de los rendimientos logarítmicos y proporciona una estimación de los valores futuros sin tener en cuenta la volatilidad directamente. Una vez ajustado el modelo ARIMA, se aplicó el modelo GARCH(1,1) a los residuos del modelo ARIMA, esto permitió modelar la volatilidad condicional de los rendimientos logarítmicos. Se obtuvo la volatilidad esperada para los rendimientos futuros.

Se generó una predicción de los rendimientos futuros utilizando el modelo ARIMA y, posteriormente, se combinó con la volatilidad esperada del modelo GARCH. Una vez hecho esto, se simulaban los precios futuros del petróleo para un horizonte de 2 años aproximadamente.

Se graficaron tanto los precios históricos como las predicciones de precios futuros. Además, se graficó la volatilidad condicional esperada como una extensión de la serie histórica para visualizar cómo se espera que evolucione el riesgo asociado con las fluctuaciones en los precios del petróleo.

4. Resultados

• Análisis de Datos de Precios

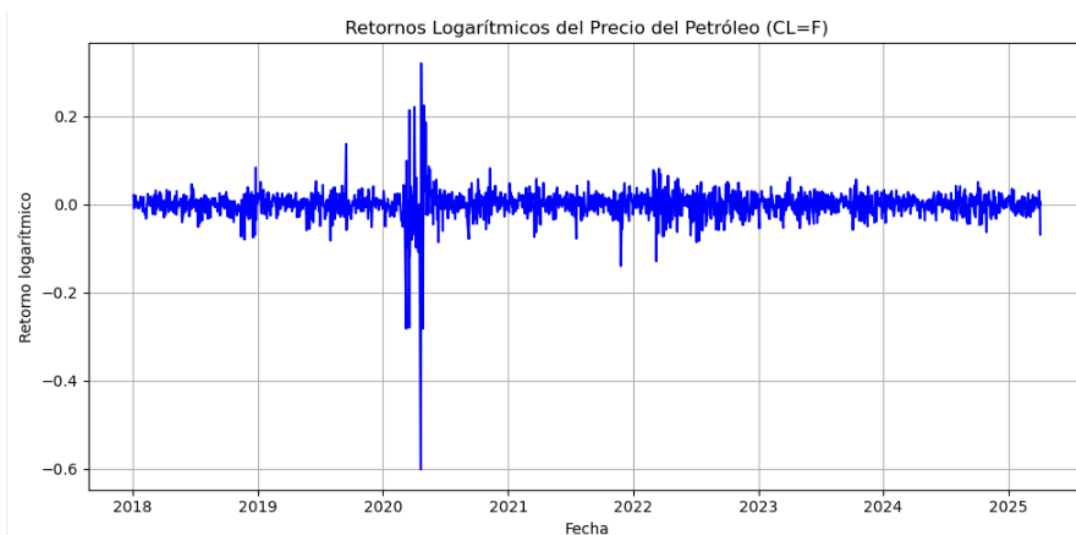
Se descargaron los datos históricos de los precios de cierre del petróleo crudo WTI de Yahoo Finance con un periodo comprendido entre el 1 de enero de 2018 y el 4 de abril de 2025.

	Fecha	Precio_Cierre
0	2018-01-02	60.369999
1	2018-01-03	61.630001
2	2018-01-04	62.009998
3	2018-01-05	61.439999
4	2018-01-08	61.730000

Se calcularon los rendimientos logarítmicos, estos se escalaron a 100, los cuales representan la variación del precio del activo entre dos periodos consecutivos. A continuación, se presentan las primeras observaciones.

	Fecha	LogRendimientos
1	2018-01-03	2.065651
2	2018-01-04	0.614685
3	2018-01-05	-0.923457
4	2018-01-08	0.470896
5	2018-01-09	1.972956

Así se ve la serie de tiempo de los rendimientos de los precios del petróleo.



Al observar la gráfica de los rendimientos logarítmicos, se identifican periodos de alta volatilidad, especialmente en el año 2020, lo cual coincide con la fuerte inestabilidad causada por la pandemia de COVID-19. Esta elevada variabilidad en los rendimientos respalda el uso de modelos GARCH, ya que estos modelos son adecuados para capturar la heterocedasticidad condicional.

Predicción del Precio con Modelo ARIMA + GARCH

Se implementó una estrategia de modelado conjunto utilizando un modelo ARIMA para capturar la dinámica media de los rendimientos logarítmicos, y un modelo GARCH(1,1) sobre los residuos del ARIMA para modelar la volatilidad condicional. Todos los coeficientes resultaron estadísticamente significativos ($p < 0.05$), lo cual indica un buen ajuste a los datos. El bajo valor del criterio AIC (9,485.873) refuerza

la calidad del modelo. Sin embargo, se observó que los residuos del modelo presentan heterocedasticidad ($\text{Prob}(H) = 0.00$), lo que justifica aplicar un modelo GARCH adicional para capturar esta variabilidad no explicada por el ARIMA.

```

=====
SARIMAX Results
=====
Dep. Variable:          y      No. Observations:      1822
Model:                 SARIMAX(3, 0, 4)      Log Likelihood      -4734.936
Date:                  Fri, 11 Apr 2025      AIC                  9485.873
Time:                  23:49:28      BIC                  9529.934
Sample:                0      HQIC                  9502.128
                    - 1822
Covariance Type:      opg
=====
              coef      std err          z      P>|z|      [0.025      0.975]
-----
ar.L1         -0.8973      0.044     -20.233      0.000      -0.984      -0.810
ar.L2         -0.7814      0.039     -20.006      0.000      -0.858      -0.705
ar.L3         -0.7806      0.032     -24.046      0.000      -0.844      -0.717
ma.L1          0.8552      0.046      18.722      0.000       0.766       0.945
ma.L2          0.6670      0.044      15.231      0.000       0.581       0.753
ma.L3          0.6036      0.037      16.464      0.000       0.532       0.675
ma.L4         -0.0543      0.016      -3.355      0.001      -0.086      -0.023
sigma2        10.5872      0.075     141.651      0.000      10.441      10.734
=====
Ljung-Box (L1) (Q):          0.00      Jarque-Bera (JB):      363201.86
Prob(Q):                    0.98      Prob(JB):              0.00
Heteroskedasticity (H):      0.20      Skew:                  -3.27
Prob(H) (two-sided):        0.00      Kurtosis:              71.86
=====

```

El modelo GARCH(1,1) se ajustó a los residuos del ARIMA para modelar la evolución temporal de la varianza condicional. Una vez calibrados ambos modelos, se realizó una predicción conjunta a 2 años aproximadamente, simulando rendimientos futuros al combinar la tendencia esperada del ARIMA con choques aleatorios escalados por la desviación estándar condicional estimada por el GARCH.

Los rendimientos simulados fueron convertidos nuevamente a precios utilizando la fórmula exponencial, comenzando desde el último precio histórico observado. El resultado se presenta en la gráfica, donde se muestra una trayectoria futura del precio del petróleo coherente con la dinámica histórica. Esta estrategia combinada permite capturar tanto la media como la variabilidad de los rendimientos, generando proyecciones más realistas frente a modelos que solo consideran una de estas características.



La proyección del gráfico muestra una trayectoria volátil, con incrementos y caídas significativas, lo que refleja la incertidumbre al mercado energético.

5. Conclusiones

El modelo conjunto ARIMA+GARCH permitió capturar adecuadamente tanto la dinámica media como la volatilidad del precio del petróleo WTI. La proyección de precios futuros combinó ambos efectos, generando una estimación más realista del comportamiento del petróleo. Con esto probamos como GARCH(1,1) ayuda para predecir series financieras ya que tienen una volatilidad muy alta, y con el modelo ARIMA ajustado, el modelo GARCH se puede aplicar a los residuos del modelo ARIMA para poder tener una predicción mucho más precisa de un mercado volátil como el de una commodity.

6. Referencias

Yahoo Finance. (2025). Crude Oil WTI (CL=F) Historical Data.

Fecha de consulta: 6 de abril de 2025

<https://finance.yahoo.com/quote/CL%3DF/history>