

# ANÁLISIS DE RIESGO BURSÁTIL Y MODELO DE PREDICCIÓN DE LAS ACCIONES DE LA EMPRESA HOLCIM S.A. EN EL PERIODO 2018-2023.

## STOCK MARKET RISK ANALYSIS AND PREDICTION MODEL FOR HOLCIM S.A. SHARES IN THE PERIOD 2018-2023.

Jessica Adriana Orellana Simbaña<sup>1\*</sup>, [jessica.orellana.13@est.ucacue.edu.ec](mailto:jessica.orellana.13@est.ucacue.edu.ec) ORCID 0000-0002-0111-1963

Wilson Alejandro Guzmán Espinoza<sup>2</sup>, [wilson.guzman@ucacue.edu.ec](mailto:wilson.guzman@ucacue.edu.ec) ORCID 0000-0002-7074-1942

*Recibido: 12-ago-2024, Aceptado: 08-dic-2024, Publicado: 01-ene-2025*

### Resumen

El presente estudio se enfoca en examinar las fluctuaciones en los valores de las acciones de Holcim en el mercado bursátil, con el objetivo de desarrollar un modelo econométrico que permita observar y pronosticar la variabilidad de los precios. La investigación se centra en analizar el rendimiento de la compañía a partir de los precios diarios, durante los periodos de 2018 a 2023, que refleja caídas por factores de la salud financiera y factores externos como la pandemia. Además, se realiza una predicción del valor futuro para los próximos 150 días. Los resultados muestran que las acciones de Holcim presentan una volatilidad moderada. Por ende, los inversores en Holcim deben estar preparados para asumir un cierto grado de riesgo debido a la variabilidad en los precios de las acciones. El modelo ARIMA (25,1,6) sugiere un enfoque prometedor para prever los precios reales, mientras que el modelo de volatilidad GARCH (1,1) incorpora eficazmente varianzas condicionales pasadas y prevé un rendimiento esperado del 0,0124 % para el 11 de julio. Su impacto puede aumentar significativamente si se mantiene de forma consistente y se acumula a lo largo del tiempo debido al interés compuesto. Finalmente, Los modelos son efectivos para modelar cambios en la volatilidad, especialmente si estos cambios son repentinos, pero no capturan adecuadamente cambios estructurales o de nivel en los datos, ya que el mercado bursátil presenta varios problemas fundamentales tales como: riesgo de especulación, cambios en el mercado, cambios gubernamentales y eventos globales.

**Palabras clave:** ARIMA, ARCH, GARCH, Volatilidad..

### Abstract

*This study examines Holcim's stock market value fluctuation to develop an econometric model for observing and forecasting price variability. The research analyzes the company's performance based on daily prices from 2018 to 2023, reflecting declines due to financial health issues and external factors such as the pandemic. In addition, a forecast of the future value for the next 150 days is provided. The results show that Holcim's stock exhibit moderate volatility. Therefore, investors in Holcim should be prepared to assume a certain degree of risk due to the variability in stock prices. The Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) (25,1,6) model suggests a promising approach to forecasting actual prices. In contrast, the Generalized AutoRegressive Conditional Heteroskedasticity (GARCH) (1,1) volatility model effectively incorporates past conditional variances and predicts an expected return of 0.0124% for July 11. Its impact could significantly increase if it remains constant and accumulates over time due to compound interest. Finally, the models are effective in modeling changes in volatility, especially if these changes are sudden. However, they do not adequately capture structural or level changes in the data, as the stock market presents several fundamental issues, such as speculative risk, market fluctuations, governmental changes, and global events.*

**Keywords:** ARIMA, ARCH, GARCH, volatility.

<sup>1</sup> Universidad Católica de Cuenca, Ecuador.

<sup>2</sup> Universidad Católica de Cuenca, Ecuador.

## 1 Introducción

En un entorno financiero caracterizado por una volatilidad creciente, el análisis del riesgo vinculado a las inversiones en el mercado bursátil se vuelve esencial. Anticipar con precisión las fluctuaciones en el valor de las acciones no solo permite a los inversores tomar decisiones más informadas, sino que también representa una ventaja económica significativa en un mercado de cambio constante.

Según la organización Faster Capital (2024), entidad que brinda servicios de desarrollo técnico y desarrollo de negocios. La volatilidad en los precios de las acciones es causada por una variedad de factores, tales como: factores fundamentales, que abarca el análisis financiero de las empresas cotizadas en la Bolsa de Valores, factores técnicos, que corresponde el análisis de las tendencias de precios de las acciones, noticias de índole financiera, el sentimiento del mercado, que refleja la perspectiva de los inversionistas, entre otros factores adicionales.

Para Minga (2022), menciona que es mejor usar modelos matemáticos y econométricos que consideran factores como la varianza y estacionariedad para evitar errores de cálculo y ser más precisos. A esto, Ferrando (2012), con un modelo GARCH se puede modelar y predecir la volatilidad de las series financieras, pero Ordoñez (2020), recalca que la volatilidad está implícita y recomienda aplicar un modelo de series temporales ARIMA, donde se pronostique en función de datos univariados, al mercado de estudio.

Además, la volatilidad es un desafío para los inversores debido a la incertidumbre en los precios en el futuro, lo que impacta directamente en la rentabilidad. Por ende, las decisiones de compra y venta de acciones son esenciales para los inversores, quienes tienen un gran interés en predecir el comportamiento de los precios de las acciones en diferentes marcos temporales, ya sean en horas, días, semanas, meses o incluso años. El objetivo de este estudio es analizar el riesgo de las acciones de HOLCIM que cotizan en el mercado bursátil, utilizando modelos econométricos y de volatilidad. A través de un modelo ARIMA se busca identificar patrones del comportamiento de los precios, determinar tendencias y realizar pronósticos, a su vez para evaluar el riesgo asociado a la inversión de estas acciones se utiliza los modelos GARCH/ARCH, proporcionando una comprensión profunda de la estabilidad y posibles fluctuaciones en el futuro.

El análisis de riesgo no solo es relevante para los actuales y potenciales inversores de Holcim, sino también para los analistas del mercado, reguladores y otros actores interesados en entender las dinámicas de un gigante de la industria de la construcción dentro de uno de los mercados más estables y desarrollados del mundo. Con ello, se espera contribuir al conocimiento y a la toma de decisiones informadas en el ámbito de la inversión bursátil.

### 1.1 Aspectos teóricos de los activos financieros

Se entiende de activos financieros a elementos fundamentales dentro de las carteras de inversión y para el adecuado funcionamiento de los mercados. Estos activos abarcan una amplia gama que va desde acciones y bonos hasta instrumentos más complejos como derivados financieros. Su propósito principal es generar ingresos o rendimientos para sus propietarios mediante pagos de intereses, dividendos o ganancias de capital (Raisin, 2024).

La comprensión de estos activos es crucial para inversores, empresas y entidades financieras, permitiéndoles tomar decisiones informadas sobre asignación de recursos y gestión de riesgos. El mercado de valores, esencial en el sistema financiero global, facilita la negociación de diversos instrumentos como acciones, bonos y derivados, promoviendo la interacción entre emisores y compradores para una transferencia eficiente de capital. Dominar los fundamentos y el funcionamiento de estos elementos es clave para una gestión financiera efectiva en cualquier ámbito de investigación como lo mencionan Reyes et al., (2023) en su investigación.

Un activo financiero es un instrumento que representa un derecho de propiedad sobre un activo físico, como acciones o bonos, o una relación contractual que posee valor económico. Estos activos se compran o adquieren con el fin de generar rendimientos financieros. Entre los principales activos financieros se destacan acciones, bonos, fondos de inversión, opciones y futuros, cuentas de ahorro y depósitos a plazo, divisas (Forex), metales preciosos y materias primas. Las acciones, en particular, son cruciales para que las empresas se capitalicen sin recurrir al endeudamiento, ofreciendo participaciones a inversores que buscan rentabilidad a través del aumento del capital y dividendos (Córdova, 2012). Todos estos activos financieros se comercializan en la bolsa de valores, que según García (2018), abarca todas las operaciones de compra y venta de activos financieros, tales como acciones, bonos, derivados y fondos de inversión. Este mercado facilita la transferencia de

fondos entre inversores y emisores (empresas o gobiernos) para obtener financiamiento o inversión.

Según los autores, Bodie et al., (2014), señalan que el mercado de valores comprende el mercado primario, donde los emisores emiten nuevos valores a inversores a través de OPIs (Initial Public Offerings) llamada también como Ofertas Públicas Iniciales o emisiones de bonos, y el mercado secundario, donde los inversores negocian valores entre sí en bolsas de valores o mercados electrónicos sin la intervención directa del emisor. Los activos de renta variable son comercializados en el mercado bursátil, que, es un segmento del mercado de valores donde se comercian acciones de empresas públicas en bolsas organizadas como la NYSE o conocida como la Bolsa de New York, NASDAQ (National Association of Securities Dealers Automated Quotation), llamada como la Asociación Nacional de Corredores de Valores de los Estados Unidos y LSE (London Stock Exchange) o llamada como la Bolsa de Londres.

Este mercado es dinámico y abierto, influenciado por las fuerzas de oferta y demanda, con precios que fluctúan continuamente debido a la información disponible sobre riesgo, rendimiento y accesibilidad, que influye en las decisiones de inversión y financiamiento (García, 2024). Para participar en los mercados financieros, es esencial considerar dos factores clave: rendimiento y riesgo, que constituyen un binomio omnipresente para todos los participantes. La rentabilidad de los activos financieros, según Bankinter (2019), se refiere a la ganancia esperada de la inversión, como los dividendos. Sin embargo, las ganancias o pérdidas están influenciadas por varios elementos fundamentales:

- La situación económica financiera del país y su población, que analiza el mercado de trabajo, salarios, consumo, ahorro e inversión.
- Situación financiera de la empresa en la que se quiere invertir, diferenciando entre empresas con crecimiento constante y aquellas con problemas de liquidez o estancamiento.
- Objetivos del apalancamiento al emitir valores, analizando qué se busca alcanzar con los beneficios obtenidos de la venta de acciones, como la búsqueda de liquidez.

Estos escenarios son inherentemente inciertos debido a la probabilidad de ocurrencia o no ocurrencia, reflejando la incertidumbre del mercado. A mayor rentabilidad esperada, mayor riesgo de no ocurrencia, lo que guía las decisiones de inversión (Educa Portal de Educación, 2022):

- Bajo condiciones de riesgo similares, los inversores elegirán siempre la inversión que ofrezca mayor rentabilidad.
- En situaciones de rentabilidad comparable, los inversores preferirán la inversión con menor riesgo.

Según las bajas o inferiores tasas de rentabilidad provocan a los inversionistas que asuman riesgos, mismos que pueden causar inestabilidad económica y financiera, debido a que los mercados son grandes y tienen características diferentes por lo que los riesgos que se pueden presentar también son diferentes y a continuación se destacan los siguientes:

- **Riesgo de precio o de mercado:** Según los autores Francischetti et al., (2014) el riesgo total de un activo se compone de dos partes: riesgo no diversificable y riesgo diversificable. El riesgo diversificable, también conocido como no sistemático, se refiere a la parte del riesgo que surge de eventos aleatorios y que puede ser mitigado mediante la diversificación. Por otro lado, el riesgo no diversificable, o sistemático, está asociado con factores de mercado que impactan a todas las empresas. Además, la vida económica implica asumir riesgos y enfrentar situaciones imprevistas, lo que se resume en la noción de incertidumbre.
- **Tipos de cambio:** Hace referencia a la variación de las divisas frente a otras, debido a fluctuaciones de la paridad de la moneda extranjera, nacional frente a otras divisas, en el sentido de la posición en la que se mantenga, un movimiento puede generar pérdidas o ganancias de posición (Gaytán Cortés, 2018).

La fluctuación del precio de una acción se refiere a la elevada volatilidad en el valor de la acción debido a la influencia de movimientos desfavorables en los precios de activos financieros de renta variable, acciones, derivados o índices bursátiles relacionados (Infront Analytics, 2024). Por ende, para analizar los activos financieros en el mercado es importante que exista la información de la empresa o compañía que está ofertando dentro de este mercado, es decir para que la gente tome decisiones en materia de inversión, la información debe ser simétrica.

## 1.2 Determinantes de los precios de las acciones

El precio de una acción se determina principalmente por la oferta y la demanda en el mercado. Según Velandia et al., (2024), los principales factores que afectan los precios de las acciones incluyen las tasas de interés, la inflación, las políticas económicas del gobierno, y la inestabilidad geopolítica. Las empresas que ofrecen acciones lo hacen con la intención de aumentar su capital, lo que les permite financiar nuevas inversiones y expandir sus operaciones (Investor, 2023).

La salud financiera de la empresa también juega un papel importante, ya que los inversores tienden a preferir aquellas empresas con un crecimiento estable y con menos riesgos financieros. Además, los movimientos en los tipos de cambio pueden afectar significativamente el valor de las acciones de empresas con operaciones internacionales (Investor, 2024).

Tras una caída considerable, es posible que los precios desciendan por debajo de su valor intrínseco, lo que los inversores pueden interpretar como una oportunidad de compra. Esta dinámica genera una demanda que empuja los precios hacia arriba, indicando una corrección natural tras una fase de sobreventa. Los inversores, motivados por expectativas futuras, suelen comenzar a adquirir acciones si prevén mejoras económicas, recuperación corporativa o cambios favorables en la política monetaria. Este optimismo puede resurgir rápidamente, especialmente cuando los datos macroeconómicos o los resultados financieros empiezan a mostrar señales de recuperación (Bankinter, 2019).

### 1.3 Modelos de valoración basados en la volatilidad

Existen diversos métodos y análisis que facilitan la toma de decisiones de inversión para maximizar la rentabilidad y los rendimientos. Alonso (1995), destaca que, debido a la naturaleza irregular y cambiante de la volatilidad en los rendimientos bursátiles, sobre la cartera española, los modelos convencionales tienen un ajuste modesto GARCH, las restricciones de positividad de este modelo, su forma lineal y la imposición de una respuesta simétrica de la varianza condicional a las innovaciones parecen dañar sensiblemente el comportamiento empírico del modelo EGARCH, en el cual, el riesgo de la serie aumenta más cuando los rendimientos bursátiles son menores que los esperados que cuando son mayores. Se recalca que estos modelos son superados por modelos más flexibles, como el de dos regímenes, que pueden captar mejor estos cambios abruptos y no sistemáticos en la volatilidad.

Como menciona Varea (2021), en su investigación, analiza la rentabilidad en el mercado alemán DAX empleando los modelos Sharpe, CAPM y ARIMA. El modelo Sharpe examina la relación entre el rendimiento y el riesgo de un activo financiero, mientras que el modelo CAPM proporciona una estimación del rendimiento esperado considerando el riesgo sistemático y la tasa libre de riesgo. Los resultados de estos dos modelos indicaron una rentabilidad del 9 %. En contraste, el modelo ARIMA, utilizado para la predicción de series temporales, produjo una estimación de -12,69 %, lo que sugiere que este modelo es menos efectivo para prever el comportamiento de acciones en series temporales.

Según Amate (2018), quien examina los modelos "ARCH y GARCH" para prever la volatilidad de la gasolina sin plomo, observa que la volatilidad pronosticada muestra un aumento parabólico. Además, señala que el modelo GARCH, una extensión del modelo de heterocedasticidad condicional autorregresiva, se basa en las variaciones condicionales de períodos anteriores y en la varianza condicional afectada por los cuadrados de las perturbaciones, de manera similar al modelo ARCH.

A su vez los autores Trejo & Gallegos (2021), miden el riesgo en el mercado financiero mexicano, durante periodos de alta volatilidad con las metodologías beta del CAPM, VaR- simulación histórica, VaR-Delta Normal y VaR-simulación Montecarlo, los resultados demuestran que posterior a los periodos de alta volatilidad, el modelo VaR-SH muestra un riesgo mayor que el modelo CAMP, eso supone que las instituciones financieras que usan el CAMP subestiman el riesgo en algunas sus inversiones, por lo que demuestra que es necesario realizar los ambos modelos para reducir el riesgo de inversión, puesto que el modelo VaR no contemplan la ocurrencia de eventos externos, es decir los niveles de riesgo podrían subestimarse en periodos de alta volatilidad.

## 2 Metodología

Los datos se obtienen de información pública proporcionada por la plataforma financiera Yahoo Finance. Esta plataforma ofrece cotizaciones bursátiles y datos financieros de Holcim, que está listada en varios mercados internacionales.

El periodo de estudio es justificado por el contexto económico global, como son dos eventos importantes: las tensiones políticas en cuanto al riesgo bancario de Suiza, y la postpandemia, que incidieron en los precios de las acciones en el mercado bursátil. En cuanto a la metodología utilizada en el presente estudio es no experimental, ya que se limitan a observar y analizar los datos reales sin intervención. Descriptivo porque se registra, se describe patrones y tendencias del comportamiento de las acciones. Longitudinal porque se evalúa los riesgos y cambios a lo largo de cinco años.

Concretamente, el estudio se centra en analizar el rendimiento y rentabilidad en el tiempo, a partir de los precios diarios de Holcim en el mercado bursátil, identificar factores que explique la volatilidad, y realizar pronósticos, con la aplicación

de modelos ARIMA de la metodología de Box Jenkins cuyo proceso es la identificación, estimación de parámetros y validación de un modelo que predice los rendimientos futuros basados en valores pasados. Y la aplicación de los modelos ARCH/GARCH que explica la volatilidad en los rendimientos e identifica periodos altos y bajos de riesgo.

Para llevar a cabo el análisis de este modelo se hizo uso del paquete estadístico R studio. Primeramente, se demostró la presencia de variables estacionarias y para ello se hizo un análisis gráfico y para la búsqueda de la raíz unitaria se aplicó la prueba de Dickey-Fuller considerando las posibles diferenciaciones a realizar. Tras aplicar la diferenciación, se realiza nuevamente el test para confirmar la estacionariedad de la serie. Con base en los resultados, se lleva a cabo la identificación del modelo, tomando decisiones basadas en las funciones ACF y PACF, tanto en sus componentes regulares como estacionales. Seguidamente, la estimación con el ajuste del modelo ARIMA seleccionado, se realiza el diagnóstico con la evaluación de los residuos en el cual el modelo no debe mostrar patrones significativos a través de los gráficos ACF y PACF de los residuos, y realizar la predicción a 150 días.

Finalmente, para examinar la variabilidad de los rendimientos de las acciones, el artículo de Picón (2022), señalan los modelos ARCH y GARCH permite medir los cambios sistemáticos de la volatilidad de una serie. El término ARCH es un modelo autorregresivo heterocedástico, explica que la varianza no se mantiene constante y está influenciada por el cuadrado de las observaciones previas, expresada de la siguiente manera:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i E_{t-i}^2$$

Donde  $\sigma_t^2$  es la varianza en el momento t,  $\alpha$  el parámetro del modelo,  $E_{t-i}^2$  son los términos de error.

En cambio, el modelo GARCH, especifica una relación dinámica entre la volatilidad en un período de tiempo específico y los errores de volatilidad en períodos anteriores, es decir involucra las perturbaciones y las varianzas rezagadas, expresada de la siguiente manera:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 E_{t-1}^2 + \dots + \alpha_q E_{t-q}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2 + \beta_q \sigma_{t-q}^2$$

Donde  $\sigma_t^2$  es la varianza en el momento t,  $\alpha_0$  es la constante de un promedio a largo plazo,  $\alpha_q E_{t-q}^2$  es la información de la volatilidad.

En el contexto de los modelos GARCH se encuentran los criterios que ayudan a comparar y seleccionar el mejor modelo porque proporciona una precisión del ajuste y simplicidad del modelo, como son: Criterio Akaike (AIC), Criterio Bayesiano o de Schwarz. (Flores y Quiroz, 2021).

Según la información proporcionada por la plataforma Faster Capital (2024), señala que el modelo captura las agrupaciones de volatilidad, y como la varianza condicional varía en el tiempo, sin embargo, existe la presencia de limitaciones en el supuesto de normalidad y los errores en la especificación del modelo.

Para realizar el cálculo del rendimiento, Tapia & Pamela (2017) proponen la siguiente fórmula para medir el “rendimiento de los precios de las acciones” expresada de la siguiente manera:

$$R_i = \frac{\Delta \text{valor}}{\Delta \text{valor}_{\text{inicial}}} = \frac{\text{valor}_{\text{final}} - \text{valor}_{\text{inicial}}}{\text{valor}_{\text{inicial}}}$$

## 2.1 Datos

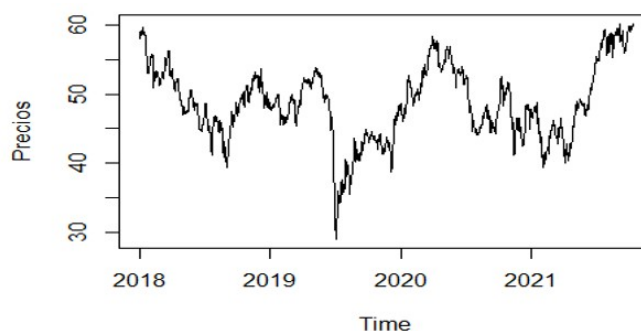
El análisis empírico utiliza dato de corte diario de los precios que cubre el período desde enero de 2018 hasta junio de 2023, con un total de 1386 observaciones, lo que responde a la disponibilidad y comparabilidad de la información. Los datos provienen de la plataforma de Yahoo Finance, que se identifica con el código Holn.sw cotizados en la Bolsa de Suiza en el cual la principal variable son los precios de cierre de las acciones.

### 3 Resultados

La figura 1 presenta el comportamiento de la empresa Holcim desde el 8 de enero de 2018 hasta el 30 de junio de 2023. Durante este período, se observa precios altos en algunos intervalos, con un precio máximo alcanzado de 77,18 CHF francos en el II trimestre del 2023. Aunque la tendencia general es ascendente, se puede notar una caída en los precios debido a dos eventos significativos: el descenso de Credit Suisse, uno de los principales bancos de Suiza, y la crisis sanitaria provocada por el COVID-19. Estos eventos llevaron a precios mínimos de 40,04 CHF francos en 2019 y 48,15 CHF francos en 2021. (Denisse López, 2023).

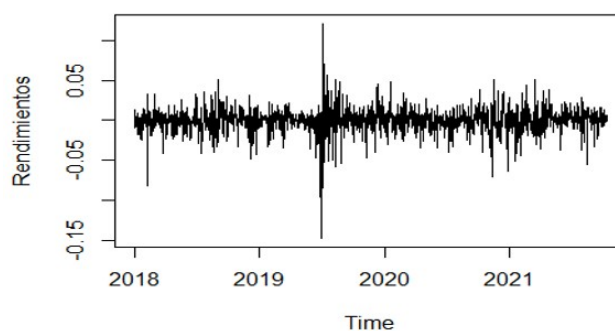
En la figura 2, se muestran los rendimientos de Holcim desde 2018. En primer lugar, se observa que la varianza de la serie no es constante, ya que hay períodos de alta dispersión en los datos. Un ejemplo de esto es la caída de Credit Suisse, uno de los principales bancos suizos, que tuvo un impacto notable en el sistema financiero global y provocó una caída en mayo de 2019. Además, los rendimientos de Holcim fluctúan entre 0.0 y 0.1 % diariamente en el mercado suizo.

**Figura. 1.** Precios de las acciones: enero 2018 a junio 2023



**Fuente:** Adaptado de Yahoo Finanzas (2024), proyección de los precios. Elaborado por: La autora

**Figura. 2.** Comportamiento de los rendimientos



**Fuente:** Adaptado de Yahoo Finanzas (2024), proyección de los precios. Elaborado por: La autora

#### 3.1 Pruebas de raíces unitarias

De acuerdo a la metodología de Box - Jenkins el primer paso para establecer el modelo ARIMA es la identificación. Para determinar si una serie temporal es estacionaria o no, se utilizan tres métodos incluyendo la prueba de Dickey-Fuller aumentada (ADF), Philips Perron (PP), Elliott, Rothenberg y Stock este test evalúa la estacionariedad de una serie temporal con el test de Dickey-Fuller Aumentado y mínimos cuadrados generalizados (DF-GLS), prueba la presencia de raíz unitaria con tendencias estructurales (Krogh, 2024).

Las pruebas de Dickey-Fuller aumentada (ADF) verifican la hipótesis nula de que una serie tiene una raíz unitaria (no es estacionaria), frente a la hipótesis alternativa de que la serie es estacionaria. En las pruebas se han incluido una constante, pero no una tendencia, la serie de precios es estacionaria en niveles, y en primera diferencia. Los precios en niveles sugieren que

la orden de integración de orden uno  $I(1)$  y en sus diferencias  $I(0)$ . Esto indica que la serie temporal puede ser un proceso estocástico con una distribución estable, que no considera eventos extremos (picos altos o bajos). Este comportamiento se debe a cambios abruptos en los precios en determinados periodos por lo cual se aplica los test de cambios estructurales.

La conclusión sobre la no estacionariedad de la serie en niveles se deriva de la evaluación de los resultados de las pruebas de raíces unitarias. En el caso del test ADF, el valor de  $-2.5139$  es significativo al  $10\%$ , pero no alcanza el nivel de significancia del  $5\%$  o  $1\%$ , lo que indica que no hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula de raíz unitaria. Por otro lado, el test PP muestra un valor de  $-2.6747$  que es relevante al  $1\%$ , lo que sugiere que en esta prueba sí se puede rechazar la hipótesis nula de no estacionariedad. Sin embargo, el test ERS, con un valor de  $-1.4587$ , es relevante al  $10\%$ , pero no al  $5\%$  o  $1\%$ . Esta disparidad entre los resultados propone que, aunque uno de los métodos indica estacionariedad, los otros no brindan suficiente soporte para rechazar la hipótesis nula de forma definitiva en niveles. Por lo tanto, en conjunto, se concluye que la serie no es estacionaria en niveles, lo que refuerza la necesidad de tomar la primera diferencia para alcanzar la estacionariedad.

**Tabla. 1.** Resultados de las pruebas de raíces unitarias (incluye intercepto)

| Variable                   | ADF                 | PP                 | ERS                 |
|----------------------------|---------------------|--------------------|---------------------|
| Precios en niveles         | $-2.5139(1)^*$      | $-2.6747(1)^{***}$ | $-1.4587(3)^*$      |
| Precios Primera diferencia | $-24.0426(1)^{***}$ | $-35.9804(0)$      | $-11.4733(0)^{***}$ |

**Nota.** Entre paréntesis se presenta la estructura de rezago óptima para la prueba ADF y DF-GLS. Elaborado por: La autora

Se utiliza la prueba de raíz unitaria de Zivot & Andrews (1992) que permite detectar cambios estructurales, en momentos desconocidos, que es endógeno dentro de los datos. Con la prueba de raíz unitaria se detectan los cambios sean en el intercepto o en tendencia (Herminio, 2010).

Después de ajustar el modelo de cambio estructural, se verificó que los residuos son estacionarios utilizando la prueba de raíz unitaria (ADF) y la prueba de autocorrelación (ACF). El periodo de estudio tiene dos eventos que inciden en el comportamiento del precio de las acciones de forma abrupta en 2019 por el descenso financiero de los bancos centrales de Suiza, y la crisis sanitaria en 2020. Los resultados señalan que la serie no es estacionaria en sus niveles. Además, los datos a primera diferencia son estacionarios, ya que la diferencia elimina la no estacionariedad.

En la tabla 2 se confirman lo expuesto anteriormente. Por lo tanto, la prueba de Andrews indica presencia de un cambio en la serie de precios en 2019 en el segundo trimestre en el intercepto, y en 2021 en el mismo trimestre en tendencia, estos resultados concuerdan con las figuras 1 y 2 con eventos financieros y el impacto sanitario en el cual el precio de las acciones baja.

**Tabla. 2.** Resultados de las pruebas de raíces unitarias de Zivot Andrews

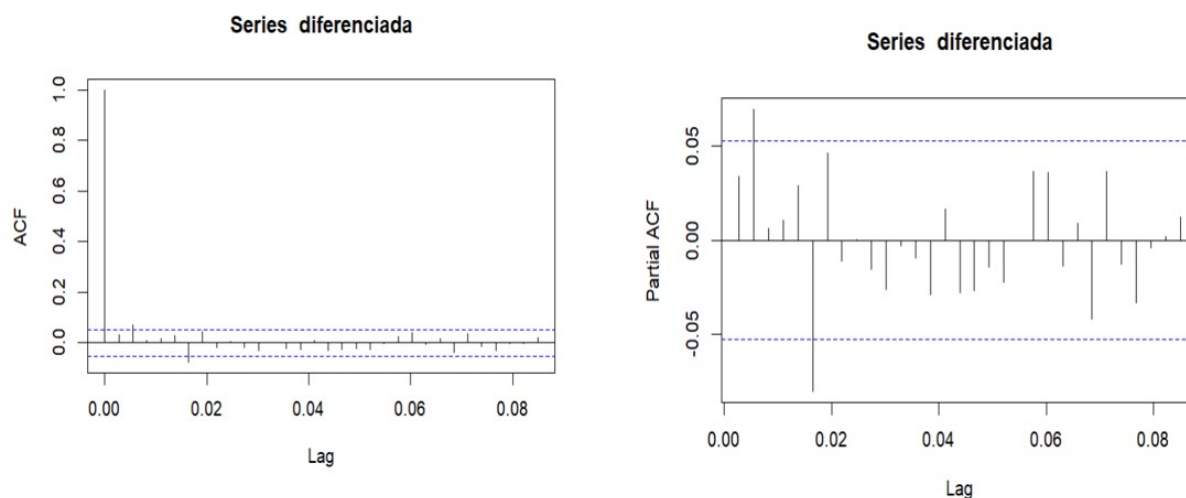
| Variable | Ruptura    | t(k)         | Periodo de ruptura |
|----------|------------|--------------|--------------------|
| Precios  | Intercepto | $-3,6142(1)$ | 2019.II            |
| Precios  | Tendencia  | $-3.4542(1)$ | 2021. II           |

**Nota.** Los valores críticos de cambio en el intercepto son  $-5.34$ ,  $-4.80$  y  $-4.58$  y con el cambio en tendencia  $-4.93$ ,  $-4.42$  y  $-4.11$  a niveles de significancia de  $1\%$ ,  $5\%$  y  $10\%$  respectivamente. En paréntesis es el rezago óptimo de acuerdo a los criterios de información Akaike AIC. Elaborado por: La autora

En la figura 3 se observa la función de autocorrelación (ACF), en el cual hay correlaciones significativas en el primer rezago, ya que se encuentra fuera de los intervalos de confianza, en cambio con la Función de Autocorrelación Parcial (PACF) se ve la relación directa entre el valor actual y el valor rezagado, el modelo indica que hay un rezago significativo, es decir un

componente autorregresivo de orden 1. En la figura 3 se observa los componentes del modelo de acuerdo a los resultados del ACF y PACF:

**Figura. 3.** Identificación del modelo



**Fuente:** Adaptado de Yahoo Finanzas (2024). **Elaborado por:** La autora

El modelo ARIMA (25,1,6) combina la capacidad de capturar patrones complejos mediante un término autorregresivo ( $p=25$ ) y el manejo de la no estacionariedad a través de la diferenciación ( $d=1$ ). Esto asegura que la serie sea estacionaria, eliminando tendencias que podrían distorsionar el análisis. Además, al incluir un término de promedio móvil ( $q=6$ ), el modelo considera el impacto de errores pasados en las predicciones, lo que mejora la precisión del ajuste, y su elección del modelo fue adecuada en el cual los residuos muestran características cercanas a ruido blanco, como se verificó en la prueba de Box-Ljung.

En la tabla 3 se estima el modelo ARIMA (25,1,6) y se ajusta a la serie con una varianza de residuos estimada ( $\sigma^2$ ) de 0.5254 y un logaritmo de la verosimilitud de -1513.47, lo que refleja la calidad del ajuste del modelo. El AIC (3090.94) y el BIC (3258.269) proporcionan medidas para comparar modelos, con valores más bajos indicando un mejor ajuste relativo. Las métricas de error incluyen un error medio (ME) de 0.0014, indicando una diferencia promedio muy pequeña entre las predicciones y los valores reales. El error cuadrático medio (RMSE) de 0.724 y el error absoluto medio (MAE) de 0.522 reflejan la magnitud general de los errores de predicción, mientras que el MAPE (1.111) muestra el error porcentual promedio, sugiriendo un buen ajuste. El índice de autocorrelación de los residuos (ACF1) es -0.00073, indicando que hay limitación muy débil o nula entre los residuos, que se traduce como un buen ajuste y el MASE (0.9891) sugiere que el modelo tiene desempeño comparado con un modelo de referencia.

La estimación de las métricas del modelo ARIMA implica varios cálculos estadísticos. En primer lugar, la varianza de residuos ( $\sigma^2$ ) se calcula como la suma de los cuadrados de los residuos divididos por el número de observaciones menos los parámetros estimados. Esto proporciona una medida de cuán dispersos están los errores en relación con las predicciones. El logaritmo de la verosimilitud se determina a partir de la función de verosimilitud del modelo, que representa la probabilidad de observar los datos dados los parámetros del modelo; un valor más alto indica un mejor ajuste.

Las métricas AIC y BIC se calculan para comparar modelos ajustados y se determinan como sigue. El error medio (ME) es simplemente la media de los residuos, el RMSE se calcula como la raíz cuadrada de la media de los residuos al cuadrado, y el MAE como la media de los valores absolutos de los residuos. El MAPE se obtiene al calcular el error porcentual absoluto medio, que permite una mejor interpretación del error en términos relativos.

**Tabla. 3.** Estimación del modelo

| <b>Modelo (25,1,6)</b>                         |             |
|------------------------------------------------|-------------|
| Varianza de los residuos $\sigma^2$            | 0.5254      |
| Akaike AIC                                     | 3090.94     |
| Bayesiano BIC                                  | 3258.269    |
| Error Medio ME                                 | 0.001397868 |
| Raíz del Error Cuadrático RMSE                 | 0.7245544   |
| Error Absoluto Medio MAE                       | 0.5220802   |
| Error Porcentual Medio MPE                     | -0.01245713 |
| Error Porcentual Medio MAPE                    | 1.111.495   |
| Error Absoluto Escalado Medio MASE             | 0.9891579   |
| Función de Autocorrelación en el rezago 1 ACF1 | -0.01245713 |

**Nota.** Estimación con R studio, en función de los criterios de información. Fuente: Adaptado de Yahoo Finanzas (2024). Elaborado por: La autora

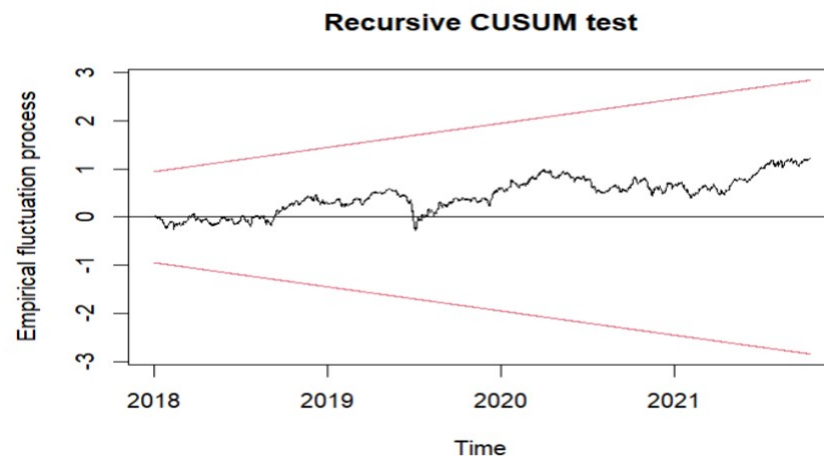
De acuerdo al test de Box-Ljung, como se muestra en la tabla 4, detalla un valor estadístico de 0.10245 con 20 grados de libertad y un valor p de 1. Dado que el valor p es mayor que el umbral de significancia común de 0.05, no hay evidencia para rechazar la hipótesis nula de que los residuos son ruido blanco. Esto sugiere que, a los primeros 20 retardos, los residuos del modelo ARIMA (25,1,6) no presentan autocorrelación significativa y se comportan de manera aleatoria. Por lo tanto, el modelo ajusta bien los datos.

**Tabla. 4.** Diagnóstico

| Test Box-Ljung    |         |    |    |         |   |
|-------------------|---------|----|----|---------|---|
| Residuos          |         |    |    |         |   |
| Valor estadístico | 0.10245 | df | 20 | p value | 1 |

**Fuente:** Adaptado de Yahoo Finanzas (2024). Elaborado por: La autora

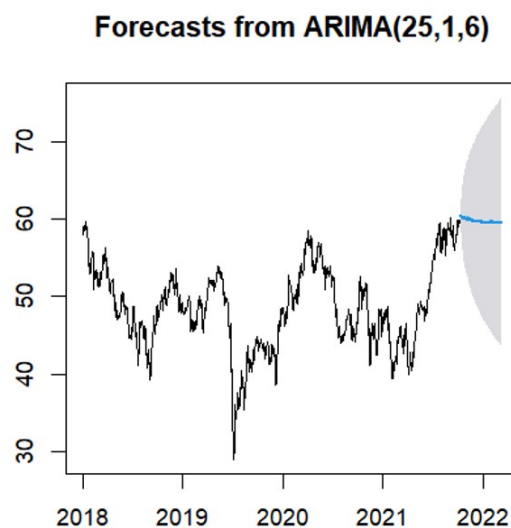
Para determinar los cambios estructurales se aplica el test de Cusum (Cumulative Sum of Reursive Residuals), prueba que evalúa la estabilidad de los coeficientes del modelo, compara la sumativa de las desviaciones de los medios muestral con ciertos límites críticos, si la suma acumulativa supera los límites hay evidencia del cambio estructural en los datos Brown et al., (1995). A continuación se observa la figura 4.

**Figura. 4.** Test de cambios estructurales

**Fuente:** Adaptado de Yahoo Finanzas (2024). **Elaborado por:** La autora

Como se puede observar la serie de CUSUM se encuentra dentro de las bandas de control, esto indica que los residuos están distribuidos de manera estable y que no hay evidencia de cambios relevantes en la media o la varianza del modelo a lo largo del tiempo. En otras palabras, el modelo se ajusta de manera consistente y no se detectan cambios estructurales importantes en los datos.

Por consiguiente, se realiza la predicción, figura 5, el modelo muestra una línea constante en la gráfica de precios, indicando que no se prevén cambios significativos en el precio de las acciones en los próximos 5 meses. Por lo tanto, la expectativa es que el precio se mantendrá alrededor del nivel actual aproximadamente de 58 a 63 francos.

**Figura. 5.** Predicciones a 150 días

**Nota.** La predicción a 150 días laborables, aproximado a 5 meses. **Fuente:** Adaptado de Yahoo Finanzas (2024), **proyección de los precios.** **Elaborado por:** La autora

### 3.2 Resultados del Modelo ARCH-GARCH

El modelo de heterocedasticidad condicional autorregresiva (ARCH) se utiliza para modelar la volatilidad de la serie. En esta prueba, la hipótesis nula establece que no hay efectos ARCH en los residuos, mientras que la hipótesis alternativa sostiene que sí existe un efecto ARCH, es decir, que la varianza de los errores fluctúa con el tiempo. Finalmente, se aplica la prueba correspondiente, cuyos resultados se presentan en la tabla 5.

**Tabla. 5.** Heteroskedasticity Test: ARCH

|                |           |                      |        |
|----------------|-----------|----------------------|--------|
| F-Estadístico  | 19983.05  | Prob. F (1,1377)     | 0.0000 |
| Obs*R-cuadrado | 1.290.101 | Prob. Chi-Square (1) | 0.0000 |

**Fuente:** Adaptado de Yahoo Finanzas (2024), test de ARCH. Elaborado por: La autora

Dado que el valor p es inferior a 0.05, se rechaza la hipótesis nula que sostiene la ausencia de efectos ARCH en los residuos del modelo, indicando que existe heterocedasticidad condicional en la serie. A continuación, se muestran los resultados de las distintas especificaciones de los modelos ARCH y GARCH, junto con el criterio de información de Akaike y el criterio bayesiano de Schwarz en la tabla 6:

**Tabla. 6.** Criterio de Akaike y Schwarz

| 2*MODELO      | $\omega$    | $\alpha^1$ | $\alpha^2$ | $\beta_1$  | $\beta_1$ | Akaike      | Schwarz criterio |
|---------------|-------------|------------|------------|------------|-----------|-------------|------------------|
| ARCH (1)      | 0.000167    | 0.469955   |            |            |           | -5.481.104  | -5.465.927       |
| ARCH (3)      | 0.000180    | 0.404790   |            |            |           | -5.468.329  | -5.453.134       |
| GARCH (1,1)   | 0.0000126   | 0.084950   |            | 0.863277   |           | -5.589092   | -5.566314        |
| GARCH (1,2)   | 0.0000186   | 0.125445   |            | 0.276623   | 0.520781  | -5.591742   | -5.565167        |
| 2*GARCH (2,1) | 2*0.0000108 | 2*0.137770 | 2*0.061130 | 2*0.879689 | 2*        | 2*-5.589721 | 2*-5.579778      |

**Fuente:** Adaptado de Yahoo Finanzas. (s.f.), aplicación del modelo ARCH-GARCH. Elaborado por: La autora.

Tras revisar la tabla, se opta por el modelo GARCH (1,1) debido a que los criterios de información de Akaike y Bayesiano presentan los valores más bajos, lo que sugiere un mejor ajuste a los datos. El modelo se formula de la siguiente manera:

$$\sigma^2 = 0,0000126 + 0,084950\alpha_t^2\mu_t - 2 + 0,863277\beta_1\sigma_t - 6^2$$

Los coeficientes muestran que el 8,73 % de la varianza condicional se atribuye a la volatilidad del día anterior, mientras que el 85,93 % se debe a la varianza ajustada de un período anterior. Los coeficientes indican que el modelo está correctamente especificado y es estable, en virtud de tres supuestos, según Dobaño (1999), la suma de los coeficientes no es igual o mayor a 1, todos los coeficientes son significativos, los coeficientes son positivos.

En función de la tabla 7, se observa que el modelo GARCH está especificado, con todos los coeficientes altamente significativos. En cuanto al R cuadrado y el R cuadrado ajustado no es preocupante, ya que los modelos GARCH se centran en capturar la volatilidad (varianza condicional) más que la media. Otros indicadores, como los criterios de información y el log likelihood, sugieren que el modelo tiene un buen ajuste, de acuerdo al estadístico de Durbin Watson de 1.95 se encuentra dentro del rango normal, es decir no hay autocorrelación de los residuos.

**Tabla. 7.** Modelo Garch (1,1)

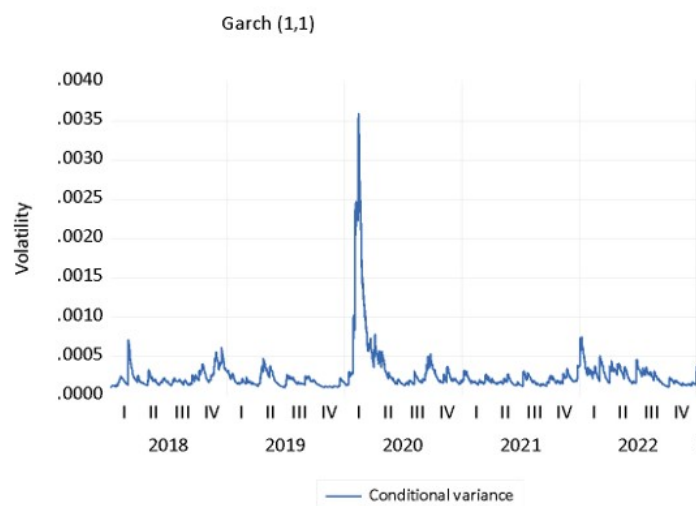
|                        |                                     |
|------------------------|-------------------------------------|
| C                      | 1.26E-05<br>(2.45E-06)<br>[5141582] |
| RESID(-1)^2            | 0.084950<br>(0.008667)<br>[9801420] |
| GARCH(-1)              | 0.863277<br>(0.016482)<br>[5237694] |
| Adjusted R-squared     | 0.011874                            |
| S.E. of regression     | 0.016368                            |
| Sum squared resid      | 0.368119                            |
| Log likelihood         | 3.854.090                           |
| Durbin-Watson stat     | 1.952.733                           |
| S.D. dependent var     | 0.016466                            |
| Akaike info criterion  | -5.589.092                          |
| Schwarz criterion      | -5.566.314                          |
| Hannan-Quinn criterion | -5.580.570                          |

**Fuente:**Adaptado de Yahoo Finanzas (2024). **Elaborado por:** La autora

En la figura 6 se muestra la varianza condicional, donde los rendimientos están influenciados por la varianza pasada, lo que indica una dependencia temporal. La figura refleja cómo la varianza condicional sigue el patrón de volatilidad, exhibiendo picos en los rendimientos similares a los observados en la figura 2. Además, la tabla 8 presenta el pronóstico de rendimientos ajustados.

**Figura. 6.** Varianza del modelo GARCH

### *Varianza del modelo GARCH*



**Fuente:** Yahoo Finanzas (2024). **Elaborado por:** La autora

**Tabla. 8.** Pronóstico del modelo Garch (1,1)

| Time | Series    | Sigma   |
|------|-----------|---------|
| T+1  | 0.0001658 | 0.01088 |
| T+2  | 0.0001658 | 0.01120 |
| T+3  | 0.0001658 | 0.01150 |
| T+4  | 0.0001658 | 0.01178 |
| T+5  | 0.0001658 | 0.01203 |
| T+6  | 0.0001658 | 0.01226 |
| T+7  | 0.0001658 | 0.01248 |

**Fuente: Yahoo Finanzas (2024). Elaborado por: La autora**

El rendimiento esperado para el viernes 07 de julio es de 0,01658 %.

Y el modelo GARCH se expresa en la siguiente fórmula:

$$\sigma_t^2 = 0,000126 + 0,084950\epsilon_{t-1}^2 + \dots + \alpha_q\epsilon_{t-q}^2 + 0,863277\sigma_{t-1}^2 + \sigma_{t-1}^2 - p^2$$

Donde  $\sigma_t^2$  es la varianza condicional en el tiempo t,  $\epsilon_{t-i}$  es el término de error en el tiempo t.

### 3.3 Cálculo del rendimiento

En la tabla 9 nos muestra el rendimiento diario de las acciones bordea el 0,01 % diario, en rendimiento anual es de 5,78 %, es decir, que cada día, en promedio, el precio de las acciones aumenta un 0,01 %. Y el rendimiento anual sugiere una inversión que tiene un crecimiento estable y sostenido.

**Tabla. 9.** Rendimiento de las acciones de Holcim. SW

| Datos Estadísticos | Resultados |
|--------------------|------------|
| Rendimiento diario | 0.01 %     |
| Rendimiento Anual  | 5,78 %     |

**Nota. Para el cálculo de la rentabilidad anual se aplica el interés compuesto con la media geométrica aplicada al periodo de estudio Elaborado por: La autora**

Según datos de Yahoo Finance (2024), la empresa mantiene una capitalización de mercado que es el total de acciones en circulación por el precio actual, que corresponde a 45,732 mil millones de dólares, y una beta de 1,07 que es la volatilidad de la acción con relación al mercado, significa que la acción es un 7 % más volátil que el mercado, en el que sube o baja un 1 %, se espera que el precio de la acción suba o baje un 1,07 %.

## 4 Resultados

El modelo ARIMA (25,1,6) que corrige los problemas de autocorrelación. A través de las pruebas de raíz unitaria que demuestran un p-value menor a 0.05, que confirma la estacionariedad, y conjuntamente con la estimación estadística y los criterios de información, es el mejor modelo. Al analizar el correlograma y la prueba de Ljung-Box, con un p-value mayor a 0.05, los residuos se comportan como ruido blanco, el modelo permite realizar mejores pronósticos, haciendo uso del test de Cusum se comprobó la estabilidad del modelo y no se detectan grandes cambios estructurales, ya que los residuos están dentro de las bandas de confianza.

En el modelo GARCH (1,1) de primer orden, capta la dinámica de la volatilidad, mismo que fue seleccionado según los criterios de información de Akaike y Bayesiano, e incorpora eficazmente varianzas condicionales pasadas y prevé un rendimiento esperado del 0,01658 % para el 11 de julio en el corto plazo. Los resultados respecto a los modelos, indica que la volatilidad de los precios es persistente, es decir, un aumento o disminución significativa en la volatilidad, es probable que está no se disipe rápidamente, y que los choques (shocks) afectan la volatilidad de la acción futura, y repercute en el precio de las acciones, y este efecto refleja una reacción lenta del mercado a tales choques, en el cual el mercado evalúa nueva información y que el precio se ajusta lentamente. En decisiones de inversión una alta volatilidad presenta oportunidades de compra de acciones a precios bajos después de un choque, si se cree que la empresa se recuperará

## 5 Conclusiones

La integración de aspectos fundamentales como: la oferta y demanda, análisis de mercado, políticas económicas, inestabilidad geopolítica entre otros, e instrumentos técnicos mediante el uso de modelos ARIMA proporciona una base sólida para identificar tendencias y patrones históricos. Este estudio evidenció tendencias bajistas en los periodos de 2019 y 2021 debido a la caída de Credit Suisse y la emergencia sanitaria de COVID-19, que se justificó con las pruebas de raíces unitarias de cambio estructural que indica presencia de un cambio en la serie de precios en 2019 en el segundo trimestre en el intercepto, y en 2021 en el mismo trimestre en tendencia. El modelo ARIMA (25,1,6) de rezago 25 en primera diferencia y de media móvil 6 cumple con la estimación de los parámetros, permite realizar un mejor pronóstico del comportamiento del precio, que de acuerdo al test de CUSCUM se puede inferir que el precio de sus acciones tiende al alza en el futuro.

En la volatilidad el modelo GARCH (1,1) evidencia un mejor pronóstico del rendimiento de la acción diaria con un 0,01. Se cumple el objetivo de estudio en analizar el riesgo de las acciones a través de un modelo ARIMA y se evalúa el riesgo asociado a la inversión de estas acciones con el modelo Garch.

En conjunto, estos datos sugieren que la acción tiene un rendimiento bajo y una alta volatilidad en el periodo de estudio, el rendimiento bajo puede no ser atractivo para aquellos que buscan mayores ganancias. Al comparar con el índice Euro Stoxx 600 Construcción y Materiales en Europa que presenta un rendimiento diario de 0,04 % con un retorno del 11,69 % anual, según datos de la plataforma Stoxx (2024), es más atractiva en comparación con Holcim, cabe mencionar que los retornos esperados de la inversión está en función del interés compuesto, y de los dividendos. A su vez Holcim presenta una mayor volatilidad en comparación con el índice Euro, ya que cualquier evento adverso que afecte a la empresa tendrá un impacto directo en su valor de acción. En cambio, el índice puede ser más estable al incluir múltiples empresas que pueden equilibrar las pérdidas de unas con las ganancias de otras.

Esta diferencia puede ser crucial para los inversores al elegir entre estas dos opciones, dependiendo de su tolerancia al riesgo y sus objetivos de inversión.

## 6 Referencias

### 7 Referencias

- Flores, E., & Quiroz, A. (2021). Un enfoque bayesiano en modelos heterocedásticos de series de tiempo y su aplicación en la volatilidad de activos financieros. *Revista de Investigación UNMSM*, 12. <https://doi.org/10.15381/pesquimat.v24i2.21152>
- Focus Economics. (2024, 7 de junio). Economic forecasts from the world's leading economists. Suiza: La inflación sube en mayo a su nivel más alto en dos años. <https://www.focus-economics.com/es/countries/suiza/news/inflacion/la-inflacion-suben-mayo-a-su-nivel-mas-alto-en-dos-anos/>
- Francischetti, C. E., Bertassi, A. L., Souza Girioli Camargo, L., & Padoveze, C. (2014). El análisis de riesgos como herramienta para la toma de decisiones relativas e inversiones. *Sistema de Información Científica Redalyc*, 17(33), 73–85. <https://clubgestionriesgos.org/secciones-informacion-riesgos/riesgo-de-mercado/>
- Garzón. (2021, 9 de agosto). Incidencia del riesgo sistemático en la composición del índice Colcap en Colombia periodo 2014-2020. <https://hdl.handle.net/20.500.11839/8697>

- Giraldo Picón, É. L. (2022). Pronóstico de volatilidades a los rendimientos de activos financieros de renta variable en Colombia a través de modelos ARCH y GARCH. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/81518>
- González, P. (2009). *Análisis de series temporales: Modelos ARIMA*. Universidad del País Vasco. <http://surl.li/qqqfin>
- GROUP, D. B. (2024). *Índices STOCK Europe 600 de construcción y materiales*. <https://stoxx.com/index/sxop/>
- Harper, D. R. (2024). Fuerzas que mueven los precios de las acciones. *Investopedia*.
- Herminio, G. (2010). Test de Zivot Andrews secuencial. [https://econometriaaii.wordpress.com/wp-content/uploads/2010/01/test\\_zivot.pdf](https://econometriaaii.wordpress.com/wp-content/uploads/2010/01/test_zivot.pdf)
- Hidalgo, H., & (2023, 10 de julio). Modelo matemático de optimización de Konno y Yamazaki para la selección de acciones en el mercado bursátil: una aplicación al caso ecuatoriano. *Revista Imaginario Social*, 6(3). <https://doi.org/10.59155/is.v6i3.132>
- IBM. (2021). SPSS Statistics IBM: de gráficos Q-Q. <https://www.ibm.com/docs/es/spss-statistics/beta?topic=types-q-q-plots>
- Infront Analytics. (2024). *Infront Analytics*. de Variación del precio de las acciones de Bolsa de Valores. <https://www.infrontanalytics.com/fe-ES/30022LS/BOLSA-DE-VALORES-DE-EL-SALVADO/cambio-en-el-precio-de-las-acciones>
- International Monetary Fund. European Dept. (2023). Switzerland: ECB monetary policy spillovers on Swiss stock market. *IMF eLIBRARY*, 2023(197). <https://doi.org/10.5089/9798400243608.002>
- Investor. (2023, 22 de febrero). Theinvestoru.com. 14 factores que influyen en el precio de las acciones. <https://theinvestoru.com/blog/factores-que-influyen-en-el-precio-de-las-acciones/>
- Investor. (2024, 18 de septiembre). Theinvestoru.com. Salud financiera de una empresa: ¿por qué importa al comprar acciones? <https://theinvestoru.com/blog/salud-financiera-de-una-empresa/>
- Khare, K., Omkar, D., Prafulla, G., & V., A. (2017). Predicción del precio de las acciones a corto plazo mediante aprendizaje profundo. *Semantic Scholar*. <https://doi.org/10.1109/RTEICT.2017.8256643>
- Krogh, M. (2024). Documentación del lenguaje R. Obtenido de <https://rdrr.io/cran/urca/man/ur.ers.html>
- Llerena, M., & (2024). El mercado bursátil en el Ecuador: un análisis jurídico comparativo con la legislación colombiana. Disponible en: <http://surl.li/fobdxo>
- Meneses, L. A., Carabali, J. A., Pérez, C. A., & Caracas, A. F. (2021). Sostenibilidad y su incidencia en el desempeño financiero corporativo: evidencia empírica en el mercado bursátil colombiano. *Económicas CUC*, 42(2), 187–204. <https://doi.org/10.17981/econcuc.42.2.2021.Econ.3>
- Minga, D. (2022). Volatilidad y Pronóstico de mercado bursátil español mediante series temporales. Un Universidad Internacional de Andalucía. Obtenido de [https://dspace.unia.es/bitstream/handle/10334/7115/1328\\_Minga.pdf?sequence=1](https://dspace.unia.es/bitstream/handle/10334/7115/1328_Minga.pdf?sequence=1)
- Ojeda, A., Jácome, S., & Guachamín, M. (2021). Tasa libre de riesgo ponderada y evaluación de riesgos de solvencia de las empresas de títulos de renta fija para el mercado bursátil ecuatoriano. *Cuestiones Económicas*, 31(2), 70-105. <https://doi.org/10.47550/RCE/31.2.3>
- Ordoñez, M. (2020). Pronóstico del precio del Oro por medio de los autoregresivos integrados de promedio móvil, modelos relacionales y conceptos de Machine Learning. Espol. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/51718/1/T-110170.pdf>

- Ornelas, A. (25 de marzo de 2004). Empresa: Holcim edifica en 70 países. *SWI swissinfo.ch*.
- Parody, E., Charris, A., & García, R. (2012). Modelación de la volatilidad y pronóstico del índice general de la bolsa de valores de Colombia (IGBC). *CLIO America*, 6(12), 223-239.
- Peralta, B. E., & Patiño, A. (2023). Análisis de serie de tiempo. Disponible en : <https://rpubs.com/ax12811/1025466>
- Picón, É. (2022). Pronóstico de volatilidades a los rendimientos de activos financieros de renta variable en Colombia a través de modelos ARCH y GARCH. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/81518>
- Pismag, C. A., Boañes, J. H., & Meneses, L. A. (2022). Diseño de un modelo de alerta temprana para inferir la ocurrencia de crisis financieras con aplicación a mercados emergentes. El caso del mercado bursátil Colombiano. *Revista Estrategia Organizacional*, 11(1), 7-29. <https://doi.org/10.22490/25392786.5656>
- Raisin. (2024). Raisin. <https://www.raisin.es/inversion/activos-financieros-que-son-como-se-clasifican-ejemplos/>
- Raisin Bank AG. (2023). Qué son los mercados financieros? Tipos, características y funciones: <https://www.raisin.es/aviso-legal/>
- Reyes, M., Inos, L., Tonon, L., & Orellana, I. (2023). Modelo de Valoración de Activos Financieros (CAPM) aplicado al sector empresarial de Ecuador. *RETOS. Revista de Ciencias de la Administración y Economía*, 13(25), 113-126. <https://doi.org/10.17163/ret.n25.2023.08>
- Rolando, M. L. (2023). Volatilidad y pronóstico del mercado bursátil español mediante series temporales. Universidad Internacional de Andalucía, 52. <http://hdl.handle.net/10334/7115>
- Rtve.es. (17 de junio de 2023). Economía. Claves de la crisis del Credit Suisse: ¿qué ha pasado y qué riesgos tiene? Obtenido de <https://www.rtve.es/noticias/20230317/credit-suisse-banco-encadena-crisis-internas/2431819.shtml>
- Salguero, R. A. (2021). Series Temporales Avanzadas: Aplicación de Redes Neuronales para el Pronóstico de Series de Tiempo. Universidad de Granada, 64. Obtenido de
- Salinas, J. C. (20 de enero de 2021). Pubs R por Rstudio. De Arima y Volatilidad: Caso Exxon. [https://rpubs.com/JulioCesarMTZ/EXXON\\_VOLATILIDAD](https://rpubs.com/JulioCesarMTZ/EXXON_VOLATILIDAD)
- Silva, P., & Silva, P. (2020). Contribución del mercado bursátil al crecimiento y modernización de la economía Ecuatoriana. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8890252>
- Tamara, V., Đ, M., & Stefan, Z. (2021). Functional analysis of the most significant stock exchange characteristics: A case study of the Swiss Stock Exchange. *Scindeks*, 9(2), 98-106. <https://doi.org/10.5937/trendpos2102106V>
- Tapia, R., & Pamela, E. (2017). Análisis de volatilidad de los precios de las acciones Holcim S.A. utilizando el modelo GARCH. Recuperado de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/25993/1/T4055ig.pdf>
- Trejo, B., & Gallegos, A. (2021). Estimación del riesgo de mercado utilizando el VaR y la Beta del CAPM. *Revista mexicana de economía y finanzas*, 16(2), e589. <https://doi.org/10.21919/remef.v16i2.589>
- Tserkezos, D. (2021). Los efectos de la agregación temporal y el muestreo aleatorio en la potencia de la prueba de estacionariedad aumentada de Dickey Fuller: un estudio de Monte Carlo. *Dinero, Comercio y Finanzas*, 223-233. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-73219-6\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-030-73219-6_11)
- Universidad Complutense de Madrid. (2006). Modelos de series temporales. Recuperado de
- Varea, A. (2021). Aplicación del modelo del CAPM en la predicción de las acciones del DAX. Universidad Politécnica de Valencia. Recuperado de

- Velandia, M., L., Fernando, C., R., Hernán, & Toro, J. (marzo de 2024). Flujos brutos de capital de portafolio de no residentes y residentes y el rol de la política monetaria. *Economía Institucional*, 26(50). <https://doi.org/10.18601/01245996.v26n50.09>
- Yahoo Finance. (2024). Yahoo finance. Recuperado el 14 de septiembre de 2024, de <https://es.finance.yahoo.com/quote/HOLN.SW/>
- Zivot, E., & Wang, J. (1992). Further evidence on the Great Crash, the oil-price shock, and the unit-root hypothesis. *Journal of Business & Economic Statistics*, 10(3), 251-270. <https://doi.org/10.2307/1391541>

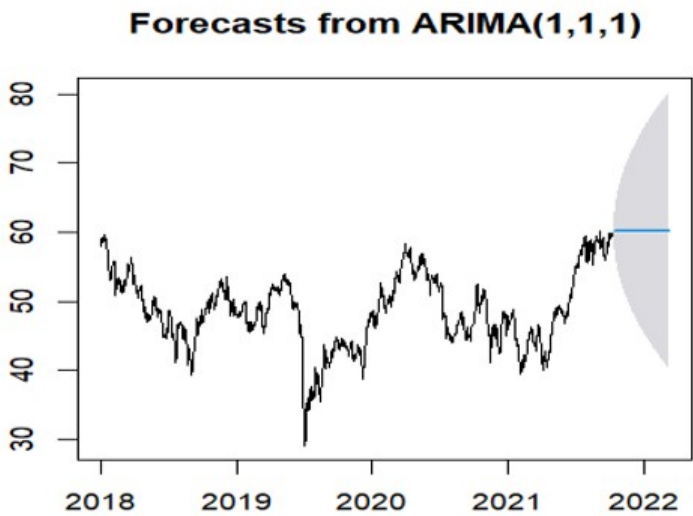
Anexos

Tabla. 10. Estimación del modelo (1,1,1)

|                                                |              |
|------------------------------------------------|--------------|
| Varianza de los residuos $\sigma^2$            | 0.5414       |
| Akaike AIC                                     | 3073.17      |
| Bayesiano BIC                                  | 3088.86      |
| Error Medio ME                                 | 0.001484718  |
| Raíz del Error Cuadrático RMSE                 | 0.7355026    |
| Error Absoluto Medio MAE                       | 0.5283232    |
| Error Porcentual Medio MPE                     | -0.009127836 |
| Error Porcentual Medio MAPE                    | 1.126.856    |
| Error Absoluto Escalado Medio MASE             | 1.000.986    |
| Función de Autocorrelación en el rezago 1 ACF1 | -0.01822125  |

Nota. Estimación con R studio, en función de los criterios de información. Fuente: Adaptado de Yahoo Finanzas (2024). Elaborado por: La autora

Figura. 7. Proyección del modelo ARIMA (1,1,1)



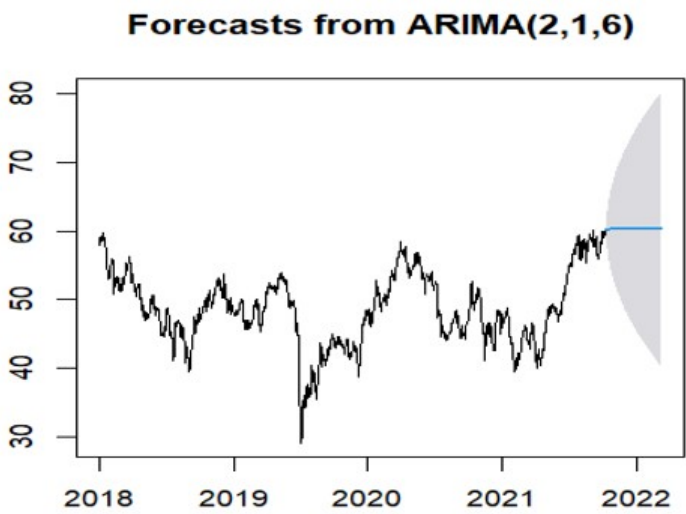
Fuente: Adaptado de Yahoo Finanzas (2024). Elaborado por: La autora

Tabla. 11. Estimación del modelo (2,1,6)

|                                                |              |
|------------------------------------------------|--------------|
| Varianza de los residuos $\sigma^2$            | 0.535        |
| Akaike AIC                                     | 3068.94      |
| Bayesiano BIC                                  | 3116.00      |
| Error Medio ME                                 | 0.001457239  |
| Raíz del Error Cuadrático RMSE                 | 0.7311687    |
| Error Absoluto Medio MAE                       | 0.526577     |
| Error Porcentual Medio MPE                     | -0.008926928 |
| Error Porcentual Medio MAPE                    | 1.121.247    |
| Error Absoluto Escalado Medio MASE             | 0.9976777    |
| Función de Autocorrelación en el rezago 1 ACF1 | 0.0002446963 |

Nota. Estimación con R studio, en función de los criterios de información. Fuente: Adaptado de Yahoo Finanzas (2024). Elaborado por: La autora

Figura. 8. Proyección del modelo ARIMA (2,1,6)

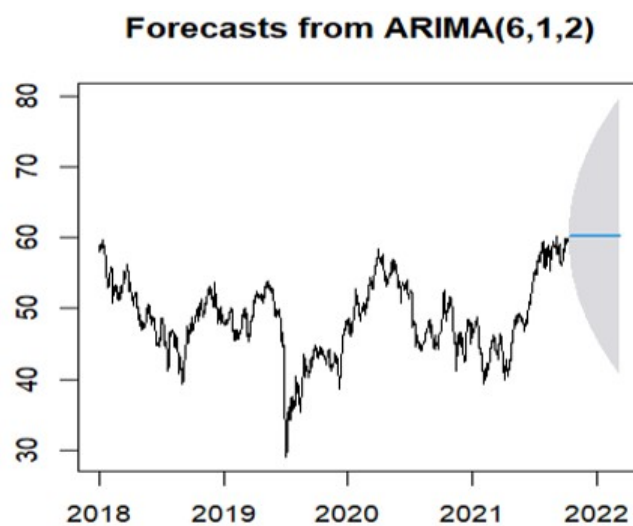


Fuente: Adaptado de Yahoo Finanzas (2024). Elaborado por: La autora

**Tabla. 12.** Estimación del modelo Arima (6,1,2)

|                                                |              |
|------------------------------------------------|--------------|
| Varianza de los residuos $\sigma^2$            | 0.5254       |
| Akaike AIC                                     | 3090.94      |
| Bayesiano BIC                                  | 3258.27      |
| Error Medio ME                                 | 0.001397868  |
| Raíz del Error Cuadrático RMSE                 | 0.7245544    |
| Error Absoluto Medio MAE                       | 0.5220802    |
| Error Porcentual Medio MPE                     | -0.01245713  |
| Error Porcentual Medio MAPE                    | 1.111.495    |
| Error Absoluto Escalado Medio MASE             | 0.9891579    |
| Función de Autocorrelación en el rezago 1 ACF1 | -0.000734023 |

**Nota.** Estimación con R studio, en función de los criterios de información. Fuente: Adaptado de Yahoo Finanzas (2024). Elaborado por: La autora

**Figura. 9.** Proyección del modelo ARIMA (6,1,2)

**Fuente:** Adaptado de Yahoo Finanzas (2024). Elaborado por: La autora