



**GESTIÓN DEL RIESGO CAMBIARIO EN UNA EMPRESA EXPORTADORA  
COLOMBIANA MEDIANTE EL USO DE DERIVADOS.**

**Foreign Exchange Risk Management in a Colombian Export Company through the Use of  
Derivatives.**

**Trabajo de grado para optar por el título de Magíster en Administración Financiera**

**ESTEBAN GIOVANNI CARMONA SÁNCHEZ  
YENNY MONTOYA URÁN**

**Asesor**

**Vivian Cruz Castañeda**

**UNIVERSIDAD EAFIT  
ESCUELA DE FINANZAS, ECONOMÍA Y GOBIERNO  
MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN FINANCIERA - MAF  
MEDELLÍN  
2024**

## **Resumen**

Este trabajo de investigación presenta una estrategia para el manejo de la gestión del riesgo cambiario en una empresa exportadora colombiana a través de la aplicación de derivados financieros. El estudio se enfoca en una compañía dedicada a la producción de materias primas para alimentos, cuyas exportaciones en dólar estadounidense (USD) actualmente representan un 34 por ciento de las ventas, con una proyección de crecimiento a un 60 por ciento. Para ello se utiliza el modelo EGARCH (Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity), que tomó la tasa de cambio entre el USD y el peso colombiano (COP) con el fin de evaluar su comportamiento entre 2021 y 2022, lo que permitió realizar un pronóstico para 2023. Dicha información fue comparada con los datos reales para evaluar su precisión. Los resultados indicaron que el modelo EGARCH (1,1) es el más adecuado, logrando predecir la tasa de cambio con una desviación de menos del 8 por ciento en los días finales de comparación. A partir de estas proyecciones, se determinó el monto de cobertura necesario para mitigar impactos potenciales en los estados financieros y el flujo de caja de la empresa en 2023. Se concluyó que el derivado más apropiado para la compañía es el contrato Forward, y se utilizó el Valor en Riesgo (VaR) para establecer el valor máximo de pérdida. Con esta investigación, se busca ofrecer un enfoque integral para la gestión del riesgo cambiario, combinando modelación financiera y el uso de derivados, proporcionando herramientas prácticas para la toma de decisiones informadas en empresas exportadoras.

## **Abstract**

This thesis presents a strategy for managing exchange rate risk in a Colombian exporting company through the application of financial derivatives. The study focuses on a company dedicated to the production of raw materials for food, whose exports in U.S. dollars (USD) currently account for 34% of its sales, with a projected increase to 60%. Using the EGARCH model (Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity), the exchange rate between the USD and the Colombian peso (COP) was modeled to evaluate its behavior between 2021 and 2022, enabling a forecast for 2023.

This forecast was compared with actual data to assess its accuracy. The results indicated that the EGARCH (1,1) model is the most suitable, achieving a deviation of less than 8% in the final days of comparison. Based on these projections, the necessary coverage amount was determined to mitigate potential impacts on the company's financial statements and cash flow in 2023. It was concluded that the most appropriate derivative for the company is the Forward contract, and the Value at Risk (VaR) was used to establish the maximum potential loss.

This research aims to offer a comprehensive approach to exchange rate risk management, combining financial modeling and the use of derivatives, providing practical tools for informed decision-making in exporting companies.

### **Palabras clave**

Empresas Exportadoras, Riesgo Cambiario, Tasa de Cambio, Modelación, Cobertura.

## Tabla de contenido

<i>Lista de Tablas</i> .....	5
<i>Lista de Figuras</i> .....	6
<b>Capítulo 1: Introducción</b> .....	7
Contexto de la compañía .....	10
Exposición al tipo de cambio de la compañía .....	12
<b>Capítulo 2: Marco Teórico</b> .....	13
Revisión de literatura .....	13
Uso de derivados financieros para cobertura de riesgo cambiario.....	16
<b>Capítulo 3: Metodología</b> .....	18
Datos .....	18
Modelación de la volatilidad de la TRM.....	19
Evaluación del Riesgo Cambiario y Estrategias de Cobertura.....	21
<b>Capítulo 4: Resultados</b> .....	26
Modelación utilizada para los pronósticos de la Tasa de Cambio .....	26
Aplicación modelo de coberturas.....	29
<b>Capítulo 5: Conclusiones</b> .....	32
<b>Referencias bibliográficas y citas</b> .....	33
<b>Apéndice 1. Valor FOB de las exportaciones en Colombia (Millones de dólares)</b> .....	37
<b>Apéndice 2. Modelo EGARCH</b> .....	38
<b>Apéndice 3. Pronóstico TRM</b> .....	39

## Lista de Tablas

Tabla 1. Prueba de dickey and fuller .....	27
Tabla 2. Estadísticas descriptivas de los retornos. ....	27
Tabla 3. Exposición Neta a la TRM y VaR en COP.....	30
Tabla 4. Tasa Spot, forward y Precios de Ejercicio de las Opciones Put y Call.....	31
Tabla 5. Resultados de cobertura .....	32

## Lista de Figuras

Figura 1. TRM COP/USD año 2021 y 2022.....	26
Figura 2. Retornos Logarítmicos de la TRM .....	28
Figura 3. Volatilidad Histórica EWMA y GARCH.....	28

## Capítulo 1: Introducción

La volatilidad en la tasa de cambio afecta considerablemente a las empresas exportadoras en Colombia, especialmente en un contexto de inestabilidad económica y política como el que presenta hoy América Latina (Giraldo, 2020). En este entorno, la capacidad de gestionar adecuadamente el riesgo cambiario resulta crucial para mantener la rentabilidad y estabilidad financiera de las empresas exportadoras (Preciado, 2011). Los gerentes financieros enfrentan desafíos significativos debido a la exposición cambiaria, ya que un aumento en la participación en el mercado global incrementa el impacto de las fluctuaciones de la TRM sobre las ventas y costos de la empresa. De ahí, la necesidad de estudiar estrategias efectivas de gestión de riesgo cambiario es esencial para garantizar la previsibilidad y estabilidad en los flujos de efectivo. A marzo de 2024, el mercado de derivados forward en Colombia ascendía a USD 59.234,70 millones, de los cuales el 5.4 por ciento correspondía al sector real. Sin embargo, solo un 17 por ciento de las PYMEs en Colombia, que representan el 35 por ciento del PIB (ACOPI, 2023), utiliza derivados financieros para cubrir el riesgo cambiario (Alfonso Corredor, 2018). Dada la volatilidad de dos dígitos en la TRM en años recientes, esta cobertura es cada vez más relevante. A medida que las PYMEs aumentan su participación en el mercado exportador, comprender y modelar el riesgo cambiario se convierte en una tarea esencial para los departamentos financieros.

La gestión del riesgo cambiario en empresas del sector real ha sido ampliamente estudiada, ya que la volatilidad en las tasas de cambio puede impactar significativamente la estabilidad financiera y la predictibilidad de los flujos de efectivo. Diversos estudios respaldan el uso de estrategias específicas para mitigar la exposición a este riesgo. Una de las metodologías más efectivas es la **cobertura financiera**, mediante la cual las empresas emplean instrumentos financieros como contratos a futuro, opciones y swaps para fijar una tasa de cambio en transacciones futuras. Esta técnica permite reducir la incertidumbre y proteger los márgenes de ganancia frente a variaciones adversas, siendo especialmente útil para organizaciones con alto volumen de transacciones en divisas extranjeras (Corpay, 2024). Precisamente, Robbie Norton examina cómo la exposición a mercados internacionales, y por consiguiente, las fluctuaciones en las tasas de cambio pueden impactar de manera negativa el

desempeño financiero de empresas exportadoras, especialmente pequeñas y medianas empresas (SMEs). Esta investigación analiza cómo la exposición a diferentes monedas impacta los márgenes de ganancia y cómo las estrategias de cobertura pueden mitigar tales riesgos.

Asimismo, se ha identificado que la **cobertura natural** es una estrategia efectiva para reducir la exposición cambiaria en ámbitos multinacionales. Esta técnica consiste en alinear ingresos y gastos en la misma moneda, minimizando la necesidad de realizar conversiones entre divisas y, por lo tanto, exponerse al riesgo asociado a las fluctuaciones. Un estudio de Raiffeisen Bank (2023) señala que esta práctica es particularmente útil en empresas que buscan reducir la dependencia del tipo de cambio y así lograr una mayor estabilidad en los flujos financieros.

Otra estrategia efectiva es la diversificación de operaciones y monedas, mediante la cual las empresas expanden sus actividades a múltiples regiones y monedas. Esto permite compensar las pérdidas en una región con las ganancias en otra, lo cual es especialmente valioso para empresas que ya operan en mercados internacionales diversos. Adicionalmente, contar con socios locales que comprendan las normativas y las particularidades de cada mercado ofrece una ventaja en escenarios con alta volatilidad o menor transparencia regulatoria, según destaca la literatura reciente.

Es importante destacar que estas metodologías, ampliamente documentadas, no solo ayudan a reducir la volatilidad en los flujos de efectivo, sino que también mejoran el acceso a financiamiento en condiciones favorables. En conjunto, permiten a las empresas del sector real planificar sus inversiones y operaciones con una mayor previsibilidad y estabilidad financiera (Corpay, 2024; Raiffeisen Bank, 2023).

Según cifras del DANE, el valor de las exportaciones en Colombia representa más de 4 mil millones de dólares a mayo del año 2024 (ver apéndice 1). En este mismo sentido, y de acuerdo con el reporte del Ministerio de Industria y Comercio para el año 2023 en Colombia se registraron 9.447 empresas exportadoras registradas como persona jurídica, lo cual representa un tres por ciento más que en 2022. Se destaca que en este nicho, las empresas jurídicas

exportadoras fueron sobre micro y pequeñas, especialmente. No obstante, el 86,7 por ciento de las exportaciones las realizaron las grandes empresas. Debido al crecimiento de las exportaciones que se viene evidenciando en el país, las empresas se están enfrentando a un riesgo cambiario más significativo dado a la volatilidad de la TRM a la cual deben estar sujetos en sus negociaciones. En consecuencia, crear estrategias, investigar, conocer y hacerle frente a este fenómeno resulta indispensable para la sostenibilidad financiera de las mismas. No se puede desconocer que este riesgo mal administrado puede llegar a afectar drásticamente a la rentabilidad de la empresa.

El tipo de cambio influye en los ingresos en moneda extranjera, los costos de producción y la competitividad de precios de las exportadoras. Por ejemplo, una depreciación de la moneda local aumenta los ingresos en divisa extranjera, mientras que una apreciación los reduce, impactando directamente la rentabilidad. Del mismo modo, una depreciación incrementa los costos de insumos importados, disminuyendo los márgenes de ganancia, mientras que una apreciación puede reducir dichos costos, mejorando la rentabilidad. Estos efectos sobre los ingresos y costos generan un impacto en la planificación financiera, y un 51 por ciento de las empresas en Colombia reportan que la volatilidad de la TRM afecta su desempeño (Fenalco, edición 387).

Para mitigar este riesgo, las empresas suelen emplear instrumentos de cobertura cambiaria, entre ellos los contratos forward, que fijan el precio futuro de la moneda, y los contratos collar, que limitan el rango de posibles resultados al combinar opciones put y call (Coyle, 2000; Hull, 2017). En el caso de la empresa estudiada, Hra Uniquimica S.A.S., se utiliza una estrategia de balance para cubrir exportaciones, lo cual permite una cobertura natural. Sin embargo, en periodos de alta devaluación, las pérdidas cambiarias suelen superar las ganancias.

La propuesta metodológica del estudio está orientada a desarrollar una estrategia óptima de cobertura de la tasa de cambio para **Hra Uniquimica S.A.S.** Para lograrlo, se iniciará contextualizando la situación económica y financiera de la empresa, lo que permitirá entender las condiciones específicas en las que opera y los desafíos relacionados con la volatilidad cambiaria. Posteriormente, se modelará la Tasa Representativa del Mercado (TRM) utilizando modelos de

la familia GARCH, que ofrecerán proyecciones robustas sobre la fluctuación de la tasa de cambio.

A partir de este análisis, se incorporará un enfoque basado en escenarios que evalúe múltiples resultados potenciales. El ejercicio permitirá identificar el impacto de las fluctuaciones cambiarias en los márgenes operativos y el capital de trabajo de la empresa. Sobre esta base, se diseñará una estrategia de cobertura personalizada mediante el uso de derivados financieros, como forwards y opciones.

La metodología combinará datos empíricos con simulaciones financieras, validando no solo la aplicabilidad de los modelos GARCH en la gestión del riesgo cambiario, sino también demostrando su valor práctico para la toma de decisiones estratégicas. Este enfoque integrará técnicas avanzadas de modelación con herramientas de análisis prospectivo, con el objetivo de fortalecer la resiliencia financiera de la empresa y cuantificar el impacto de las coberturas en su rentabilidad. En consecuencia, este trabajo representa un aporte significativo al campo de la gestión de riesgos financieros, al proporcionar a la empresa una herramienta eficaz para enfrentar los desafíos de un entorno cambiario volátil.

### **Contexto de la compañía**

La empresa **Hra Uniquímica** cuenta con más de 53 años de trayectoria y se especializa en la fabricación y comercialización de ingredientes y aditivos para la industria alimenticia, farmacéutica, cosmética y agroindustrial. Dado su gran recorrido marca un diferencial en el mercado con productos de alta calidad, apostándole a la innovación con desarrollos propios acompañados de personal que le brinda experticia y solidez a la compañía. Su portafolio de productos va alineado con las tendencias del mercado cumpliendo con estándares internacionales, los cuales están a la venta a nivel nacional e internacional. Entre sus productos, se encuentran fosfatos, conservantes, fortificación, reducción de sodio, ovoproductos, sabores y extractos, granos semillas y harinas, especialidades, enzimas, servicios que abarcan la industria alimenticia, agroindustria y farmacéutica y cosmética.

Su planta de producción e innovación se encuentra ubicada en Medellín, Colombia (La Estrella), y cuenta con fuerza comercial en Cali, Bogotá y Ciudad de México. Entre los principales países hacia donde realizan exportaciones se encuentran México, Venezuela, Ecuador, Perú, Brasil, Bolivia, Uruguay y Paraguay y otras naciones de Centro América. Hra Uniquimica reporta una facturación anual de 52,000 Millones de pesos a cierre de 2023. Actualmente, exporta el 34 por ciento de sus ventas, con una proyección de crecimiento que alcanzará el 60 por ciento en el mediano plazo. Por su parte, la empresa tiene un CAGR (Compounded Annual Growth Rate) del 20 por ciento en la última década y como cobertura del riesgo cambiario, busca una cobertura natural entre activos y pasivos en dólares. Dado que el 90 por ciento de sus materias primas se adquieren en el mercado local y sus cuentas por pagar están denominadas en pesos colombianos, existe un desajuste entre los activos y pasivos en dólares. A medida que las exportaciones aumenten, este desbalance también lo hace, requiriendo una cobertura continua mediante forwards de exportación u otros instrumentos financieros.

Entre las políticas de la empresa se incluyen cubrir al final de cada mes el 70 por ciento del exceso de activos sobre pasivos con un forward non-delivery a 30 días, utilizar forwards non-delivery en facturas superiores a \$50,000 dólares americanos y se mantienen en la cuenta de compensación los fondos necesarios para las obligaciones de las siguientes dos semanas. Financieramente, la empresa tiene un enfoque disciplinado, realizando proyecciones trimestrales de costos y gastos para garantizar márgenes adecuados y mantener la solvencia. Los precios de venta se establecen según los costos de las materias primas, debido a su naturaleza comodotizada. Hra Uniquímica obtiene una cobertura natural significativa, con el 61 por ciento de sus ventas y el 87 por ciento de sus compras indexadas al dólar.

Igualmente, se destaca que la empresa adquiere el 90 por ciento de sus materias primas en el exterior, aunque las compra localmente, trasladando el riesgo cambiario a sus proveedores. Sus dos principales insumos se negocian trimestralmente en dólares americanos, y la empresa maneja la TRM del día con un proveedor y una TRM negociada mediante un forward con el otro. El 34 por ciento de sus ventas se hacen al exterior, con precios que se establecen a través de negociaciones spots y ofertas a plazos trimestrales o semestrales.

## **Exposición al tipo de cambio de la compañía**

En la implementación y desarrollo de una metodología adecuada resulta fundamental identificar los principales riesgos a los que se enfrenta la compañía. En el caso de los riesgos de mercado, el más importante para la empresa es la volatilidad del tipo de cambio, el cual representa un desafío significativo para las empresas exportadoras, dada su imprevisibilidad y complejidad. Esta volatilidad responde a factores tanto internos como externos, incluidos los cambios en los precios de las materias primas, decisiones de política monetaria en economías avanzadas y la inestabilidad política local. Adicionalmente, la tasa de cambio es especialmente sensible a las percepciones de riesgo de los inversionistas internacionales, lo que aumenta las fluctuaciones del mercado. Un estudio de la Reserva Federal de Nueva York estima que aproximadamente el 70 por ciento de las fluctuaciones del peso colombiano se deben a factores externos (Lozano, 2023).

Actualmente, la compañía utiliza el forward de exportación para hacer coberturas de balance. Al comprar el 90 por ciento de sus materias primas en el mercado local, la empresa registra contablemente sus cuentas por pagar en pesos colombianos, lo que genera un desbalance entre activos y pasivos en dólares americanos. A medida que las ventas al exterior continúen creciendo, este desbalance aumentará, lo que hará necesario reforzar la cobertura con contratos forward de exportación para mitigar los riesgos cambiarios.

En la compañía existe una disciplina de planeación financiera y comercial, en la que trimestralmente se realizan proyecciones de costos y gastos para garantizar los márgenes adecuados y la solvencia financiera. En lugar de establecer precios de compra respecto a los precios de venta, se establecen precios de venta basados en los precios de compra de las principales materias primas, debido a la naturaleza comodotizada de estas. Por tanto, resulta crucial que Hra Uniquimica S.A.S adopte estrategias de cobertura cambiaria efectivas para mitigar el impacto de esta volatilidad, a medida que la compañía incrementa su volumen de ventas al exterior. La realización de una cobertura óptima toma mayor relevancia para evitar impactos negativos en el flujo de caja operativo y en el estado de resultados.

## Capítulo 2: Marco Teórico

### Revisión de literatura

Varias teorías económicas proporcionan un marco para entender la importancia de la cobertura cambiaria y el uso de derivados. Entre ellas, se encuentran las teorías de la paridad de tasas de interés y la teoría del mercado eficiente. Esta última precisamente establece que los precios de los activos reflejan toda la información disponible en el mercado. En un mercado eficiente, los precios de las monedas deberían ajustarse rápidamente para incorporar nueva información, lo que dificulta predecir los movimientos futuros de los tipos de cambio basándose en información pasada (Fama, 1970). Con ello se resalta la importancia de los derivados como herramientas esenciales para la gestión del riesgo cambiario.

Por su parte, la teoría de la paridad de tasas de interés establece que la diferencia entre las tasas de interés de dos países es igual a la diferencia esperada entre los tipos de cambio actuales y futuros. Si la tasa de interés de un país es mayor que en otro, la moneda del país con la tasa más alta debería depreciarse en el futuro (Roche, 2001). Esta teoría es crucial para comprender cómo las expectativas sobre las tasas de interés afectan los tipos de cambio y la necesidad de utilizar derivados para mitigar los riesgos asociados.

Además de las teorías económicas mencionadas, la volatilidad en la tasa de cambio en Colombia está influenciada por una serie de factores macroeconómicos y específicos del país. Entre estos se encuentran la dependencia de la economía colombiana en las exportaciones de materias primas, especialmente el petróleo. Candelo, (2023) demuestra que los precios de los commodities están interconectados y afectan significativamente la tasa de cambio (TRM). En particular, el peso colombiano tiende a apreciarse cuando los precios del petróleo y el gas aumentan, debido a una mayor entrada de dólares al país. Sin embargo, se observó que no todas las materias primas responden de la misma manera, como el caso del gas frente al carbón.

La modelación del riesgo cambiario es una técnica financiera y estadística que permite evaluar y proyectar distintos escenarios de volatilidad en la tasa de cambio. Su propósito es

diseñar estrategias de cobertura utilizando derivados financieros, para mitigar el impacto de las fluctuaciones cambiarias y proteger así los estados financieros de una empresa.

Autores como Baku, E. (2019) utiliza variables financieras y macroeconómicas para predecir el comportamiento de las cinco divisas latinoamericanas más negociadas, es decir, el Real brasileño (BRL), el peso chileno (CLP), el peso colombiano (COL), el peso mexicano (MXN) y el Sol peruano (PEN), abarcando el período desde diciembre de 2001 hasta febrero de 2016. Por otro lado, Epaphra, M. (2016) examinó la volatilidad del tipo de cambio (TZS/USD) en Tanzania, utilizando análisis de series temporales no lineales univariantes en datos diarios desde el 4 de enero de 2009 hasta el 27 de julio de 2015. El autor aplicó modelos ARCH y GARCH para capturar efectos de simetría en los datos, y el modelo EGARCH para abordar la asimetría en la agrupación de volatilidad y el efecto de apalancamiento.

Otros autores como Kandilov y Leblebicioğlu (2015) realizaron el análisis de la relación entre la volatilidad del tipo de cambio y las exportaciones en el caso de Colombia, destacando cómo las fluctuaciones cambiarias pueden afectar significativamente la dinámica del comercio a nivel internacional. En su investigación, la cual está incluida en el Handbook on Trade and Development, examinan cómo la incertidumbre asociada a las tasas de cambio impactan las decisiones de exportación de las empresas colombianas, sugiriendo que a una mayor volatilidad se podría desincentivar las exportaciones debido al riesgo adicional a los que se enfrentan los exportadores. Este análisis hace hincapié en la importancia de implementar estrategias efectivas de gestión de riesgo cambiario como son el uso de derivados financieros para mitigar el impacto adverso de la volatilidad y fomentar la competitividad de las empresas en mercados internacionales.

En un análisis realizado por el Banco Central Europeo BCE (2020) se examinaron modelos de tasa de cambio de equilibrio. Entre ellos se encuentra el modelo de Paridad de Poder Adquisitivo (PPP) y el modelo de Equilibrio Conductual de la Tasa de Cambio (BEER). Estos utilizan variables económicas como el Producto Interno Bruto per cápita, los activos externos netos y los términos de intercambio para predecir las tasas de cambio en el largo plazo. El estudio realizado destaca que aunque la tasa de cambio se ajusta lentamente hacia el equilibrio,

estos modelos pueden proporcionar un marco sólido para entender las tendencias de cambio de divisa para contextos de largo plazo.

De manera más reciente, Galeshchuk y Dmytrenko (2022) han explorado la efectividad de modelos híbridos que combinan técnicas estadísticas tradicionales, como ARIMA, con redes neuronales avanzadas como LSTM, logrando una mayor precisión en la predicción de tasas de cambio, especialmente en mercados emergentes donde la volatilidad es más pronunciada.

En este contexto, los derivados financieros como forwards y collars han demostrado ser herramientas clave para mitigar el riesgo cambiario. Son varios los estudios que destacan su efectividad. Por ejemplo, Giraldo-Prieto (2019) subraya la importancia de estas estrategias para la estabilidad financiera en empresas latinoamericanas, mientras que Moguillansky (2003) resalta su impacto en la planificación financiera de multinacionales. Dang (2015) encontró que incluso las pequeñas y medianas empresas exportadoras pueden beneficiarse significativamente de los derivados para protegerse contra fluctuaciones extremas en los tipos de cambio.

En el caso de Colombia, Restrepo y Ramírez (2021) analizaron el uso de opciones USD/COP como instrumentos de cobertura, destacando sus limitaciones en términos de disponibilidad y costos, pero también su efectividad al reducir el riesgo cambiario. Herramientas como el forward, que permite fijar ingresos futuros a una tasa estable, y el collar, que establece un rango de fluctuación para mitigar variaciones extremas, son fundamentales para garantizar la competitividad de las empresas, tal como lo demostró Monsalve (2013) en su análisis de pymes del sector industrial.

Para sustentar la relevancia y efectividad del uso de derivados como el forward y el collar en la cobertura de riesgo cambiario, varios estudios destacan el impacto positivo de estos instrumentos en la estabilidad financiera de las empresas y su competitividad en mercados internacionales. Por ejemplo, Kawaller (2012) destaca cómo los programas de cobertura estructurados pueden reducir la volatilidad de los flujos de efectivo y minimizar el riesgo de crisis financieras, permitiendo que las empresas se concentren en sus operaciones principales sin comprometer su responsabilidad fiduciaria.

De manera complementaria, Hill y Schneeweis (1982) examinan la efectividad de los contratos de futuros en la cobertura de riesgo cambiario, señalando que su eficacia depende del horizonte temporal, y convirtiéndose en la estrategia más robusta a largo plazo. McCarthy (2003), por su parte, muestra que la efectividad de las coberturas también varía según la moneda involucrada, recomendando estrategias específicas para diferentes exposiciones cambiarias, como el dólar australiano y el yen japonés.

Finalmente, investigaciones como la de Mello y Parsons (2000) exploran cómo el uso de derivados para la cobertura cambiaria facilita la flexibilidad financiera, reduciendo los costos de angustia financiera y mejorando el acceso al capital. Esto a su vez optimiza las oportunidades de inversión y fortalece la competitividad de las empresas en mercados con alta exposición al riesgo cambiario.

En este sentido, tanto la literatura académica como las aplicaciones prácticas, convergen en la importancia de los derivados como instrumentos esenciales para gestionar el riesgo cambiario, asegurar estabilidad financiera y fomentar la competitividad en un entorno de alta volatilidad cambiaria.

### **Uso de derivados financieros para cobertura de riesgo cambiario**

Los derivados forward y collar ofrecen a las empresas exportadoras el beneficio de la certeza futura, lo que permite una mejor proyección financiera y, por ende, una garantía de los flujos de efectivo futuros esperados. Sin embargo, es importante considerar que el uso de estos instrumentos también tiene sus limitaciones. Por ejemplo, la efectividad de la cobertura depende de la precisión de las proyecciones de la tasa de cambio.

Un contrato forward es un acuerdo entre dos partes para comprar o vender una cantidad específica de una moneda a un tipo de cambio fijado en una fecha futura. Este tipo de derivado es ampliamente utilizado por las empresas exportadoras para fijar la tasa de cambio en el futuro, protegiéndose así de la volatilidad del mercado. Por ejemplo, una empresa colombiana que espera recibir pagos en dólares en seis meses puede usar un forward para asegurar una tasa de cambio estable, garantizando que recibirá un monto predecible en pesos colombianos,

independientemente de cómo fluctúe el mercado. Este tipo de cobertura es esencial para mantener la estabilidad financiera y prever con mayor certeza los flujos de caja.

Por otro lado, un derivado de Collar Exportador es una estrategia de opciones que combina la compra de una opción de venta (put) y la venta de una opción de compra (call) sobre el mismo activo subyacente. Esto con el objetivo de establecer un rango de precios dentro del cual se puede proteger contra movimientos adversos en la tasa de cambio.

El collar ofrece protección a la baja. Con una opción de venta (put), otorga el derecho de vender un activo en una fecha específica a cierto precio (Hull, 2021) asegurando que, si el valor del activo cae por debajo del precio de ejercicio de la put, el comprador podrá vender el activo a ese precio, evitando pérdidas significativas. Igualmente, ofrece una limitación al alza. Aquí la opción de compra (call), otorga el derecho a comprar un activo en una fecha específica a cierto precio (Hull, 2021), estableciendo un techo para el beneficio, ya que, si el valor del activo sube por encima del precio de ejercicio de la call, el comprador del collar tendrá que venderlo a ese precio, renunciando a cualquier ganancia adicional por encima de este nivel.

Al combinar simultáneamente la compra de una opción de venta (put) y una opción de compra (call), se paga y se recibe una prima al mismo tiempo, lo que permite netear el costo de la transacción y evitar un costo para la empresa que decida utilizar dicha estrategia de cobertura.

Según The Global Treasurer (2023), los contratos forward permiten fijar tipos de cambio para transacciones futuras, lo cual es beneficioso en la previsión de ingresos en mercados volátiles. Esto se traduce en una mayor certeza financiera para las empresas, facilitando así la planificación estratégica y la optimización de los ingresos proyectados en moneda local, lo cual es crucial en el sector exportador.

Asimismo, la guía de derivados de KPMG (2023) destaca cómo los collares, al establecer un rango dentro del cual puede fluctuar la moneda, ofrecen una protección adicional frente a la volatilidad extrema. KPMG enfatiza que el uso adecuado de estos instrumentos permite a las empresas mejorar su competitividad al gestionar el riesgo cambiario de manera más eficiente, garantizando así la estabilidad de sus balances y una mayor previsibilidad en los flujos de

efectivo. Estos beneficios se incrementan cuando las empresas estructuran la cobertura progresivamente, adaptando sus estrategias a las condiciones cambiantes del mercado, lo que también facilita el cumplimiento de objetivos financieros a largo plazo.

Es importante destacar que estos estudios destacan la importancia de los derivados forward y collar en la protección de los ingresos futuros de las empresas exportadoras y en la creación de condiciones financieras estables que faciliten la planificación de inversiones y operaciones estratégicas en un contexto global incierto.

### **Capítulo 3: Metodología**

#### **Datos**

La información clave utilizada en esta tesis para la construcción del modelo de la tasa de cambio fue obtenida de la serie histórica proporcionada por el Banco de la República. Específicamente, se emplearon los datos diarios de la tasa de cambio COP/USD para los años 2021 y 2023, que sirvieron como insumo para alimentar el modelo estadístico EGARCH. Estos datos permitieron capturar los patrones de volatilidad y tendencias esenciales para realizar pronósticos confiables.

Además, se analizó el estado de situación financiera de la compañía con el fin de hacer una evaluación integral. De esta manera fue posible realizar comparaciones de escenarios que simularon diversos movimientos del tipo de cambio y sus posibles impactos. A través de los análisis comparativos, se lograron extraer conclusiones relevantes sobre la efectividad de la metodología propuesta para mitigar riesgos financieros. Este enfoque dual, que combina la modelación financiera con datos reales de la empresa, aseguró una evaluación más precisa del impacto de la estrategia en la cobertura por diferencia en cambio de la compañía.

Al utilizar fórmulas basadas en la paridad cubierta de tasas de interés, tanto para forward y collar, se incluyeron las tasas de libre riesgo USD y COP de los años 2022 y 2023. Estas valoraciones se calcularon con los diez years Treasury rate de ambos países, de acuerdo con la Reserva Federal de Estados Unidos y de datos históricos del BANREP de Colombia. Fuente: FED y BANREP.

## **Modelación de la volatilidad de la TRM**

En este estudio, se empleará un enfoque fundamentado en investigaciones previas realizadas en América Latina, aplicando modelos de la familia ARIMA-GARCH para analizar la tasa de cambio USD/COP. El enfoque busca evidenciar el impacto de las fluctuaciones cambiarias en los estados financieros de la compañía y proponer políticas de cobertura que contribuyan a preservar su estabilidad financiera.

La metodología comenzará validando la estacionariedad de la serie mediante la prueba de Dickey-Fuller Aumentada (ADF). En caso de que la serie no sea estacionaria, se aplicará una diferenciación para transformar los datos en estacionarios, técnica ampliamente utilizada para garantizar un análisis más robusto y preciso en la modelización de series temporales financieras (Hamilton, 1994). Una vez transformados los datos, se modelará la media de los retornos de la tasa de cambio mediante un modelo ARIMA (AutoRegresivo Integrado de Media Móvil), seleccionando los mejores modelos a través de criterios de información como el AIC (Criterio de Información de Akaike) y el BIC (Criterio de Información Bayesiano).

Posteriormente, se realizarán pruebas estadísticas como Jarque-Bera y Box-Ljung para identificar la presencia de autocorrelación en los datos de los retornos de la TRM. Con ello permitirán evaluar la necesidad de ajustar los modelos para capturar adecuadamente características clave de las series temporales, como la heterocedasticidad, es decir, la variación en la volatilidad a lo largo del tiempo. Para abordar esta heterocedasticidad, se emplearán modelos de la familia GARCH (Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity), específicamente el modelo EGARCH (Exponential GARCH). Es importante mencionar que estos modelos son especialmente adecuados para ajustar la volatilidad condicional, ya que permiten capturar, tanto la naturaleza cambiante de la varianza como las posibles asimetrías en la respuesta de la volatilidad a "shocks" positivos y negativos.

La elección del modelo EGARCH se fundamenta en su capacidad para capturar de manera precisa la dinámica de la volatilidad en series temporales sensibles a eventos externos, como las tasas de cambio. Este enfoque metodológico proporcionará una base sólida para analizar las fluctuaciones cambiarias, lo que servirá como insumo clave en el diseño de

estrategias de cobertura financiera que mitiguen el riesgo cambiario y contribuyan a fortalecer la estabilidad financiera de la compañía.

El modelo GARCH utilizado se define como:

$$q_{ij,t+1} = p_{ij} + \alpha(z_{i,t} z_{j,t} - p_{ij}) + \beta(q_{ij,t} - p_{ij})$$

Donde:

**$q_{ij,t+1}$** : Representa la covarianza condicional pronosticada entre las variables  $i$  y  $j$  en el tiempo  $t+1$

**$p_{ij}$** : Es la covarianza promedio incondicional entre  $i$  y  $j$  (un valor constante).

**$z_{i,t}$  y  $z_{j,t}$** : Son las innovaciones estandarizadas o "shocks" de las variables  $i$  y  $j$  en el tiempo  $t$ , es decir, los valores residuales de estas series temporalmente ajustados.

**$\alpha$** : Es el parámetro de reacción del modelo, que mide la sensibilidad de la covarianza a los "shocks" previos (término de innovación). Controla cómo el producto  $z_{i,t} z_{j,t}$  contribuye a la varianza condicional futura.

**$\beta$** : Es el parámetro de persistencia del modelo, que representa la dependencia de la covarianza pronosticada respecto a su valor pasado.

El modelo Garch exponencial o Egarch es una versión mejorada del modelo GARCH que captura las asimetrías en la volatilidad, como el hecho de que los shocks negativos (malas noticias) suelen tener un mayor impacto en la volatilidad que los shocks positivos (buenas noticias). La principal diferencia es que el modelo EGARCH modela el logaritmo de la varianza condicional, lo que permite que la varianza nunca sea negativa y capta mejor las fluctuaciones asimétricas (Chung Alva, 2021).

Dada la naturaleza volátil y sensible a las noticias de la tasa de cambio en Colombia, un modelo EGARCH es más adecuado para capturar estas dinámicas, pues no solo permite modelar la heterocedasticidad condicional (volatilidad variable en el tiempo), sino también las asimetrías en la volatilidad, reflejando cómo las malas noticias pueden tener un impacto

diferente (a menudo mayor) que las buenas noticias. Esto se traduce en una mayor exactitud en las predicciones, especialmente en lo que respecta a la tasa de cambio (Torres, 2023), la cual es altamente sensible a las noticias políticas y económicas. La implementación de modelos como el EGARCH puede ayudar a capturar y predecir mejor estas fluctuaciones, proporcionando una herramienta útil para analizar y anticipar los movimientos en el mercado de divisas colombiano y utilizar derivados financieros que permitan mitigar el riesgo cambiario (Maya Sierra & Marín Rodríguez, 2019).

De esta forma se define el modelo EGARCH(1,1)

$$\log(\sigma_t^2) = \omega + \beta \log(\sigma_{t-1}^2) + \alpha \left( \frac{|Z_{t-1}|}{\sigma_{t-1}} - \sqrt{\frac{2}{\pi}} \right) + \gamma \frac{Z_{t-1}}{\sigma_{t-1}}$$

Donde:

$\sigma_t^2$  Es la **varianza condicional** en el tiempo t

$\omega$  Es el término de constante en la ecuación.

$\beta$  Es el **coeficiente de persistencia** del modelo, similar al parámetro de persistencia en GARCH. Controla la dependencia de la varianza actual en la varianza anterior.

$\alpha$  Representa el coeficiente de respuesta simétrica a los "shocks". Controla el efecto del tamaño del "shock" en la volatilidad actual, sin importar el signo.

$\gamma$  Es el coeficiente de asimetría o efecto de apalancamiento. Este parámetro permite que "shocks" positivos y negativos tengan diferentes impactos en la volatilidad.

$Z_{t-1}$  Representa el "shock" estandarizado o innovación en el tiempo

Luego de modelar la tasa de cambio a través del modelo EGARCH, se pasa a establecer la estrategia de cobertura.

## Evaluación del Riesgo Cambiario y Estrategias de Cobertura

Una vez se ha ajustado el modelo EGARCH para la predicción del tipo de cambio se propone una metodología que evalúe el impacto de la cobertura a través del uso de derivados financieros para la compañía, debido a sus activos, pasivos y flujos de caja denominados en dólares. Para ello se realiza un análisis detallado de la posición neta en USD de la empresa, identificando períodos de mayor exposición y volatilidad en el tipo de cambio COP/USD. Se

utilizan técnicas estadísticas para calcular el Valor en Riesgo (VaR) mensual desde enero de 2022 hasta diciembre de 2023, lo que permite cuantificar la pérdida potencial máxima esperada por fluctuaciones cambiarias con un nivel de confianza específico.

Con base en estos cálculos, se desarrolló una estrategia de cobertura cambiaria proponiendo el uso de instrumentos financieros como contratos forward y opciones cambiarias para mitigar el riesgo identificado. Esta estrategia busca encontrar qué instrumentos derivados, el forward o el collar, ofrece mayor cobertura a lo largo de los años 2022 y 2023, considerando el alto nivel de volatilidad que se presentó en este periodo de tiempo la tasa de cambio.

La siguiente etapa de la metodología consiste en **determinar la posición neta en USD de la empresa**, que es la diferencia entre los activos y pasivos denominados en moneda extranjera.

$$\text{Posición Neta en USD} = \text{Activos en USD} - \text{Pasivos en USD}$$

De los datos recopilados, se obtiene la posición neta mensual de enero de 2022 a diciembre de 2023, la cual varía mes a mes debido a las operaciones comerciales y financieras de la empresa. Luego se realiza el **cálculo del VaR (Value at Risk)**, utilizando el método paramétrico, donde se demuestra que los rendimientos del tipo de cambio siguen una distribución normal. Este enfoque es popular debido a su simplicidad y facilidad de implementación, aunque es importante reconocer sus limitaciones en la representación de eventos extremos o distribuciones no normales (Jorion, 2007).

La fórmula para calcular el VaR es:

$$\text{VaR COP} = (\text{Posición Neta en USD}) \times \text{TRM} \times Z \times \sigma \times \sqrt{T}$$

**Donde:**

**TRM:** Tasa Representativa del Mercado (tipo de cambio) al final del mes.

**Z:** Valor crítico de la distribución normal para el nivel de confianza seleccionado (por ejemplo, 1.65 para 95%).

**$\sigma$ :** Desviación estándar de los rendimientos diarios del tipo de cambio durante el mes.

**T:** Horizonte temporal en días (se utiliza 22 días, aproximadamente un mes).

Para calcular el VaR de manera más precisa, se realizaron las siguientes modificaciones:

- 1. Uso de Datos Diarios del Tipo de Cambio:** Se utilizaron datos diarios de la TRM para calcular rendimientos diarios, en lugar de datos mensuales. Esto permite capturar mejor la volatilidad diaria y las fluctuaciones del mercado.
- 2. Cálculo de Rendimientos Diarios:** Los rendimientos diarios del tipo de cambio se calcularon utilizando la fórmula:

$$R_t = \frac{TRM_t}{TRM_{t-1}} - 1$$

Donde:

- $R_t$  es el rendimiento del día  $t$ .
  - $TRM_t$  es la TRM del día  $t$ .
  - $TRM_{t-1}$  es la TRM del día anterior.
- 3. Cálculo de la Volatilidad Mensual:** Para cada mes, se calculó la desviación estándar ( $\sigma$ ) de los rendimientos diarios obtenidos en ese mes. Esto proporciona una volatilidad específica para cada período, reflejando las condiciones del mercado en ese momento.
  - 4. Ajuste por Horizonte Temporal:** Dado que la volatilidad se basa en rendimientos diarios, se ajustó el VaR al horizonte temporal mensual multiplicando por la raíz cuadrada de  $T$  (donde  $T = 22$  días hábiles en un mes).
  - 5. Cálculo del VaR Mensual:** Utilizando la volatilidad mensual ajustada, calculada con la proyección de la tasa de cambio, y la posición neta en USD para cada mes, se calculó el VaR para cada período:

$$\text{VaRCOP, mes} = \text{Posición Neta en USD} \times \text{TRM mes} \times Z \times \sigma \text{ mensual}$$

Al hacer los ejercicios anteriores se pueden proponer las estrategias de coberturas evaluadas calculando la utilidad para cada uno de los derivados, y así determinar cuál es el instrumento más indicado para la compañía.

**Para el Forward:**

Utilidad del Forward = (Tipo de Cambio Forward – Tipo de Cambio Spot al Vencimiento) × Monto Nominal en Moneda Extranjera.

**Para Collar exportador:**

Utilidad del Collar =  $[N \times ST + N \times \max(K_{put} - ST, 0) - N \times \max(ST - K_{call}, 0)] - (P - C) \times N$

Donde:

- N: Monto nominal en moneda extranjera (USD).
- St: Tipo de cambio spot al vencimiento.
- Kput: Precio de ejercicio de la opción put.
- Kcall: Precio de ejercicio de la opción call.
- P: Prima de la opción put comprada (en COP por USD).
- C: Prima de la opción call vendida (en COP por USD).
- Max (a,b): Función que devuelve el máximo entre a y b.

En la implementación de la estrategia de cobertura mediante Forward, se utilizó la volatilidad mensual del tipo de cambio para reflejar con mayor precisión las condiciones del mercado durante cada período. El objetivo principal de esta estrategia es fijar el tipo de cambio futuro para las transacciones en moneda extranjera, eliminando así la incertidumbre derivada de la volatilidad cambiaria y estabilizando los flujos de ingresos en pesos colombianos (COP). Para el cálculo del tipo de cambio forward se empleó la fórmula basada en la paridad cubierta de tasas de interés, la cual relaciona el tipo de cambio spot, las tasas de interés de ambas monedas y el horizonte temporal de la cobertura (Madura, 2012). De esta manera, se calculó el tipo de cambio forward para cada mes, permitiendo fijar el tipo de cambio al cual se realizará la conversión de los flujos en USD al final del período.

El desarrollo de la cobertura **forward** en el modelo permitió fijar el tipo de cambio al cual se convertirían los flujos futuros en USD, asegurando así un ingreso en COP conocido y estable. Esto es particularmente relevante en contextos de alta volatilidad cambiaria, donde las fluctuaciones pueden afectar significativamente la rentabilidad de las operaciones de exportación. Al comparar los ingresos proyectados con y sin cobertura, se evidenció que, en

periodos de alta devaluación, como la ocurrida en el año 2022, la cobertura con **forward** permite mitigar el riesgo cambiario por debajo del VAR calculado para el año. En los años de alta revaluación, como la ocurrida en el año 2023, el impacto positivo es significativamente mayor que en el periodo de devaluación, lo que indica que la utilización de forwards contribuyó a mitigar el riesgo cambiario, proporcionando certidumbre en los flujos de efectivo y facilitando la planificación financiera.

Para implementar la estrategia de cobertura mediante un **collar** exportador, se utilizó la volatilidad mensual del tipo de cambio para reflejar con mayor precisión las condiciones del mercado durante cada período. El collar consiste en fijar un techo y un piso mediante opciones call y put sobre el dólar estadounidense (USD), con el objetivo de establecer un rango de protección para la tasa de cambio y, al mismo tiempo, minimizar o eliminar el costo neto de la prima. Cuando se trata de opciones sobre divisas, hay factores adicionales a considerar, como las diferentes tasas de interés en los países involucrados. Las monedas pueden ganar intereses a tasas distintas, lo cual afecta el valor temporal del dinero en cada divisa.

Para el cálculo de utilidad del collar se hicieron los siguientes pasos:

- 1. Recolección y Preparación de Datos:** Se identificó la posición neta en USD de la empresa para cada mes. Se obtuvieron las tasas de interés COP y USD mensuales, la volatilidad mensual del tipo de cambio y el tipo de cambio spot inicial.
- 2. Cálculo de Parámetros del Collar:** Se establecieron precios de ejercicio iniciales para la opción put y la opción call, basados en un ajuste porcentual por debajo y por encima del tipo de cambio spot, respectivamente. Se calcularon los valores de  $d1$  y  $d2$  para ambas opciones utilizando el modelo de Garman-Kohlhagen, adaptando las fórmulas para utilizar la volatilidad y el tiempo al vencimiento mensuales (Garman y Kohlhagen, 1983).
- 3. Ajuste para Collar de Costo Cero:** Mediante iteraciones y utilizando herramientas como "Buscar objetivo" en Excel, se ajustaron los precios de

ejercicio de las opciones hasta lograr que las primas de la opción put comprada y la opción call vendida se anularan, resultando en un costo neto de prima cercano a cero. Esto implicó equilibrar el nivel de protección (precio de ejercicio de la put) y la limitación de beneficios potenciales (precio de ejercicio de la call), según la tolerancia al riesgo de la empresa.

## Capítulo 4: Resultados

### Modelación utilizada para los pronósticos de la Tasa de Cambio

En la figura 1 se puede observar históricamente el comportamiento de la tasa de cambio USD/COP (Ver Figura 2. TRM Año 2021 y 2022).

**Figura 1. TRM COP/USD año 2021 y 2022**



Fuente: Elaboración propia.

Durante el análisis, se aplicó la prueba de Dickey-Fuller con el objetivo de evaluar la estacionariedad de la serie temporal. Los resultados mostraron que el valor p obtenido fue menor a 0.05 ( $p\text{-value} = 0.01$ ) luego de diferenciada la serie en niveles, lo que permitió rechazar la hipótesis nula y concluyó que la serie presenta estacionariedad (ver Tabla 1). Esto indica que los datos son adecuados para el modelado mediante técnicas de series temporales sin necesidad de transformaciones adicionales para lograr estacionariedad (Dickey & Fuller, 1981).

Por otro lado, al obtener las estadísticas descriptivas de los retornos de la TRM aparecen tres características principales donde los retornos promedio muestran tendencias

positivas, la desviación estándar es elevada queriendo decir que posee alta volatilidad, y además, presenta una distribución asimétrica positiva y con colas gruesas lo que indica presencia de eventos extremos (grandes movimientos en la TRM) y una distribución diferente de la normal. Estos resultados son comunes en datos financieros y apoyan el uso de modelos como EGARCH, que son adecuados para capturar tales características, en especial la alta volatilidad, la asimetría, y los eventos extremos frecuentes (ver Tabla 2)).

**Tabla 1. Prueba de dickey and Fuller**

<b>Augmented Dickey-Fuller Test TRM</b>	
Dickey-Fuller =	-11.363
Lag order =	8
p-value =	0.01

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 2. Estadísticas descriptivas de los retornos**

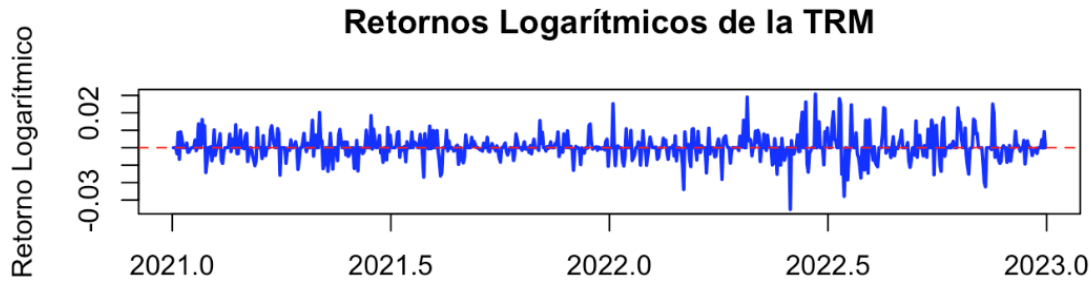
<b>Log Returns</b>	
Min	-3,53
Mean	4,63
Max	3,07
Variance	5,01
Sds	7,08
Skewness	3,73
Kurtosis	5,50
Jarque Bera	0,00

Fuente: Elaboración propia.

Igualmente, se desarrolla un análisis detallado de la Tasa Representativa del Mercado (TRM) utilizando modelos de series temporales avanzados. Para ello se emplean dos enfoques principales: el modelo GARCH(1,1) y el modelo eGARCH(1,1) para modelar la volatilidad. Ambos complementados con un modelo AR(1) para la media y una distribución t-student para capturar de manera más precisa las colas pesadas en los retornos financieros (ver Anexo 2).

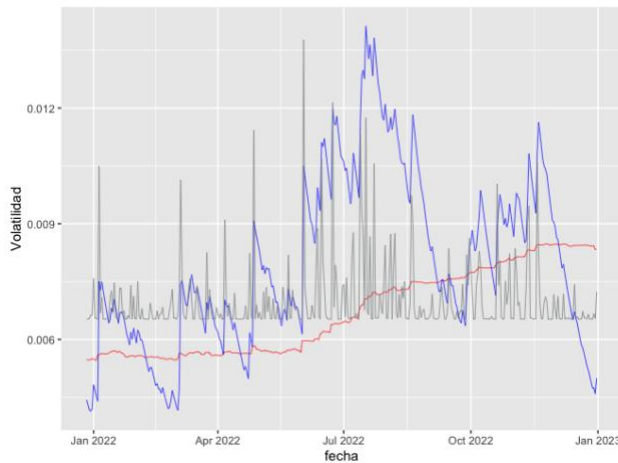
La figura 2 muestra los retornos logarítmicos de la TRM en el período de estudio.

**Figura 2. Retornos Logarítmicos de la TRM**



Fuente: Elaboración propia utilizando datos de la TRM.

**Figura 3. Volatilidad Histórica EWMA y GARCH**



Fuente: R.studio.

Posteriormente, se hizo un pronóstico rolling (desplazante), donde cada semana se ajusta el modelo eGARCH(1,1) con los retornos logarítmicos más recientes. Este enfoque simula un escenario más realista, donde el modelo se recalibra continuamente a medida que se obtienen nuevos datos. En cada iteración, se genera un pronóstico para los próximos siete días y los retornos se convierten nuevamente en niveles de TRM, lo que permite evaluar cómo cambia la proyección semana tras semana.

Los resultados del pronóstico Rolling se almacenan en un dataframe con la media esperada, la desviación estándar condicional y los niveles pronosticados para cada semana, y se exportan a un archivo Excel para su análisis. La recalibración del modelo durante este

proceso asegura que se mantenga actualizado con la información más reciente, mejorando su capacidad predictiva. En conjunto, ambos bloques representan una implementación robusta de pronósticos financieros, combinando métodos avanzados de volatilidad, intervalos de confianza y procesos de actualización continua para optimizar las proyecciones.

De acuerdo con los resultados obtenidos y comparándolos con la TRM real emitida por el Banco de la República, el modelo se ajusta cinco meses hacia adelante con una variación final de hasta <8 por ciento de acuerdo con el valor real (Ver Tabla 4). Para el caso de la empresa HrUriquímica es muy positivo dado a que se realizan evaluaciones cuatrimestrales para planificación y revisión. De esta manera, resulta ideal dado que se tendrá así un horizonte de toma de decisiones más ajustado a la realidad con el modelo propuesto. Teniendo en cuenta que se requiera tener el pronóstico de la tasa a un año, se correría el modelo con la información de la TRM cada cuatro meses.

### **Aplicación modelo de coberturas**

El modelo de coberturas se utiliza para analizar la efectividad de las estrategias de cobertura implementadas, específicamente mediante contratos forward y collar exportador, de tal manera que se pueda cuantificar su impacto en la mitigación del riesgo asociado a las fluctuaciones en la tasa de cambio USD/COP. En este sentido, se utilizó la posición neta en dólares de la empresa durante los años 2022 y 2023, calculando el Valor en Riesgo (VaR) mensual y evaluando el desempeño de cada estrategia de cobertura en diferentes escenarios de volatilidad. Este análisis es fundamental para determinar la estrategia más adecuada que permita a Hra Uniquímica S.A.S. proteger sus flujos de caja y mantener su rentabilidad en un entorno económico caracterizado por la alta volatilidad cambiaria. En la **Tabla 3** se evidencia, mes a mes, cómo la compañía presenta diferentes valores de exposición en la diferencia de activos y pasivos en dólares, alejándose sustancialmente de la cobertura natural y exponiéndose a grandes pérdidas mensuales, como lo muestra la columna del VAR en COP. Para una compañía que vendió 53,000 millones de pesos colombianos en el año 2023 y que enfrenta un riesgo de pérdida de 1,607 millones de pesos, con un nivel de confianza del 95 por ciento, lo que representa un 3 por ciento del total de las ventas, se evidencia un riesgo cambiario considerable que requiere una gestión eficiente.

**Tabla 3. Exposición Neta a la TRM y VaR en COP**

FECHA	EXPOSICION NETA	
	USD	VAR \$COP
ene-22	USD 320.030	COP 113.817.510
feb-22	USD 348.565	COP 71.382.630
mar-22	USD 529.565	COP 186.248.435
abr-22	USD 563.576	COP 215.850.195
may-22	USD 504.047	COP 149.083.829
jun-22	USD 689.366	COP 439.241.187
jul-22	USD 543.888	COP 374.432.074
ago-22	USD 8.727	COP 4.394.567
sep-22	USD 762.056	COP 328.233.717
oct-22	USD 900.446	COP 487.542.040
nov-22	USD 688.351	COP 427.529.752
dic-22	USD 494.169	COP 115.145.022
ene-23	USD 422.820	COP 132.020.720
feb-23	USD 548.620	COP 189.861.538
mar-23	USD 696.174	COP 164.139.947
abr-23	USD 850.363	COP 222.266.693
may-23	USD 886.073	COP 214.859.725
jun-23	USD 359.952	COP 66.006.099
jul-23	USD 37.447	COP 7.465.140
ago-23	USD 414.636	COP 130.615.594
sep-23	USD 622.917	COP 137.140.617
oct-23	USD 406.068	COP 138.814.345
nov-23	USD 449.056	COP 146.854.754
dic-23	USD 404.341	COP 59.092.059

Fuente: Elaboración propia.

Tras identificar la exposición neta y el valor máximo de pérdida, se aplicó el modelo de coberturas para el cálculo del forward y el collar, utilizando la paridad cubierta de tasas de interés y de esta manera calcular el tipo de cambio forward, así como las opciones put y call para cada mes. La Tabla 4 muestra la evolución mensual de la tasa de cambio del peso colombiano (COP) entre enero de 2022 y diciembre de 2023, incluyendo la **tasa spot** (precio actual en el mercado de contado), la **tasa forward** (precio acordado para intercambios futuros), y los precios de ejercicio de opciones financieras, tanto de venta (**put**) como de compra (**call**). Se observan fluctuaciones significativas en 2022, con un pico en octubre de ese año (COP 4,819 en la tasa spot), seguido de una moderación en 2023. Las tasas forward superan consistentemente las tasas spot, reflejando costos asociados al tiempo y expectativas

de mercado, mientras que los precios de las opciones muestran diferencias que destacan la volatilidad y las percepciones de riesgo en el período analizado.

**Tabla 4. Tasa Spot, forward y Precios de Ejercicio de las Opciones Put y Call**

FECHA	TASA SPOT	TASA FORWARD	OPCIÓN PUT	OPCIÓN CALL
ene-22	COP 3.983	COP 4.026	COP 3.903	COP 4.118
feb-22	COP 3.911	COP 3.959	COP 3.832	COP 4.044
mar-22	COP 3.748	COP 3.778	COP 3.673	COP 3.876
abr-22	COP 3.966	COP 4.009	COP 3.887	COP 4.102
may-22	COP 3.912	COP 3.958	COP 3.834	COP 4.047
jun-22	COP 4.127	COP 4.178	COP 4.045	COP 4.277
jul-22	COP 4.300	COP 4.357	COP 4.214	COP 4.466
ago-22	COP 4.400	COP 4.457	COP 4.312	COP 4.563
sep-22	COP 4.532	COP 4.580	COP 4.441	COP 4.698
oct-22	COP 4.819	COP 4.886	COP 4.723	COP 5.003
nov-22	COP 4.810	COP 4.879	COP 4.713	COP 4.989
dic-22	COP 4.810	COP 4.870	COP 4.714	COP 4.987
ene-23	COP 4.649	COP 4.722	COP 4.556	COP 4.816
feb-23	COP 4.814	COP 4.870	COP 4.718	COP 4.996
mar-23	COP 4.646	COP 4.703	COP 4.553	COP 4.810
abr-23	COP 4.669	COP 4.743	COP 4.576	COP 4.835
may-23	COP 4.434	COP 4.487	COP 4.345	COP 4.584
jun-23	COP 4.178	COP 4.218	COP 4.094	COP 4.310
jul-23	COP 3.898	COP 3.940	COP 3.821	COP 4.022
ago-23	COP 4.099	COP 4.138	COP 4.017	COP 4.232
sep-23	COP 4.054	COP 4.095	COP 3.973	COP 4.189
oct-23	COP 4.114	COP 4.166	COP 4.032	COP 4.255
nov-23	COP 4.045	COP 4.082	COP 3.964	COP 4.174
dic-23	COP 3.822	COP 3.853	COP 3.746	COP 3.940

Fuente: Elaboración propia.

Por su parte, en la Tabla 5 se puede observar que la estrategia basada en contratos forward permitió fijar el tipo de cambio futuro para las transacciones en moneda extranjera, lo que eliminó la incertidumbre causada por la volatilidad cambiaria y contribuyó a estabilizar los flujos de ingresos. Aunque las coberturas tipo collar limitaron las pérdidas, su efectividad fue significativamente inferior a la del forward. Por otro lado, la falta de cobertura resultó en una alta exposición a la volatilidad, generando pérdidas netas acumuladas en el período analizado. Estos resultados subrayan la importancia de utilizar instrumentos financieros adecuados para mitigar riesgos cambiarios en mercados volátiles.

**Tabla 5. Resultados de cobertura**

<b>RESULTADO ANUAL CON COBERTURA</b>			
	<b>2022</b>	<b>2023</b>	<b>TOTAL</b>
<b>FORWARD</b>	-\$ 85.698.933	\$ 913.073.682	\$ 827.374.748
<b>COLLAR</b>	-\$ 190.210.356	\$ 240.540	-\$ 189.969.816
<b>SIN COBERTURA</b>	\$ 419.166.502	-\$ 593.810.829	-\$ 174.644.327

Fuente: Elaboración propia.

### **Capítulo 5: Conclusiones**

Este trabajo propone una estrategia óptima de cobertura del riesgo cambiario para una empresa exportadora colombiana, destacando la importancia de identificar y gestionar los riesgos derivados de la alta volatilidad cambiaria. En el contexto nacional, caracterizado por fluctuaciones significativas del tipo de cambio, se evidencia la necesidad de implementar mecanismos financieros que mitiguen los impactos adversos sobre los flujos de caja y fortalezcan la competitividad en mercados internacionales. El análisis realizado resalta los desafíos financieros y operativos asociados a la participación en un entorno global dinámico.

Igualmente, se desarrollaron pronósticos detallados de la Tasa Representativa del Mercado (TRM) utilizando modelos de volatilidad dinámica, específicamente GARCH y eGARCH. Estos modelos no solo permiten proyectar los niveles futuros de la TRM, sino que también capturan la volatilidad esperada en cada período, proporcionando una medida del riesgo asociado con cada pronóstico. El modelo eGARCH evidenció un mejor ajuste en la captura de la asimetría de la volatilidad, permitiendo identificar eventos extremos con mayor precisión, mientras que el GARCH estándar demostró una mayor estabilidad en los pronósticos promedio.

La estrategia de cobertura mediante contratos forward resultó ser la más efectiva, con un saldo acumulado positivo de \$827,374,748 durante el período analizado. Esto refleja su capacidad para mitigar las pérdidas derivadas de la volatilidad cambiaria y estabilizar los flujos financieros, especialmente en 2023, donde se observó un resultado altamente favorable. En contraste, el Collar, aunque ofreció cierta protección, no fue tan eficiente en escenarios de extrema volatilidad. Por otro lado, la ausencia de cobertura resultó en un saldo negativo

acumulado de -\$174,644,327, destacando los riesgos significativos de no implementar mecanismos de protección ante fluctuaciones cambiarias.

Hra Uniquimica S.A.S., en su estrategia de crecimiento apalancado en el mercado internacional, se encuentra cada vez más expuesta. La diferencia entre activos y pasivos en USD tenderá a acrecentarse, y encontrar el modelo óptimo de cobertura toma mayor relevancia para evitar grandes pérdidas por diferencia en cambio. Esta metodología es aplicable a otras empresas con exposición al riesgo cambiario similar al de la empresa en referencia, donde se busca una cobertura de balance para limitar los impactos negativos en los estados financieros por diferencias en cambio.

Como se puede apreciar, la aplicación de esta estrategia no solo ayuda a mitigar el riesgo cambiario, sino que también contribuye a mejorar la competitividad y sostenibilidad financiera de las empresas en un entorno económico volátil. Al gestionar eficazmente el riesgo de tipo de cambio, las organizaciones pueden enfocarse en su crecimiento y expansión en mercados internacionales sin verse afectadas por fluctuaciones abruptas en las tasas de cambio.

## **Referencias bibliográficas y citas**

- BBVA Research. (2024). MiPymes en Colombia. Obtenido de [https://www.bbva.com/colombia/wp-content/uploads/2024/02/202401\\_MiPymes\\_Colombia-1.pdf](https://www.bbva.com/colombia/wp-content/uploads/2024/02/202401_MiPymes_Colombia-1.pdf)
- Alfonso Corredor, V. A. (2018). El uso de forwards peso dólar en las empresas colombianas del sector real. Borradores de Economía(1058). Obtenido de Banco de la República: <https://www.banrep.gov.co/es/borrador-1058>
- Coyle, B. (2000). Derivatives: The Tools That Changed Finance. Glenlake Publishing Company.
- Hull, J. (2017). Options, Futures, and Other Derivatives (9th ed.). Pearson.
- Díaz Figueroa, S. M. (2008). Aplicación del modelo ARCH y GARCH para el cálculo de la volatilidad en riesgo de mercado. Universidad Autónoma de Bucaramanga.
- Garman, M. B., & Kohlhagen, S. W. (1983). Foreign currency option values. Journal of International Money and Finance, 2(3), 231-237.

- Giraldo, J. (2020). *Incidencia de la tasa de cambio en las exportaciones colombianas durante el periodo 2000-2018*. [Tesis de grado, Fundación Universidad de América].
- Berggrun Preciado, L., España Calderón, L. F., & López Casella, J. A. (2011). *Gestión del riesgo cambiario en una compañía exportadora*. *Estudios Gerenciales*, 27(121), 219-238.
- Monsalve, S. A., & Murillo Ortiz, M. (2013). Efectos de los derivados financieros en 10 empresas pyme del sector industrial vinculadas con BANCOLOMBIA (Bachelor's thesis, Universidad de Medellín).
- Giraldo-Prieto, C. A. (2019). Determinants of foreign exchange risk management in Latin American firms.
- Moguillansky, G. (2003). Corporate Risk Management and Exchange Rate Volatility in Latin America. UNU-WIDER.
- Dang, V. (2015). An investigation of foreign exchange risk management by exporting small and medium sized enterprises.
- Candelo-Viáfara, J. M., & Oviedo-Gómez, A. (2023). La volatilidad de la moneda: un análisis de la tasa de cambio colombiana y los mercados de materias primas energéticas. *Cuadernos de Economía*, 42(89), 177-201.
- Zapata Lozano, D., & Salamanca Balaguera, J. C. (2023). Análisis de las variaciones de la tasa de cambio en Colombia entre 2018 y 2022: Factores internos y externos que inciden en dichas variaciones. Retrieved from <https://ciencia.lasalle.edu.co/economia/1730>
- Banco Mundial. (2022). *Economic Overview of Latin America*. Obtenido de <https://www.worldbank.org/en/region/lac/overview>
- Escrig Meliá, M., Falero Carrasco, B., Staking, K. B., Beato, P., Ayuso Calle, A., Botín O'Shea, E., & Soler Ramos, J. A. (1999). *Gestión de riesgos financieros: Un enfoque práctico para países latinoamericanos*.
- Luis Otero, González, Sara Fernández López, Pablo Duran Santomii (2010). THE DECISION OF FOREIGN EXCHANGE RISK HEDGING IN SPANISH INTERNATIONAL FIRMS
- Gaillardetz P, Hachem SIMA *Journal of Management Mathematics* (2022). Dynamic hedging in incomplete markets using risk measures
- Fama, E. F. (1970). Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work. *Journal of Finance*
- Roche Aguirre María Laura. (2001, noviembre 1). Teoría de la paridad de los tipos de interés. Obtenido de <https://www.gestiopolis.com/teoria-de-la-paridad-de-los-tipos-de-inter>
- Sierra, G. M., & Marín Rodríguez, N. J. (2019). Modelación y con movimientos de la tasa de

cambio colombiana, 2011-2017. *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, 28, 301-341. Universidad Pablo de Olavide, Sevilla.  
<https://doi.org/10.46661/revmetodoscuanteconempresa.2966>

Torres García, A. D. (2023). Pronóstico de volatilidad de la TRM mediante un modelo híbrido LSTM-GARCH. [Tesis de maestría, Universidad del Rosario]  
<https://repository.urosario.edu.co/handle/10336/20708>

Chung Alva, V. (2021). Modelación de la Volatilidad del Tipo de Cambio del dólar en el Perú: Aplicación de los Modelos GARCH y EGARCH. *Revista de Análisis Económico y Financiero*, 4(2), 7-12. <https://doi.org/10.24265/raef.2021.v4n2.40>

Madura, J. (2012). *Administración Financiera Internacional* (11ª ed.). Cengage Learning.

Ministerio de Industria y comercio. Reporte de empresas activas (2023)  
<https://www.mincit.gov.co/prensa/noticias/industria/colombia-cerro-2023-con-historico-empresas-activas#:~:text=Cabe%20mencionar%20que%20en%202023,exportaciones%20las%20realizaron%20grandes%20empresas.>

HRA Uniquímica. <https://hrauniquimica.com/>

Puerta A. (2024) Optimización de coberturas cambiarias para empresas exportadoras de metales preciosos

*Revista de economía mundial* 30. (2012. 233-268) La decisión de cobertura del riesgo cambiario en las empresas españolas internacionales.

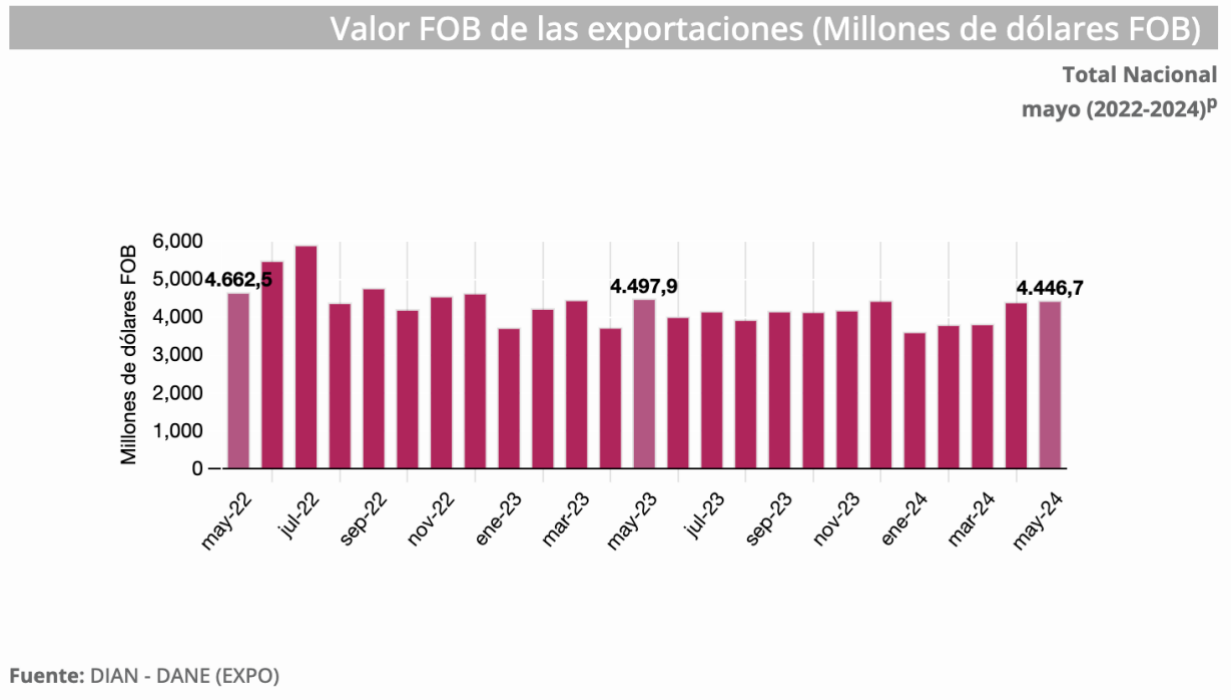
Belghitar Y, Clark E, Dropsy V, Mefteh-Wali S. (2021) The effect of exchange rate fluctuations on the performance of small and medium sized enterprises: Implications for Brexit. *Quarterly Review of Economics and Finance*, Volume 80, May 2021, pp. 399-410  
<https://dspace.lib.cranfield.ac.uk/server/api/core/bitstreams/32590ecb-0e6b-4bc0-a90f-d78047edf704/content>

Michele Ca' Zorzi, Adam Cap, Andrej Mijakovic, Michał Rubaszek (2020). The predictive power of equilibrium exchange rate models  
<https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/scpwps/ecb.wp2358~4382d88430.en.pdf>

Fernando García, Francisco Guijarro, Javier Oliver, Rima Tamošiūnienė (2023). Foreign Exchange Forecasting Models: ARIMA and LSTM Comparison <https://www.mdpi.com/2673-4591/39/1/81>

- Epaphra, M. (2016). Modeling exchange rate volatility: Application of the GARCH and EGARCH models. *Journal of Mathematical Finance*, 7(1), 121-143.
- Baku, E. (2019). Exchange rate predictability in emerging markets. *International Economics*, 157, 1-22.
- Kandilov, I. T., & Leblebicioğlu, A. (2015). Exchange rate volatility and exports: The case of Colombia. In *Handbook on trade and development* (pp. 310-328). Edward Elgar Publishing. <https://doi.org/10.4337/9781781003853>
- Restrepo, C. A. D., & Ramírez, M. I. R. (2021). Efficiency of Option Market as an Exchange Rate Risk Hedging Instrument. In *3rd International Conference on Management, Economics & Finance*, 2Universidad Libre, Colombia.

### Apéndice 1. Valor FOB de las exportaciones en Colombia (Millones de dólares)



FOB: free on board.

Fuente: Tomado del DANE.

## Apéndice 2. Modelo EGARCH

---

### Modelo GARCH

Parámetros	Resultados
Subtipo	EGARCH (1,1)
Media Model	AR(1,0,0)
Distribución	Estándar

### Optimal Parameters

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
mu	-0.000053	0.000139	-0.38374	0.701171
ar1	0.075433	0.026640	283.163	0.004631
omega	-0.069437	0.004533	-1.531.833	0.000000
alpha1	0.129819	0.064233	202.105	0.043275
beta1	0.991979	0.000516	192.340.012	0.000000
gamma1	0.182052	0.013212	1.377.885	0.000000
shape	2.100.000	0.032993	6.364.960	0.000000

### Robust Standard Errors:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
mu	-0.000053	0.000092	-0.57809	0.563201
ar1	0.075433	0.025183	299.538	0.002741
omega	-0.069437	0.007047	-985.288	0.000000
alpha1	0.129819	0.079354	163.595	0.101850
beta1	0.991979	0.000542	183.137.290	0.000000
gamma1	0.182052	0.028063	648.714	0.000000
shape	2.100.000	0.021594	9.724.823	0.000000

### Individual Statistics:

mu	0.05761
ar1	0.11854
omega	0.08971
alpha1	0.15709
beta1	0.09084
gamma1	0.05138
shape	0.11518

---

### Apéndice 3. Pronóstico TRM

Fecha	ForecastMean	ForecastSigma	Pronostico EGARCH	Real Banco de la República	Variación
1/01/23	-4,91848E-05	0,012496328	4809,96	4810,20	0,00%
2/01/23	-5,2895E-05	0,012501717	4809,71	4810,20	0,01%
3/01/23	-5,31748E-05	0,012507064	4809,45	4842,26	0,68%
4/01/23	-5,31959E-05	0,012512371	4809,20	4924,00	2,39%
5/01/23	-5,31975E-05	0,012517638	4808,94	4989,58	3,76%
6/01/23	-5,31976E-05	0,012522865	4808,69	4885,66	1,60%
7/01/23	-5,31977E-05	0,012528052	4808,43	4885,66	1,61%
8/01/23	-5,63934E-05	0,009329119	4809,93	4885,66	1,57%
9/01/23	-5,66382E-05	0,009351221	4809,66	4885,66	1,58%
10/01/23	-5,66569E-05	0,009373196	4809,38	4807,85	-0,03%
11/01/23	-5,66584E-05	0,009395044	4809,11	4748,54	-1,26%
12/01/23	-5,66585E-05	0,009416765	4808,84	4692,04	-2,43%
13/01/23	-5,66585E-05	0,009438359	4808,57	4693,99	-2,38%
14/01/23	-5,66585E-05	0,009459828	4808,29	4693,99	-2,38%
15/01/23	-5,66593E-05	0,005230586	4809,93	4693,99	-2,41%
16/01/23	-5,66594E-05	0,005244278	4809,65	4693,99	-2,40%
17/01/23	-5,66594E-05	0,005257949	4809,38	4691,09	-2,46%
18/01/23	-5,66594E-05	0,005271599	4809,11	4702,67	-2,21%
19/01/23	-5,66594E-05	0,005285227	4808,84	4683,85	-2,60%
20/01/23	-5,66594E-05	0,005298834	4808,57	4631,64	-3,68%
21/01/23	-5,66594E-05	0,005312419	4808,29	4631,64	-3,67%
22/01/23	-5,66635E-05	0,001285731	4809,93	4631,64	-3,71%
23/01/23	-5,66639E-05	0,001282084	4809,65	4551,02	-5,38%
24/01/23	-5,66639E-05	0,001278447	4809,38	4545,94	-5,48%
25/01/23	-5,66639E-05	0,001274821	4809,11	4538,91	-5,62%
26/01/23	-5,66639E-05	0,001271205	4808,84	4531,75	-5,76%
27/01/23	-5,66639E-05	0,001267599	4808,56	4548,50	-5,41%
28/01/23	-5,66639E-05	0,001264004	4808,29	4548,50	-5,40%
29/01/23	-5,6667E-05	1,58725E-05	4809,93	4548,50	-5,44%
30/01/23	-5,66673E-05	1,5505E-05	4809,65	4632,20	-3,69%
31/01/23	-5,66673E-05	1,51459E-05	4809,38	4648,70	-3,34%
1/02/23	-5,66673E-05	1,47952E-05	4809,11	4639,04	-3,54%
2/02/23	-5,66673E-05	1,44526E-05	4808,84	4584,44	-4,67%
3/02/23	-5,66673E-05	1,4118E-05	4808,56	4669,74	-2,89%
4/02/23	-5,66673E-05	1,3791E-05	4808,29	4669,74	-2,88%
5/02/23	-5,66713E-05	5,7493E-07	4809,93	4669,74	-2,91%
6/02/23	-5,66716E-05	5,49492E-07	4809,65	4776,25	-0,69%
7/02/23	-5,66717E-05	5,2518E-07	4809,38	4775,99	-0,69%

8/02/23	-5,66717E-05	5,01943E-07	4809,11	4769,85	-0,82%
9/02/23	-5,66717E-05	4,79735E-07	4808,84	4742,05	-1,39%
10/02/23	-5,66717E-05	4,58509E-07	4808,56	4777,73	-0,64%
11/02/23	-5,66717E-05	4,38222E-07	4808,29	4777,73	-0,64%
12/02/23	-5,6674E-05	2,92748E-08	4809,93	4777,73	-0,67%
13/02/23	-5,66742E-05	2,76491E-08	4809,65	4818,62	0,19%
14/02/23	-5,66743E-05	2,61148E-08	4809,38	4783,24	-0,54%
15/02/23	-5,66743E-05	2,46666E-08	4809,11	4878,24	1,44%
16/02/23	-5,66743E-05	2,32996E-08	4808,84	4966,33	3,28%
17/02/23	-5,66743E-05	2,20093E-08	4808,56	4918,94	2,30%
18/02/23	-5,66743E-05	2,07913E-08	4808,29	4918,94	2,30%
19/02/23	-5,66743E-05	3,50374E-09	4809,93	4918,94	2,27%
20/02/23	-5,66743E-05	3,32605E-09	4809,65	4918,94	2,27%
21/02/23	-5,66743E-05	3,15768E-09	4809,38	4950,33	2,93%
22/02/23	-5,66743E-05	2,99811E-09	4809,11	4924,91	2,41%
23/02/23	-5,66743E-05	2,84687E-09	4808,84	4853,90	0,94%
24/02/23	-5,66743E-05	2,70351E-09	4808,56	4849,65	0,85%
25/02/23	-5,66743E-05	2,56761E-09	4808,29	4849,65	0,86%
26/02/23	-5,66743E-05	6,08637E-10	4809,93	4849,65	0,83%
27/02/23	-5,66743E-05	6,01103E-10	4809,65	4808,14	-0,03%
28/02/23	-5,66743E-05	5,93694E-10	4809,38	4814,11	0,10%
1/03/23	-5,66743E-05	5,86409E-10	4809,11	4848,78	0,82%
2/03/23	-5,66743E-05	5,79245E-10	4808,84	4855,83	0,98%
3/03/23	-5,66743E-05	5,72199E-10	4808,56	4780,89	-0,58%
4/03/23	-5,66743E-05	5,6527E-10	4808,29	4780,89	-0,57%
5/03/23	-5,66778E-05	1,2241E-07	4809,93	4780,89	-0,60%
6/03/23	-5,66782E-05	1,36784E-07	4809,65	4734,42	-1,56%
7/03/23	-5,66783E-05	1,5256E-07	4809,38	4744,95	-1,34%
8/03/23	-5,66783E-05	1,69844E-07	4809,11	4755,59	-1,11%
9/03/23	-5,66783E-05	1,88746E-07	4808,84	4748,61	-1,25%
10/03/23	-5,66783E-05	2,09379E-07	4808,56	4748,14	-1,26%
11/03/23	-5,66783E-05	2,31863E-07	4808,29	4748,14	-1,25%
12/03/23	-5,66787E-05	1,76654E-09	4809,93	4748,14	-1,28%
13/03/23	-5,66789E-05	1,71517E-09	4809,65	4769,76	-0,83%
14/03/23	-5,66789E-05	1,66542E-09	4809,38	4736,03	-1,53%
15/03/23	-5,66789E-05	1,61725E-09	4809,11	4835,51	0,55%
16/03/23	-5,66789E-05	1,5706E-09	4808,84	4866,50	1,20%
17/03/23	-5,66789E-05	1,52542E-09	4808,56	4824,25	0,33%
18/03/23	-5,66789E-05	1,48166E-09	4808,29	4824,25	0,33%
19/03/23	-5,6679E-05	4,70937E-09	4809,93	4824,25	0,30%

20/03/23	-5,6679E-05	5,39049E-09	4809,65	4824,25	0,30%
21/03/23	-5,6679E-05	6,15303E-09	4809,38	4804,29	-0,11%
22/03/23	-5,6679E-05	7,00437E-09	4809,11	4776,09	-0,69%
23/03/23	-5,6679E-05	7,95233E-09	4808,84	4755,12	-1,12%
24/03/23	-5,6679E-05	9,00506E-09	4808,56	4741,76	-1,39%
25/03/23	-5,6679E-05	1,01712E-08	4808,29	4741,76	-1,38%
26/03/23	-5,66789E-05	3,30477E-09	4809,93	4741,76	-1,42%
27/03/23	-5,66789E-05	3,90398E-09	4809,65	4686,83	-2,55%
28/03/23	-5,66789E-05	4,59741E-09	4809,38	4658,79	-3,13%
29/03/23	-5,66789E-05	5,3974E-09	4809,11	4627,63	-3,77%
30/03/23	-5,66789E-05	6,31754E-09	4808,84	4627,27	-3,78%
31/03/23	-5,66789E-05	7,3727E-09	4808,56	4646,08	-3,38%
1/04/23	-5,66789E-05	8,57916E-09	4808,29	4646,08	-3,37%
2/04/23	-5,66789E-05	9,39112E-10	4809,93	4646,08	-3,41%
3/04/23	-5,66789E-05	1,09417E-09	4809,65	4603,00	-4,30%
4/04/23	-5,66789E-05	1,27158E-09	4809,38	4587,31	-4,62%
5/04/23	-5,66789E-05	1,47407E-09	4809,11	4570,91	-4,95%
6/04/23	-5,66789E-05	1,70459E-09	4808,84	4570,91	-4,95%
7/04/23	-5,66789E-05	1,96639E-09	4808,56	4570,91	-4,94%
8/04/23	-5,66789E-05	2,263E-09	4808,29	4570,91	-4,94%
9/04/23	-5,66789E-05	1,67135E-09	4809,93	4570,91	-4,97%
10/04/23	-5,66789E-05	2,08573E-09	4809,65	4564,24	-5,10%
11/04/23	-5,66789E-05	2,58855E-09	4809,38	4516,76	-6,08%
12/04/23	-5,66789E-05	3,19538E-09	4809,11	4458,87	-7,28%
13/04/23	-5,66789E-05	3,92386E-09	4808,84	4424,02	-8,00%
14/04/23	-5,66789E-05	4,79386E-09	4808,56	4425,27	-7,97%
15/04/23	-5,66789E-05	5,82765E-09	4808,29	4425,27	-7,97%
16/04/23	-5,6679E-05	5,09259E-10	4809,93	4425,27	-8,00%
17/04/23	-5,66791E-05	6,0572E-10	4809,65	4431,45	-7,86%
18/04/23	-5,66791E-05	7,17932E-10	4809,38	4473,07	-6,99%
19/04/23	-5,66791E-05	8,48015E-10	4809,11	4532,43	-5,75%
20/04/23	-5,66791E-05	9,98303E-10	4808,84	4535,78	-5,68%
21/04/23	-5,66791E-05	1,17136E-09	4808,56	4523,64	-5,93%
22/04/23	-5,66791E-05	1,36998E-09	4808,29	4523,64	-5,92%
23/04/23	-5,6679E-05	3,70717E-10	4809,93	4523,64	-5,95%
24/04/23	-5,6679E-05	4,19895E-10	4809,65	4482,45	-6,80%
25/04/23	-5,6679E-05	4,74769E-10	4809,38	4486,60	-6,71%
26/04/23	-5,6679E-05	5,35894E-10	4809,11	4552,59	-5,33%
27/04/23	-5,6679E-05	6,03864E-10	4808,84	4654,14	-3,22%
28/04/23	-5,6679E-05	6,79321E-10	4808,56	4669,00	-2,90%

29/04/23	-5,6679E-05	7,62949E-10	4808,29	4669,00	-2,90%
30/04/23	-5,66793E-05	7,52438E-10	4809,93	4669,00	-2,93%
1/05/23	-5,66794E-05	7,9863E-10	4809,65	4669,00	-2,92%
2/05/23	-5,66794E-05	8,47099E-10	4809,38	4713,08	-2,00%
3/05/23	-5,66794E-05	8,97921E-10	4809,11	4667,09	-2,95%
4/05/23	-5,66794E-05	9,51177E-10	4808,84	4616,58	-4,00%
5/05/23	-5,66794E-05	1,00695E-09	4808,56	4552,56	-5,32%
6/05/23	-5,66794E-05	1,06531E-09	4808,29	4552,56	-5,32%
7/05/23	-5,66812E-05	1,36596E-07	4809,93	4552,56	-5,35%
8/05/23	-5,66816E-05	1,76209E-07	4809,65	4490,58	-6,63%
9/05/23	-5,66817E-05	2,24718E-07	4809,38	4540,34	-5,59%
10/05/23	-5,66817E-05	2,83463E-07	4809,11	4545,39	-5,48%
11/05/23	-5,66817E-05	3,53847E-07	4808,84	4601,15	-4,32%
12/05/23	-5,66817E-05	4,37321E-07	4808,56	4564,44	-5,08%
13/05/23	-5,66817E-05	5,35358E-07	4808,29	4564,44	-5,07%
14/05/23	-5,668E-05	4,50409E-09	4809,93	4564,44	-5,10%
15/05/23	-5,66795E-05	5,02802E-09	4809,65	4506,49	-6,30%
16/05/23	-5,66793E-05	5,60105E-09	4809,38	4531,58	-5,78%
17/05/23	-5,66793E-05	6,22649E-09	4809,11	4528,30	-5,84%
18/05/23	-5,66793E-05	6,90772E-09	4808,84	4521,64	-5,97%
19/05/23	-5,66793E-05	7,64823E-09	4808,56	4528,67	-5,82%
20/05/23	-5,66793E-05	8,45159E-09	4808,29	4528,67	-5,82%
21/05/23	-5,6679E-05	1,02679E-08	4809,93	4528,67	-5,85%
22/05/23	-5,6679E-05	1,36787E-08	4809,65	4528,67	-5,84%
23/05/23	-5,6679E-05	1,80511E-08	4809,38	4501,81	-6,40%
24/05/23	-5,6679E-05	2,36045E-08	4809,11	4448,93	-7,49%
25/05/23	-5,6679E-05	3,05949E-08	4808,84	4470,83	-7,03%
26/05/23	-5,6679E-05	3,93181E-08	4808,56	4461,66	-7,21%
27/05/23	-5,6679E-05	5,01128E-08	4808,29	4461,66	-7,21%
28/05/23	-5,66794E-05	4,61015E-09	4809,93	4461,66	-7,24%
29/05/23	-5,66794E-05	5,71848E-09	4809,65	4461,66	-7,24%

