

**Proyección de la Tasa de Cambio Representativa del Mercado, por medio de
la Simulación Montecarlo, sensibilizada con el método Bootstrap para la
toma de decisiones financieras de Groupe Seb Andean S.A.**

Maria Andrea Dávila Betancur

mdavila1@eafit.edu.co

Asesor:

Brayan Rojas

Universidad EAFIT

Escuela de Administración

Maestría en Administración Financiera

Medellín

2019

Resumen

Groupe Seb Andean S.A. se dedica a la fabricación de productos de cocina y pequeños electrodomésticos; en Colombia opera con la marca Imusa y Samurai. La compañía tiene como visión desarrollar nuevos negocios en el exterior. Las empresas que realizan actividades en el contexto internacional están expuestas a múltiples riesgos, entre estos, se encuentra el riesgo cambiario, el cual será el objeto de estudio en la presente tesina.

El objetivo es proyectar la Tasa de Cambio Representativa del Mercado, por medio de un modelo de simulación estocástica sensibilizada con el método Bootstrap, con el fin de desarrollar informes diarios y mensuales que brinden a la gerencia financiera y comercial conocimientos sobre la tendencia de la moneda y su incidencia en el plano financiero de la empresa, además de analizar los riesgos asociados a la volatilidad cambiaria. Por medio de los métodos mencionados, se desarrolló una herramienta de gestión y toma de decisiones de corto y mediano plazo, que permite a la entidad tomar de forma más acertada sus decisiones.

Palabras claves

Tasa de Cambio, Criterios para la toma de decisiones con riesgo e incertidumbre, Riesgo cambiario, Predicción y simulación: modelos y aplicaciones.

Abstract

Groupe Seb Andean S.A is a cookware products manufacturing company and commercialize small appliances. In Colombia it operates with the brand Imusa and Samurai. Currently, the company has a vision to develop new business abroad. Companies that carry out activities in the international context are exposed to multiple risks, among these, the exchange risk, which will be the objective of study in this thesis.

The objective is to forecast the Exchange Rate through a stochastic simulation model sensitized with the Bootstrap method. The goal is to develop daily and monthly reports for the financial and commercial management team; with the objective to forecast the currency's trend and analyze the impact in the financial statements of the company. Through the aforementioned methods, a short- and medium-term management and decision-making tool was developed leaving the entity to take its decisions more accurately.

Key words

F31 Foreign Exchange, D81Criteria for Decision-Making under Risk and Uncertainty, Exchange Risk, E47 Forecasting and Simulation: Models and Application.

Contenido

Introducción	4
1. Marco teórico	5
1.1 La tasa de cambio en Colombia	5
1.2 Simulación Montecarlo	8
1.3 Bootstraping	10
2. Desarrollo	12
2.1 Historia de Groupe Seb Andean.....	12
2.2 Importancia de la tasa de cambio para Grupe Seb Andean S.A.....	13
2.3 Análisis del impacto de la tasa de cambio en Groupe Seb Andean.....	14
2.4 Aplicación de la simulación de Montecarlo en la tasa de cambio.....	15
3. Metodología Bootstraping	17
4. Presentación de resultados - <i>fan chart</i>	19
4.1 Evaluación del pronóstico.....	21
4.2 Análisis de resultados	23
4.3 Incidencias en el plano financiero de Groupe Seb Andean.....	24
5. Conclusiones	25
Referencias.....	27

Lista de figuras

Figura 1. Información histórica de la Tasa de Cambio desde el 2008 al año 2019.....	6
Figura 2. Percentiles con un 95% de confianza	19
Figura 3. Fan chart: interpretación de la proyección de la TRM.....	21
Figura 4. Proyección diaria TRM	23
Figura 5. Proyección TRM mensual	24

Lista de tablas

Tabla 1. Evaluación del pronóstico para la proyección diaria	22
Tabla 2. Evaluación del pronóstico para la proyección mensual	22

Introducción

En el contexto económico, las decisiones de los mercados financieros están rodeadas de incertidumbre, entre más alta sea esta, más riesgo enfrentarán los agentes. Este riesgo se asocia al concepto de volatilidad, el cual se define como una medida de dispersión o variabilidad en la rentabilidad de un activo. En la actualidad los mercados están cada vez más conectados como consecuencia del fenómeno de la globalización y, a su vez, vivimos en el auge de las nuevas tecnologías, los tiempos de negociación son reducidos y el aumento de las fluctuaciones del mercado se encuentra presente.

La volatilidad de la divisa colombiana genera preocupación en los efectos que puede tener sobre la actividad del sector real, esto conlleva a fluctuaciones cambiarias desfavorables que afectan los Estados Financieros y el margen de ganancia neta. Es por esto, que la empresa Groupe Seb Andean S.A. se ha interesado en conocer la tendencia de la Tasa de Cambio Representativa de Mercado y los riesgos asociados a ella, con el fin de adoptar medidas preventivas y de control, que brinden seguridad a la gerencia para la toma de decisiones acertadas.

Para la compañía es primordial contar con herramientas que ayuden a comprender los riesgos a los que se ve expuesta, con el fin de mitigar toda pérdida financiera. El producto esperado es la materialización de un modelo de pronóstico estocástico para la Tasa Representativa de Mercado, por medio de una metodología llamada simulación Montecarlo, con horizonte de tiempo de corto y mediano plazo. Adicionalmente, se realizará un proceso de *Bootstrap*, para obtener resultados más fiables y se construirá una gráfica tipo *fan chart* para los informes de gerencia.

El documento se estructura en cuatro secciones: el primer capítulo contiene el marco teórico, en el que se analiza la tasa de cambio desde el año 2008 y se explica el modelo de Simulación Montecarlo, sensibilizada por el método *Bootstrapping*, el cual se usará para evaluar la proyección de la divisa y posteriormente analizar el efecto de las variaciones sobre los estados financieros de Groupe Seb Andean. En el segundo capítulo se muestran los resultados de la metodología usada, los hallazgos y proyección con una gráfica tipo *fan chart*. Finalmente, en el tercer

capítulo, se presentan las conclusiones y reflexiones sobre el comportamiento de la tasa de cambio, incidencia en la toma de decisiones financieras y recomendaciones de cobertura cambiaria.

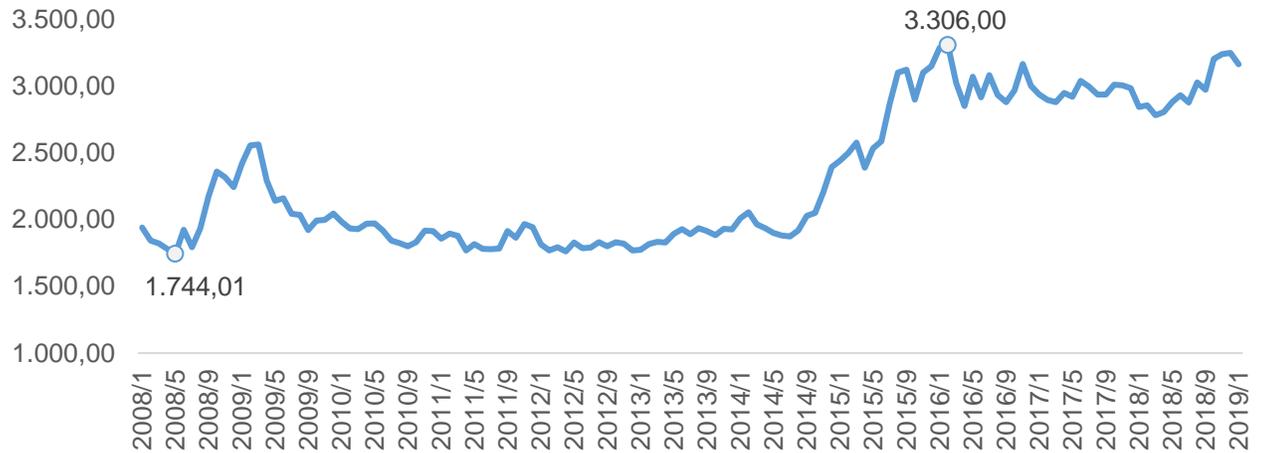
1. Marco teórico

1.1 La tasa de cambio en Colombia

La forma como se determina la tasa de cambio nominal en Colombia, en los últimos 50 años, ha pasado de ser fijada por el Banco de la República, a un sistema en el que el precio es definido por la oferta y la demanda; actualmente Colombia tiene como estrategia de política cambiaria, una tasa de cambio flexible sujeta a las reglas de intervención de la máxima autoridad monetaria, de esta forma, busca mantener un nivel adecuado de las reservas internacionales, con el fin de reducir la volatilidad de la economía frente a choques externos, limitar la volatilidad excesiva de la tasa de cambio en horizontes cortos y moderar las apreciaciones o depreciaciones excesivas, que pongan en riesgo el logro de las metas de inflación, estabilidad externa y financiera de la economía (Banco de la República, 2013).

En los últimos años la economía mundial ha experimentado choques que han impactado directamente la tasa de cambio y han hecho evidente la dificultad de predecir los movimientos de esta variable. Un ejemplo de ello es la volatilidad que tuvo la divisa desde el año 2008, año en el cual la cotización alcanzó un nivel mínimo de \$1.744,01, luego, en el 2016 alcanzó un máximo de \$3.306, es decir, tuvo un incremento del 89% entre el mínimo y el máximo, debido a la correlación que tiene con hechos externos que afectan el precio de la variable. En la siguiente gráfica, se podrá observa el comportamiento de la variable y su variabilidad desde el año 2008 hasta enero de 2019:

Figura 1. Información histórica de la Tasa de Cambio desde el 2008 al año 2019



Fuente: (Banco de la República, 2019)

En el transcurso del 2008, la divisa experimentó caídas y alzas muy altas como reflejo de la incertidumbre que se vivió en los mercados internacionales. Es aquí donde se destaca: la crisis financiera internacional hipotecaria, la quiebra del banco estadounidense Lehman Brothers y la entrada de Estados Unidos en un periodo de recesión, que causó el descenso de las tasas de la Reserva Federal y el incremento en los precios internacionales del petróleo. Los mayores altibajos de la moneda se dieron tras el estallido de la crisis financiera de ese país, en el mes de septiembre del 2008, cuando la Tasa Representativa del Mercado tuvo un valor de \$2.174,62, depreciándose un 11,82%.

En el 2014 la coyuntura económica internacional fue el principal catalizador del comportamiento alcista de la tasa de cambio. La tendencia de los flujos de capital de buscar refugio hacia economías desarrolladas causó devaluación en la cotización de las monedas de las principales economías emergentes. Adicionalmente, se evidenció la recuperación de la economía estadounidense en un 3%; de esta forma, se dieron menores perspectivas de liquidez como consecuencia de los menores incentivos por parte de la FED, estos hechos causaron el alza precipitada de la tasa de cambio, alcanzando un nivel máximo de \$2.392,46.

En el 2016 el dólar continuó una racha alcista, tan solo en enero su cotización ya se encontraba en niveles superiores a los \$3.000. El deterioro de la economía de Brasil, la caída de la bolsa de China y el descenso de los precios del petróleo fueron los hechos que impactaron el precio de la divisa.

Los últimos tres años han sido de ajuste para la economía colombiana, se espera que las variables macroeconómicas, a corto y largo plazo, empiecen a cambiar. Entre enero y septiembre del año 2018, la economía colombiana mostró signos de recuperación, que se vieron reflejados tanto en el Producto Interno Bruto como en los demás indicadores de actividad productiva. Se prevé un 2019 con una tasa de crecimiento de la economía del 3,2%, esto quiere decir que Colombia tendrá la tasa más alta desde el 2014. Se espera un cambio frente a las expectativas de la economía mundial, por lo que la Tasa Representativa de Mercado podría experimentar mayor presión alcista durante el primer semestre y un leve ajuste para la segunda mitad del año, gracias a la estabilización en las correcciones del crudo y el fin de los incrementos de tasas de la FED (Bancolombia, Grupo de Investigaciones, 2019).

Los factores que pueden inducir a una variación de la tasa de cambio son:

- Régimen de alta volatilidad en los mercados financieros: los principales activos financieros del mundo continúan en niveles altos, lo que puede afectar el apetito por las monedas emergentes y los flujos de capitales de América Latina.
- Ampliación del desbalance externo: el aumento en el déficit en cuenta corriente hará que la economía continúe siendo sensible a condiciones financieras globales.
- Desaceleración de la economía mundial: un menor crecimiento mundial puede reducir la demanda por bienes colombianos y afectar los precios de las materias primas.
- Debilitamiento global del dólar: la no continuidad en la normalización de la política monetaria en Estados Unidos y el cambio en el ciclo productivo llevará a que la demanda internacional por activos financieros

estadounidenses se reduzca, lo que presionaría a la baja a la moneda norteamericana.

- Desempeño favorable de la prima de riesgo soberana y la volatilidad implícita.
- Mejora de factores idiosincráticos, como lo es la credibilidad en el marco de política económica.

Todos estos factores generan incertidumbre al momento de predecir la tasa de cambio y hacen que el análisis fundamental y técnico no sean herramientas suficientes para entender la dinámica de esta variable. Por lo tanto, aumenta la importancia de analizar series temporales que permitan proyectar, de la manera más aproximada, el comportamiento futuro que puede tener la tasa de cambio. En el presente trabajo se analizará la tendencia de la divisa a través de un modelo de simulación estocástica, el cual permitirá predecir el comportamiento de la tasa de cambio a corto plazo (diaria) y mediano plazo (trimestral), con el fin de generar informes a la gerencia, de tal forma que permitan alinear la toma de decisiones financieras con la realidad del mercado, además de analizar los riesgos asociados al negocio en relación a la volatilidad cambiaria.

1.2 Simulación Montecarlo

El proceso de Simulación Montecarlo es un proceso basado en la generación de números aleatorios, a través de los cuales se busca crear posibles valores observables en un futuro, a partir de un gran número de simulaciones.

Los precios de un activo en los mercados eficientes se comportan de acuerdo a proceso estocástico, es decir, un movimiento Browniano o un proceso de Wiener, el cual es dependiente de la variable del tiempo y toma valores continuos. En el siglo xx fue utilizado para simular el comportamiento de los índices bursátiles y los activos financieros y, en el presente trabajo, será usado para modelar la tendencia de la Tasa de Cambio Representativa del Mercado, por medio del método de Simulación Montecarlo, el cual sigue un comportamiento estocástico denominado movimiento

Browniano Geométrico, en el cual las trayectorias muestrales son significativamente irregulares.

La ecuación matemática que presenta este proceso es el movimiento Browniano:

$$(1) \frac{dS}{S} = \mu dt + \sigma dz$$

Donde,

$$(2) dz = \varepsilon_t \sqrt{dt}$$

Donde μ es la media de los rendimientos y σ la desviación estándar de los mismos.

El modelo de Wiener indica que los rendimientos de un activo $\frac{dS}{S}$ están determinados por un componente determinístico μdt componente estocástico $\sigma \varepsilon \sqrt{dt}$ que contiene un ruido blanco o choque aleatorio ε_t .

En términos discretos, se expresa de la siguiente manera:

$$(3) \frac{S_t - S_{t-1}}{S_{t-1}} = \mu \Delta t + \sigma \varepsilon_t \sqrt{\Delta t}$$

El factor aleatorio será el que permita asignar una probabilidad de ocurrencia a las variaciones basadas en las observaciones históricas de una serie, lo cual permitirá reconstruir el camino de la serie de acuerdo a las probabilidades de su variación. Cada reconstrucción se denomina simulación y el valor pronosticado corresponde al promedio de un gran número de simulaciones o ensayos (Muñoz, Mercado & Duarte, 2012).

Para crear escenarios, basta con generar números aleatorios y determinar el valor del activo, que dependerá del valor obtenido en el periodo anterior, de manera

sucesiva. De este modo, el modelo de Simulación Montecarlo asume la normalidad de los retornos, ya que el valor de la media y sigma permanecen constantes.

Para la estimación del modelo, se generan números aleatorios que buscan crear una gran cantidad de simulaciones para asegurar una mayor exactitud, lo cual permite crear ciclos de números aleatorios de distribución uniforme. El resultado final es la predicción o el pronóstico promedio de los valores de cada simulación (Muñoz, Mercado & Duarte, 2012).

Para un exitoso pronóstico se deben tener en cuenta las siguientes características:

- La muestra de datos debe ser lo suficientemente grande para que las predicciones obtenidas sean confiables.
- El número de periodos a predecir dependerá del tamaño de la muestra n . se considera confiable una proyección para un número de periodos aproximadamente igual a la raíz de la muestra $\sqrt{\Delta n}$.
- La proyección se trabajará con el rendimiento de la tasa de cambio. Para los informes diarios, se tomarán los precios diarios, para los informes trimestrales se tomarán rendimientos históricos mensuales. La fórmula a emplear es la siguiente:

$$(4) Rend = Ln \frac{P_t}{P_{t-1}}$$

1.3 Bootstrapping

El escenario ideal para realizar inferencia estadística sobre una población es disponer de infinitas o una gran cantidad de muestras, sin embargo, en la práctica no es muy probable que suceda. Si solo se dispone de una muestra, y esta es representativa de la población, los valores de la variable aleatoria en la muestra aparecen aproximadamente con la misma proporción que en la población.

Bradley Efron diseñó en el año 1979 una metodología conocida como *Bootstrap*, para calcular la variabilidad de un estimador. La idea básica del *Bootstrap* es que la inferencia sobre una población, a partir de datos de muestra, puede ser modelada

mediante un nuevo muestreo de datos, con el objetivo de realizar inferencia sobre la muestra.

Los métodos *Bootstrap* son una clase de métodos Montecarlo no paramétricos, que pretenden estimar la distribución de una población mediante remuestreo, tratan una muestra observada como una población finita y generan muestras aleatorias a partir de ella para estimar características poblacionales y hacer inferencia sobre la población. Generalmente estos métodos se usan cuando no se conoce la distribución de la población objetivo, de modo que la muestra es la única información disponible (Gil, 2014).

La distribución de la población finita representada por la muestra puede ser vista como una pseudopoblación, con características similares a las de la verdadera población, la metodología consiste en tomar muestras aleatorias de la muestra que tenemos originalmente y, para cada una de ellas, calculamos un estimador. Este proceso lo repetimos un número grande de veces y encontramos la distribución empírica de las estimaciones, que utilizamos para calcular la incertidumbre del estimador, ya sea como desviación estándar o intervalo de confianza. El paradigma de esta técnica surge de una analogía en la cual la muestra observada asume el papel de la población de la cual proviene.

Si la muestra original es representativa de la población, la distribución del estadístico calculada a partir de las pseudomuestras, se asemejará a la distribución muestral que se obtendría si se pudiera acceder a la población para generar nuevas muestras. De este modo, el remuestreo permite estimar las propiedades de un estimador tales como su sesgo o su error estándar.

La principal utilidad del *Bootstrap* es reducir el sesgo dentro de análisis o, en otras palabras, aproximar la varianza gracias a la realización de remuestreos aleatorios de la muestra inicial y no de la población. Supongamos que $x = \{x_1, \dots, x_n\}$ es una muestra aleatoria observada de una distribución con función de distribución $F(x)$. Si a partir de x se selecciona aleatoriamente X^* , entonces

$$(5) P[x^* = x_i] = \frac{1}{n}, i = 1, \dots, n$$

El remuestreo genera una muestra aleatoria x_1, \dots, x_n mediante el muestreo con reemplazamiento de x . Las variables aleatorias X^* son independientes e idénticamente distribuidas de manera uniforme en el conjunto de $\{x_1, \dots, x_n\}$.

De este modo se infiere que toda la información sobre $F(x)$ contenida en la muestra está también contenida en $F_n(x)$ (Gil, 2014). En la presente tesina esta metodología será empleada para darle más solidez al modelo de pronóstico de la Tasa de Cambio Representativa del Mercado.

2. Desarrollo

2.1 Historia de Groupe Seb Andean

Groupe Seb Colombia es una empresa dedicada a la fabricación de productos para la cocina, la comercialización de electrodomésticos menores y del cuidado personal. La organización ofrece un amplio portafolio de las marcas Imusa, Umco, T-Fal, Krups, Lagostina, Moulinex, Rowenta y Samurai para el mercado nacional e internacional.

La historia de Imusa comenzó en Copacabana (Antioquia – Colombia), cuando en 1934 Imusa fabricó la primera olla de aluminio del país. En la década de los 60, se produjeron las primeras cantinas lecheras en aluminio, producto que le permitió conquistar el mercado agrícola con éxito. Además, en esa misma década, se lograron exportaciones a otros países vecinos, como Panamá y Venezuela.

En los años 80, la organización construyó una planta de producción en Rionegro (Antioquia – Colombia), la cual fue merecedora del Premio Nacional de la Calidad que otorga el gobierno colombiano. A partir de los años 90, Imusa ofrece soluciones completas para la cocina, tales como productos para la cocción, la preparación de los alimentos, el servicio de mesa, los conservadores de temperatura, el aseo y la limpieza del hogar.

En 2011 se oficializó la compra de Imusa y se inició paulatinamente un plan para esta transición e integración, conformando la nueva Groupe SEB Colombia, la cual cuenta con tres plantas de producción en el país: Copacabana, Rionegro, y Cajicá, esta última hacía parte de las nuevas adquisiciones, donde se producían planchas, licuadoras, lavadoras y ventiladores bajo la marca Samurai. En el 2014 se completa exitosamente el modelo de integración.

2.2 Importancia de la tasa de cambio para Groupe Seb Andean s.A.

Con el fin de adoptar medidas preventivas y de control, ante las fluctuaciones desfavorables de la moneda, Groupe Seb Andean se ha interesado en conocer la tendencia de la Tasa de Cambio Representativa de Mercado y los riesgos asociados a ella. A continuación, se detallan la importancia de analizar la tendencia de la divisa:

- Compra de materia prima: por su naturaleza industrial, gran cantidad de insumos son importados de otros países, el departamento de compras directas se encarga de realizar las negociaciones con los proveedores, a los cuales se les paga principalmente en dólares. Los compradores tienen el deber de buscar la optimización en los costos y mantener la calidad de los productos, sin embargo, la volatilidad de la tasa de cambio es un factor que influye en los costos de los productos de la empresa.
- Tesorería Internacional: departamento encargado de la compra y venta de divisas. Tiene como objetivo comprar dólares y vender pesos en el momento adecuado. La revaluación de la moneda es conveniente para esta área, ya que se obtendrán más dólares por peso colombiano vendido. Para el área es importante monitorear la tendencia de la Tasa Representativa del Mercado diariamente, con el fin de conocer el momento indicado para realizar operaciones FX.
- Controlling: equipo financiero encargado de realizar las proyecciones de ventas, tienen la responsabilidad de brindar información veraz y confiable a la gerencia, por lo tanto, es primordial el conocimiento de la tendencia de la

divisa, con el fin de reajustar sus modelos para garantizar la transparencia en la información.

- Revenue Growth Management: equipo financiero encargado de vender rentablemente, es decir, vender el producto adecuado, al cliente adecuado, en el momento adecuado, al precio correcto, con el fin de aumentar el margen de la empresa. Es primordial conocer la tendencia a mediano plazo de la divisa para replantear las estrategias de ventas del canal exportaciones.
- Ventas: la dirección de ventas será la encargada de crear el plan de ventas y establecer, en función de él y de forma estratégica, las funciones y objetivos de la fuerza de ventas para los clientes del exterior. Estos clientes pagan sus facturas en dólares y tienen 60 días de crédito de cartera. Para el área es importante analizar la tendencia de la tasa de cambio, ya que puede afectar positiva o negativamente el estado de Pérdidas y Ganancias del canal.
- Mercadeo: la empresa tiene proyectos de inversión en publicidad y posicionamiento de marca en los clientes del exterior, especialmente en Ecuador y Puerto Rico.

2.3 Análisis del impacto de la tasa de cambio en Groupe Seb Andean

Se analizarán los estados financieros de la compañía desde el año 2016 hasta el año 2018. Se excluyen los años anteriores por ausencia de información, dado el proceso de integración que se llevó a cabo cuando Groupe Seb compró a Imusa.

El año 2016 presentó variaciones positivas debido a la devaluación del dólar; el total de la mercancía vendida para exportaciones fue de COP 15.196 millones; aunque decrecieron las ventas un 21% con respecto al 2015, se obtuvo un resultado positivo en los estados financieros, ya que se recibieron más pesos por dólar facturado.

En el 2017 el estado financiero presentó fluctuaciones negativas por concepto de diferencia en cambio, la moneda presentó épocas de revaluación, por lo tanto, se recibieron menos pesos por los productos que enviaron al mercado internacional. Por otra parte, incrementó el costo por la materia prima, específicamente el

aluminio, dado los problemas arancelarios y comerciales entre Estados Unidos y China.

Al cierre de 2018 se presentó un resultado positivo en el P&G. En primer lugar, se evidencia un alto volumen en ventas del canal exportaciones, con un total de COP 34.268 millones, las ventas crecieron un 28% con respecto al año 2017. Además, la devaluación de la moneda afectó positivamente los estados financieros de la compañía, ya que recibimos más pesos por dólar pagado.

La empresa tiene un *trade-off* entre las diferentes direcciones, ya que a unas les conviene la devaluación de la moneda y a otras la revaluación. A continuación se presenta un resumen:

Áreas de interés por la revaluación de la Moneda:

1. Área de compras, ya que busca la optimización en los costos de materia prima y producto terminado.
2. El área de Tesorería Internacional busca la optimización del flujo de caja. Compra y venta de divisas en el momento adecuado.
3. Mercadeo busca minimizar el efecto cambiario en los proyectos de inversión internacional.

2.4 Aplicación de la simulación de Montecarlo en la tasa de cambio

La simulación es el desarrollo de un modelo lógico-matemático de un sistema, de manera que se obtenga una imitación de un proceso a través del tiempo. A continuación, se explicará la metodología usada para desarrollar el modelo de Simulación Montecarlo de la Tasa Representativa del Mercado:

1. Se calculan los rendimientos de los precios diarios desde el año 2017 para la proyección a corto plazo y los rendimientos de los precios mensuales desde el año 2008 para la proyección de la tasa de cambio a mediano plazo, se usa la fórmula: (4)
2. Se calcula la media y la desviación estándar de los rendimientos para describir la variación con respecto a la media. Es importante tener en cuenta

que los valores intermedios cercanos a la media tienen mayor probabilidad de producirse.

3. Se procederá con la creación de escenarios, en este punto es importante tener en cuenta:
 - El precio inicial de la simulación es la tasa de cambio del último día hábil.
 - La simulación asume una distribución normal con media y sigma conocidas.
 - Los números aleatorios serán generados por Excel.
 - Se harán 3000 simulaciones, con el fin de reducir el margen de error el modelo se construyó con un alto nivel de simulaciones, en este caso 3000 y se evaluó el nivel de error para determinar si el número de simulaciones era el adecuado. Trabajando con un nivel de confianza del 95%, se evalúa con la fórmula si el tamaño de la muestra es el adecuado para realizar la simulación:

$$(6) \varepsilon = z_{\frac{\alpha}{2}} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

Se obtiene un error de solo COP 0,62, lo cual significa que el resultado es altamente consistente y que las simulaciones se encuentran dentro del intervalo de confianza definido, ya que el margen de error es muy bajo.

- El número de periodos a predecir dependerá del tamaño de la muestra n . De acuerdo a la formula $\sqrt{\Delta n}$, se considera confiable una proyección para un número de periodos, aproximadamente 28 días para la proyección diaria y de 12 meses para la proyección mensual.
4. Los números aleatorios generados por Excel son seleccionados al azar en el intervalo de 0 a 1, pero sin incluir a 1. Cada número generado tiene la misma probabilidad, por lo tanto, se dice que están distribuidos de manera uniforme en el intervalo [0,1]. Colocando =RAND() o =ALEATORIO() I, se producirá un número aleatorio entre 0 y 1.
 5. Aplicamos la fórmula =DISTR.NORM.INV(ALEATORIO (), μ , σ) + precio base. En este punto es importante resaltar la importancia del Teorema del Límite

Central, en el cual la media muestral de un conjunto de variables muestreadas de forma independiente, a partir de una distribución $f(x)$, se ajustan a una distribución aproximadamente normal con (μ, σ) , en otras palabras, la distribución del promedio de un conjunto de variables aleatorias depende tanto de la cantidad de variables aleatorias promediadas como de la incertidumbre aportada por cada variable.

La suma de n variables aleatorias independientes da como resultado una distribución aproximadamente Normal, sin importar la forma de la distribución de las variables sumadas, esta teoría se define como La Ley de los Grandes Números, la cual explica por qué el promedio de una muestra al azar de una población de gran tamaño, tenderá a estar cerca de la media de la población completa.

6. Luego, se calculan los resultados una y otra vez, cada vez usando un grupo diferente de valores aleatorios de las funciones de probabilidad, creando así diferentes iteraciones. Se realizarán 3000 simulaciones.
7. A partir de las series proyectadas, se calcula el promedio para cada uno de los periodos siguientes, siendo este el valor definitivo de la proyección por el método de simulación Montecarlo, antes de aplicar la metodología *Bootstrapping*.

3. Metodología Bootstrapping

El *Bootstrap* es un método que se emplea luego de realizar la Simulación Montecarlo, el objetivo es darle más solidez al modelo y reducir el sesgo de error al momento de proyectar la Tasa de Cambio Representativa del Mercado. A continuación, se presentará la metodología usada:

1. En primer lugar, extraemos una muestra a partir de la muestra original. Debe extraerse utilizando un muestreo con reposición, de tal forma que algunos elementos no serán seleccionados y otros lo podrán ser más de una vez en cada muestreo. Se aplica la fórmula:

=[INDICE (Resultados de la Simulación Montecarlo; ALEATORIO (Resultados de la Muestra)]

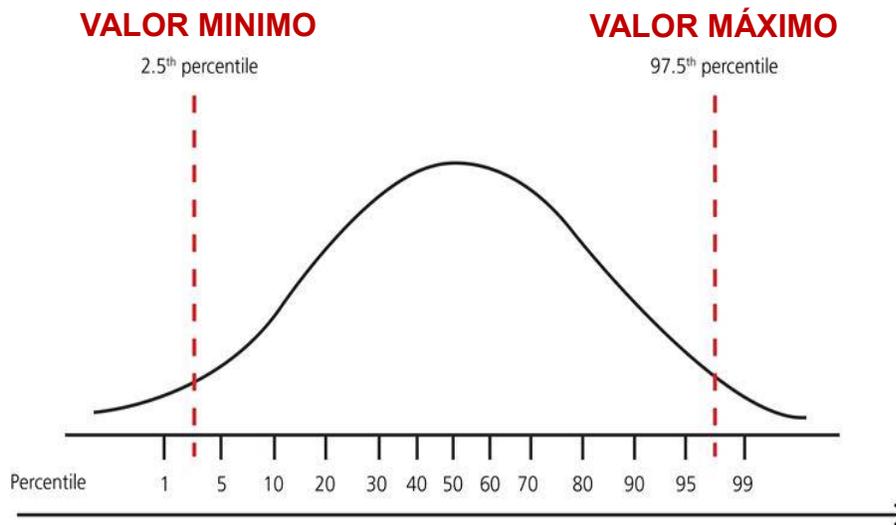
2. De esta nueva muestra se obtiene el estadístico deseado y se utiliza como estimador de la población. Usar este estimador sería poco preciso, por lo que repetimos los dos pasos anteriores un gran número de veces, obteniendo así un número alto de estimaciones.
3. Construcción del Vector de Medias: a cada columna de los estimadores, le sacamos el promedio, a esto se le llama Vector de Medias No Ordenado. Posteriormente, ordenamos los resultados de menor a mayor con la fórmula =K.ESIMO.MENOR()
4. Con todos estos estimadores construimos los percentiles, los cuales nos indicarán el resultado final (Intervalo) de la proyección de la Tasa de Cambio Representativa del Mercado. Trabajaremos con un 95% de confianza, para esto, procedemos a calcular los percentiles 0.25 y 0.975.

Un percentil es una de las llamadas medidas de disposición no central, se puede describir como una forma de comparación de resultados. Para un conjunto de datos, el percentil para un valor dado indica el porcentaje de datos que son iguales o menores a dicho valor; en otras palabras, nos dice dónde se posiciona una muestra respecto al total.

- El Percentil 2,5% nos dará la proyección del precio piso o valor mínimo que puede presentar la Tasa de Cambio Representativa del Mercado.
- El Percentil 97,5% nos dará la proyección del precio techo o valor máximo que puede presentar la tasa de cambio.

Gráficamente los percentiles trabajados se observan a continuación:

Figura 2. Percentiles con un 95% de confianza



Fuente: (Potter, Abhayaratna & Koerbin, 2013)

4. Presentación de resultados - fan chart

Un gráfico de incertidumbre, o un gráfico de abanicos, es una forma de mostrar datos históricos, junto con una predicción de valores futuros. Este tipo de gráfico fue creado por el Banco de Inglaterra, el cual comenzó a usar este método para mostrar la proyección de la inflación en 1997.

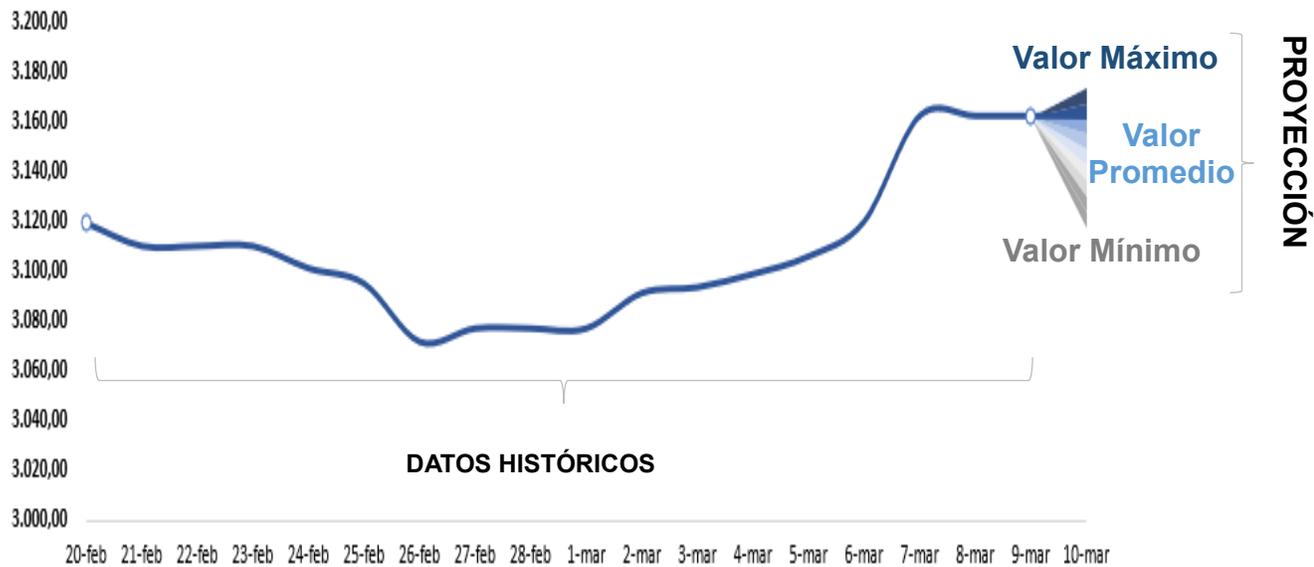
En el presente trabajo se creó un gráfico *fan chart* para representar la proyección de la Tasa de Cambio Representativa del Mercado. Se observa la función de probabilidad de los valores futuros de la variable, condicionada a la información conocida en el presente o valores históricos. Tiene dos ventajas: primero describe completamente la densidad marginal de pronóstico en cada uno de los periodos de horizonte y, segundo, su formulación permite que la densidad marginal de pronóstico sea asimétrica (Excel of the Grid, 2017).

Como sabemos, por la naturaleza de la empresa, es necesario realizar dos tipos de proyecciones: diaria y mensual, es por esto que se analizarán dos tipos de resultados:

1. *Fan chart* de la Tasa de Cambio Representativa del Mercado Diaria: presenta una línea sólida que resume la información histórica observada hasta el 09 de marzo de 2019. A partir del 10 de marzo se abre un abanico con distintas tonalidades de color, las cuales representan la tendencia de la moneda para el día siguiente. Es decir, se muestra un intervalo en el cual el color gris representa el valor mínimo y el color azul el valor máximo que puede tener la tasa de cambio. La línea sólida representa el valor promedio de la proyección de la moneda.
2. *Fan chart* para la proyección mensual de la Tasa de Cambio Representativa del Mercado: la línea sólida resume la información histórica observada hasta el 28 de febrero. Luego, se abre un abanico con diferentes tonalidades de color que representan el intervalo de proyección de la moneda. El color gris representa el valor piso o precio mínimo y el color azul representa el valor máximo o techo que puede tener la tasa de cambio. La línea sólida representa el valor promedio de la moneda para el mes siguiente.

A continuación, se muestra el gráfico que resume los resultados de la proyección de la moneda:

Figura 3. Fan chart: interpretación de la proyección de la TRM



Fuente: Elaboración propia, 2019.

4.1 Evaluación del pronóstico

Esta parte del documento realiza una evaluación *ex-post*, la cual tiene como fin validar si los precios simulados están alineados con los precios proyectados con la herramienta; la técnica usada se conoce como evaluación del pronóstico y tiene como objetivo validar la consistencia, precisión y confiabilidad del modelo, mediante la evaluación de los resultados obtenidos en la simulación.

El proceso implica calcular “excepciones”, entendidas como la cantidad de veces en que los valores reales de la tasa de cambio no cayeron dentro del intervalo proyectado. Una vez detectadas las excepciones, se evalúa si se han presentado en un número superior al esperable. Este proceso se conoce como pruebas fuera de muestra o muestra de testeo.

Se realizó una comparación entre los precios proyectados y los precios reales de los últimos 10 días para la simulación diaria y de los últimos 11 meses para la simulación mensual. Los resultados son confiables, ya que en la simulación diaria

se presentó solo una excepción, mientras que en la simulación mensual se presentaron dos excepciones. A continuación, se muestran los resultados de la evaluación del pronóstico diaria:

Tabla 1. Evaluación del pronóstico para la proyección diaria

FECHA	PROYECCIÓN			VALOR REAL	EXCEPCIONES
	MINIMO	PROMEDIO	MAXIMO		
16/03/2019	3.099,75	3.144,91	3.155,17	3.123,28	✓
17/03/2019	3.076,43	3.124,00	3.134,42	3.123,28	✓
18/03/2019	3.082,15	3.123,79	3.134,08	3.123,28	✓
19/03/2019	3.077,45	3.123,50	3.134,39	3.102,25	✓
20/03/2019	3.059,32	3.102,61	3.112,94	3.095,39	✓
21/03/2019	3.055,93	3.095,80	3.105,90	3.092,39	✓
22/03/2019	3.047,39	3.092,58	3.103,06	3.082,45	✓
23/03/2019	3.041,10	3.082,48	3.092,75	3.126,19	✗
24/03/2019	3.079,93	3.126,67	3.136,78	3.126,19	✓
25/03/2019	3.082,98	3.126,05	3.136,57	3.126,19	✓
26/03/2019	3.089,91	3.126,88	3.137,64	3.126,19	✓
27/03/2019	3.107,98	3.146,05	3.156,71	3.145,55	✓

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Tabla 2. Evaluación del pronóstico para la proyección mensual

FECHA	PROYECCIÓN			VALOR REAL	EXCEPCIONES
	MINIMO	PROMEDIO	MAXIMO		
2018/04	2.685,76	2.785,69	2.858,69	2.806,28	✓
2018/05	2.718,86	2.816,41	2.888,30	2.879,32	✓
2018/06	2.783,58	2.890,35	2.963,25	2.930,80	✓
2018/07	2.836,92	2.942,83	3.019,91	2.875,72	✓
2018/08	2.781,94	2.883,63	2.956,67	3.027,39	✗
2018/09	2.928,72	3.039,47	3.119,71	2.972,18	✓
2018/10	2.883,98	2.985,47	3.063,22	3.202,44	✗
2018/11	3.100,00	3.215,79	3.299,13	3.240,02	✓
2018/12	3.138,24	3.257,70	3.340,38	3.249,75	✓
2019/01	3.148,25	3.263,50	3.349,45	3.163,46	✓
2019/02	3.056,24	3.173,84	3.256,75	3.072,01	✓

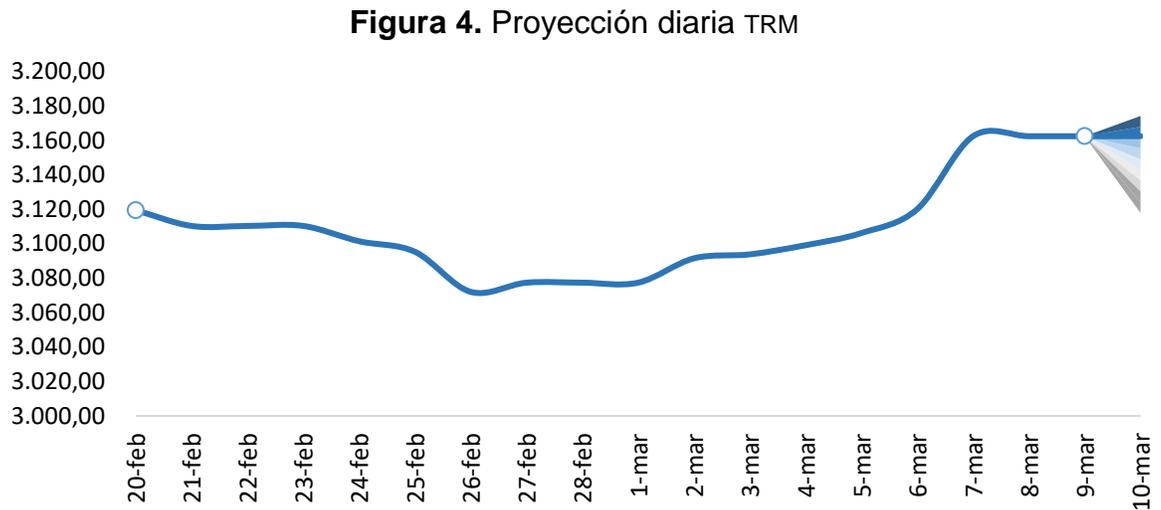
Fuente: Elaboración propia, 2019.

4.2 Análisis de resultados

A continuación se muestran los resultados obtenidos, una vez realizada la investigación teórica y la puesta en práctica de cada una de las metodologías seleccionadas, para proyectar la tasa de cambio representativa del mercado:

Proyección de la TRM diaria: se espera que la moneda se encuentre en el siguiente intervalo:

PROYECCIÓN TRM – 10 DE MARZO 2019	
VALOR MÍNIMO	3.124,79
PROMEDIO	3.163,22
VALOR MÁXIMO	3.173,88

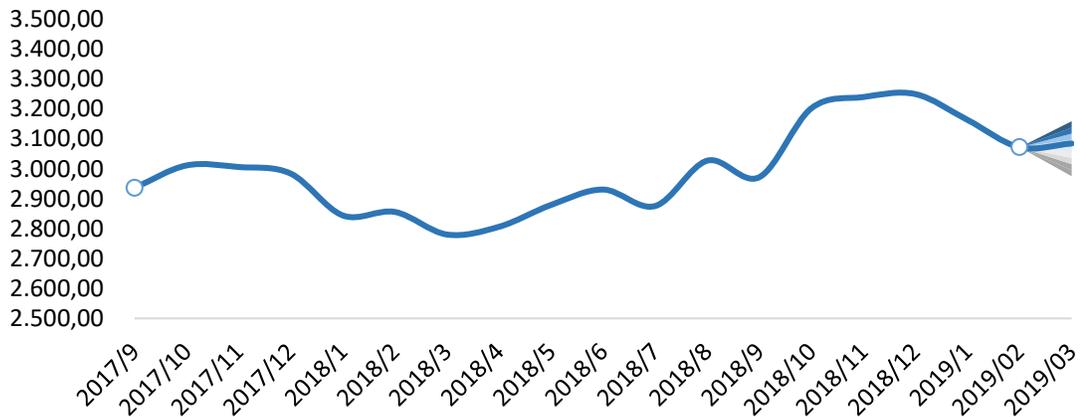


Fuente: Elaboración propia, 2019.

Proyección de la TRM mensual: se espera que la moneda se encuentre en el siguiente intervalo:

PROYECCIÓN TRM – CIERRE MARZO 2019	
VALOR MÍNIMO	2.964,96
PROMEDIO	3.079,27
VALOR MÁXIMO	3.162,17

Figura 5. Proyección TRM mensual



Fuente: Elaboración propia, 2019.

4.3 Incidencias en el plano financiero de Groupe Seb Andean

De acuerdo a los resultados obtenidos, el dólar se podrá mover en el mes de marzo entre un mínimo de 2.960 y un valor máximo de 3.172. De acuerdo a la coyuntura económica, el precio se verá afectado por la valorización del precio del petróleo en aproximadamente un 0,57% en la referencia WTI, las declaraciones de Draghi y los débiles datos de comercio internacional, lo cual ha renovado las preocupaciones frente al crecimiento global (Bancolombia, Grupo de Investigaciones, 2019). Lo anterior tiene incidencias en el plano financiero de la empresa:

1. El costo de la materia prima tendrá un mayor valor en el P&G en los próximos meses, ya que la tendencia a la depreciación de la moneda es tangible. Se recomienda analizar posibles opciones de cobertura cambiaria como lo son

los contratos futuros. Estos están diseñados para ayudar a proteger a las empresas ante movimientos adversos del mercado, ya que permiten fijar una tasa de cambio para una transacción futura. La gerencia financiera podría estudiar la idea de realizar este tipo de operaciones, en tanto el costo de la mercancía vendida representa aproximadamente un 70% del ingreso neto.

2. El departamento de Tesorería Internacional tiene como objetivo comprar dólares y vender pesos en el momento adecuado. De acuerdo a los resultados, no se presentará una revaluación de la moneda, por lo que se obtendrán menos dólares por cada peso vendido.
3. El departamento de *Controlling* deberá reajustar sus modelos de proyección, de acuerdo a los resultados obtenidos para garantizar la transparencia en la información.
4. Área Comercial: se verá beneficiada en tanto tendremos más pesos colombianos por cada dólar vendido, es el momento perfecto para trabajar con el departamento de mercadeo y el área de *Revenue Management* para apalancar el crecimiento en estrategias que impulsen las ventas del canal exportaciones. El margen operacional del canal aumentará en el P&G.

5. Conclusiones

Tomar decisiones empresariales bajo un modelo de incertidumbre es un hecho relevante, que frecuentemente está presente en los mercados financieros. Poder decidir con mayor información y conocimiento es fundamental para los agentes inmersos en estos mercados, más aún cuando no solo el riesgo es la principal variable por evaluar, sino también la rentabilidad. Para Groupe Seb Andean es fundamental contar con una herramienta de proyección, que permita analizar la tendencia de la Tasa de Cambio Representativa del Mercado, con el fin tomar decisiones financieras y comerciales más acertadas.

En el presente trabajo se analizó la tendencia de la divisa a través de un modelo de simulación estocástica, el cual permitió predecir el comportamiento de la tasa de

cambio a corto plazo (diaria) y mediano plazo (trimestral), sensibilizada con un proceso de *Bootstrapping* que buscaba darle más solidez al modelo y reducir el sesgo de error al momento de proyectar la Tasa de Cambio Representativa del Mercado. Con todos estos estimadores se construyeron los percentiles, los cuales nos indican el resultado final (Intervalo) de la proyección de la Tasa de Cambio Representativa del Mercado. Se trabajó con un 95% de confianza, con esto el percentil 0,025 representa el valor mínimo proyectado y el percentil 0,975 representa el valor representa el valor máximo proyectado de la tasa de cambio.

Luego de esto, se realizó una evaluación *ex - post* de los pronósticos para validar la consistencia, precisión y confiabilidad de los valores estimados con la herramienta. Se realizó una comparación entre los precios proyectados y los precios reales de los últimos 10 días para la simulación diaria y de los últimos 11 meses para la simulación mensual. Los resultados son confiables, ya que en la simulación diaria se presentó solo una excepción, mientras que en la simulación mensual se presentaron dos excepciones. Se recomienda analizar el comportamiento del mercado los días o los meses que presenten excepciones, para entender por qué el comportamiento de la moneda no estuvo alineado con los intervalos de confianza.

Finalmente, se realizó una gráfica tipo *fan chart*, que permite representar de una manera más simple los resultados obtenidos. Se resume en una línea sólida que presenta los datos históricos y un abanico que muestra la proyección de la divisa, permitiendo conocer su valor mínimo, precio promedio y valor máximo. Este gráfico permitirá mostrar en los informes, resultados claves que permitan a la gerencia alinear su toma de decisiones financieras con la realidad del mercado, además de analizar los riesgos asociados al negocio en relación a la volatilidad cambiaria.

De acuerdo a los resultados obtenidos, es el momento perfecto para que el área de ventas impulse las ventas del canal de exportaciones, ya que tendremos más pesos colombianos por dólar vendido, esto traerá efectos positivos en el margen operacional de la empresa. Para esto, es importante que el área de *Revenue Management* y Mercadeo trabajen conjuntamente para vender los productos

adecuados, al precio adecuado y al cliente correcto, con el fin de vender rentablemente.

Así mismo, se invita a la gerencia financiera a estudiar la posibilidad de cubrirse mediante un contrato de futuros para la compra de materia prima, ya que esta representa un 70% del ingreso neto de la empresa.

Las proyecciones de la Tasa de Cambio Representativa del mercado se realizarán todos los días y se informarán a la gerencia diariamente, en un informe de mercado que presentará la tendencia de la divisa para el día siguiente. Adicional a ello, mensualmente se realizará un informe en el cual se hablará sobre las tendencias macroeconómicas y se analizará la proyección de la Tasa de Cambio para los tres meses siguientes.

Referencias

- Alonso, J., & Berggrun, L. (2016). *Intrducción al análisis de riesgos financieros*. Bogotá: Ecoe Ediciones Ltda.
- Azofeifa, C. E. (2015). Aplicación de la Simulación Montecarlo en el cálculo de Riesgo Usando Excel. *Tecnología en Marcha*, 17(1), 1-13. Recuperado el 03 de febrero de 2019 de: [file:///C:/Users/madavila.SA/Downloads/Dialnet-AplicacionDeLaSimulacionMonteCarloEnElCalculoDelRi-4835801%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/madavila.SA/Downloads/Dialnet-AplicacionDeLaSimulacionMonteCarloEnElCalculoDelRi-4835801%20(1).pdf)
- Banco de la República (2005). *Implementación, Uso e Interpretación del "Fan Chart"*. Recuperado el 10 de marzo de 2019 de: <http://www.banrep.gov.co/docum/ftp/ppp.pdf>
- Banco de la República (Diciembre de 2007). *Volatilidad de la tasa de cambio nominal en Colombia y su relación con algunas variables*. Fonte: Borrador número 473. Recuperado el 03 de febrero de 2019 de <http://www.banrep.gov.co/es/borrador-473>
- Banco de la República (Octubre de 2012). *El comportamiento del tipo de cambio real en Colombia: ¿Explicado por sus fundamentales?* Fonte: Borrador número 742. Recuperado el 05 de febrero de 2019 de: <http://www.banrep.gov.co/es/borrador-742>

- Banco de la República (2013). *Determinantes de la tasa de cambio en Colombia: un enfoque de microestructura de mercados*. Fonte: Borrador número 789. Recuperado el 05 de febrero de 2019 de: <http://www.banrep.gov.co/es/borrador-789>
- Banco de la República (Diciembre de 2017). *Un nuevo cálculo de la tasa de cambio real de equilibrio para Colombia: Enfoque de Balance Macroeconómico*. Fonte: Borrador número 1030. Recuperado el 05 de febrero de 2019 de: <http://www.banrep.gov.co/es/borrador-1030>
- Banco de la República (Febrero de 2019). *Tasa de cambio del peso colombiano (TRM)*. Recuperado el 04 de febrero de 2019 de: <http://www.banrep.gov.co/es/tasa-cambio-del-peso-colombiano-trm>
- Bancolombia, Grupo de Investigaciones (8 de Noviembre de 2019). *Proyecciones económicas de Colombia para 2019*. Bogotá.
- Brooks, C. (2014). *Introductory Econometrics for Finance; 3rd Edition*. Cambridge: University Press.
- Castaño, T. M. (2018). *Tiempo de respuesta de la inflación frente a decisiones en política monetaria*. Medellín: EAFIT.
- Diharce, E. V. (2002). *Centro de Investigación en Matemáticas A,C*. Fonte: TÉCNICAS DE SIMULACIÓN PARA EL ANÁLISIS. Recuperado el 12 de febrero de 2019 de: <https://www.cenam.mx/memorias/descarga/simposio%202002/doctos/te064.pdf>
- Efron, B. (1998). *An Introduction to the Bootstrap*. Washington: CRC Press LLC.
- Excel of the Grid (Abril de 2017). *How to create an uncertainty chart (fan chart)*. Fonte: How to create an uncertainty chart (fan chart). Recuperado el 15 de febrero de 2019 de: <https://exceloffthegrid.com/create-uncertainty-chart-fan-chart/>
- Fedesarrollo (2011). *Volatilidad cambiaria en Colombia: cuantificación y determinantes*. Fonte: Working Paper No.48. Recuperado el 27 de enero de 2019 de: <https://core.ac.uk/download/pdf/6472423.pdf>
- Fenaviquín (2018). *TRM y su Volatilidad*. Fonte: Boletín Fenaviquin Programa de Estudios Economicos. Recuperado el 28 de enero de 2019 de: http://fenavi.org/wp-content/uploads/2018/09/Fenaviquin_ed2712018.pdf
- Gil, S. N. (2014). *Bootstrap en poblaciones finitas*. Granada: Universidad de Granada. Recuperado el 28 de febrero de 2019 de:

http://masteres.ugr.es/moea/pages/curso201314/tfm1314/tfm_samuel_gil_a_breu/

- Muñoz, A., Mercado, E., & Duarte, H. (2012). Medición de la volatilidad del IGBC y la TRM utilizando las metodologías Lognormal y Montecarlo. Universidad del Magdalena. *Clío América* (julio-diciembre), 6(12), 150-184.
- Parra, D. (2014). *Estimación de la volatilidad de la tasa de cambio peso dólar a través de un modelo de volatilidad estocástica*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Portafolio (13 de Febrero de 2014). Análisis/ Y el dólar, ¿hasta dónde? *Análisis/ Y el dólar, ¿hasta dónde?* Recuperado el 15 de febrero de 2019 de: <https://www.portafolio.co/opinion/redaccion-portafolio/analisis-dolar-61076>
- Potter, J., Abhayaratna, W., & Koerbin, G. (2013). *Effect of population selection on 99th percentile values for a high sensitivity cardiac troponin I and T assays*. Elsevier Inc. Recuperado el 31 de marzo de 2019 de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23978509>
- Revista Dinero (07 de Agosto de 2015). Editorial: La montaña rusa cambiaria. *Editorial: La montaña rusa cambiaria*. Recuperado el 15 de febrero de 2019 de: <https://www.dinero.com/edicion-impres/editorial/articulo/la-tasa-cambio-su-volatilidad-mediados-2015/210871>
- Topa y Asociados (2017). *Modelos de Cálculo de la volatilidad*. Recuperado el 03 de febrero de 2019 de: <http://www.tya.com.co/pdfs/GT12.pdf>
- Yuly, H., & Ortiz, C. (2017). *Informe Ejecutivo TRM*. Recuperado el 03 de febrero de 2019 de: <http://rpubs.com/YulyHernandez/268731>