

**Análisis del impacto financiero del uso de coberturas de metales en la industria
manufacturera de cables de energía**

**Analysis of the financial impact of the use of metal hedges in the power
cable manufacturing industry**

Gloria Cristina Blanco Giraldo¹

Lina Vanessa Quintero Copete²

Asesor

Alfredo Trespalacios³

Universidad EAFIT

Escuela de Administración

Maestría en Administración Financiera

Santiago de Cali

2019

¹ Especialista en Finanzas, Universidad EAFIT. Especialista en Contabilidad Financiera Internacional, Pontificia Universidad Javeriana. Contadora Pública, Pontificia Universidad Javeriana. Directora de Calidad, CPAAI Cabrera International S.A. gblancog@eafit.edu.co

² Especialista en Finanzas, Universidad EAFIT. Profesional en Finanzas y Negocios Internacionales, Universidad Santiago de Cali. Coordinadora de cartera, Centelsa S.A. lvquintero@eafit.edu.co

³ Magíster en Finanzas, Universidad EAFIT. Ingeniero Electricista, Universidad Nacional de Colombia. Profesional Mercado Energía Mayorista, EPM. Docente de cátedra Instituto Tecnológico Metropolitano y Universidad EAFIT. atrespal@eafit.edu.co

Resumen

El objetivo de este trabajo es evaluar el impacto del uso de coberturas de cobre y aluminio en una empresa manufacturera de cables de energía, para mitigar el riesgo de volatilidad del costo de las materias primas. A partir del análisis, se evidencia la existencia de una cobertura natural eficaz para mitigar el riesgo, generada por la política interna de fijación del precio de venta del producto, en función del costo de las materias primas principales en el mercado internacional.

Palabras claves: Cobertura, Riesgo financiero, Volatilidad, Mercado del aluminio, Mercado del cobre, Divisa.

Abstract

The objective of this paper is to evaluate the impact of the use of copper and aluminum coverage in an energy cable manufacturing company, to mitigate the volatility risk of the cost of raw materials. Based on the analysis, there is evidence of an effective natural hedge to mitigate the risk, generated by the internal policy of setting the sale price of the product, based on the cost of the main raw materials in the international market.

Key words: Hedging, Financial Risk, Volatility, Aluminum Market, Copper Market, Currency.

Contenido

Introducción	6
1. Antecedentes de la industria de manufactura de cables de energía.....	10
2. Comportamiento histórico de los precios de las materias primas	11
3. Estadísticas y caracterización de las series de precios	13
3.1 Elasticidad del precio de venta respecto al costo del cobre y el aluminio	15
3.2 Elasticidad del precio de venta respecto al costo del aluminio	16
3.3 Elasticidad del precio de venta respecto al costo del cobre	17
4. Riesgo de volatilidad en las series de precios de los activos	18
5. Determinación del Valor en Riesgo – VaR.....	20
6. Análisis de sensibilidad en los resultados de volatilidad en las series de precios de los activos	21
6.1 Análisis de sensibilidad cuando el precio de venta no es función del costo	22
6.2 Análisis de sensibilidad cuando el precio de venta es función del costo	25
6.3 Análisis para la cobertura del riesgo residual	31
7. Conclusiones	33
Referencias.....	34

Lista de figuras

Figura 1. Composición de los costos	10
Figura 2. Distribución de las importaciones	11
Figura 3. Evolución del precio en USD de las materias primas en el mercado internacional	12

Figura 4. Rendimientos mensuales en USD de los precios de las materias primas en el mercado internacional.....	13
Figura 5. Elasticidad precio de venta – costo del aluminio.....	17
Figura 6. Elasticidad precio de venta – costo del cobre.....	18
Figura 7. Análisis de sensibilidad del estado de resultados de la empresa manufacturera al 31 de diciembre de 2020.....	25
Figura 8. Comportamiento de precio de venta y del costo del cobre y el aluminio para un cable de energía	26
Figura 9. Flujo de fijación del precio en función del costo de las materias primas	26
Figura 10. Análisis de sensibilidad del estado de resultados de la empresa manufacturera al 31 de diciembre de 2020.....	30
Figura 11. Análisis de sensibilidad del estado de resultados de la empresa manufacturera al 31 de diciembre de 2020.....	33

Lista de cuadros

Cuadro 1. Matriz de correlaciones entre los rendimientos de las materias primas y la TRM en COP.....	13
Cuadro 2. Resultados del test Dickey – Fuller para la serie de precios	14
Cuadro 3. Resultados del test Dickey – Fuller para los rendimientos de los precios.....	14
Cuadro 4. Elasticidad precio de venta – costo del aluminio	16
Cuadro 5. Elasticidad precio de venta – costo del cobre.....	17
Cuadro 6. Volatilidad mensual y anual de las materias primas y la TRM en COP.....	19
Cuadro 7. Costo máximo mensual de las materias primas y la TRM en COP.....	19
Cuadro 8. Costo mínimo mensual de las materias primas y la TRM en COP	20

Cuadro 9. VaR del portafolio de materias primas para un horizonte de tiempo de 1 a 12 meses.....	21
Cuadro 10. Sensibilidad en los resultados de los incrementos en el costo de las materias primas.....	22
Cuadro 11. Sensibilidad en los resultados de la disminución en el costo del cobre y el aluminio	23
Cuadro 12. Estadísticas del análisis de sensibilidad por el método de Montecarlo	24
Cuadro 13. Sensibilidad en los resultados de los incrementos en el costo de las materias primas.....	27
Cuadro 14. Sensibilidad en los resultados de la disminución en el costo de las materias primas.....	28
Cuadro 15. Estadísticas del análisis de sensibilidad por el método de Montecarlo	29
Cuadro 16. Estadísticas del análisis de sensibilidad por el método de Montecarlo	32

Introducción

La manufactura de cables para la transmisión de energía requiere como materias primas principales el cobre y aluminio. En esta industria en particular, es prioritaria la gestión en los costos de las materias primas que, al ser importadas, exponen a la empresa al riesgo de la volatilidad por efecto de las variaciones de tasas de cambio y del precio de los metales. De tal manera que las altas fluctuaciones en los costos de las materias primas y la gestión ineficaz de sus costos por parte de la administración, pueden poner en peligro el éxito de las empresas (Sebastian & Maessen, 2010), por lo tanto, la gestión para mitigar el riesgo de la volatilidad de las materias primas es determinante en el crecimiento a corto plazo de la empresa y se convierte en una ventaja en el largo plazo.

La gestión del riesgo de volatilidad en el precio de las materias primas requiere de administradores con habilidades analíticas y técnicas de negociación, que lleven a considerar protegerse con coberturas financieras; coberturas operacionales como las que llevan a cambios en el diseño o en los precios del producto final y, por supuesto, en la gestión de inventario, controlando el proceso de compras (Leybivich, 2012).

Como parte del proceso de administración de los riesgos, es necesario calcular el impacto financiero que generan las volatilidades mencionadas en los flujos de caja de la empresa, determinar si el mercado ofrece el tipo de instrumento de cobertura adecuado para mitigar los efectos adversos en los resultados financieros o si, por el contrario, para la empresa es mejor opción permanecer descubierta.

En los últimos dos años se puede evidenciar que el dólar bajó su precio hasta 2.800 pesos en el 2017 y desde febrero de 2018 empezó nuevamente a subir hasta alcanzar los 3.289,69 el 27 de diciembre, lo que hace necesario buscar estrategias de coberturas para evitar impactos negativos causados por la volatilidad del dólar. Desde hace más de 20 años, Colombia cuenta con un mercado de derivados financieros, específicamente de divisas y desde hace más de 10 años con una plataforma de negociación para instrumentos estandarizados. Sin embargo, la participación de las empresas colombianas del sector real en este mercado es muy baja. En una muestra de más de 5.000 firmas del sector real colombiano, tan solo el 17% utiliza estos instrumentos, cifra inferior a lo observado en economías avanzadas donde el porcentaje es superior al 60%. La

evidencia indica una concentración significativa en el uso de forwards de tasa de cambio y un uso esporádico de este tipo de coberturas cambiarias. Las empresas con operaciones de comercio exterior, deuda en moneda extranjera y con mayores ingresos operacionales son las principales usuarias de las coberturas a través de forwards. Reformas encaminadas al uso más generalizado de estos instrumentos podrían reducir significativamente las consecuencias negativas de las fluctuaciones fuertes del tipo de cambio en el sector real colombiano (Banco de la República, 2018).

Al mercado internacional del cobre se accede a través de la Bolsa de Metales de Londres en dólares y en lotes de 25 toneladas; el COMEX (Divisions New York Commodities Exchange) de la Bolsa Mercantil de Nueva York en lotes de 25.000 libras cotizados en centavos de dólar y la Bolsa de Metales de Shanghai, en lotes de cinco toneladas cotizados en yuanes (Donoso Muñoz, 2013).

El mercado del aluminio y del cobre se encuentra en constante cambio, dada la dinámica de la economía global. Por ejemplo, el precio del aluminio en la Bolsa de Metales de Londres (LME) ha caído un 12% desde enero de 2012. Los inversores están comprando aluminio a gran escala y lo venden lentamente, lo que posibilita que las empresas hagan compras mucho mayores (Radar, 2018).

La tercera parte de todo el cobre del mundo procede de minas de cobre chilenas (Radar, 2018). Por ser un recurso limitado, la mina se ha ido agotando y, en consecuencia, la producción de cobre se ha reducido. Adicionalmente, hay otras desventajas en el mercado como la disminución de la calidad del cobre y el recrudecimiento de la problemática de los robos, debido a que el precio del cobre es creciente, lo que hace que sea una actividad muy lucrativa para los ladrones (Radar, 2018).

Se han realizado diferentes estudios con el propósito de efectuar pronósticos de la volatilidad del mercado del cobre, a partir de la información histórica disponible (García Bozzo, 2018), ya que este es un asunto de importancia tanto para los productores, como los consumidores industriales. Otros estudios también consideran el efecto de factores internos y externos propios del mercado en el precio a futuro del cobre (Cornejo García, 2017). Incluso se está analizando el efecto de fenómenos meteorológicos, la política monetaria y la financiación en los cambios en el

inventario global, los precios de futuros, los precios de contado, los rendimientos de futuros y los rendimientos de capital de los productos básicos como el aluminio negociados en bolsa (Schmich, 2018).

En relación con la eficacia de las coberturas con forward peso – dólar, en el mercado colombiano hay mayor oferta y manejo de estos instrumentos. Incluso el reconocimiento de su efecto en los resultados financieros se encuentra desarrollado en los nuevos marcos normativos contables y financieros basados en las Normas Internacionales de Información Financiera – NIIF, de obligatoria aplicación en Colombia (Garcés Pérez, 2017). De otro lado, también se encuentran estudios que analizan el uso de las coberturas financieras en las compañías productoras de cobre más grandes de Chile, obteniendo que existe una relación directa entre las compañías de cobre con mayores rendimientos sobre activos y capital y el uso de una política de cobertura financiera explícita y formal (Donoso Muñoz, 2014).

Esta investigación busca determinar la conveniencia de aplicar una estrategia de cobertura para cubrir el riesgo de la volatilidad del precio de sus principales materias primas. A partir de las series históricas del precio del cobre y aluminio publicadas por la Bolsa de Metales de Londres (LME), se analizan los datos estadísticos que pueden servir de base para proponer un modelo econométrico, que permite predecir el precio de estos metales en el corto plazo. También se analiza la estrategia actual de la empresa de fijación del precio de venta de su producto, con base en el precio de compra de sus materias primas, a fin de determinar si esta práctica permite a la empresa cubrirse de forma natural. Producto del análisis de los datos estadísticos y de evaluación del riesgo, se propone una decisión frente al uso de las coberturas de metales para mitigar el riesgo de la volatilidad en los precios en los resultados de la empresa, o caso contrario, recomendar a la empresa permanecer descubierta.

Para poder concluir sobre el riesgo al cual está expuesta la empresa manufacturera de cables, por la volatilidad del costo del precio del cobre y el aluminio, esta investigación se soporta en los pasos propuestos por la teoría de administración de riesgo empresarial o ERM⁴, que se entiende como un proceso de identificación, medida y administración de los riesgos que amenazan la

⁴ Enterprise Risk Management.

existencia, los activos, las ganancias o al personal de una organización, o los servicios que ésta provee (Morales, 2016).

La administración del riesgo empresarial está basada en el enfoque desarrollado en el documento llamado: “*Enterprise Risk Management (ERM) - Integrated Framework*”⁵. Este documento fue publicado en 2004 por el “*Committee of Sponsoring Organizations*” o COSO por su nombre en inglés, por esta razón este informe se conoce comúnmente como COSO II o COSO ERM (Ambrosone, 2007). La metodología de administración de riesgos desarrollada por este informe incluye los siguientes pasos:

- Establecimiento del contexto: se desarrolla en la sección 1.
- Identificación del riesgo: para el caso de la empresa manufactura de cables de energía, el riesgo identificado producto de análisis de este trabajo es la exposición a la volatilidad del costo del cobre y el aluminio, que son sus materias primas principales. Este paso se desarrolla en la sección 2 de este artículo.
- Medición del impacto del riesgo: a partir del análisis de la información financiera y procedimientos estadísticos a las series de precios de las materias primas, en las secciones 3, 4 y 5 se cuantifica el efecto en los estados financieros y el valor en riesgo al que está expuesta la empresa.
- Establecimiento de actividades de control: Se analizan las políticas establecidas por la empresa manufacturera como respuesta al riesgo de la volatilidad de los costos del cobre y aluminio, al cual está expuesta la empresa. Este paso se evalúa en la sección 6.2 y 6.3 del presente análisis.
- Control y seguimiento: es la parte de la metodología de administración del riesgo, que incluye las actividades de supervisión permanente a fin de obtener evidencia con cifras reales de que

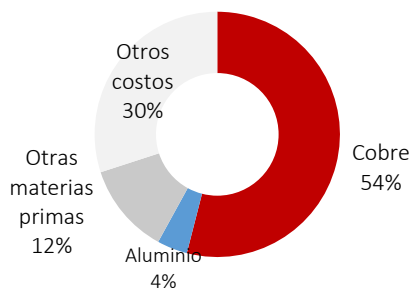
⁵ En español: Administración del riesgo empresarial – Marco Integrado.

las medidas adoptadas para mitigar el riesgo son eficaces y, de no ser así, poder plantear oportunamente otras estrategias como respuesta a los riesgos identificados. Este paso no hace parte del alcance de este trabajo. Se incluye con el propósito de enumerar los pasos del modelo de administración de riesgo que sigue esta investigación.

1. Antecedentes de la industria de manufactura de cables de energía

En la empresa manufacturera de cables de energía y telecomunicaciones el 70% del total de los costos de producción corresponden a las materias primas, y de éstas, el 54% corresponde a cobre y el 4% a aluminio.

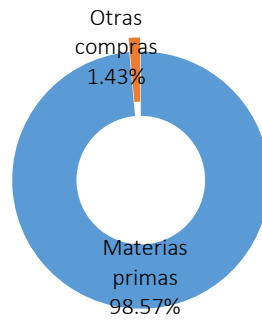
Figura 1. Composición de los costos



Fuente: Informe de Responsabilidad Social Empresarial, 2017.

Teniendo en cuenta que en Colombia no hay minas que puedan suplir las necesidades requeridas por la industria, el cobre se adquiere en grandes volúmenes a proveedores en Perú y Chile; el aluminio se importa desde Bahreim. Otros materiales como los aislamientos en PVC y las cuerdas de acero son de fabricación nacional.

Figura 2. Distribución de las importaciones



Fuente: Informe de Responsabilidad Social Empresarial, 2017.

La Administración de la empresa manufacturera de cables de energía conoce el riesgo de la volatilidad de sus materias primas principales y por esta razón ha establecido medidas que le permiten mitigar el efecto de las variaciones de los costos de los metales en los resultados financieros. La principal medida corresponde a la forma de negociación del precio de venta del producto. El precio de venta se establece con base en el costo de las materias primas en la Bolsa de Metales de Londres (LME), de tal manera que las variaciones en el costo del cobre y el aluminio se transfieren al precio de venta. Esta política le permite a la empresa manufacturera conservar márgenes brutos positivos ante los incrementos de los precios de las materias primas en el mercado. Igualmente, el precio de venta también refleja cuando ocurren disminuciones en el costo de las materias primas, haciendo que la empresa logre permanecer competitiva frente a otros participantes del mercado, disminuyendo el precio de venta al usuario final.

2. Comportamiento histórico de los precios de las materias primas

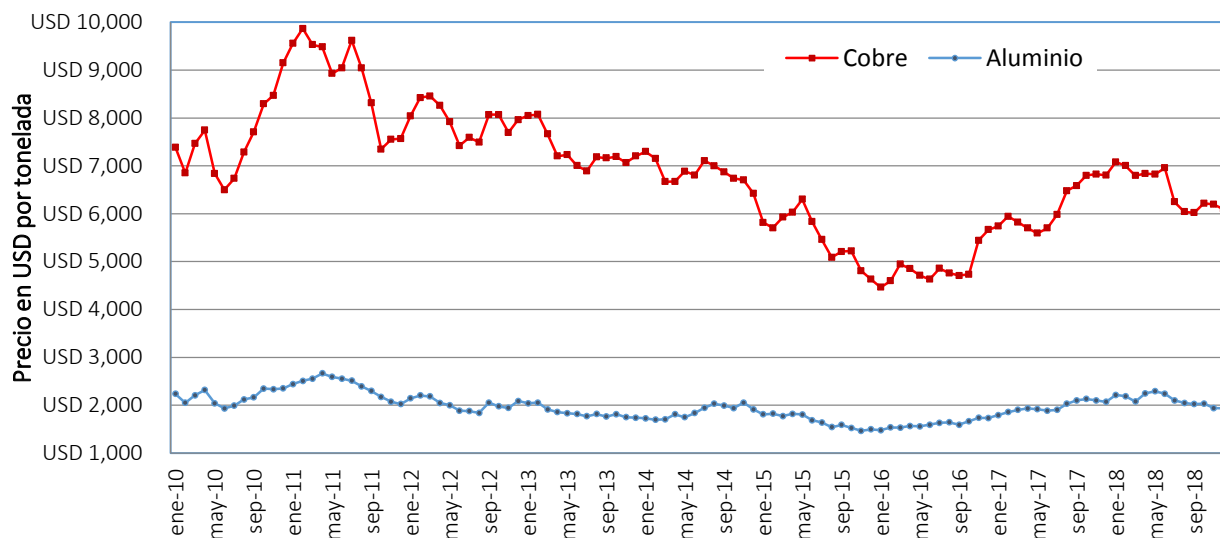
El mercado de los metales industriales tiene un pronóstico favorable, debido a que las fábricas a nivel mundial necesitan insumos para responder a la aceleración del crecimiento económico global. Sin embargo, las sanciones, disputas comerciales e iniciativas ambientales complican el funcionamiento de las cadenas de suministro, dificultando el acceso a la oferta mientras se dispara la demanda.

El precio del cobre y el aluminio depende de las condiciones del mercado internacional.

El precio del cobre registró en junio de 2018 su nivel más bajo desde el año 2011, al cotizarse en el LME a 2,9 dólares la libra, como consecuencia de las tensiones comerciales entre China y Estados Unidos. Se espera que el precio del cobre entre en una trayectoria alcista, ante la expectativa de un déficit continuo de la oferta en los próximos 5 años, que irá aumentando a medida que concluyan los actuales proyectos de explotación minera (Scotiabank Economics, 2018).

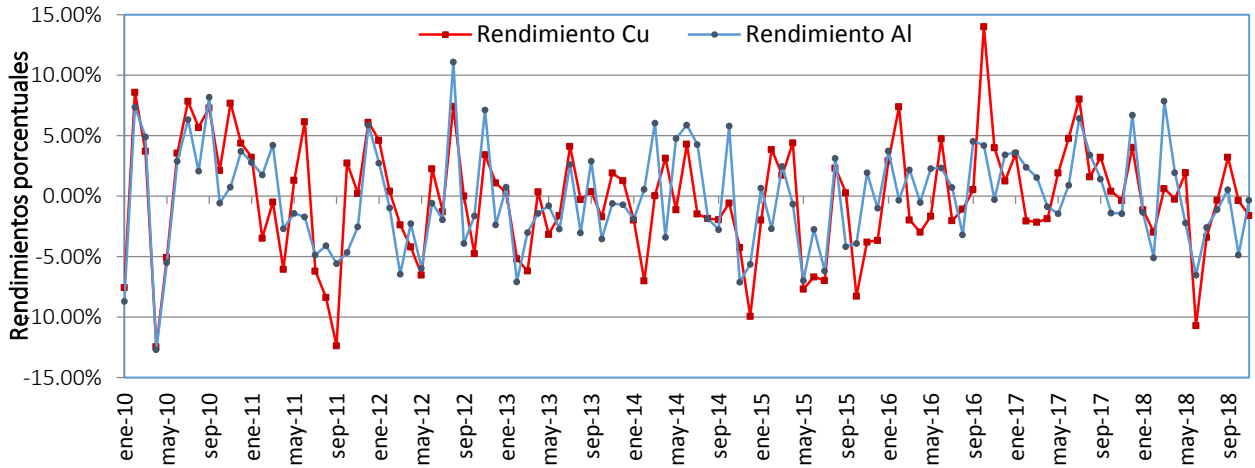
El 2018 fue un año volátil para el mercado del aluminio, debido a que las expectativas y la disponibilidad de la oferta global se han visto limitadas por las restricciones ambientales de China, la política arancelaria estadounidense y las sanciones globales contra los rusos (Scotiabank Economics, 2018). Según los pronósticos, el mercado del aluminio mantendrá una leve sobreoferta durante los próximos 5 años, hasta que se resuelva la incertidumbre por las tensiones entre las administraciones de Estados Unidos y China.

Figura 3. Evolución del precio en USD de las materias primas en el mercado internacional



Fuente: Elaboración propia, 2019.

Figura 4. Rendimientos mensuales en USD de los precios de las materias primas en el mercado internacional



Fuente: Elaboración propia, 2019.

3. Estadísticas y caracterización de las series de precios

A partir de las series de precios y rendimientos, se obtienen las correlaciones entre los rendimientos de las materias primas y la TRM, con el propósito de analizar los datos y, de ser requerido, generar modelos que expliquen su comportamiento:

Cuadro 1. Matriz de correlaciones entre los rendimientos de las materias primas y la TRM en COP

	TRM	Cobre	Aluminio
TRM	1,00	0,29	0,34
Cobre	0,29	1,00	0,67
Aluminio	0,34	0,67	1,00

Fuente: Elaboración propia, 2019.

El anterior cuadro arrojó una correlación fuerte de 0,67 entre el comportamiento del cobre y el aluminio. Sin embargo, las correlaciones de 0,29 y 0,34 entre los rendimientos de la tasa de cambio y los rendimientos de los costos del cobre y el aluminio, son bajas, luego el comportamiento de la tasa representativa no constituye una referencia fuerte, para explicar la

tendencia de los precios del cobre y el aluminio en el mercado internacional.

A continuación, se presentan los resultados de la aplicación del test de Dickey – Fuller sobre las series de precios del cobre, aluminio y la TRM, y también sobre los rendimientos de estas series, a fin de determinar si éstas son o no estacionarias. Una serie estacionaria tiene media cero, varianza constante y no está correlacionada. Gráficamente se observarán que los valores de la serie tienden a oscilar alrededor de una media constante y la variabilidad con respecto a la media permanece constante en el tiempo (Villavicencio, 2014).

En el test de Dickey – Fuller se parte de que la hipótesis nula es que las series tienen raíces unitarias y por lo tanto no corresponden a un proceso estacionario. La prueba se realiza por medio del software estadístico Eviews® y los siguientes son los resultados:

Cuadro 2. Resultados del test Dickey – Fuller para la serie de precios

	Probabilidad
TRM	0,9030
Cobre	0,6535
Aluminio	0,9288

Fuente: Elaboración propia, 2019.

De acuerdo con los resultados anteriores, en todos los casos la probabilidad es mayor que 0,05, por lo que se acepta la hipótesis nula del test, y se concluye que las series de precios no son un proceso estacionario.

Cuadro 3. Resultados del test Dickey – Fuller para los rendimientos de los precios

	Probabilidad
TRM	0,0000
Cobre	0,0000
Aluminio	0,0000

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Según el cuadro anterior, en todos los casos la probabilidad es menor que 0,05, por lo que se rechaza la hipótesis nula del test, y se concluye que las series de los rendimientos precios son un proceso estacionario.

En este punto, al analizar los resultados arrojados por el test Dickey – Fuller se observa que, aunque la serie de precios no es un proceso estacionario, la serie de los rendimientos sí lo es. Por lo tanto, estos resultados preliminares indican que propiedades estadísticas de la serie de rendimientos como la expectativa, variancia y autocorrelación no varían en el tiempo.

La obtención y análisis de los datos anteriores es necesaria para plantear un modelo de regresión estándar o un proceso estocástico, a partir de las series de precios de las materias primas objeto de este estudio. En la práctica estos modelos fallan, debido a que no se hace un análisis previo de la naturaleza de las series, como establecer si provienen de un sistema lineal o no lineal, si es estacionario o no (Ospina Gutiérrez, Soto Mejía, Orozco Gutierrez, & Escobar, 2015).

Teniendo en cuenta que la empresa manufacturera define el precio de venta de sus productos, con base en la cotización del costo del cobre y el aluminio en el mercado internacional, se considera pertinente analizar la relación entre el precio de venta del producto y el costo de las primas mediante el cálculo de la elasticidad entre estas variables, tal como se explica a continuación:

3.1 Elasticidad del precio de venta respecto al costo del cobre y el aluminio

La elasticidad mide la sensibilidad de una variable frente a otra, y se define como la variación porcentual que experimenta una variable cuando la otra aumenta un 1% (Pindyck & Rubinfeld, 2009).

La elasticidad es positiva cuando la variación % en una variable es directamente proporcional a la variación porcentual que experimenta la otra variable.

El valor absoluto de la elasticidad mayor que la unidad refleja un mercado elástico, e implica que la variación porcentual del costo de las materias primas será mayor a la variación porcentual en el precio de venta del producto. Si el valor absoluto de la elasticidad está entre cero y uno, se interpreta como un mercado inelástico respecto a la variación del costo de la materia prima.

Para poder describir la relación económica entre el precio y el costo, se aplica un modelo de elasticidad constante, por medio de logaritmos a las variables “X” y “Y”. En este caso, “X” será el costo del cobre y el aluminio y “Y” será el precio de un cable que contenga como materia prima cobre o aluminio. Teniendo en cuenta que las relaciones lineales no son suficientes para describir las relaciones económicas, debido a que en el modelo lineal el incremento del precio de venta ante cambios en el costo de su materia prima será siempre igual, independientemente del nivel de “X”, por lo tanto:

$\text{Precio} = \beta_0 + \beta_1 * \text{Costo} + u$ (Moreno, Rodríguez, & Soberon, 2014); donde β_0 es el mínimo valor que toma la variable “Y”, cuando “X” tiende a cero, y β_1 es la elasticidad del precio de venta respecto al costo de las materias primas, y “u” es el margen de error.

La relación entre los logaritmos de “X” y “Y” se establece en términos de incrementos relativos; donde:

$$\text{Log (Precio)} = \beta_0 + \beta_1 * \text{log(Costo)} + u,$$

$$\text{Así } \Delta \text{Precio} = \beta_1 \Delta \text{Costo}.$$

Los coeficientes determinan el impacto de las variables independientes “X” sobre la variable dependiente “Y”. Los coeficientes en un modelo log-log representan la elasticidad de la variable “Y” (precio) con respecto a la variable “X” (costo).

3.2 Elasticidad del precio de venta respecto al costo del aluminio

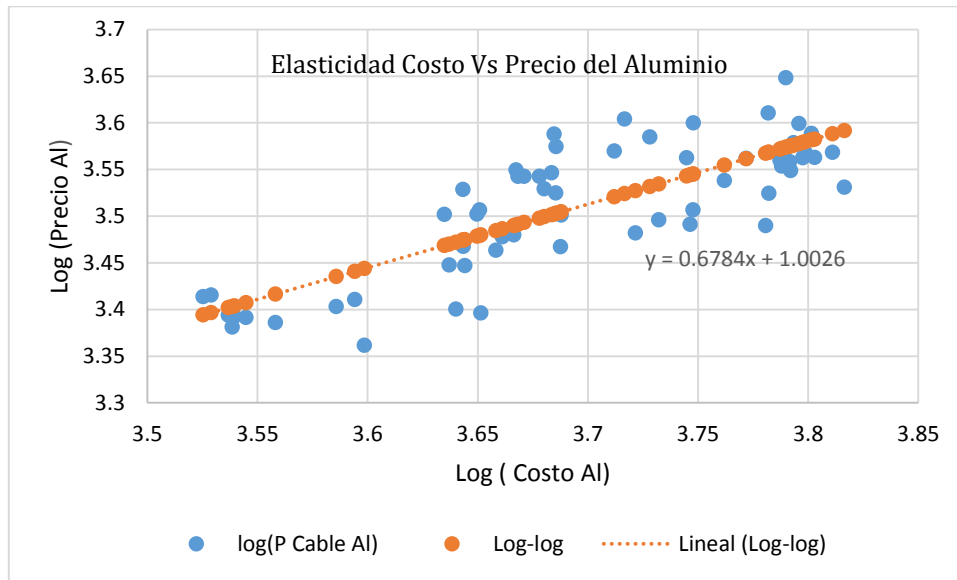
Después de estimar el modelo log-log para el aluminio, se encuentra que la elasticidad es positiva, en este caso con un cambio porcentual de 1% en el costo del aluminio, implicaría un aumento en el precio del 0,68%.

Cuadro 4. Elasticidad precio de venta – costo del aluminio

Modelo lineal Log (P Cable Al)	
Betas	Coefficientes
Intercepción	0,10026393
Log (Al)	0,67840892

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Figura 5. Elasticidad precio de venta – costo del aluminio



Fuente: Elaboración propia, 2019.

3.3 Elasticidad del precio de venta respecto al costo del cobre

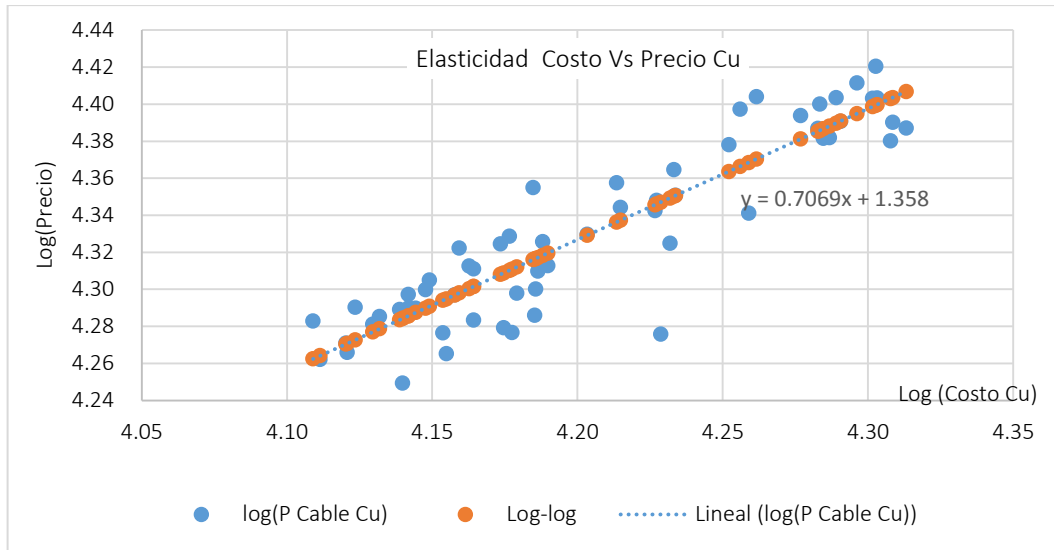
Después de estimar el modelo log-log para el cobre, se encuentra que la elasticidad es positiva, en este caso con un cambio porcentual de 1% en el costo del cobre, implica un aumento en el precio del 0,70%.

Cuadro 5. Elasticidad precio de venta – costo del cobre

Modelo lineal Log (P Cable Cu)	
β etas	Coefficientes
Intercepción	1,35795767
Log (Cu)	0,70687082

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Figura 6. Elasticidad precio de venta – costo del cobre



Fuente: Elaboración propia, 2019.

De los anteriores resultados, se infiere que el comportamiento del precio de venta está ligado directamente al costo de la materia prima, siendo esto una tendencia de comportamiento de mercado inelástica, debido a que el valor del β_1 en ambos casos es un valor positivo menor a la unidad.

4. Riesgo de volatilidad en las series de precios de los activos

El siguiente cuadro muestra la volatilidad mensual y anualizada de cada uno de los activos en riesgo y del portafolio, partiendo de los rendimientos históricos entre enero de 2010 y diciembre de 2018, siguiendo la teoría de portafolio de Markowitz, en donde a partir de la aplicación de procedimientos estadísticos permite determinar el rendimiento esperado y el riesgo del activo a evaluar (León, 2017).

Para efectos del presente estudio, se calcula el riesgo de volatilidad de las materias primas, la tasa de cambio y el portafolio en riesgo conformado por estos activos:

Cuadro 6. Volatilidad mensual y anual de las materias primas y la TRM en COP

	Riesgo mensual	Riesgo anual
TRM	2,89%	10,02%
Cobre	4,66%	16,14%
Aluminio	4,11%	14,25%
Portafolio	9,11%	31,55%

Fuente: Elaboración propia, 2019.

El anterior cuadro muestra que el riesgo por exposición a la volatilidad del cobre y el aluminio al que está expuesta la empresa es mayor al riesgo que a la que se expone por efecto de las variaciones en la tasa representativa del mercado.

Partiendo de las series de los rendimientos históricos entre enero de 2010 y diciembre de 2018, y sin transferir el alza en los costos al precio de venta, se obtienen las pérdidas máximas mensuales, suponiendo que los costos de las materias primas se incrementen entre 1σ y 5σ , lo que produce un incremento en los costos para la empresa manufacturera y, en consecuencia, pérdidas en sus estados financieros:

Cuadro 7. Costo máximo mensual de las materias primas y la TRM en COP

Nivel de confianza		TRM	Cobre	Aluminio	Portafolio
68,27%	1σ	-2,9%	-4,7%	-4,1%	-9,1%
95,00%	$1,65\sigma$	-4,8%	-7,7%	-6,8%	-15,0%
95,45%	2σ	-5,8%	-9,3%	-8,2%	-18,2%
99,73%	3σ	-8,7%	-14,0%	-12,3%	-27,3%
99,99%	4σ	-11,6%	-18,6%	-16,5%	-36,4%
99,99%	5σ	-14,5%	-23,3%	-20,6%	-45,5%

Fuente: Elaboración propia, 2019.

De la misma manera, se obtienen los mínimos costos posibles, suponiendo que los costos disminuyan entre 1σ y 5σ , lo cual representaría menores costos para la empresa manufacturera, que se traducen en utilidades financieras:

Cuadro 8. Costo mínimo mensual de las materias primas y la TRM en COP

Nivel de confianza		TRM	Cobre	Aluminio	Portafolio
68,269%	-1 σ	2,45%	4,4%	3,8%	2,74%
95,000%	-1,65 σ	4,31%	7,4%	6,5%	8,61%
95,450%	-2 σ	5,34%	9,0%	7,9%	11,84%
99,730%	-3 σ	8,23%	13,7%	12,0%	20,95%
99,994%	-4 σ	11,12%	18,4%	16,1%	30,06%
99,999%	-5 σ	14,02%	23,0%	20,3%	39,17%

Fuente: Elaboración propia, 2019.

5. Determinación del Valor en Riesgo – VaR

El valor en riesgo, en adelante VaR, es una medida del riesgo que permite establecer cuánto puede perder un portafolio en condiciones normales de mercado, en un horizonte de tiempo determinado y con un nivel de confianza $(1-\alpha)\%$ (Hull, 2012).

A partir de las series de los rendimientos históricos del cobre y el aluminio, entre el enero de 2010 y diciembre de 2018, se determina el riesgo del portafolio conformado por estos activos, el cual se denomina “ δP ” y es el 9,11% mensual, y con base en esas mismas series se obtiene su rendimiento promedio o “ $E[R_p]$ ” correspondiente al 6,37%. Con estos datos, y aplicando los procedimientos explicados en (Hull, 2012), se obtienen los siguientes resultados, expresados en millones de pesos:

Cuadro 9. VaR del portafolio de materias primas para un horizonte de tiempo de 1 a 12 meses

Valores expresados en millones de pesos colombianos

	<i>VaR</i> _{32%}	<i>VaR</i> _{5%}	<i>VaR</i> _{4,6%}	<i>VaR</i> _{0,3%}	<i>VaR</i> _{0,01%}	<i>VaR</i> _{0,0001%}	
Nivel de confianza:	68,2689%	95%	95,45%	99,73%	99,9937%	99,9999%	
	Z(α)	1 σ	1,64 σ	2 σ	3 σ	4 σ	5 σ
# de meses	1	2.116	3.480	4.231	6.347	8.462	10.578
	2	2.992	4.921	5.984	8.976	11.968	14.960
	3	3.664	6.027	7.329	10.993	14.657	18.322
	4	4.231	6.960	8.462	12.694	16.925	21.156
	5	4.731	7.781	9.461	14.192	18.922	23.653
	6	5.182	8.524	10.364	15.546	20.728	25.911
	7	5.597	9.207	11.195	16.792	22.389	27.987
	8	5.984	9.842	11.968	17.951	23.935	29.919
	9	6.347	10.440	12.694	19.040	25.387	31.734
	10	6.690	11.004	13.380	20.070	26.760	33.450
	11	7.017	11.541	14.033	21.050	28.067	35.083
	12	7.329	12.055	14.657	21.986	29.315	36.643

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Como punto de referencia, y a partir de los resultados del cuadro anterior, se interpreta con un nivel de certeza del 95%, que dado el riesgo de volatilidad de las materias primas, la pérdida máxima en un periodo de un mes es de \$3.480 millones, en dos meses \$4.921 millones y así hasta \$12.055 millones en un periodo de 12 meses.

Estos resultados ponen en evidencia el impacto material en los estados financieros de la empresa manufacturera de la volatilidad de los precios del cobre y el aluminio, los cuales representan en promedio el 58% del costo de venta.

6. Análisis de sensibilidad en los resultados de volatilidad en las series de precios de los activos

Con el propósito de evidenciar el impacto de la volatilidad de los costos de las principales materias primas, en los resultados de la empresa manufacturera de cables de energía, se simulan distintos escenarios con incrementos y disminuciones de los costos del cobre y el aluminio.

Los resultados son simulados a partir de la proyección del estado de resultados proyectado a

diciembre de 2020. En la simulación se tienen en cuenta dos escenarios. En el primero las variaciones en los costos del cobre y el aluminio no se trasladan al precio de venta; en el segundo se aplica la política de precios en donde las variaciones del costo de las materias primas principales se trasladan al precio de venta, con el propósito de mitigar el impacto de la volatilidad en los márgenes brutos.

Teniendo en cuenta los dos escenarios, se observa que la empresa manufacturera es particularmente sensible a las variaciones en el costo de sus materias primas, lo cual está en parte explicado en que sus costos totales representan el 90% de sus ingresos operacionales.

6.1 Análisis de sensibilidad cuando el precio de venta no es función del costo

Con base al resultado proyectado del ejercicio para diciembre de 2020, y con los niveles de riesgo de volatilidad estimados para el cobre y el aluminio, a medida que aumenten los costos de las materias primas, los resultados presentan una marcada tendencia de pérdidas. Para el análisis, se incrementan los costos entre 1σ y 5σ , presentando pérdidas desde \$13.211 millones hasta \$70.689.597 millones. Este es un escenario simulado en donde la empresa manufacturera no implementa medidas para mitigar el riesgo de la volatilidad de sus costos.

Los siguientes son los resultados de este escenario de simulación, expresados en millones de pesos:

Cuadro 10. Sensibilidad en los resultados de los incrementos en el costo de las materias primas
Valores expresados en millones de pesos colombianos

Incrementos		Costo del Cobre							
		Base	1σ	$1,64\sigma$	2σ	3σ	4σ	5σ	
Costo del Aluminio	Base	19.222	8.288	(13.211)	(50.221)	(98.671)	(178.121)	(298.863)	(477.924)
	1σ	20.013	(478.715)	(522.872)	(598.889)	(698.403)	(861.587)	(1.109.584)	(1.477.367)
	$1,64\sigma$	20.523	(1.478.721)	(1.569.417)	(1.725.550)	(1.929.947)	(2.265.117)	(2.774.489)	(3.529.892)
	2σ	20.804	(3.531.651)	(3.717.934)	(4.038.623)	(4.458.442)	(5.146.862)	(6.193.083)	(7.744.637)
	3σ	21.594	(7.747.491)	(8.130.107)	(8.788.782)	(9.651.065)	(11.065.042)	(13.213.918)	(16.400.718)
	4σ	22.385	(16.404.994)	(17.190.864)	(18.543.745)	(20.314.824)	(23.219.048)	(27.632.714)	(34.178.216)
	5σ	23.176	(34.184.439)	(35.798.571)	(38.577.309)	(42.215.002)	(48.180.109)	(57.245.519)	(70.689.597)

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Posteriormente, se realiza la simulación a partir del mismo resultado proyectado base, pero considerando la disminución del costo del cobre y el aluminio. Se observa que los resultados arrojan utilidades. En este análisis, disminuyen los costos entre 1σ y 5σ desviaciones estándar, reflejando ganancias que van desde \$28.518 millones hasta \$478.067 millones.

Los siguientes son los resultados de este escenario de simulación, expresados en millones de pesos:

Cuadro 11. Sensibilidad en los resultados de la disminución en el costo del cobre y el aluminio
Valores expresados en millones de pesos colombianos

Disminución		Costo del Cobre							
		Base	-1 σ	-1,64 σ	-2 σ	-3 σ	-4 σ	-5 σ	
Costo del Aluminio	Base	19.222	8.288	28.518	61.116	98.066	148.989	207.874	268.142
	-1 σ	18.492	268.872	277.707	291.943	308.080	330.320	356.036	382.357
	-1,64 σ	17.982	383.550	387.408	393.625	400.673	410.385	421.616	433.111
	-2 σ	17.701	434.480	436.165	438.880	441.958	446.200	451.105	456.125
	-3 σ	16.910	458.041	458.777	459.962	461.307	463.159	465.301	467.493
	-4 σ	16.120	469.755	470.077	470.595	471.182	471.991	472.926	473.884
	-5 σ	15.329	476.264	476.405	476.631	476.887	477.240	477.649	478.067

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Las anteriores observaciones dejan en evidencia el impacto que tienen las variaciones del costo de las materias primas en los resultados de la empresa manufacturera, por esta razón se considera necesario aplicar otras técnicas de análisis de sensibilidad, eligiendo el método de Montecarlo. Esta técnica de simulación es ampliamente utilizada para calcular probabilidades, utilizando secuencias de números aleatorios (Peña Sánchez de Rivera, 2001).

Utilizando el software de estadística Crystal Ball®, y partiendo de los estados financieros proyectados al 31 de diciembre de 2020, se asumen como variables aleatorias el costo del cobre y del aluminio, se supone una distribución normal, con media en el costo proyectado para las compras de las materias primas y las desviaciones estándar determinadas en el cuadro 6. Los resultados de la simulación muestran que, dada la volatilidad del costo del cobre y el aluminio, la probabilidad de que la empresa manufacturera obtenga utilidades es del 52,14%.

En el siguiente cuadro se presentan las estadísticas de la simulación:

Cuadro 12. Estadísticas del análisis de sensibilidad por el método de Montecarlo

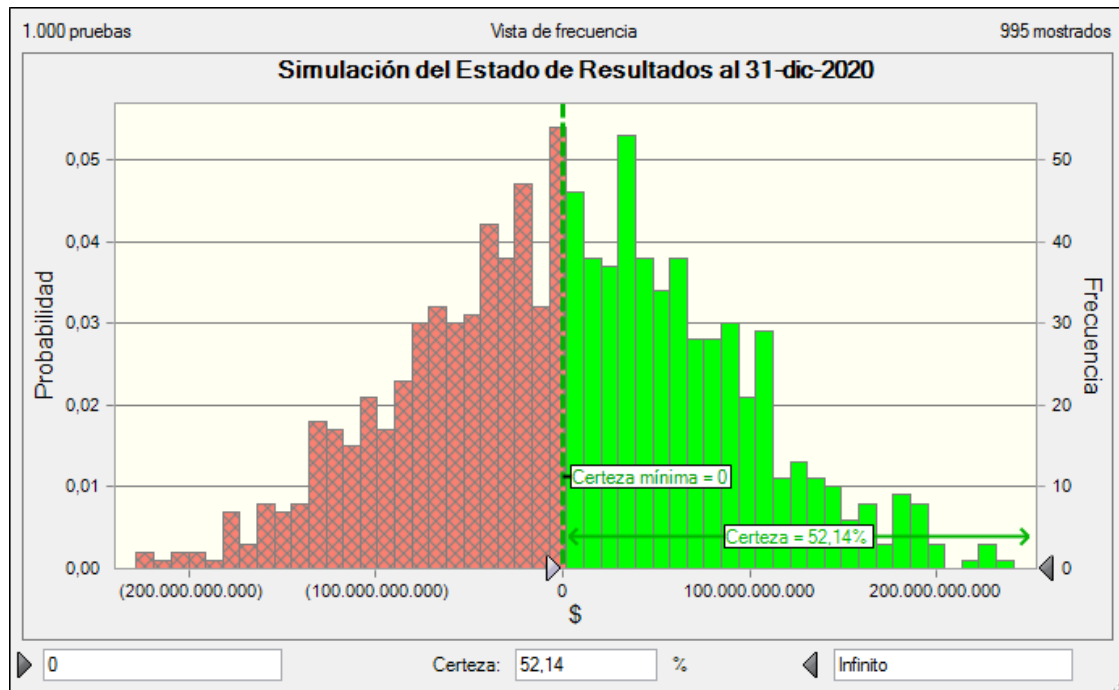
Estadística	Valores de previsión
Pruebas	1.000
Caso base	8.288 millones
Media	5.475 millones
Mediana	4.501 millones
Moda	No tiene
Desviación estándar	84.093 millones
Varianza	$7,07 \cdot 10^{15}$
Sesgo	0,1003
Curtosis	2,94
Coefficiente de variación	15,36
Mínimo	(227.887) millones
Máximo	256.922 millones
Error estándar medio	2.659 millones

Fuente: Reporte de Crystal Ball®, 2019.

El cuadro anterior demuestra que el caso base de la simulación corresponde a los resultados del ejercicio proyectado, que arroja una utilidad de \$8.288 millones. Haciendo 1.000 iteraciones, se observa que los resultados tienden a una distribución normal con media en \$5.475 millones y desviación estándar σ de \$84.093 millones. El índice de Curtosis por ser mayor que cero, muestra una distribución leptocúrtica, tal como se observa en la figura 7. Con un error estándar en promedio de \$2.659 millones, el escenario simulado arroja una pérdida máxima de \$227.887 millones y una utilidad máxima de \$256.922 millones.

La siguiente figura muestra la representación gráfica de la simulación:

Figura 7. Análisis de sensibilidad del estado de resultados de la empresa manufacturera al 31 de diciembre de 2020

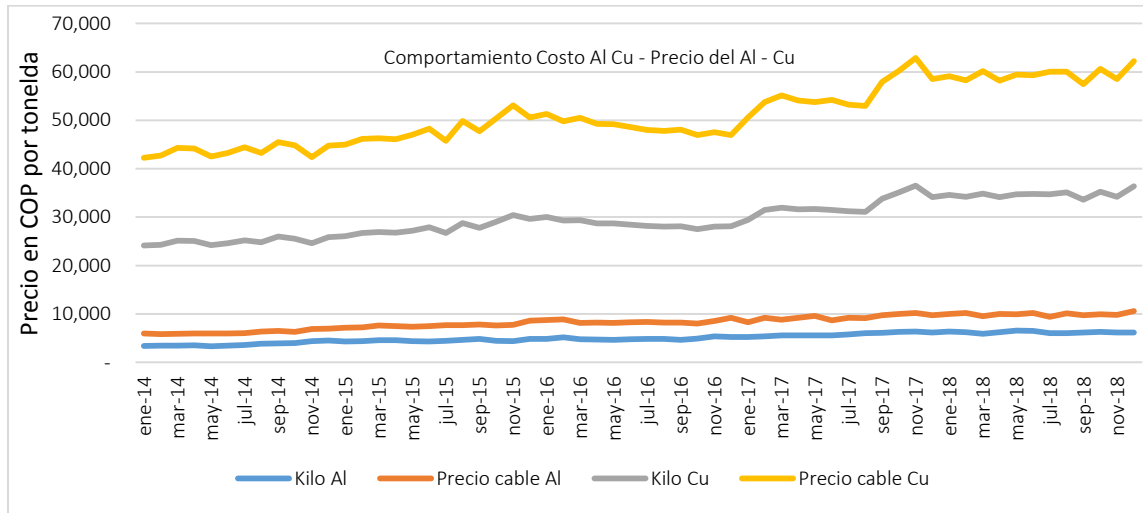


Fuente: Reporte de Crystal Ball®, 2019.

6.2 Análisis de sensibilidad cuando el precio de venta es función del costo

De acuerdo con la estrategia de la administración financiera y comercial, la empresa realiza cambios en su lista de precios cuando ocurre un movimiento en el costo. En la siguiente figura se observa el comportamiento del costo y el precio de un cable en específico, para cada material desde 2014 hasta 2018, demostrando que se cumple la política mencionada anteriormente.

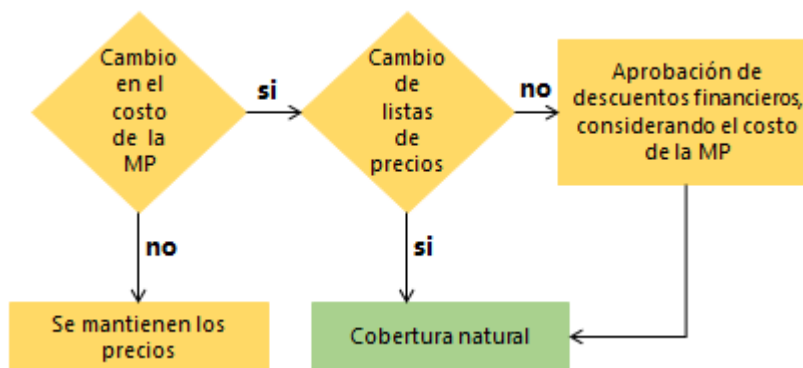
Figura 8. Comportamiento de precio de venta y del costo del cobre y el aluminio para un cable de energía



Fuente: Elaboración propia, 2019.

La transferencia de cambios en el costo al precios se realiza sacando nuevas listas de precios cuando varía el costo, también por medio de aprobaciones de descuentos comerciales, para mantener la competitividad en el mercado, y generando siempre un ingreso marginal, que permite anular el riesgo de pérdida en cada negociación, como lo muestra el siguiente diagrama de flujos:

Figura 9. Flujo de fijación del precio en función del costo de las materias primas



Fuente: Elaboración propia, 2019.

En este escenario, se aplica la política de la empresa manufacturera de fijar el precio de venta del

producto en función del costo en el mercado internacional del cobre y el aluminio. A partir del resultado proyectado del ejercicio para diciembre de 2020, y los niveles de riesgo de volatilidad estimados anteriormente para el cobre y el aluminio, se observa que a medida que aumenten los costos de las materias primas, los resultados arrojan utilidades. En el análisis, se incrementan los costos entre 1σ y 5σ , arrojando utilidades desde \$10.677 millones hasta \$7.863.608 millones.

Los siguientes son los resultados de este escenario de simulación, expresados en millones de pesos:

Cuadro 13. Sensibilidad en los resultados de los incrementos en el costo de las materias primas
Valores expresados en millones de pesos colombianos

Incrementos		Costo del Cobre							
		← Base	1σ	$1,64\sigma$	2σ	3σ	4σ	5σ →	
Costo del Aluminio	Base	19.222	8.288	10.677	14.789	20.172	29.000	42.416	62.311
	1σ	20.013	62.399	67.306	75.752	86.809	104.941	132.496	173.361
	$1,64\sigma$	20.523	173.511	183.588	200.936	223.647	260.888	317.485	401.419
	2σ	20.804	401.614	422.312	457.945	504.591	581.082	697.329	869.724
	3σ	21.594	870.041	912.554	985.740	1.081.549	1.238.658	1.477.422	1.831.511
	4σ	22.385	1.831.986	1.919.305	2.069.625	2.266.411	2.589.103	3.079.510	3.806.788
	5σ	23.176	3.807.480	3.986.828	4.295.576	4.699.764	5.362.554	6.369.822	7.863.608

Fuente: Elaboración propia, 2019.

También se realiza la simulación a partir del mismo resultado proyectado base, considerando el precio del producto en función del costo del cobre y el aluminio. Se observa que los resultados solo arrojan utilidades cuando la disminución del costo del cobre es hasta $1,64\sigma$, en los demás escenarios se presentan pérdidas entre \$1.688 millones hasta \$43.910 millones al caer el costo en 5σ .

Los siguientes son los resultados de este escenario de simulación, expresados en millones de pesos:

Cuadro 14. Sensibilidad en los resultados de la disminución en el costo de las materias primas

Valores expresados en millones de pesos colombianos

Disminución		Costo del Cobre							
		Base	-1 σ	-1,64 σ	-2 σ	-3 σ	-4 σ	-5 σ	
Costo del Aluminio	Base	259.497	248.117	240.319	236.024	223.931	211.838	199.746	
		19.222	8.288	6.040	2.418	(1.688)	(7.346)	(13.888)	(20.585)
	-1 σ	18.492	(20.666)	(21.648)	(23.229)	(25.022)	(27.493)	(30.351)	(33.275)
	-1,64 σ	17.982	(33.408)	(33.837)	(34.527)	(35.311)	(36.390)	(37.638)	(38.915)
	-2 σ	17.701	(39.067)	(39.254)	(39.556)	(39.898)	(40.369)	(40.914)	(41.472)
	-3 σ	16.910	(41.685)	(41.766)	(41.898)	(42.048)	(42.253)	(42.491)	(42.735)
	-4 σ	16.120	(42.986)	(43.022)	(43.080)	(43.145)	(43.235)	(43.339)	(43.445)
-5 σ	15.329	(43.710)	(43.725)	(43.750)	(43.779)	(43.818)	(43.863)	(43.910)	

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Al comparar los resultados de la simulación que considera la política usada por la empresa manufacturera, para mitigar el impacto de la volatilidad de los costos de sus principales materias primas en el margen, se observa que cuando la tendencia del costo de las materias primas es alcista, también los ingresos aumentan, lo cual representa utilidades para la empresa. Si el costo del cobre y el aluminio están a la baja, también disminuye el precio de venta y por ende el total de los ingresos, lo que se traduce en pérdidas del ejercicio, aunque de una materialidad menor a las que se presentan cuando no se aplica la política de precios adoptada por la empresa, para contrarrestar el efecto de la volatilidad del costo de las materias primas.

Para este segundo escenario, también se realizó el análisis de sensibilidad con método de Montecarlo. Los resultados de la sensibilización muestran que la probabilidad de que la empresa obtenga utilidades es del 91,52%, lo cual es una mejora importante frente al 52,14% del primer escenario que no considera la política de la empresa para cubrir la volatilidad en el costo del cobre y el aluminio.

En el siguiente cuadro se presentan las estadísticas de la simulación:

Cuadro 15. Estadísticas del análisis de sensibilidad por el método de Montecarlo

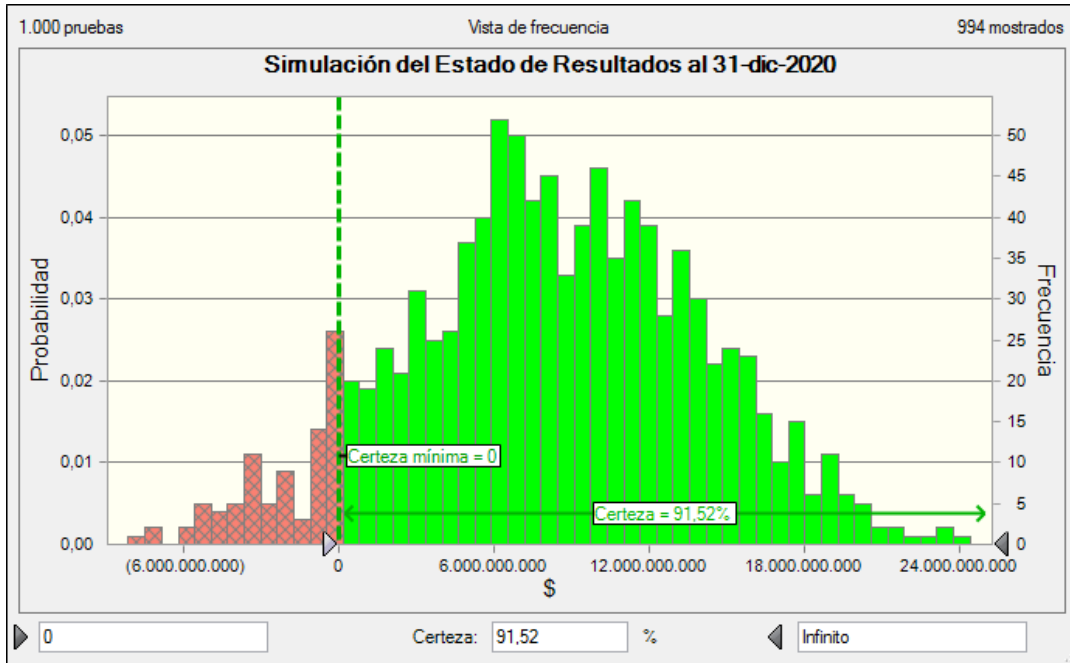
Estadística	Valores de previsión
Pruebas	1.000
Caso base	8.288 millones
Media	8.152 millones
Mediana	8.200 millones
Moda	No tiene
Desviación estándar	5.805 millones
Varianza	$3,37 \cdot 10^{13}$
Sesgo	(0,1644)
Curtosis	3
Coefficiente de variación	0,7121
Mínimo	(14.383) millones
Máximo	24.982 millones
Error estándar medio	184 millones

Fuente: Reporte de Crystal Ball®, 2019.

Tomado como base de la simulación los resultados del ejercicio proyectado estimados en \$8.288 millones y haciendo 1.000 iteraciones, se observa que los resultados tienden a una distribución normal con media en \$8.152 millones y desviación estándar σ de \$5.805 millones. El índice de Curtosis por ser mayor que cero muestra una distribución leptocúrtica, tal como se observa en la figura 10. Con un error estándar en promedio de \$184 millones, el escenario simulado arroja una pérdida máxima de \$14.383 millones y una utilidad máxima de \$24.982 millones.

La siguiente figura muestra la representación gráfica de la simulación:

Figura 10. Análisis de sensibilidad del estado de resultados de la empresa manufacturera al 31 de diciembre de 2020



Fuente: Reporte de Crystal Ball®, 2019.

Después de evidenciar y analizar la sensibilidad de los cambios de los activos en estudio, en el estado de resultados de la empresa, se observa que la variación de los costos del cobre y el aluminio se debe necesariamente trasladar a los ingresos mediante la fijación de las cotizaciones y precios de venta con base en los costos de las materias primas en el mercado. Esta técnica de negociación aplicada por la empresa, se traduce en una cobertura natural de la volatilidad de los costos de las materias primas.

Con una cobertura natural la empresa reduce o anula las pérdidas procedentes de movimientos desfavorables en los precios de los activos, sin necesidad de recurrir al mercado financiero, por lo tanto, para que se pueda presentar una cobertura de forma natural, la empresa debe por ejemplo, poder modificar sus posiciones de activo y pasivo o alterar su estructura de cobros y pagos, sin utilizar instrumentos derivados, de lo contrario, la exposición al riesgo no se mitiga, a menos que se diseñe una estrategia para tal fin (López, 2005).

Al fijar el precio de venta de sus productos en función del costo del cobre y el aluminio en el

mercado internacional, la empresa de cables de energía logra trasladar las variaciones de sus costos al precio, generando una compensación o *matching* precio – costo, alcanzando a mitigar su exposición al riesgo de forma natural. De acuerdo con los cálculos arrojados en este estudio, la cobertura natural logra que la probabilidad de operar con pérdidas pase del 47,86% al 8,48%.

6.3 Análisis para la cobertura del riesgo residual

La existencia de una cobertura natural por la aplicación de la política de fijación del precio de venta en función de los costos del cobre del aluminio, mitiga el riesgo por exposición a la volatilidad, pero no lo elimina.

Los resultados de la simulación del escenario cubierto de forma natural muestran que aún existe la probabilidad del 8,48% de que se generen pérdidas hasta por \$14.383 millones, si las ventas no cubren la totalidad de los costos y gastos de la empresa manufacturera.

Aunque con la cobertura natural existente en la empresa manufacturera, hay una probabilidad del 91,52% de obtener ganancias, es pertinente plantear estrategias para cubrir el riesgo residual.

Teniendo en cuenta la capacidad que tiene la empresa manufacturera de fijar el precio de venta en función de los costos del cobre y el aluminio en el mercado internacional, a continuación, se simula un escenario en donde la transferencia de las variaciones en el costo de las materias primas se hará aplicando las siguientes reglas:

- Cuando la tendencia del costo de los materiales es alcista, el margen bruto se establece en el 10%, es decir, el costo de materias primas es el 90% del precio de venta del producto.
- Cuando el precio de las materias primas baja al punto en que manejando un margen bruto del 10% no se cubre la totalidad de los otros gastos, produciendo pérdidas financieras, se establece un margen bruto del 12%. Esta política no elimina el riesgo, pero lo disminuye tal como se demuestra a continuación.

Para este tercer escenario, también se realizó el análisis de sensibilidad con método de Montecarlo.

Los resultados de la sensibilización muestran que la probabilidad de que la empresa obtenga utilidades sube al 95,9%, dejando solo en 4,1% la probabilidad de tener pérdidas. En el siguiente

cuadro se presentan las estadísticas de la simulación:

Cuadro 16. Estadísticas del análisis de sensibilidad por el método de Montecarlo

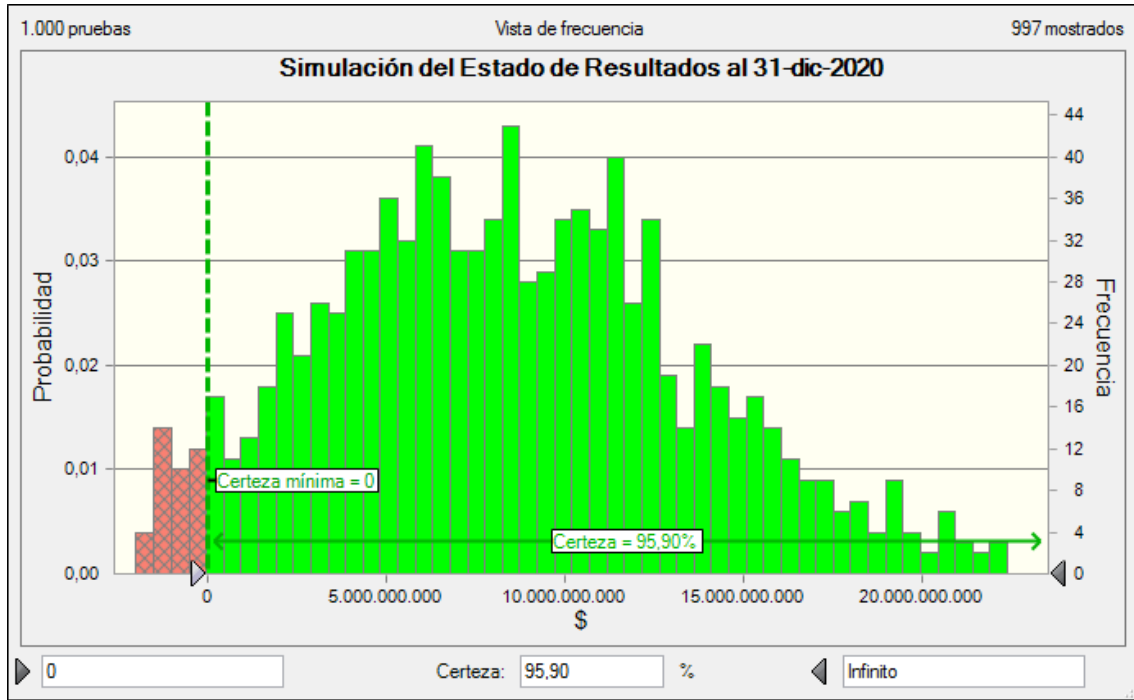
Estadística	Valores de previsión
Pruebas	1.000
Caso base	8.288 millones
Media	8.453 millones
Mediana	8.237 millones
Moda	No tiene
Desviación estándar	5.139 millones
Varianza	$2,64 \cdot 10^{13}$
Sesgo	0,3208
Curtosis	2,78
Coefficiente de variación	0,6079
Mínimo	(1.971) millones
Máximo	26.486 millones
Error estándar medio	163 millones

Fuente: Reporte de Crystal Ball®, 2019.

Tomando como base de la simulación los resultados del ejercicio proyectado, estimados en \$8.288 millones y haciendo 1.000 iteraciones, se observa que los resultados tienden a una distribución normal con media en \$8.453 millones y desviación estándar σ de \$5.139 millones. El índice de Curtosis por ser mayor que cero muestra una distribución leptocúrtica, tal como se observa en la figura 11. Con un error estándar en promedio de \$163 millones, el escenario simulado arroja una pérdida máxima de \$1.971 millones y una utilidad máxima de \$26.486 millones.

La siguiente figura muestra la representación gráfica de la simulación:

Figura 11. Análisis de sensibilidad del estado de resultados de la empresa manufacturera al 31 de diciembre de 2020



Fuente: Reporte de Crystal Ball®, 2019.

7. Conclusiones

Con este trabajo se demuestra el impacto financiero que tiene para una empresa manufacturera de cables de energía, la volatilidad del costo del cobre y el aluminio. Al aplicar diferentes técnicas y escenarios de simulación, se observa que ante incrementos entre 1σ y 5σ en los costos del cobre y el aluminio, la entidad está expuesta a aumentos en el costo de venta, que se traduce en pérdidas operacionales de importancia material, lo que constituye una observación relevante, teniendo en cuenta la tendencia alcista del costo de estas materias primas.

Los cálculos de la elasticidad del precio de venta en función del costo del cobre y el aluminio demuestran que el comportamiento del precio de venta está ligado directamente al costo de la materia prima, y reflejan una tendencia de comportamiento de mercado inelástica, ya que el cliente está dispuesto a comprar el producto, así su precio suba como consecuencia del incremento del costo de las materias primas.

Al analizar el efecto en los resultados de la aplicación de la política aplicada por la empresa de fijar el precio de venta del producto, en función del costo del cobre y el aluminio, se evidencia la presencia de una cobertura natural que mitiga el impacto del riesgo de la volatilidad de los costos de las materias primas. Los cálculos efectuados en este estudio, permiten concluir sobre la eficiencia de la cobertura natural presente, dado que reduce significativamente la probabilidad de que se produzcan pérdidas financieras desde 47,86% sin cobertura a un 8,48% por la presencia de la cobertura natural.

Adicionalmente, la capacidad de la empresa manufacturera de poder fijar el precio de venta en función del costo del cobre y aluminio, le permite diseñar estrategias de cobertura sin necesidad de recurrir al mercado financiero, para llevar el riesgo residual a un nivel aceptablemente bajo.

Finalmente, se evidencia la importancia que tiene para la empresa manufacturera de cables tener identificado el riesgo de volatilidad al que está expuesta, lo que le permite implementar políticas de fijación de precios con base en el costo de sus materias primas y de esta manera mitigar los efectos adversos en sus resultados financieros. Ante este riesgo se recomienda a los administradores de la empresa manufacturera de cables y a su equipo de ventas, implementar controles a fin de garantizar que en cada cotización esté implícita la política de precios que mitiga el riesgo de pérdida y monitorear constantemente las condiciones del mercado para asegurar que la estrategia de precios existente, continúe siendo efectiva.

Referencias

- Ambrosone, M. (2007). *La administración del riesgo empresarial: una responsabilidad de todos – El enfoque COSO*. Obtenido el 20 de marzo de 2019 de ayhconsultores.com: <http://ayhconsultores.com/img/COSO.pdf>
- Banco de la República (06 de 11 de 2018). *Borradores de Economía; No. 1058* . Obtenido el 20 de marzo de 2019 de <http://repositorio.banrep.gov.co/handle/20.500.12134/9524>
- Cornejo García, A. (2017). *Desarrollo de un modelo vectorial multivariable para la proyección del precio del cobre a futuro*. Obtenido el 21 de marzo de 2019 de <http://repositorio.unab.cl/xmlui/handle/ria/5385>

- Dinero, R. (2018). ¿Cuál será la tendencia del dólar en los próximos meses? *Revista Dinero, Divisas*.
- Donoso Muñoz, M. J. (2013). El mercado del cobre a nivel mundial: evolución, riesgos, características y potencialidades futuras. *Revista chilena de ingeniería*, 248-261.
- Donoso Muñoz, M. J. (2014). Factores de riesgo en las decisiones sobre cobertura financiera: mercado del cobre en Chile. *Revista de ciencias sociales (RSC)*, 22-39.
- Garcés Pérez, J. (2017). *Evaluación de la eficacia de coberturas con forward peso-dólar bajo NIIF*. Obtenido el 21 de marzo de 2019 de <https://repository.eafit.edu.co/handle/10784/12427>
- García Bozzo, D. I. (2018). *Propuesta de modelos adaptativos híbridos y no-híbridos para el pronóstico de volatilidad del precio mensual del cobre mediante algoritmos genéticos*. Obtenido el 22 de marzo de 2019 de <https://repositorio.usm.cl/handle/11673/40881>.
- Gil Castro, G. M. (2016). *Impacto de los precios de los commodities en las economías suramericanas entre el 2000 y 2015*. Obtenido el 20 de marzo de 2019 de <https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/1126>,
- Hull, J. C. (2012). Risk Management and Financial Institutions. En J. C. Hull, *Risk Management and Financial Institutions* (p. 255). New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Informe de Responsabilidad Social Empresarial (2017). Obtenido el 21 de marzo de 2019 de <http://www.centelsa.com/responsabilidad-social/>.
- León, F. (2017). *Rankia*. Obtenido el 20 de marzo de 2019 de <https://www.rankia.cl/blog/analisis-ipsa/3500963-teoria-portafolio-markowitz-concepto-ejemplos>
- Leybivich, I. (2012). *How to cope with unpredictable raw materials costs*. Obtenido el 20 de marzo de 2019 de [news.thomasnet.com: https://news.thomasnet.com/imt/2012/06/05/how-to-cope-with-unpredictable-raw-materials-costs](https://news.thomasnet.com/news.thomasnet.com:https://news.thomasnet.com/imt/2012/06/05/how-to-cope-with-unpredictable-raw-materials-costs)
- López, I. (2005). Instrumentos de Cobertura de Riesgos (III): Diseño de una cobertura eficiente. *Manager Bussiness Magazine*, 28-32.
- Morales, A. (2016). *¿Qué es la administración de riesgos?* Obtenido el 21 de marzo de 2019 de www.auditool.org: <https://www.auditool.org/blog/control-interno/700-administracion-de-riesgos-conceptos-fundamentales>
- Moreno, P., Rodríguez, J. M., & Soberon, A. (2014). *Modelo de regresión lineal simple*. Obtenido el 20 de marzo de 2019 de Universidad de Cantabria: https://ocw.unican.es/pluginfile.php/1127/course/section/1352/Ppt_Ch2_G942_14-15.pdf

- Ospina Gutiérrez, L. M., Soto Mejía, J. A., Orozco Gutierrez, Á. Á., & Escobar, J. W. (2015). Metodología para la detección de determinismo y no linealidad en series temporales financieras. *Revista técnica de la facultad de ingeniería de la universidad de Zulia*, 191-199.
- Peña Sánchez de Rivera, D. (2001). *Fundamentos de Estadística*. Madrid: Alianza Editorial.
- Pindyck, R. S., & Rubinfeld, D. L. (2009). *Microeconomía*. Madrid: Pearson.
- Radar, M. (21 de septiembre de 2018). *Metal Radar*. Obtenido el 20 de marzo de 2019 de <https://www.metalradar.com/es/precios-lme/cobre/>
- Rovira, M. (10 de 11 de 2018). *www.rankia.co*. Obtenido Obtenido el 21 de marzo de 2019 de <https://www.rankia.co/blog/analisis-colcap/4046719-cuales-son-principales-commodities-colombia>
- Schmich, T. F. (2018). *Three Essays on the Dynamics of Commodity Markets*. Obtenido el 22 de marzo de 2019 de <https://www.storre.stir.ac.uk/bitstream/1893/28339>.
- Scotiabank Economics (2018). *Análisis económico global*. Obtenido Obtenido el 20 de marzo de 2019 de nota sobre materias primas: scotiabank.com/economics
- Sebastian, K.-H., & Maessen, A. (2010). *Fluctuating Raw Material Prices*. Obtenido Obtenido el 21 de marzo de 2019 de chemanager-online.com: <https://www.chemanager-online.com/en/news-opinions/headlines/fluctuating-raw-material-prices>
- Sisternes, A. (2013). *Los mayores productores de cobre del mundo*. Obtenido Obtenido el 21 de marzo de 2019 de Rankia España: <https://www.rankia.com/blog/materias-primas/1874123-mayores-productores-cobre-mundo>
- Villavicencio, J. (2014). *Introducción a series de tiempo*. Obtenido el 20 de marzo de 2019 de <https://campusvirtual.univalle.edu.co/moodle/pluginfile.php/1006795>.