

APLICACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE MEDICIÓN DEL RIESGO FINANCIERO DE MERCADO EN EMPRESAS DEL SECTOR REAL

Víctor J. Jiménez Carabalí

*Universidad del Valle, Escuela de Ingeniería Industrial y Estadística, Cali
victorj@univalle.edu.co*

Resumen

Los trabajos de investigación sobre medición de los riesgos financieros de mercado son actividades que en muy poco tiempo han experimentado un crecimiento significativo, según D'Ecclesia (2008) hace solo veinte años que la academia empezó a realizar grandes esfuerzos por desarrollar mediciones de riesgo apropiadas, y herramientas para la gestión del riesgo. Actualmente, y casi de forma rutinaria, los sistemas implementados en el sistema financiero generan medidas de riesgo que son utilizadas de diversas formas como una importante herramienta de gestión, lo que no ocurre en empresas del sector real, por tanto este artículo presenta una metodología para la medición del riesgo de mercado en empresas del sector real basándose en conceptos económicos, estadísticos y de simulación; siendo ésta metodología una herramienta para la toma decisiones.

Palabras Clave: Riesgo de mercado, Sector Real, Valor en Riesgo, Flujo de Caja en Riesgo, Utilidad en Riesgo, Simulación Monte Carlo.

Abstract

The research work on measuring the risks of financial market activities that are in a very short time have experienced significant growth, according to D'Ecclesia (2008) only twenty years ago the academy began to make great efforts to develop appropriate risk measurement, and tools for risk management. At present, and almost routinely, systems implemented in the financial system generate risk measures that are used in various forms as an important management tool, which is not the case at companies in the real sector, thus this article presents a methodology for the measurement of market risk in the real sector enterprises based on economic concepts, statistical and simulation, which is a methodology tool for making decisions.

Keywords: Market Risk, Real Sector, Value at Risk, Cash Flow at Risk, Earning at Risk, Parametric methods, Monte Carlo simulation.

1. Introducción

El riesgo es un aspecto relacionado con la psicología del ser humano, con las matemáticas, la estadística y la experiencia adquirida a través de los años. Se puede definir el riesgo como la posibilidad de que se obtenga un resultado esperado. En el área de las finanzas, es la posibilidad de perder o ganar dinero debido a una desviación entre lo que se espera recibir y entre lo que realmente se recibe. Esta variabilidad entre los resultados representa el riesgo.

La función de administración de riesgos es en esencia un método racional y sistemático para entender los riesgos, medirlos y controlarlos en un entorno en el que prevalecen instrumentos financieros sofisticados, mercados financieros que se mueven con gran rapidez y avances tecnológicos en los sistemas de información que marcan nuestra era. En cuanto a esto Méndez (2000) menciona que el diagnóstico y la medición del riesgo financiero en las empresas colombianas del sector no financiero refleja la ausencia de una cultura del riesgo, una carencia de información en el mercado referente a la metodología de medición y gestión del riesgo de mercado, y una permisiva legislación en el país.

El tema de estudio en este artículo se enmarca en el campo financiero, apoyándose también en conceptos teóricos manejados desde la estadística y la economía; tratando de definir una metodología sencilla para la cuantificación del riesgo de mercado en una empresa del sector real; con esta metodología se pretende suministrar una herramienta que permita estimar el nivel de riesgo, lo cual servirá de base para manejarlo y administrarlo dada una previa evaluación de su perfil, tratando de anticipar el impacto de las decisiones de inversión.

2. Concepto de riesgo

El riesgo financiero es un fenómeno multidimensional relacionado con factores de índole económica de diversos tipos, pero también con factores políticos y sociales. Además, el

conocimiento que se tiene de importantes procesos económicos es muy limitado. Se está lejos de disponer de teorías precisas sobre los movimientos de los tipos de cambio o de los precios de las acciones, por poner dos ejemplos que entran de lleno en el terreno de los riesgos de mercado. Existen sin duda modelos interpretativos de los tipos de cambio o de los precios de las acciones que arrojan luz y ayudan a comprender ciertos episodios, pero el problema, es la precisión que se requiere, y que no proporciona la teoría económica. Esas carencias sitúan la responsabilidad de resolver el problema en el terreno de los métodos estadísticos. El análisis de los riesgos se convierte así en la identificación y estimación de las distribuciones de probabilidad que se supone siguen los precios en el caso de los riesgos de mercado, y de otras variables en el caso de los riesgos de crédito y de liquidez.

El avance conseguido mediante la utilización intensiva de las herramientas estadísticas, ha sido muy importante, incluyendo también en este avance la reflexión sobre las limitaciones de la utilización de los propios métodos estadísticos (Vilariño, 2001).

3. Tipología de los riesgos financieros

En cuanto a los tipos de riesgos existentes en las compañías, se destacan: el riesgo de crédito, el riesgo operativo y el riesgo de mercado, a continuación se presenta una breve descripción de cada uno de ellos.

3.1. Riesgo de crédito

El riesgo de crédito puede definirse como la pérdida potencial ocasionada por el hecho de que un deudor o contraparte incumpla con sus obligaciones de acuerdo con los términos establecidos (Altman y Elizondo, 2003).

Es la posibilidad de sufrir una pérdida originada por el incumplimiento de las obligaciones contractuales de pago. El incumplimiento suele estar motivado por un retroceso en la solvencia de

los agentes prestatarios, relacionados con problemas de liquidez, pérdidas continuadas e incluso quiebra en el caso de las empresas, o por disminución de los ingresos y aumentos de las tasas de interés, aunque también puede producirse por ausencia en la voluntad de pago. Es un riesgo típico de los bancos, cuyo activo soporta, en una alta proporción, operaciones sujetas a riesgo crediticio. El riesgo de crédito afecta también a la mayoría de las empresas no financieras, tanto por las relaciones con sus clientes finales, como por la amplitud del crédito entre empresas (Vilariño, 2001).

3.2. Riesgos operativos

Las transferencias financieras deben ser registradas, almacenadas y contabilizadas, y debe exigirse además, la realización de un seguimiento durante su vida hasta que finalmente son canceladas. Todos estos aspectos tienen un soporte documental preciso, y unas normas y procedimientos de administración y control.

Cualquier discrepancia entre lo que “debe ser” y lo que “realmente es”, produce la materialización de riesgo operativo. Una póliza sin firmar, una garantía no verificada, una operación no registrada, son casos concretos de este tipo de riesgo. El riesgo operativo también incluye fraudes, en los que no solo existe la posibilidad de un error humano, sino también la intencionalidad. El riesgo tecnológico es una modalidad de riesgo operativo (Vilariño, 2001).

3.3. Riesgo de mercado

El riesgo de mercado es la pérdida que puede producirse por un movimiento adverso de los precios de mercado. Afecta los activos que se negocian en mercados dotados de liquidez: acciones, bonos, divisas, mercancías y derivados, negociados en mercados con suficiente profundidad. ¿Cuál es el origen de los riesgos de mercado? En la medida en que parece razonable aceptar que el precio actual de cualquier activo es la expresión de una corriente de liquidez futura descontada, en general incierta, los riesgos de mercado nos remiten a los factores que la

determinan: al carácter no predecible de variables tales como los beneficios futuros de las empresas, las tasas de interés y las tasas de cambio, y en general, a la incertidumbre de la actividad económica futura y la frecuencia con la que aparecen “sorpresas” que modifican la situación. Los riesgos de mercado tienen su origen en los cambios no anticipados por los agentes de los factores “fundamentales” que determinan el precio actual. Esta es una hipótesis de trabajo, porque todavía se desconocen muchas de las razones que existen detrás de la actividad de los diversos agentes en los mercados financieros.

Desde la aproximación estadística, la medición de los riesgos de mercado comienza identificando los factores que afectan al precio de mercado de la cartera cuyo riesgo se trata de cuantificar. El término “cartera” debe entenderse como un concepto amplio, y en él se incluyen desde un único activo (como una acción, un bono, un swap, o una opción) hasta el balance completo de una empresa (por ejemplo de un banco), pasando por las carteras formadas por la combinación de diferentes instrumentos, subyacentes y derivados, que incluyen tanto posiciones largas como cortas (Vilariño, 2001).

4. Medición del riesgo financiero de mercado

La medición del riesgo de mercado plantea muchos problemas, que van desde la identificación del mejor modelo estadístico para representar el comportamiento de los precios, hasta la creación de metodologías capaces de medir la precisión de los modelos elaborados.

Las empresas del sector real se están interesando en aplicar en sus modelos de gestión conceptos relacionados con el riesgo, uno de ellos es el Valor en riesgo, -en inglés, Value at Risk-, VaR. El VaR es una medida estadística de riesgo de mercado que estima la pérdida máxima que podría registrar un portafolio en un intervalo de tiempo y con cierto nivel de confianza. Dicho concepto en el pasado era utilizado únicamente por empresas

netamente financieras porque les permite conocer el riesgo al cual se exponen, y desarrollar políticas para su gestión (Lee, 1999).

Otros conceptos relacionados con el riesgo, son los que pretenden medir el impacto de los movimientos adversos del mercado en las variables de resultado de las compañías, entre los más importantes se encuentran la utilidad en riesgo –EaR- y el flujo de caja en riesgo –CfaR-.

Una vez analizados los conceptos anteriores, el cálculo del riesgo de mercado entonces se puede realizar mediante la utilización de métodos paramétricos y no paramétricos. Los métodos paramétricos son utilizados comúnmente para el cálculo del VaR, mientras que los no paramétricos son utilizados en el cálculo del CFaR o el EaR. La diferencia entre estos dos radica principalmente en que el primero se enfoca en las posiciones de balance de la compañía y generalmente se calcula en forma semanal o diaria, y el segundo se centra en funciones de valor o de resultado como la utilidad o el flujo de caja calculándose para periodos más extensos como trimestral o anual (Stein y Usher, 2001).

A continuación se describe una metodología para el cálculo del riesgo de mercado utilizando métodos paramétricos teniendo como insumo principal el balance general de una compañía, y métodos no paramétricos –utilizando simulación Monte Carlo-, basado en el estado de resultados; siendo los métodos no-paramétricos objeto de interés reciente por parte de investigadores que se han enfocado en tres ámbitos, los cuales son: la fiabilidad de los métodos estadísticos tradicionales, el desarrollo de nuevos enfoques para cerrar la brecha entre las mediciones y el desempeño real, y, la incorporación del comportamiento humano al cálculo del riesgo (Allan y Reeves, 2007).

4.1. Medición del riesgo financiero de mercado mediante métodos paramétricos

Para la medición del riesgo por métodos paramétricos, se proponen las siguientes fases:

1. Conocimiento y análisis de los estados financieros de la compañía.
2. Análisis de cada una de las posiciones expuestas a riesgo de mercado, tales como tasas de interés, o tasas de cambio- -los cuales se convierten en lo que se denomina factores de riesgo-.
3. Análisis de las series de tiempo mediante métodos estadísticos para cada uno de los factores de riesgo identificados.
4. Construcción de un nuevo balance teniendo en cuenta solo las posiciones a las cuales se les ha identificado factor de riesgo, teniendo en cuenta que este nuevo balance no necesariamente debe cumplir con la ecuación de equilibrio contable es decir la suma de los activos en riesgo no precisamente debe ser igual a la suma del pasivo y el patrimonio en riesgo.
5. Cuantificación del riesgo.
6. Análisis de los resultados.
7. Toma de medidas para mitigar el riesgo.

Cabe anotar que para la realización del paso cinco, una amplia gama de modelos asumen que los rendimientos de las posiciones en estudio se distribuyen de acuerdo con una curva de densidad de probabilidad normal, lo cual en la no necesariamente es cierto, -en la práctica se ha observado que la mayoría de los activos no siguen un comportamiento estrictamente normal-, pero a pesar de esto, los resultados que se obtienen al medir son una buena aproximación (Lara, 2004); y luego se calcula el VaR, utilizando las expresiones que se muestran a continuación,

▪ Cálculo del Var de una posición individual

Bajo el supuesto de normalidad y de media de la variación de los rendimientos igual a cero, el modelo paramétrico que determina el valor en riesgo de una posición es el siguiente:

$$VaR = F \times S \times \sigma \times \sqrt{t} \quad (1)$$

Donde:

F = Factor que determina el nivel de confianza para el cálculo.

S = Monto total de la inversión la exposición total en riesgo.

σ = Desviación estándar de los rendimientos.

t = Horizonte de tiempo en que se desea calcular el VaR (Lara, 2004).

▪ Cálculo del Var aditivo

Utilizando los supuestos anteriores el VaR aditivo es muy fácil de calcular, y es simplemente la suma de los valores en riesgo individuales teniendo en cuenta su signo; la expresión matemática es:

$$VaR_{aditivo} = VaR_1 + VaR_2 + \dots + VaR_n \quad (2)$$

Donde VaR_i = VaR de la posición i.

▪ Cálculo del Var de un portafolio teniendo en cuenta las correlaciones

Para entender este concepto, tómese el caso más sencillo: suponga un portafolio con dos activos riesgosos en cuyo caso se tiene un peso específico del activo 1 en el portafolio, w_1 , y un peso específico del activo 2, w_2 , de tal suerte que $w_1 + w_2 = 1$. Según Markowitz (1952), la varianza del portafolio es:

$$\sigma_p^2 = w_1^2 \sigma_1^2 + w_2^2 \sigma_2^2 + 2 w_1 w_2 \rho_{12} \sigma_1 \sigma_2 \quad (3)$$

Donde ρ es el coeficiente de correlación entre los rendimientos de los dos activos. El VaR del portafolio es:

$$VaR = F \sigma_p S \sqrt{t} = F [w_1^2 \sigma_1^2 + w_2^2 \sigma_2^2 + 2 w_1 w_2 \rho_{12} \sigma_1 \sigma_2]^{1/2} S \sqrt{t}$$

$$VaR = [VaR_1^2 + VaR_2^2 + 2 \rho_{12} VaR_1 VaR_2]^{1/2} \quad (4)$$

A este VaR se le conoce también como el VaR diversificado porque toma en cuenta las correlaciones de los rendimientos entre posiciones. Note que el VaR diversificado es menor que la suma aritmética de los VaR individuales. Para el caso general en el que se tienen más de dos activos en el portafolio, se llega a lo siguiente:

$$VaR_p = F \sigma_p S \sqrt{t} = F [w \sigma C \sigma w^T]^{1/2} S \sqrt{t} \\ = VaR \times C \times VaR^T / 2 \quad (5)$$

Donde VaR es un vector de VaR individuales de dimensiones (1xn), C es la matriz de correlaciones de dimensiones (nxn) y VaR^T es el vector transpuesto de los VaR individuales de dimensiones (nx1).

Si las correlaciones son menores que uno, entonces el VaR diversificado será menor que la suma de los VaR individuales (Lara, 2004). Esto se conoce como el principio de la diversificación, el cual muestra que cuando los valores se combinan en una cartera, la nueva cartera tendrá un nivel de riesgo más bajo que el promedio simple de los riesgos de los valores porque cuando algunos valores no están funcionando bien, otros sí lo están haciendo. (Gordon y Sharpe, 2003).

4.2. Medición del riesgo de mercado utilizando simulación Monte Carlo

La simulación en ingeniería económica se utiliza para modelar un sistema real a fin de observar y aprender del comportamiento de la réplica. Deriva estimaciones estadísticas de medidas de desempeño para el sistema bajo estudio mediante la experimentación repetida.

La simulación en computadora es una manera efectiva de manejar las complejas relaciones

económicas sin el costo de las experiencias directas de prueba y error. Casi siempre es más sencillo, cuesta menos y quizás sea más revelador de intereses en particular. Algunos problemas no se ajustan de manera conveniente a métodos de solución y modelos establecidos, como algunos problemas con muchas variables y relaciones de dependencia complejas.

Entre las técnicas de simulación más utilizadas se encuentre la Simulación MonteCarlo, técnica en la cual se generan números aleatorios para seleccionar eventos a partir de una distribución de probabilidad de las ocurrencias (Riggs, Bedworth y Randawa, 2002). La simulación Monte Carlo cubre un amplio rango de valores posibles en variables aleatorias teniendo en cuenta las correlaciones existentes entre ellas. En resumen, el método consiste en dos etapas:

En primer lugar, se especifica una distribución de probabilidad para los factores de riesgo asociados a la función de valor así como para los parámetros del proceso, para esto se pueden utilizar pruebas de ajuste como el Kolmogorov Smirnov, el Anderson Darling, o el Chi Cuadrado; es de notar que para la realización de estas pruebas se requiere conocer el comportamiento histórico de las series asociadas a los factores de riesgo de las cuales también se pueden extraer las correlaciones existentes entre dichos factores.

En segundo lugar, la trayectoria de la función de valor se simula teniendo en cuenta todas las variables de interés, cada una de estas iteraciones se utiliza entonces para recopilar una distribución de la cual se puede calcular el valor en riesgo de la función –CFaR para el flujo de caja, EaR- para la utilidad entre otras- con un determinado grado de confianza teniendo en cuenta los percentiles de la distribución generada.

Se propone entonces, para la medición del riesgo mediante simulación, los siguientes pasos:

1. Definición de la función de resultado a la cual se le quiere medir el riesgo – variable de salida del modelo-.
2. Análisis de las posiciones de resultado afectas a riesgo.

3. Monitoreo de los factores de riesgo identificados.
4. Definición de funciones de probabilidad para cada uno de los factores de riesgo, las cuales se utilizan como datos de entrada al modelo.
5. Iniciación de la simulación y construcción de la distribución de probabilidad para la función de valor.
6. Cálculo del riesgo mediante el análisis de percentiles.
7. Análisis de sensibilidad, teniendo en cuenta las correlaciones entre los factores de riesgo, con el fin de definir estrategias de diversificación y de mitigación del riesgo.

La mayor ventaja de utilizar este método es la posibilidad de valorar instrumentos no lineales, además que gran parte de las pruebas y operaciones que se deben realizar ya están incluidas en los paquetes estadísticos de algunos software, los cuales están en capacidad de resolverlas a grandes velocidades (Lara, 2004).

5. Caso práctico

Este caso práctico fue desarrollado por Fuertes y Jiménez (2007), teniendo como insumo los estados financieros del año 2006 de la empresa colombiana de petróleos –Ecopetrol-, dichos estados son de conocimiento público, y estaban disponibles a la fecha en el portal de Internet de dicha organización. A continuación se presenta la aplicación de la metodología propuesta para la medición del riesgo, calculado mediante métodos paramétricos y mediante simulación.

5.1. Modelo de VaR para las posiciones de balance utilizando métodos paramétricos

Antes de iniciar el desarrollo de los modelos se analizaron los estados financieros de la compañía, en los cuales se evidencia una gran cantidad de inversiones afectas a riesgo de mercado, lo que hace que sea una compañía adecuada para la aplicación de la metodología. Todas las cifras en

los estados financieros están dadas en millones de pesos. Una vez analizado el balance general de la compañía se identificaron las posiciones afectas a riesgo de mercado, y cuáles de esas son las que se incluirán en el estudio. Para esta selección se tuvo en cuenta el peso de cada posición dentro del balance, además de la cantidad de datos

disponibles para una posición específica, ya que en algunos casos resultó difícil tener acceso a la información. Al terminar este proceso se identificaron los factores de riesgo asociados a cada una de las posiciones del balance. Los resultados obtenidos se ilustran en la Tabla 1.

Tabla 1. Monitoreo de posiciones de balance a diciembre 31 2006.

ACTIVO	\$	Factor De Riesgo Asociado
CORRIENTE		
Inversiones en Dólares		
Depósitos a termino	2.054.841	TRM
	2.054.841	DTF+2
Fondo Latinoamericano de reservas	464.863	TRM
	464.863	LIBOR3+2
Fondo Santiago de las Atalayas	224.174	TRM
	224.174	LIBOR1+2
Títulos de tesorería	98.376	TRM
	98.376	IPC+3
Bonos y títulos de entidades privadas o del exterior	56.004	TRM
	56.004	PRIME+1
Títulos de devolución de impuestos	43.334	TRM
	43.334	IPC+2
Bonos emitidos por el gobierno	10.107	TRM
	10.107	DTF+2
Otras inversiones	5.163	TRM
Administración de liquidez	2.457	TRM
NO CORRIENTE		
Inversiones		
Bonos y títulos de entidades del exterior	1.186.783	PRIME+1
	1.186.783	TRM
Bonos emitidos por el gobierno	440.535	DTF+2
Fondo Santiago de las Atalayas	128.242	LIBOR1+ 0,5
	128.242	TRM
Títulos de tesorería - TES	64.282	IPC+3
Inventarios		
Crudo, gas y productos	833.243	PIP
Materia prima - productos en tránsito	144.728	PIP
Materiales en tránsito	1.809	PIP
PASIVO	\$	Factor De Riesgo Asociado
CORRIENTE		
Obligaciones financieras		
Deuda en moneda extranjera Japan Eximbank	41.977	LIBOR3+ 0,34

A continuación se muestra la notación utilizada para la identificación de cada uno de los factores de riesgo:

- TRM: tasa representativa del mercado.
- DTF+ spread: tasa DTF más un spread.
- LIBOR3 + spread: tasa Libor a tres meses más un spread.
- PRIME+ spread: tasa Prime más un spread.
- IPC+ spread: índice de precios al consumidor más un spread.
- PIP: precio internacional de petróleo, se tomo como base la serie del petróleo Brent.
- LIBOR1+Spread: tasa Libor a un año más un spread.

En la Tabla 1, se puede ver claramente que en la mayoría de los casos, las posiciones están relacionadas con uno o más factores de riesgo. Cuando se termina este paso se debe empezar a estudiar el comportamiento de cada uno de los factores de riesgo, cómo afectan a las posiciones individuales, y como se relacionan entre sí.

5.1.1. Cálculo del VaR por posiciones

Antes del cálculo del VaR para cada una de las posiciones de balance se deben definir medidas

relevantes como el nivel de confianza y el horizonte de tiempo del análisis, además de tener las series de tiempo de los factores de riesgo, los rendimientos de cada una de las posiciones afectas a tasas de mercado con las respectivas duraciones; con esta información calculan las volatilidades de cada uno de los factores de riesgo y las duraciones modificadas de las posiciones que así lo requieran, estos datos funcionan como inputs en el cálculo del VaR.

En la Tabla 2 se muestra en resumen cada uno de esos parámetros. Una vez se tienen estos datos se calculó el VaR por cada una de las posiciones, los resultados se muestran en la Tabla 3.

5.1.2. Cálculo del VaR aditivo

Una vez obtenidos los resultados anteriores se procedió a calcular el VaR aditivo como la suma de los valores en riesgo individuales por cada una de las posiciones, Es importante tener en cuenta el signo de los valores en riesgo, si es de posiciones activas se asume positivo y en caso de estar en el pasivo, negativo, en general el global se toma como el valor absoluto.

El resultado del Var Aditivo se ilustra en la Tabla 4 y es una matriz de orden nx1, la cual de aquí en adelante se conocerá como la matriz de valores en riesgo.

Tabla 2. Definición de parámetros del modelo.

NIVEL DE CONFIANZA 95%						
VOLATILIDAD POR FACTOR DE RIESGO (MENSUAL)						
BRENT	PRIME	LIBOR 3 MESES	LIBOR 1 AÑO	IPC	DTF	TRM
0,09	0,0275	0,0564	0,069	0,0431	0,0513	0,02
VOLATILIDAD POR FACTOR DE RIESGO (ANUAL)						
0,3118	0,0954	0,1954	0,237	0,1493	0,1777	0,08

Tabla 3. Cálculo del VaR por cada una de las posiciones de riesgo (Balance a diciembre 31 2006).

ACTIVO	\$	Rendimiento (EA)	Duración Promedio(Meses)	Duración modificada	Volatilidad	VaR
CORRIENTE						
Inversiones en Dólares						
Depósitos a termino	2.054.841	-	-	-	0,0753	254.387
	2.054.841	8,75%	12	0,92	0,1777	552.306
Fondo Latinoamericano de reservas	464.863	-	-	-	0,0753	57.549
	464.863	7,36%	12	0,93	0,1954	139.131
Fondo Santiago de las Atalayas	224.174	-	-	-	0,0753	27.752
	224.174	7,31%	12	0,93	0,2372	81.519
Títulos de tesorería	98.376	-	-	-	0,0753	12.179
	98.376	7,48%	12	0,93	0,1493	22.481
Bonos y títulos de entidades privadas o del exterior	56.004	-	-	-	0,0753	6.933
	56.004	9,25%	12	0,92	0,0954	8.044
Títulos de devolución de impuestos	43.334	-	-	-	0,0753	5.365
	43.334	6,48%	12	0,94	0,1493	10.643
Bonos emitidos por el gobierno	10.107	-	-	-	0,0753	1.251
	10.107	8,75%	12	0,92	0,1777	2.954
Otras inversiones	5.163	-	-	-	0,0753	639
Administración de liquidez	2.457	-	-	-	0,0753	304
NO CORRIENTE						
Inversiones						
Bonos y títulos de entidades del exterior	1.186.783	9,25%	60	4,58	0,0954	852.356
	1.186.783	-	-	-	0,0753	146.922
Bonos emitidos por el gobierno	440.535	8,75%	60	4,6	0,1777	592.041
Fondo Santiago de las Atalayas	128.242	5,81%	60	4,73	0,2372	236.476
	128.242	-	-	-	0,0753	15.876
Títulos de tesorería - TES	64.282	7,48%	60	4,56	0,1493	73.448
Inventarios						
Crudo, gas y productos	833.243	-	-	-	0,3118	427.332
Materia prima - productos en tránsito	144.728	-			0,3118	74.224
Materiales en transito	1.809	-			0,3118	928
PASIVO	\$	Rendimiento (EA)	Duración Promedio(Meses)	Duración modificada	Volatilidad	VaR
CORRIENTE						
Obligaciones financieras						
Deuda en moneda extranjera Japan Eximbank	41.977	5,70%	60	4,73	0,1954	-63.804

Tabla 4. Matriz de Valores en riesgo.

Factor De Riesgo	VaR
TRM	529.158
LIBOR3	75.327
LIBOR1	317.995
PRIME	860.400
DTF	1.147.301
IPC	106.571
PIP	502.484
VaR aditivo	3.539.236

5.1.3. Cálculo del VaR correlacionado

Es claro que los factores de riesgo no se comportan aisladamente el uno del otro, por esta razón en el cálculo del VaR es importante tener en cuenta las correlaciones que existen entre ellos; en este punto ya se tienen bastantes elementos para calcular el VaR correlacionado; lo único que falta por establecer es la matriz de correlaciones, la cual se presenta a continuación en la Tabla 5.

Con la matriz de correlación, la matriz de los valores en riesgo, y la ecuación 5, sobre el cálculo del VaR teniendo en cuenta las correlaciones, se calculó el VaR correlacionado dando como resultado la Tabla 6, donde se tiene el valor del VaR diversificado, el efecto de la diversificación, entendiéndose éste como la diferencia entre el VaR aditivo y el VaR diversificado, y también el porcentaje diversificado, calculado con respecto al VaR aditivo.

Tabla 5. Matriz de correlaciones entre los factores de riesgo.

	BRENT	PRIME	LIBOR 3 MESES	LIBOR 1 AÑO	IPC	DTF	TRM
BRENT	1,0000	0,2330	0,1579	0,0737	-0,1199	-0,0735	0,1762
PRIME	0,2330	1,0000	0,6432	0,3319	-0,0070	0,1462	-0,0586
LIBOR 3 MESES	0,1579	0,6432	1,0000	0,7276	-0,0056	0,0732	-0,0111
LIBOR 1 AÑO	0,0737	0,3319	0,7276	1,0000	-0,0972	0,0556	-0,1104
IPC	-0,1199	-0,0070	-0,0056	-0,0972	1,0000	0,2465	-0,0426
DTF	-0,0735	0,1462	0,0732	0,0556	0,2465	1,0000	-0,0726
TRM	0,1762	0,0586	-0,0111	-0,1104	-0,0426	-0,0726	1,0000

Tabla 6. Cálculo del Var correlacionado.

Concepto	Valor
VaR Diversificado	1.725.732
Efecto Diversificación	1.813.505
% Diversificado	51,24%

5.1.4. Análisis de los resultados

De acuerdo a lo calculado se puede llegar a las siguientes conclusiones:

- Los bonos y los depósitos a término en este caso presentan el VaR individual más alto respecto al vector de posiciones teniendo en cuenta la volatilidad anual asociada.
- El resultado obtenido indica que en un año con un 95% de confianza en condiciones normales de mercado la máxima pérdida que la empresa puede experimentar es de \$1.725.732.
- La configuración de balance tiene una diversificación efectiva, ya que el VaR teniendo en cuenta las correlaciones es inferior en un 51.24% con respecto al cálculo del VaR aditivo.

La empresa puede establecer límites de aceptación de riesgo tales, como que el VaR individual de cada posición no puede superar en un cierto porcentaje al monto de dicha posición, el VaR correlacionado no puede superar un cierto porcentaje de los activos o pasivos, además de esto se pueden establecer prioridades a la hora de monitorear las posiciones de balance concentrándose en aquellas que tienen mayor valor en riesgo, y al momento de realizar una inversión se puede considerar cuales son aceptables o no en el negocio y, en los casos en que resulte necesario adquirirlas, la compañía

puede optar por conservar las posiciones, trasladando a terceros el riesgo a través de seguros o coberturas oportunas que existen actualmente en el mercado, como las opciones, los swaps, los forward, entre otros.

5.2. Modelo de Valor en riesgo mediante el método Monte Carlo para funciones de valor

5.2.1. Presentación de estado de resultados y de la función de valor

Para aplicar la metodología del cálculo del riesgo para las funciones de valor es necesario determinar a qué función de valor se le realizará el análisis, para éste caso se escogió la Utilidad en Riesgo la cual parte del EBITDA, dado que ésta se calcula en el estado de resultados es importante realizar un análisis minucioso para conocer la manera como se construye la función de valor y que factores de riesgo se asocian con ella, logrando construir un estado de resultados proyectado, tal como se ilustra en la Tabla 7.

En la parte superior de la tabla se muestran los valores de la TRM y el BRENT –PIP- los cuales fueron identificados como los factores de riesgo que afectan al estado de resultados; nótese que debido a que la función objetivo es el EBITDA no es necesario realizar un análisis completo del estado de resultados.

Tabla 7. Estado de resultados proyectado.

FACTOR DE RIESGO ASOCIADOS					
TRM	2.232,59				
PIP	66,41				
IPP	4%				
ESTADOS FINANCIEROS A 31 DE DIC 2006					
	\$	Precio Promedio \$/Barril	Q (MILLONES BARRILES)	W	\$
INGRESOS					
Ventas Nacionales					
Destilados medios	4.867.350	221.987	22	1,571	5.108.877
Gasolinas	3.468.095	128.633	27	0,911	3.640.188
Otros productos	906.153	-	-	-	942.399
Ventas de servicios	794.564	-	-	-	826.347
Gases	717.879	-	-	-	746.594
G.L.P	545.960	75.052	7	0,531	573.052
Total Ventas Nacionales	11.300.001				11.873.457
Ventas en el exterior					
Crudos, neto FAEP	2.895.920	128.364	23	0,909	3.039.621
Combustóleo	2.256.064	110.659	20	0,783	2.368.014
Gasolinas	625.027	175.104	4	1,240	656.042
Naftas	807.437	264.920	3	1,875	847.504
Turbosinas	372.012	275.850	1	1,953	390.472
Otros productos	133.504	-	-	-	138.844
Total Ventas al Exterior	7.089.964				7.440.497
TOTAL DE INGRESOS	18.389.965	-	-	-	19.277.954
COSTOS					
Regalías	3.676.374				3.676.374
Producción de crudo y gas	2.374.512	-	-	-	2.469.492
Compra de crudo, gas y otros productos	1.182.727	-	-	-	1.230.036
Productos importados	888.993				924.553
Amortización	517.500				517.500
Materiales de procesos	105.256	-	-	-	109.466
Compra de gas y otros	67.302	-	-	-	69.994
Total costo de ventas variables	8.812.664				8.997.416
Total costos de ventas fijos	3.136.310				3.261.762
TOTAL COSTO DE VENTAS	11.948.974				12.259.178
GASTOS OPERACIONALES					
Administración	353.019	-	-	-	367.139,76
Comercialización	1.332.140	-	-	-	1.385.425,6
EBITDA	4.755.832	-	-	-	5.266.210

Por simplicidad se asumió que la cantidad de petróleo vendida para el año próximo sería la misma que se presentó en el 2006, se estableció una constante w la cual muestra una relación lineal entre el precio del petróleo crudo y los componentes derivados de este, y se calculó como el precio del componente actual en pesos dividido entre el producto de la TRM y el IPP. Además de esto los costos y otros servicios se incrementaron teniendo en cuenta un IPP constante del 4%. Con estos parámetros se pudo calcular un EBITDA pronosticado, el cual se utiliza como output de la simulación que se realizará más adelante.

5.2.2. Análisis de Series y Pruebas de Ajuste

Una vez identificadas los factores de riesgo que impactan en la función de valor, se debe pasar a un estudio más formal de la serie. Los métodos iniciales que se utilizan son gráficos los cuales permiten una primera aproximación a su estructura; esta técnica de naturaleza exploratoria, puede aportar mucha información útil para la modelación.

La Figura 1 muestra como se distribuye la serie del petróleo Brent en periodicidad mensual desde 1990 hasta 2006, se ve claramente que está caracterizada por una tendencia ascendente, aunque en algunos periodos se estabiliza.

La Figura 2 muestra la serie de la Tasa Representativa del Mercado en el mismo periodo de la serie del Brent, en ella se visualiza una tendencia al alza aunque en algunas partes se aprecian algunos picos o puntos atípicos que pueden asociarse a factores externos del mercado como políticas gubernamentales, monetarias o internacionales.

Aunque no se entrará en muchos detalles, si se puede observar que las series aquí presentadas presentan una tendencia positiva lo que hace pensar en primera instancia que no son estables en media ni en varianza, hipótesis que se debe confirmar aplicando los métodos estadísticos necesarios; además teniendo en cuenta que la mayoría de modelos actuales para la proyección de variables de mercado –modelos autorregresivos como el ARIMA- suponen esta estabilidad, en los

casos que no se cumple se utilizan transformaciones que permitan lograr este objetivo, entre las más conocidas están las transformaciones de la familia Box-Cox² (Jerez y Sotoca, 2009); a pesar de que en este documento no se estudiarán esos modelos, ni la aplicación de las transformaciones, a las series utilizadas se les realizó una transformación con base a las variaciones logarítmicas de la serie por cada periodo de tiempo ilustradas en las Figuras 3 y 4.

Aunque no es necesario en los modelos realizar transformaciones logarítmicas en las series, es aconsejable ya que se tiende a estabilizarla tanto en media como en varianza, convirtiéndose en una herramienta potente para la construcción de modelos econométricos complejos. Las consecuencias adversas que pueden originarse al hacer transformaciones de una variable innecesariamente son leves, mientras que no hacerlo cuando sí se puede repercute adversamente sobre la calidad del modelo estimado (Jerez y Sotoca, 2009).

La particularidad de estas transformaciones radica en que se pueden efectuar más de una vez a una serie y que son reversibles, es decir de una transformada se puede llegar a la serie en bruto; en el caso de las variaciones logarítmicas, utilizando la función inversa de esta la cual es la función exponencial.

El paso siguiente es aplicar una prueba de ajuste para ver que distribución se asocia a estas series. El primer supuesto que se aconseja tener en cuenta es que las series transformadas se comportan siguiendo la forma de una distribución normal. Para confirmar esta hipótesis se aplica un test de normalidad como el Jarque-Bera, el Chi-cuadrado, o la utilización del papel probabilístico; esta es una buena aproximación en el caso de que no se cuente con muchas herramientas de análisis. Dado que hoy en día existen software para realizar pruebas de ajuste en tiempos computacionales medidos en segundos y con una amplia gama de distribuciones de comparación como son, la normal, logística, binomial, Poisson, log normal, uniforme, entre otras, se utilizó una herramienta que cumple con estas características llamada Crystal Ball®, el cual es compatible con Microsoft Excel®.

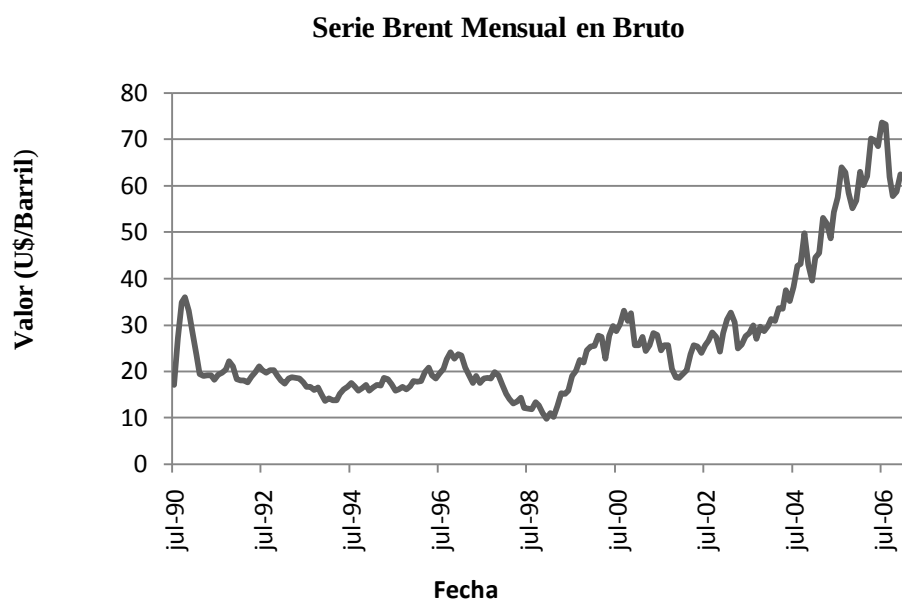


Figura 1. Serie mensual del petróleo BRENT desde julio de 1990 a Diciembre de 2006.

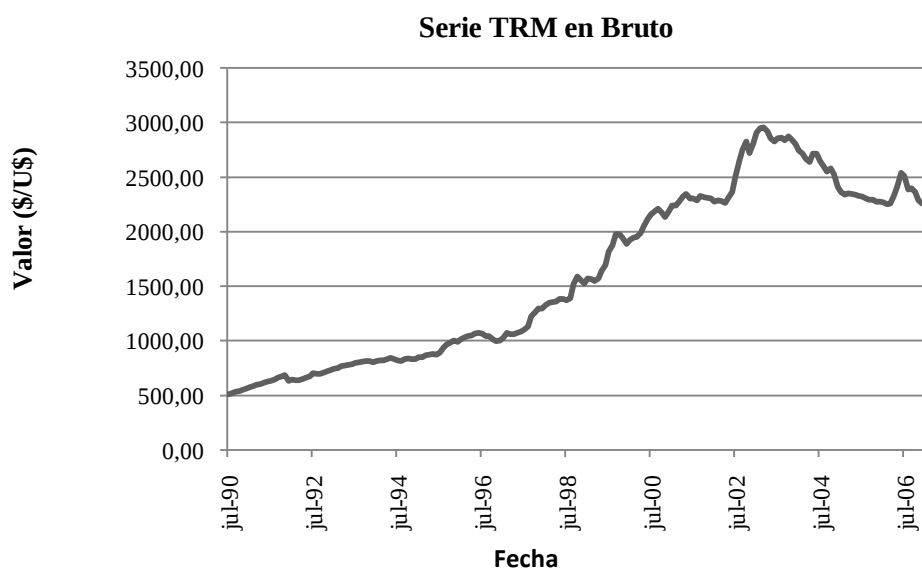


Figura 2. Serie mensual de la TRM Colombiana desde julio de 1990 a Diciembre de 2006.

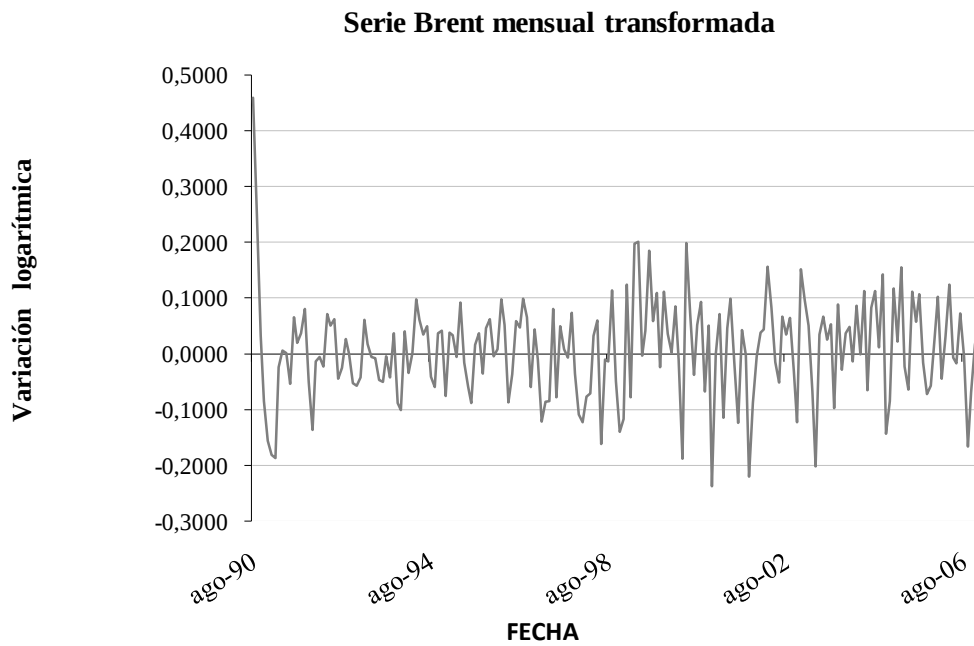


Figura 3. Serie mensual transformada mediante variaciones logarítmicas del petróleo Brent desde julio de 1990 a Diciembre de 2006.

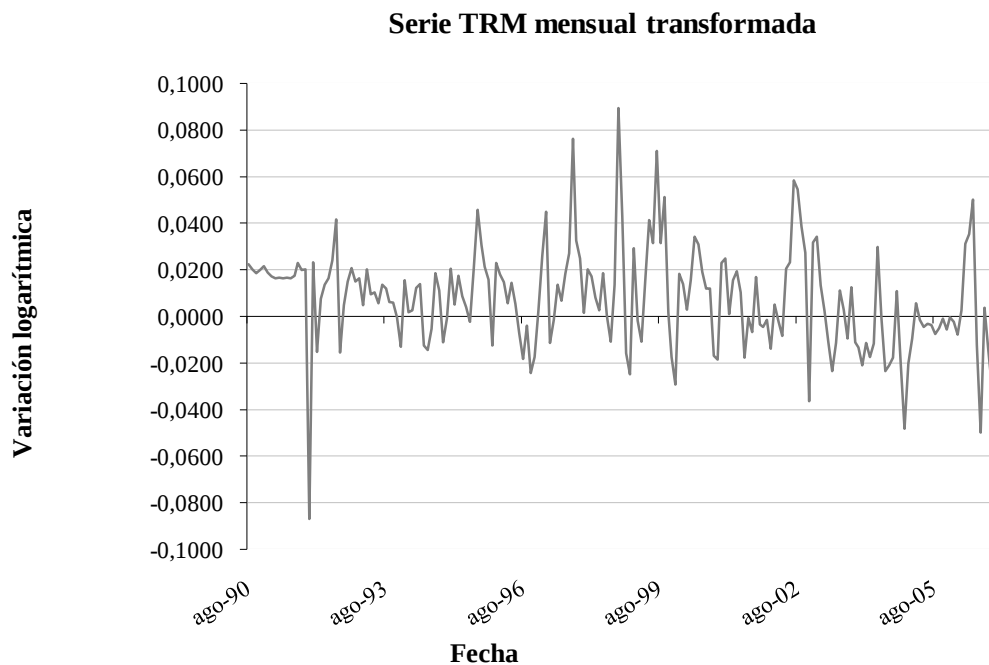


Figura 4. Serie mensual transformada mediante variaciones logarítmicas de la TRM Colombiana desde julio de 1990 a Diciembre de 2006.

Al utilizar la prueba de ajuste Kolmogorov Smirnov, que compara la distancia vertical entre distribuciones y que esta incluida en el software, se concluyó que las distribuciones que más se

ajustan a las series transformadas de la TRM y el BRENT son las que se muestran en la Tabla 8, y se representa en las Figuras 5 y 6 respectivamente.

Tabla 8. Parámetro de distribución de probabilidades de las series Brent y TRM transformadas.

Serie Brent		Serie TRM	
Distribución Beta		Distribución Logística	
Mínimo	-1,2663		
Máximo	1,2794	Media	0,0074
Alfa	100	Escala	0,0117
Beta	100		

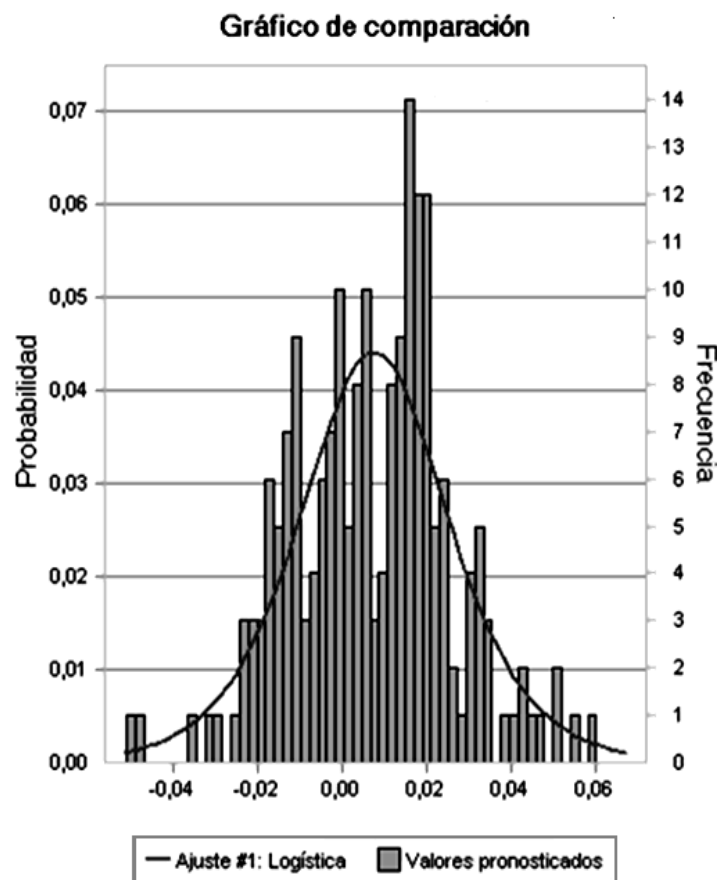


Figura 5. Distribución de probabilidades para la serie transformada de la TRM utilizando K-S.

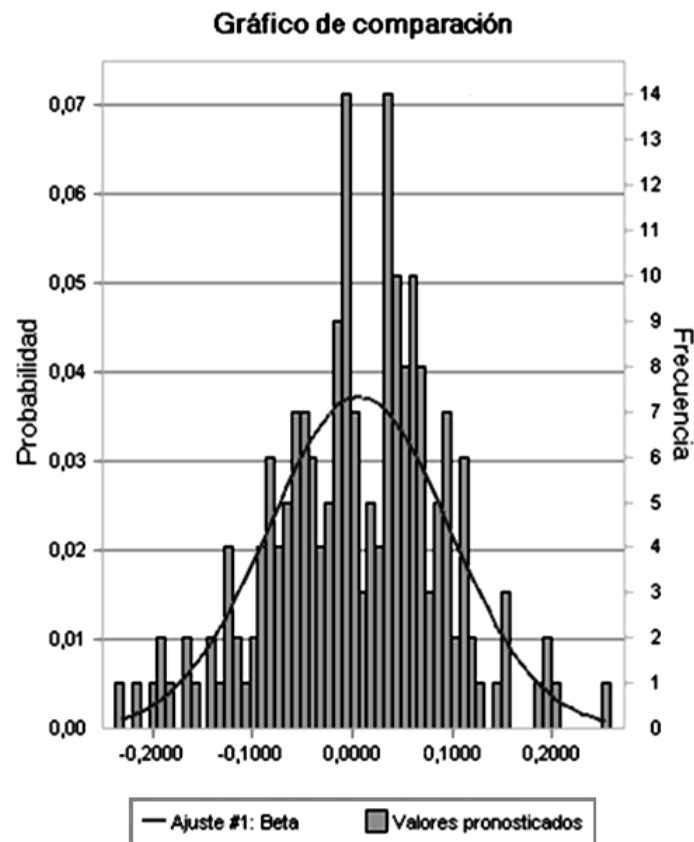


Figura 6. Distribución de probabilidades para serie transformada del Brent utilizando K-S.

5.2.3. Simulación Monte Carlo

Una vez conocidas las distribuciones de probabilidad de los parámetros que afectan a la función de valor, y teniendo ésta como objetivo de pronóstico, se procede a realizar la simulación. Debe tenerse en cuenta que al igual que en el cálculo del VaR paramétrico los factores de riesgo aquí presentados muestran alguna relación entre sí, por lo que es conveniente al momento de simular en Crystal Ball seleccionar estas variables y luego ingresar el valor de la correlación, el cual se tomó de la matriz de correlaciones descrita en la Tabla 5. Después se definen algunos parámetros como el nivel de confianza, la cantidad de

iteraciones (para el desarrollo de este caso fueron 1000 iteraciones generadas aleatoriamente) y la forma de presentación de los resultados, una vez ingresada esta información se procede a simular. Cabe destacar que la variable a simular corresponde a los rendimientos de las series del BRENT y la TRM y luego se transformaron elevando cada uno de los valores obtenidos a la potencia exponencial y multiplicando esto por el último valor observado de la serie en bruto, de esta manera se obtuvieron los valores del EBITDA pronosticado que permitieron construir una distribución de probabilidad que deja como resultado lo expresado en la Tabla 9 y representado en la Figura 7.

Tabla 9. Resultados de la simulación del EBITDA.

Parámetro	Valor
Iteraciones	1.000
Media	4.755.357
Mediana	4.760.999
Desviación Estándar	1.462.193
Coefficiente de Asimetría	0,125
Curtosis	3,23
Coefficiente de Variación	0,3075
Mínimo	184.672
Máximo	10.724.014
Ancho del rango	10.539.342
Percentil 5%	2.388.218

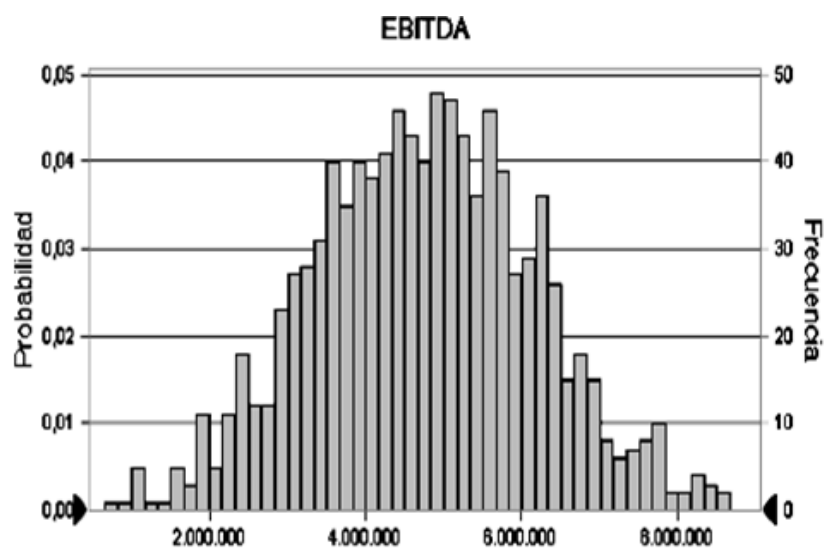


Figura 7. Distribución de probabilidad del EBITDA simulado.

5.2.4. Análisis de Resultados

Al analizar la información presentada anteriormente se observa que la distribución del EBITDA se asemeja a una distribución normal, la gráfica nos ilustra más en esta hipótesis y si se tiene en cuenta la Curtosis y el coeficiente de asimetría que para una distribución normal corresponden a 3 y 0 respectivamente, dentro de los resultados se puede observar que los valores obtenidos son cercanos a los parámetros antes mencionados, además de analizar que en condiciones normales del mercado el valor esperado del EBITDA proyectado es muy similar al del periodo pasado. Sin embargo, dada la alta variación que este presenta se puede decir que con un 95% de confianza el mínimo valor esperado para el próximo año es de \$2.388.218, lo cual es aproximadamente el 50% del EBITDA actual, y se puede considerar como el EaR o utilidad en riesgo. Sabiendo esto la empresa puede establecer medidas de cobertura que mitiguen el riesgo evitando que esto suceda, para ello debe conocer los factores de riesgo que más influyen en la función de valor y de qué manera lo hacen; realizando un análisis de sensibilidad de las entradas del modelo y su relación con el EBITDA. Este análisis de sensibilidad se puede ver en la figura 8, el cual es un resultado arrojado por el software.

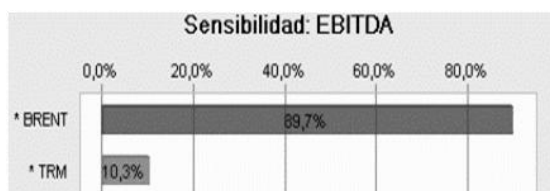


Figura 8. Análisis de sensibilidad del EBITDA.

Aquí se muestra que los dos factores de riesgo tienen una correlación positiva con el EBITDA lo que significa que la subida o bajada de uno de estos genera incrementos o decrementos respectivamente en la función de valor, además el factor que más influye en el resultado es el BRENT, lo que indica que sería conveniente que en las próximas negociaciones la empresa trate de tomar medidas que disminuyan el riesgo

concerniente a este factor, medidas como contratos forward o la aplicación de opciones.

6. Conclusiones

Es importante que las empresas del sector real comprendan la necesidad de identificar, cuantificar y gestionar el riesgo financiero como elemento complementario al desarrollo de las actividades para las cuales fue constituida.

Una gestión adecuada de los riesgos financieros permite a la compañía concentrarse en los objetivos de rentabilidad, garantizando estabilidad y solvencia a la empresa. Es por esto que se han creado diferentes metodologías que permiten que las empresas analicen el riesgo al cual se exponen y puedan tomar medidas que mitiguen esos riesgos. Estas metodologías van desde la aplicación de modelos estadísticos clásicos, hasta simulaciones computarizadas, todos estos con el fin de generar herramientas que permitan tomar decisiones que estén acorde a las políticas de la compañía sin afectar las rentabilidades esperadas. Estos modelos proporcionan información que permite establecer límites para cualquier tipo de riesgo y que contribuyen a tomar medidas adecuadas y oportunas que reduzcan al mínimo la probabilidad de sufrir una pérdida financiera considerable, que repercuta en la operación de la empresa y que puede llevarla a la quiebra.

Por tanto, las empresas, sin importar su tamaño, deberían asignar recursos a la medición de los riesgos a los cuales se exponen. Si bien en este documento se centró la atención más hacia los riesgos de mercado, no se debe olvidar que existen otros tipos de riesgos como los operativos, de crédito, entre otros, de los cuales la organización debe estar al tanto. Estos recursos deberán ser considerados por la empresa como una inversión y no como un gasto ya que contribuyen en gran manera a evitar que en un futuro se presenten circunstancias financieras críticas que pueden llevar al cierre de la organización.

En cuanto a la gestión, las empresas deben considerar la utilización de mecanismos que existen actualmente en el mercado tales como los

productos derivados; entre los que se encuentran los forwards, swaps, los futuros, las opciones, etc., los cuales pueden reducir considerablemente los riesgos financieros a los que estas se encuentran expuestas, controlando el efecto causado por la volatilidad de los precios de las mercancías y los movimientos de las tasas de mercado. En algunas ocasiones muchas veces no se puede o no es conveniente dar a terceros algunas posiciones que están expuestas a riesgo de mercado, es decir, no se pueden utilizar los mecanismos antes mencionados. Para estos casos, la diversificación de un portafolio resulta indispensable al momento de gestionar los riesgos financieros, esto se logra asignando la proporción adecuada de recursos en los distintos tipos de posiciones, obteniendo la correlación deseada entre cada una de ellas.

7. Referencias Bibliográficas

1. Allan W, Gregory. Reeves, Jonathan. (2007). Interpreting Value at Risk (VaR) forecasts. *Economic System* (32), 167-176.
2. Altman, Edward. Elizondo, Edward. (2003). *Medición integral del riesgo de crédito*. Limusa. México.
3. D'Ecclesia, Rita. (2008). Risk management in commodity and financial markets. *Journal of Banking & Finance* (32), 1989-1990.
4. Fuertes, Diana. Jiménez, Víctor. (2007). *Aplicación de una metodología de gestión de riesgo financiero de mercado para construir indicadores de medición en empresas del sector real – caso aplicado Ecopetrol-*. Tesis de Pregrado, Escuela de Ingeniería Industrial y Estadística, Universidad del Valle, Colombia.
5. Gordon, Alexander. Sharpe, William. (2003). *Fundamentos de inversiones: Teoría y práctica*. Pearson. México.
6. Jerez, Miguel. Sotoca, Sonia. *Econometría II, Análisis de series temporales (II): Extensiones y metodología* (2007). Notas de clase. Universidad Complutense de Madrid. Disponible en Internet <URL:<http://www.ucm.es/info/ecocuan/mjm/ectr2mj/Series2.pdf> >.
7. Lara, Alfonso. (2004). *Medición y control del riesgo financiero*. Limusa S.A. México.
8. Lee, Alvin (1999). *Corporate Metrics Technical Document*. RiskMetrics Group. New York.
9. Markowitz, Harry. (1952). Portfolio selection. *The Journal of Finance*, Vol. 7, No. 1, 77-91.
10. Méndez, María. (2000). *Modelo para la medición del riesgo financiero en las administradoras de Fondos de pensiones y cesantías*. Memo de Investigación, Maestría en Ingeniería Industrial, Universidad de los Andes, Colombia.
11. Riggs, James. Bedworth, David. Randawa, Sabah (2002). *Ingeniería económica*. Alfaomega, cuarta edición. México.
12. Stein, Jeremy. Usher, Stephen. (2001). A comparable approach to measuring cashflow-at-risk for non financial firms. Harvard University, National Economic Research Associates. Volumen 13 número 4, p.8-17.
13. Vilariño, Ángel. (2001). *Turbulencias financieras y riesgo de mercado*. Pearson. España.