

Proyecto de inversión externa de una firma de autopartes: Opciones reales versus evaluación financiera

*A foreign investment project of an autoparts firm:
Real options versus financial valuation*

María Luisa Saavedra García*, **Máximo Jorge Saavedra García****
y **Deyanira Bernal Domínguez*****

Código JEL: C4, G3, F4

Recibido: 30/01/2013, Revisado: 02/02/2013, Aceptado: 21/05/2013

Resumen

En esta investigación se analiza la importancia del uso del modelo de opciones reales en la industria de autopartes mediante una aplicación del modelo al caso de una inversión directa en el exterior, específicamente en Brasil. Se utilizaron los modelos Black y Scholes y el Binomial; los resultados obtenidos muestran que este es el tipo de proyectos que, a pesar de tener un VPN negativo, deben ser aceptados a causa de su valor estratégico, lo que estaría indicando que el efecto contingente de los proyectos de inversión, traducidos en la volatilidad de los flujos de efectivo, son mejor valorados por el modelo de opciones reales ya que a diferencia del VPN este sí los considera en su valoración.

Palabras clave: Opciones reales, Black y Scholes, valor presente neto, modelo binomial.

Abstract

This study examines the importance of using real options model in the auto industry by means of its application to the case of a direct investment abroad, specifically in Brazil. We use the Black and Scholes and Binomial models. Empirical results show that this is the kind of project that, despite having a negative NPV, should be accepted because of its strategic value, which indicates that the contingent effect of the investment projects, reflected in the volatility of cash flows, are best assessed by the real options model unlike the VPN that does not take them into account.

Key words: Real options, Black and Scholes, net present value, binomial model.

* Facultad de Contaduría y Administración de la Universidad Nacional Autónoma de México. Circuito exterior s/n, Ciudad Universitaria, Del. Coyoacán, C.P. 04510, México D.F., México. Correo electrónico: maluisasaavedra@yahoo.com.

** Universidad de la Sierra Sur de Oaxaca. Calle Guillermo Rojas Mijangos S/N, Esq. Av. Universidad Col. Ciudad Universitaria, Miahuatlán de Porfirio Díaz, Oaxaca, México C.P. 70800. Correo electrónico: jsaavedra2000@unsis.edu.mx.

*** Universidad Autónoma de Sinaloa. Ángel Flores y Riva Palacio s/n, Culiacán, Sinaloa, México C.P. Correo electrónico: deyanira2673@hotmail.com.

1. Introducción

Algunas de las decisiones estratégicas más importantes que debe tomar una empresa consisten en definir cuándo se debe de invertir capital en la compra de nuevos equipos o cuándo se debe invertir en el desarrollo de nuevas tecnologías de producción. Así, para poder tomar decisiones correctas se requiere de información que relacione integralmente el presente y el futuro de la empresa. Es allí donde las técnicas tradicionales¹ de evaluación de proyectos resultan insuficientes.

El estudio y aplicación de las Opciones Reales Financieras resultan de vital importancia para la toma de decisiones de inversión puesto que incorporan elementos de análisis a partir de la incorporación del riesgo y la incertidumbre. Es necesario señalar que los enfoques tradicionales, como el Valor Presente Neto, consideran que una mayor incertidumbre reduce el valor de los activos y por lo tanto de los proyectos que se pudieran emprender y frenan de este modo las decisiones de inversión en estos proyectos. Sin embargo, es aquí donde cobra importancia el modelo de opciones reales puesto que ofrece los elementos analíticos que permiten valorar cómo la incertidumbre conduce a un mayor valor de los activos y a que la empresa deba ser capaz de identificar en su momento los eventos inestables. De esta manera, puede tomar las decisiones eficientes al identificar las eventualidades que pudieran comprometer la viabilidad o continuación de un proyecto determinado.

El uso de los métodos de evaluación financiera tradicionales demuestra ser inadecuado para incorporar correctamente el valor de la flexibilidad administrativa y para adaptarse a nuevas circunstancias. Es decir, se presume que un proyecto se inicia de inmediato y opera bajo la misma política hasta concluir su vida previamente concebida y definida. Sin embargo, las condiciones actuales del mercado, caracterizadas por cambios, incertidumbre y continuas interacciones competitivas, hacen probable que los flujos de efectivo difieran de lo esperado al inicio del proyecto. Por esta razón es necesario proponer y demostrar la aplicación de un modelo de evaluación financiera que contemple todos los elementos suficientes y capaces de incorporar el efecto contingente de los proyectos de inversión en un entorno inestable.² En consecuencia, es

conveniente hacerse la siguiente pregunta general: ¿Cuál es el modelo de evaluación financiera de proyectos de inversión que refleje de manera adecuada su valor estratégico?

Para responder esta pregunta, este trabajo tiene por objetivo general proponer un modelo de evaluación financiera de proyectos que refleje de manera adecuada el valor estratégico de los proyectos de inversión y probarlo en un proyecto real para demostrar su aplicabilidad.

2. Marco Teórico

2.1. Evaluación financiera de proyectos con el método de Valor Presente Neto (VPN)

La teoría financiera tradicional afirma que el valor presente neto es el mejor método de valuación de proyectos de inversión porque permite a una empresa tomar decisiones de inversión que maximicen la riqueza de sus accionistas. Sin embargo, es necesario tomar en cuenta que cuando se analiza un proyecto de inversión bajo la óptica del VPN se está haciendo uso de una serie de supuestos que afectan el resultado obtenido. Los principales supuestos son:³

1. El análisis del VPN presume un escenario estático.
2. El análisis tradicional con el VPN ignora la volatilidad futura estimada de los flujos prometidos por el proyecto.
3. La tasa de descuento es conocida y constante, dependiendo únicamente del riesgo del proyecto, lo que implica suponer que el riesgo es constante.
4. El método del VPN establece la regla de decisión de llevar a cabo un proyecto de inversión única y exclusivamente si el VPN es positivo.
5. El método de VPN compara los proyectos de inversión en un punto en el tiempo y con base en esa única comparación toma decisiones que afectarán la empresa durante períodos muy amplios.
6. Contra lo que se pudiera pensar, el método del VPN va en contra del axioma de las finanzas de diversificar el riesgo entre varias inversiones porque incentiva que la organización destine todos sus recursos disponibles en un solo proyecto.

2.2. Aplicación de los métodos de evaluación financiera de proyectos de inversión

En México no existe evidencia escrita acerca de los métodos de evaluación financiera de proyectos de inversión que más se aplican, pero sin lugar a dudas ellos son los tradicionales: Periodo de Recuperación, Valor Actual Neto y Tasa Interna de Rendimiento. Lo más cercano que se pudo encontrar fue una investigación acerca de las métricas de medición de la generación de valor que aplican las empresas mexicanas (FCA UNAM: Price Waterhouse Coopers, IMEF, 2002). En esta investigación se pudo concluir que no existe una cultura enfocada a la aplicación de los métodos que han sido diseñados para medir explícitamente la generación de valor económico en las empresas. En la gran mayoría se aplican criterios de análisis financiero tradicional que, si bien permiten de alguna forma medir la capacidad de generar valor, distan mucho de proporcionar una información completa de lo que es la capacidad de generar valor económico en la empresa.⁴

En cuanto a la aplicación en otros países se puede mencionar a Graham y Harvey, que realizaron en el año 2001 un estudio del uso de las diferentes técnicas y modelos enunciados en la “teoría financiera” por parte de 392 directivos de un amplio espectro de empresas estadounidenses. Los resultados de esa investigación se presentan en el cuadro 1.

Cuadro 1. Métodos utilizados en el extranjero

Método	% de empresas que usan
Tasa interna de rendimiento (TIR)	75,61%
Valor presente neto (VPN)	74,93%
Tasa de rendimiento requerida	56,94%
Periodo de recuperación	56,74%
Análisis de sensibilidad	51,54%
Múltiplo de beneficios	38,92%
Periodo de recuperación descontado	29,45%
Opciones reales	26,59%
Tasa de rendimiento contable	20,29%
Simulación/Valor en Riesgo (VAR)	13,66%
Índice de rentabilidad	11,87%
Valor actual ajustado	10,78%

Fuente: Graham y Harvey (2001).

Como se aprecia, el criterio de la tasa interna de rendimiento y el del valor actual neto son los más utilizados; el periodo de recuperación es prácticamente el siguiente de los métodos más utilizados. Por otro lado, es importante señalar que un poco más de la cuarta parte de los directivos encuestados usa el método de opciones reales.

Así también, Rayo, Cortés y Sáez (2007) muestran los resultados de una investigación en la que aplicaron una encuesta a 152 empresas españolas con el fin de determinar el uso y aplicación de los modelos de valoración de inversiones, así se tiene:

Cuadro 2. Conocimiento y utilización de los métodos de valoración de inversiones

Métodos	% directivos que conocen	% directivos que utilizan
Valor actual neto	96,7	79,6
Tasa Interna de Rentabilidad	94,0	78,9
Plazo de Recuperación	95,4	80,8
Tasa de Rendimiento	57,0	23,2
Índice de Rentabilidad	68,6	41,8
Modelo de opciones	40,9	17,9

Fuente: Rayo, Cortés y Sáez (2007)

Como se puede observar en el cuadro 2, el modelo de opciones es conocido por el 40,9% de los directivos, mientras que solo lo utiliza el 17,9% de estos directivos; la mayoría se inclina por el uso de métodos tradicionales. De acuerdo con esos resultados se aprecia que el uso del modelo de opciones reales es limitado.

2.3. La evaluación de proyectos de inversión con el Modelo de Opciones Reales

Con respecto al uso del modelo de opciones reales se puede señalar que esta metodología, que ha comenzado a utilizarse en los últimos años del siglo XX de forma complementaria al VPN, consiste en valorar los activos (proyectos de inversión, empresas y otros) como si fueran opciones,⁵ esto es, el propietario tiene el derecho a realizar el proyecto, pero no la obligación, y por ello paga un precio o lo que se denomina la prima de la opción. En el caso de los proyectos de inversión, este método demuestra

su utilidad cuando el VPN medio esperado está próximo a cero, hay una gran incertidumbre sobre su valor, y el agente que toma las decisiones puede aprovecharse de ello. Esto indica que las opciones reales son especialmente valiosas para proyectos que involucran un alto nivel de incertidumbre y la oportunidad de disipar dudas con nueva información (Copeland, 1998).

Igualmente, según López (2001) existe una opción real cuando se encuentra la posibilidad de alterar el curso de los acontecimientos futuros ante un cambio de circunstancias y cuando transcurre un espacio de tiempo hasta la toma de decisiones sobre esa oportunidad.

Diversos autores han realizado aplicaciones de las opciones reales de acuerdo con las necesidades de la toma de decisiones estratégicas para la empresa. En la siguiente tabla se muestran de manera esquemática los principales tipos de opciones reales.

Cuadro 3. Tipos de opciones reales

Tipo de flexibilidad	Descripción	Autores
Opción de crecimiento	Consiste en la posibilidad que tiene la empresa, una vez realizadas las inversiones del proyecto inicial, de invertir nuevos capitales en el lanzamiento de nuevos productos y/o en el acceso a nuevos mercados.	Myers (1977); Breadley & Myers (1991); Kester (1993); Trigeorgis (1988); Pindyck (1988); Chung & Charoenwong (1991).
Opción de abandono	Permite a la empresa abandonar el proyecto de inversión si las condiciones del mercado son desfavorables y recuperar un valor residual a través de la venta de la empresa o de una parte de ella.	Myers & Majd (1990), Kenna (1993); Smit (1997).
Opción de cambio del nivel de producción	Posibilidad que tiene la empresa de cambiar la escala de producción, si las condiciones del mercado cambian.	Trigeorgis & Mason (1987); Pindyck (1988); McDonald & Siegel (1985); Brennan & Schwartz (1985).
Opción de aplazar el comienzo	Consiste en la posibilidad que tiene la empresa de diferir el comienzo del proyecto de inversión hasta una fecha posterior sin que por ello pierda la oportunidad de emprenderlo.	McDonald Siegel (1986); Paddock, Siegel & Smith (1988); Touriño (1979); Titman (1985); Ingersoll & Ross (1992), Edleson y Reinhardt (1995); Bowman y Moskowitz (1997).

Fuente: Rayo, Cortés y Sáez (2007), Mascareñas (1998).

Como se puede apreciar en el cuadro 3, existen cuatro tipos de opciones reales: opción de crecimiento, opción de abandono, opción de cambio en el nivel de producción y opción de aplazar el comienzo (también

conocida como la opción de diferir). Para todos los tipos de opciones se señalan los autores que las han propuesto y las han empleado. Para poder aplicar el modelo de opciones financieras a la evaluación de proyectos de inversión es necesario establecer una analogía entre los elementos de los proyectos de inversión y los elementos del modelo de valoración de opciones.

Este enfoque se basa en que un proyecto de inversión es en realidad una opción real porque es una opción que no se cotiza en ningún mercado financiero. Una empresa tiene la opción, mas no la obligación, de invertir en un proyecto determinado. La opción de inversión otorga el derecho de adquirir un bien subyacente que está representado por los flujos libres de efectivo positivos del proyecto. La adquisición del bien subyacente se lleva a cabo a un precio de ejercicio que es el costo de realizar la inversión. Dicha inversión puede realizarse en el momento presente, o en cualquier momento futuro, en el que el tiempo que transcurre entre el momento en que se concibe un proyecto y el momento en que se realiza se puede tomar como el tiempo de expiración de la opción (ver cuadro 4).

Cuadro 4. Analogía entre los elementos de los proyectos de inversión y los elementos del modelo Black y Scholes

Proyecto de inversión	Variable	Opción de compra
Desembolsos requeridos para adquirir el activo a futuro	E	Precio de ejercicio
Valor de los activos operativos que se van a adquirir hoy	S	Precio de la acción
Longitud del tiempo que se puede demorar la decisión de inversión	T	Tiempo hasta el vencimiento
Riesgo del activo operativo subyacente	S ²	Varianza de los rendimientos
Valor temporal del dinero	R _f	Tasa de interés sin riesgo

Fuente: Mascareñas (1998).

La importancia de utilizar el método de opciones reales, cuando los proyectos cuentan con activos intangibles de carácter estratégico, ha sido señalado por de la Fuente (2003), pues considera que ningún otro modelo de valoración es capaz de reflejar este valor.

2.4. Investigaciones antecedentes con aplicación empírica del modelo de opciones reales

A continuación, en el cuadro 5 se presentan las aplicaciones empíricas que se han realizado respecto de la evaluación de proyectos de inversión con el modelo de opciones reales que se han hecho tanto en Latinoamérica como en Europa y Estados Unidos.

Cuadro 5. Aplicación empírica del modelo de opciones reales

Autor	Aplicación	Hallazgos
Brennan y Schwartz (1985)	Evaluación de una mina, considerando la opción de apertura, cierre y abandono de las operaciones.	Se resuelve el caso suponiendo que la mina tiene reservas infinitas, proponiendo una solución analítica, luego se supone que la mina tiene reservas conocidas, resolviendo mediante diferencias finitas.
McDonald y Siegel (1986)	Evaluación de proyectos riesgosos en una empresa industrial. Se supone que la compañía puede detener temporalmente la producción si la variable estocástica que modela los costos excede las ventas.	El modelo de opciones reales es una buena alternativa para proyectos que tienen la naturaleza de ser altamente riesgosos y cuando los individuos que manejan la empresa son adversos al riesgo.
Majd y Pindyck (1987)	Evaluación de un proyecto industrial. Se considera la opción de diferir y toma en cuenta la tasa de inversión acumulada.	La política óptima está dada por un valor crítico del proyecto para cada nivel de inversión acumulada.
Trigeorgis y Mason (1987)	Evaluación en una empresa industrial aplicando la opción de expandir sus operaciones.	Bajo el supuesto de que la empresa puede variar su tasa de producción según las condiciones del mercado, se encuentra que si las condiciones son favorables la compañía puede aumentar su escala de producción incurriendo en una inversión determinada.
Paddock, Siegel y Smith (1988)	Se aplica la evaluación a una reserva de petróleo con el fin de determinar si se puede explotar.	Considerando que existe un costo de oportunidad por tener opción sobre la reserva, el modelo de opciones reales se ajusta a este tipo de inversiones.
Cortazar y Schwartz (1993)	Analiza el caso de una empresa que posee un proceso productivo de dos etapas, almacenando las unidades en proceso en un inventario intermedio.	Considerando que la variable incierta corresponde al precio de venta del producto que se obtiene en la segunda etapa, cada unidad en inventario es considerada como una opción americana sobre el precio del producto cuyo precio de ejercicio corresponde al costo marginal de la segunda etapa.
Cortazar y Schwartz (1997)	Se analiza el caso de una concesión de un pozo de petróleo.	Considerando que el valor presente de los flujos de la producción corresponde a una variable estocástica que depende de dos variables de estado: el precio del petróleo y su rendimiento. El modelo de opciones reales brinda una alternativa viable para valorar este proyecto.
Schwartz y Moon (2000)	Se evalúa la inversión en investigación y desarrollo en la industria farmacéutica.	La incertidumbre presente en este tipo de inversiones se resume en tres procesos estocásticos. El primero se utiliza para modelar el nivel de inversión requerido; el segundo tiene que ver con los pagos futuros que generará la investigación y, el tercero, considera la posibilidad de que un evento catastrófico ponga fin a la inversión.

Cuadro 5. Continuación.

Cortazar y Cassasus (2000)	Se evalúa una inversión en un recurso natural que puede explotarse mediante múltiples etapas de producción. Es un mineral con reservas conocidas y cuenta con flexibilidad de almacenar productos intermedios.	El modelo de opciones reales permite incluir en la evaluación todas las variables inherentes a la explotación.
Slade (2001)	Evaluación de veintinueve proyectos mineros. Se estiman parámetros relevantes de los procesos estocásticos que describen la evolución de precios, costos, leyes, reservas y tasas de producción.	El modelo de opciones reales, considerando procesos estocásticos, es un método más viable para evaluar proyectos de esta naturaleza y supera a los métodos convencionales.
Bernardo y Chowdhry (2002)	Analizan una empresa neutral al riesgo que debe escoger entre múltiples proyectos.	La empresa no conoce el nivel de sus recursos (generales o específicos), pero puede aprender a dimensionarlos al observar los resultados obtenidos en los distintos proyectos que emprende.
De la Fuente (2003)	Aplicación del modelo de opciones reales a una empresa multinacional española de la industria de componentes de automóvil. Específicamente, como una herramienta de estrategia empresarial.	El enfoque de opciones reales muestra la manera correcta de valorar los resultados intangibles, determinando los nuevos derechos de decisión u opciones reales que proporciona a la empresa. Así es posible realizar inversiones estratégicas que permitan aprovechar las oportunidades que brinda el mercado.
Pardo, Rodríguez y Rodríguez (2004)	Aplicación del modelo de opciones reales a la industria acuícola. Se utiliza el enfoque binomial.	El método de opciones reales incorpora aspectos de flexibilidad operativa y valor estratégico del proyecto de manera que muchos de ellos considerados inviables con la valoración tradicional; pueden resultar altamente rentables.
Azofra, <i>et al.</i> (2004)	Aplicación del modelo de opciones reales en la industria de componentes de automóvil. Se identifican y analizan las opciones de crecimiento y de flexibilidad asociadas al compromiso inicial de recursos. Se valoran las opciones con el modelo log binomial.	Proporciona nueva evidencia empírica sobre la relevancia de las opciones en la valoración de inversiones empresariales. Se analiza el papel que juega el apalancamiento operativo y por las opciones de renovación de contratos de abandono de la inversión.
Alonso, <i>et al.</i> (2005)	Se aplica el modelo de opciones reales a procesos discontinuos utilizando un caso de la industria de componentes de automóvil. Se combina el método de Monte Carlo y la programación dinámica en un modelo que permite valores opciones reales de estilo americano cuya variable de estado sigue un proceso mixto browniano Poisson.	Los resultados revelan la existencia de diferencias significativas en el valor de opciones cuando se incorporan las discontinuidades, incluso cuando el valor esperado es nulo. Este efecto es menor cuando menor es la volatilidad del movimiento continuo, en cuyo caso el uso de modelos tradicionales puede provocar errores importantes en el proceso de decisión de la empresa.
Toscano y García (2007)	Aplicación en la valoración de la transformación de una finca de eucaliptos en una finca de cítricos con la esperanza de obtener una rentabilidad superior.	Muchos proyectos forestales en los cuales la flexibilidad es un componente importante (opción de transformar, abandonar el cultivo, etc.). La teoría de opciones reales es una poderosa herramienta para analizar la flexibilidad.
Pringles, <i>et al.</i> (2007)	Aplicación de esta técnica de evaluación en el sector de transmisión de energía eléctrica.	Se demuestra el potencial de las opciones reales para el análisis de opciones irreversibles bajo incertidumbre; por lo tanto se debe profundizar la aplicación de este método en el sector de transmisión de energía eléctrica, dado el valor que tiene la flexibilidad en esta área debido al carácter irreversible de las inversiones y las incertidumbres presentes.

Cuadro 5. Continuación.

Otero, et al. (2008)	Se realizó la evaluación económica de un proyecto de implementación de un sistema de información geográfica para controlar la cartografía de las plantaciones a forestal Mininco, S.A. Se utilizaron los métodos de diferencias finitas y árbol binomial.	La teoría de opciones reales en conjunto con la metodología de diferencias finitas representa una herramienta de gran utilidad para evaluar proyectos ante escenarios de incertidumbre, permite reflejar la flexibilidad operativa del proyecto de manera numérica y facilita la decisión de invertir en proyectos que puedan tener escaso valor económico pero alto valor estratégico.
Salazar (2008)	Evaluación del impacto en la valoración de estrategias de inversión, en una empresa colombiana del sector de telecomunicaciones. Se utilizan los Modelos Binomial y Black y Scholes.	La valoración de proyectos por medio de las opciones reales tiene el potencial no solo de ayudar a integrar el presupuesto de capital con la planificación estratégica, sino también de ofrecer un método consistente de análisis de la totalidad de la dirección financiera empresarial (implicando tanto decisiones financieras como reales).
Aguado y Garrido (2008)	Evalúa mediante la teoría de las opciones reales el "Seguro de Ingresos en Patata", e investiga su potencialidad como herramienta de análisis para el estudio de pólizas de seguros agrarios. Se utilizó el método de Black y Scholes.	Los resultados muestran que el seguro es poco atractivo para los productores de patata. El carácter cíclico interanual de los precios en origen de patata plantea dificultades para fijar las primas del seguro sobre una base actuarial y que resulten atractivas a los productores. Ello podría explicar la débil acogida que ha tenido el seguro. Otra razón es el riesgo básico existente entre el índice y el precio de venta real.
Cruz, et al. (2009)	Aplicación del enfoque de opciones reales a un negocio de franquicias que surgen de manera natural como resultado de un proceso de optimización estocástico donde el franquiciante busca maximizar su utilidad descontada por su costo de capital sujeto a la riqueza que posee. Se utilizó el método Black y Scholes.	Se demostró mediante un proceso de optimización dinámica estocástica que la tecnología empleada para valorar opciones financieras puede ser usada en la valoración de franquicias ya que estas satisfacen la ecuación diferencial parcial de segundo orden que siguen todos los derivados independientemente del esquema de cobro de las regalías por uso de marca y transmisión del conocimiento know how.
Blanco, et al. (2009)	Evalúa una inversión privada guiada por señales de mercado (mercante) con la opción de cambiar a una remuneración regulada (opción de cambio) en casos de un desarrollo desfavorable de la incertidumbre del mercado eléctrico. Se utiliza el método de simulación de Montecarlo.	El valor económico de la flexibilidad que brinda la opción de cambio se compara con la opción de diferir inversiones en el enfoque de inversiones mercante tradicional y se demuestra cómo este enfoque puede incentivar inversiones privadas en la red de transporte, incentivando de este modo nuevas inversiones.
Concha, et al. (2009)	Se evalúa económicamente el uso de la tecnología de gasificación de carbón en la generación de energía eléctrica utilizando información secundaria y el enfoque de valoración de opciones reales mediante arboles binomiales de dos variables.	La metodología de valoración de opciones reales aplicada para valorizar la opción de cambio alternado de combustible en una planta permite estimar los umbrales de precio que hacen más conveniente una planta rígida frente a una planta flexible o viceversa. También puede utilizarse para evaluar la flexibilidad en la producción.
Alonso, et al. (2009)	Las opciones reales en el sector eléctrico. El caso de la expansión de Endesa en Brasil.	La valoración de esta opción utilizando el enfoque de opciones reales ayuda a comprender la racionalidad de la decisión de invertir en un proyecto con VAN negativo.

Fuente: Elaboración propia.

Una revisión de la literatura permite plasmar en el cuadro 5 la aplicación que se ha realizado del modelo de opciones reales partiendo desde el año 1985 hasta el 2009. Se puede observar que la aplicación se ha realizado tanto a empresas riesgosas del sector extractivo, acuícola y agrícola como a las del sector industrial resaltando la industria automotriz. En todos los casos se concluye que el modelo de opciones reales resulta una herramienta adecuada para evaluar este tipo de proyectos ya que permite incorporar el riesgo y la flexibilidad que el mismo puede tener.

3. Evaluación financiera del proyecto Brasil

Para la contrastación empírica de la teoría de valoración de opciones en el valor esperado de las oportunidades de inversión se eligió una empresa del sector automotriz. Es reconocida la enorme importancia que tiene este sector. Históricamente se ha convertido en el motor de la economía de los países industrializados y ha sido fuente de innovaciones tecnológicas y organizativas. Asimismo, la influencia social y económica en los países productores de automóviles, entre los que se encuentra México, lo convierten en objetivo de interés prioritario para sus respectivos gobiernos.

En el sector automotriz se centra el análisis en una empresa que fabrica autopartes para automóviles y que posee una característica especialmente relevante en el estudio de las opciones reales: su dependencia con respecto a sus clientes. Entre los diversos proyectos de inversión analizados se eligió un proyecto que implica la entrada de la empresa en el mercado brasileño. Este proyecto es considerado como una inversión estratégica. Fue aprobado a pesar de tener un alto grado de riesgo y un valor presente neto negativo, en contraste con otros proyectos que aparentemente eran más rentables. Sin embargo, para la empresa representaba una gran oportunidad en el actual contexto de globalización y diversificación de mercados.

3.1. Descripción de la empresa

3.1.1. Actividad principal

Autopartes de México (Automex) se constituyó el 28 de agosto de 1973 como sociedad anónima de capital variable bajo la denominación de Autopartes de México S.A. de C.V. y es uno de los más importantes productores independientes en México. Automex elabora y comercializa treinta y seis líneas de productos y componentes automotrices tales como transmisiones manuales, flechas de velocidad constante, cajas *pick-up*, pistones y pernos, ejes de tracción delantera y trasera, engranes, flechas cardán, juntas, sellos, punterías, rines de acero y rines de aluminio.

Tanto en el mercado para la industria terminal como en las refacciones, son altamente competitivos en cuanto a precio y calidad. La empresa compite con numerosos productores nacionales y extranjeros de autopartes. Continuamente tiene que mantener una ventaja competitiva sobre otros productores en cuanto a productividad y calidad de los productos.

El siguiente cuadro muestra información respecto a las ventas de autopartes de la compañía, tanto en el mercado nacional como de exportación. Aproximadamente el 91,5% de sus exportaciones de autopartes tienen como destino a los Estados Unidos de América y Canadá.

En 2003, Automex consolidó su posición como proveedor de autopartes de primer nivel, mediante su enfoque a la eficiencia en la

Cuadro 6. Ventas netas por año al 31 de diciembre (en dólares)

Ventas netas por los años terminados al 31 de diciembre de:			
	2001	2002	2003
Norte América	9.181.815	9.126.647	7.228.481
Asia	552.032	638.135	669.768
Europa	377.261	399.754	604.593
México	15.887.026	13.744.719	11.285.969
Resto del mundo	447.115	562.200	850.288
Total	26.445.249	24.471.455	20.639.099

Fuente: Automex, Reporte anual 2003.

producción, tecnología altamente competitiva y calidad total. Las ventas netas de Automex en 2003 presentaron un decremento respecto del año anterior al pasar de U\$ 24.471.455 en 2002 a U\$ 20.639.099 lo que representó una baja de 15,66%. Esto fue debido a diversos factores macroeconómicos tales como la desaceleración económica en Estados Unidos de América y México, la apreciación del peso contra el dólar y la baja demanda del mercado automotriz en algunos clientes de la región del tratado de libre comercio con América del Norte. Además, en el tercer trimestre de 2003 Daimler-Chrysler cerró su planta ubicada en Lago Alberto, en la Ciudad de México, a la que surtía principalmente cajas *pick-up*, ejes y flechas cardán.

La información de las ventas posteriores a la implementación del proyecto Brasil se muestran en el cuadro 7.

Como se observa en el cuadro 6, las ventas a Norteamérica siguen una tendencia descendente como consecuencia de la entrada de otros fabricantes de autopartes en este mercado. En el caso de las ventas hacia Asia y Europa, la estructura de las ventas se mantiene estable. En México y Brasil, realizando un comparativo, se observa que aun cuando las estimaciones de ventas del proyecto Brasil no se acercan a las previsiones iniciales en el 2004, cuando se puso en marcha el proyecto, las ventas en este país representaron casi el 30% del total de ventas y se observa una tendencia ascendente hasta el año 2007 en que llega a representar poco

Cuadro 7. Ventas netas por año al 31 de diciembre (en dólares)

	Ventas netas por los años terminados al 31 de diciembre de							
	2004	%	2005	%	2006	%	2007	%
Norte América	8.865.323	26,82	9.391.334	24,73	8.113.966	18,80	7.228.481	17,05
Asia	678.991	2,05	581.293	1,53	728.301	1,69	669.768	1,58
Europa	962.677	1,70	710.615	1,87	729.075	1,69	604.593	1,43
México	12.441.346	37,64	13.121.009	34,56	13.445.028	31,16	11.285.969	26,62
Brasil	9.889.234	29,92	13.454.322	35,43	19.445.980	45,06	21.887.990	51,62
Resto del mundo	619.901	1,88	711.902	1,87	689.331	1,60	723.390	1,71
Total	33.057.472	100,00	37.970.475	100,00	43.151.681	100,00	424.001.910	100,00

Fuente: Automex, Reporte anual 2003

más de 50% de las ventas de la compañía. Una de las estrategias que le permite a Automex mejorar su posición de mercado en Brasil en estos años es un marcado énfasis en la calidad.

Automex ha recibido numerosas distinciones de calidad de parte del gobierno mexicano, de clientes y de socios. Las principales materias primas para las autopartes producidas por Automex consisten en hierro fundido, hoja y barras de acero y aluminio. La compañía considera que los mercados para dichos insumos son altamente competitivos no habiendo enfrentado problemas para obtener su suministro. La compañía considera asimismo que seguirá existiendo un gran número de productores de hierro, acero y aluminio, y por lo tanto un suministro adecuado de los materiales en el futuro cercano. Frecuentemente, la compañía colabora de manera cercana con dichos proveedores para garantizar que las materias primas adquiridas cumplan con la calidad y especificaciones requeridas.

3.2. El proyecto en Brasil

En 2004, la empresa decide incursionar en el mercado brasileño con su propia planta, debido a la tendencia decreciente de sus ventas y para poder participar en el suministro de partes de las ensambladoras de ese país. Con ese objetivo se constituye una sociedad que será encargada de la fabricación, venta y comercialización de autopartes. La inversión directa realizada en Brasil es planteada por la dirección de análisis económico y financiero de la empresa como una inversión de carácter estratégico ya que con dicha inversión la empresa incrementa su dimensión internacional y, por tanto, también el número de países desde los que es capaz de servir simultáneamente un mismo componente a las distintas cadenas de montaje en el mundo.

Con relación al mercado de automóviles brasileño, el informe elaborado por la dirección de análisis de la empresa destaca el rápido crecimiento experimentado por la industria del automóvil brasileña durante los últimos años hasta convertirse en uno de los diez primeros fabricantes mundiales de vehículos.⁶ Las buenas previsiones sobre el futuro de la industria del automóvil en Brasil vienen avaladas por la relativa estabilidad económica; aunque en la parte social, como en la mayoría

de países latinoamericanos, existe una gran desigualdad en el ingreso de su población y elevados índices de desempleo que no se han podido controlar, entre otros problemas.

3.2.1. Estructura económica y financiera del proyecto

Durante la etapa de evaluación del proyecto el departamento comercial de la empresa consigue la confirmación de algunos contratos con ensambladoras instaladas en Brasil. El proyecto comprende la adquisición de un terreno de 90.000 metros cuadrados en el municipio de Cacapava, estado de Sao Paulo, con una nave de 11.870 metros cuadrados y con la maquinaria y equipo necesarios para la producción de los citados componentes. Así mismo se contrata la realización de las obras de adaptación y acondicionamiento del edificio y los gastos precisos para su constitución y puesta en funcionamiento. La inversión inicial prevista (en dólares) se detalla en el siguiente cuadro:

Cuadro 8. Inversión Inicial prevista

Concepto	Dólares
Gastos de instalación	2.105.263,00
Terreno	2.177.895,00
Construcciones	2.281.474,00
Instalaciones técnicas	8.672.632,00
Maquinaria	3.030.526,00
Equipo	5.050.526,00
Otras instalaciones	1.820.000,00
Equipo informático	210.526,00
Otro activo fijo	3.370.526,00
Total activo fijo	26.614.105,00
Capital de trabajo	4.824.435,00
Total de inversión	33.543.803,00

Fuente: Cálculos propios

Del total de la inversión, el 73,33% será financiado por un banco brasileño a través de un préstamo a seis años por un importe de US\$ 24.596.435 y con interés nominal igual a la tasa anual de referencia a largo plazo incrementada en 4 puntos porcentuales, siendo el resto de la

inversión inicial cubierta por los propios socios mediante aportaciones en efectivo y activos (ver cuadro 9).

Cuadro 9. Financiamiento de la inversión

Concepto	Porcentaje	Montos (dólares)
Préstamo bancario largo plazo	73,33	24.596.435,00
Recursos propios	26,67	8.947.368,00
Total de recursos de largo plazo	100,00	33.543.803,00

Fuente: Cálculos propios

El estado de resultados proyectado para el proyecto en este periodo se resume en el cuadro 10. Las ventas son estimadas a partir de los precios pactados con los clientes y la producción de automóviles prevista para los cinco próximos años. El costo de los materiales comprende todas las compras de materias primas requeridas en la producción futura, según los costos previstos para cada uno de los componentes.

Cuadro 10. Estado de resultados proyectado (dólares)

Estado de resultados proyectados					
	2004	2005	2006	2007	2008
Ventas	25.849.050	51.151.592	51.151.592	51.151.592	51.151.592
Otros Ingresos	271.139	527.061	527.061	527.061	527.061
Total ingresos	26.121.189	51.678.653	51.678.653	51.678.653	51.678.653
Costos de materiales	14.658.020	27.831.570	27.831.570	27.831.570	27.831.570
Costos laborales	2.704.840	3.213.199	3.213.199	3.213.199	3.213.199
Impuestos FIS PIS	686.292	1.358.075	1.358.075	1.358.075	1.358.075
Amortizaciones	3.200.773	4.173.240	4.173.240	4.173.240	4.173.240
Otros gastos de fabricación	633.664	1.042.462	1.042.462	1.042.462	1.042.462
Gastos financieros	3.673.190	5.041.153	4.032.923	3.024.692	2.016.461
Gastos generales	3.837.247	4.596.323	4.596.323	4.596.323	4.596.323
Total de Gastos	29.394.026	47.256.022	46.247.792	45.239.561	44.231.330
Utilidad antes de impuestos	-3.272.837	4.422.631	5.430.861	6.439.092	7.447.323
Impuestos	0	1.554.741	1.849.791	3.139.057	3.630.570
Resultado neto	-3.272.837	2.867.890	3.581.070	3.300.035	3.816.753

Fuente: Cálculos propios

A partir del estado de resultados proyectado se estimaron los flujos netos de efectivo del proyecto de inversión.

Para simplificar los cálculos se supone en principio que tanto los ingresos como los gastos son realizados en el mismo ejercicio en que se devengaron.

Cuadro 11. Determinación de los flujos de efectivo del proyecto (dólares)

Flujos de Efectivo Proyectados					
	2004	2005	2006	2007	2008
Ingresos por ventas	28.107.705	60.481.249	65.766.018	71.512.564	77.761.234
Otros Ingresos	304.796	1.064.145	740.483	829.341	928.862
Total ingresos	28.412.501	61.545.394	66.506.501	72.341.905	78.690.096
Pagos por compras de materiales	14.810.773	28.651.696	33.266.542	38.779.270	44.470.998
Pagos por costos laborales	3.029.421	4.030.637	4.514.313	5.056.031	5.662.755
Pagos por otros gastos de fabricación	709.704	1.307.664	1.464.584	1.640.334	1.837.174
Pagos por gastos generales	4.297.717	5.765.628	6.457.503	7.232.403	8.100.292
Pagos por impuestos	746.260	3.009.095	3.299.129	4.591.136	4.885.664
Total de egresos	23.593.875	42.764.720	49.002.071	57.299.174	64.956.883
Flujo de tesorería (en dólares)	4.818.626	18.780.674	17.504.430	15.042.731	13.733.213

Fuente: Automex, Reporte anual 2003.

3.2.2. Estimación de la tasa de descuento

Para el cálculo del valor presente neto se utiliza una tasa de descuento cuya metodología de cálculo se expone a continuación. Esta metodología es recomendada por Godfrey y Espinosa (1996). Conscientes de las dificultades que implica la estimación adecuada del costo de capital de toda inversión en general y de las inversiones en los mercados en vías de desarrollo en particular, estos autores sugieren calcular esta tasa como la suma de la tasa de interés libre de riesgo más una prima por el riesgo país.⁷

$$K = Rf + (Rb - Rusa)$$

K = Tasa de descuento del proyecto de inversión realizado en Brasil.

Rf = Tasa libre de riesgo en Brasil

Rb = Rentabilidad de los bonos de Brasil a largo plazo

$Rusa$ = Rentabilidad de los bonos de EUA a largo plazo

Para la tasa libre de riesgo se considera la tasa del sistema especial de liquidación y custodia (SELIC) promedio para 2003 más el diferencial de bonos soberanos promedio de 2003, ambos publicados en un estudio de la Comisión económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2003).

Cuadro 12. Cálculo de la tasa de descuento

Tasa libre de riesgo (SELIC)	
Promedio	23.46%
Riesgo País	
Bonos Brasil L.P.- T BILL L.P.	
Diferencial de bonos soberanos	
Promedio	7.46%
Tasa de descuento	30.92%

Fuente: Cálculos propios

3.2.3. Valor presente neto estático o convencional

El VPN del proyecto es obtenido siguiendo la metodología convencional propuesta en la literatura financiera especializada, es decir como la diferencia entre valor de los flujos de tesorería a futuro actualizados a una tasa de descuento adecuado a su riesgo⁸ y el valor de la inversión inicial.

Cuadro 13. Estimación del VPN del proyecto (dólares)

Valor Presente Neto (VPN)	
Valor presente de los flujos de efectivo	\$31,129,406.4
Inversión inicial	\$33,543,803.0
Valor presente neto	\$-2,414,396.6

Fuente: Cálculos propios.

Como se puede observar, el valor presente neto del proyecto es negativo. De acuerdo con la regla de decisión convencional del VPN, el proyecto debió ser rechazado porque su implementación destruye valor para los

dueños en lugar de generarlo. Sin embargo, el análisis que realizó el equipo directivo de Automex denota que la decisión de rechazar el proyecto no fue aprobada aun cuando el resultado era negativo. La decisión se fundamentó en la comprensión de que existen otras fuentes de valor relacionados con los acontecimientos futuros y con la flexibilidad que posee el administrador para cambiar el rumbo del proyecto mientras está en marcha; es decir, *opciones reales* inmersas en el proyecto que el VPN es incapaz de valorar adecuadamente.

3.2.4. Valoración de las opciones reales: hallazgos

El conjunto de derechos de decisión que la empresa posee sobre el proyecto se estudiaron mediante los conceptos y herramientas analíticas que ofrecen las opciones reales. Para ello se formula un modelo de valoración que permite aproximar el valor de la gestión futura del proyecto tomando en consideración la volatilidad de los flujos de caja que genera.

3.3. Aplicación del modelo de opciones reales a través del modelo de valoración de opciones de Black y Scholes al proyecto Brasil

Si se analiza la inversión en Brasil empleando el modelo de opciones reales a través de la aplicación de la fórmula de Black y Scholes, estableciendo una analogía entre los elementos del proyecto y los elementos que se necesitan para calcular la prima de la opción *Call* (que sería en este caso el valor de la opción que se encuentra implícita en el proyecto) se tiene:

Cuadro 14. Aplicación del modelo

Elementos del modelo de Black y Scholes	Dólares	Elementos de los proyectos de inversión
(S) A = Precio del activo subyacente	33.543.803	Inversión inicial
E = Precio de ejercicio de la opción	31.129.406	Flujos de efectivo descontados
Rf = Tasa libre de riesgo	23,46%	Tasa sin riesgo en Brasil (SELIC)
T = Tiempo expresado en años	1	Tiempo hasta el que es posible ejercer la opción
(S2) σ = Volatilidad	39,29%	Volatilidad de los flujos de efectivo esperados

Fuente: Cálculos propios.

La volatilidad de los flujos de efectivo fue estimada como su desviación estándar. De este modo se tiene la siguiente fórmula:

$$CALL = A N(d_1) - E e^{-rT} N(d_2)$$

$$d_1 = \frac{\ln(A/E) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

Sustituyendo, los resultados obtenidos son:

$$d_1 = 98,37\%$$

$$d_2 = 59,08\%$$

Con este dato se calculan $N(d_1)$ y $N(d_2)$ como sigue:

$N(d_1) = N(98,37\%)$ que corresponde en la distribución normal a una probabilidad de 0,837358778

$N(d_2) = N(59,08\%)$ que corresponde en la distribución normal a una probabilidad de 0,722671364

Sustituyendo en la fórmula general se tiene:

$$CALL = AN(d_1) - E e^{-rT} N(d_2)$$

$$CALL = 10.295.693,69$$

El valor del proyecto con este método sería 10.295.693,69 dólares y en consecuencia el proyecto debe realizarse.

3.3.1. Valoración con el Modelo Binomial

Siguiendo el modelo de Cox *et al.* (1979) se calculan los movimientos hacia arriba o hacia abajo con el fin de construir el árbol binomial; así se tiene (con datos del cuadro 8):

$$u = e^{\partial\sqrt{t}} = 1.1323$$

$$d = e^{-\partial\sqrt{t}} = 0.8832$$

Con estos datos se construye el árbol binomial que se muestra en la figura 1. Resolviendo con los datos del cuadro 8, la opción de compra con el modelo binomial sería de 4.815.774 dólares, el cual se podría considerar como un valor positivo del proyecto analizado y que resulta mucho menor al obtenido por el modelo Black y Scholes; esto podría deberse a que este modelo estaría siendo poco adecuado con este tipo de datos ya que Rubinstein (2004) ha mencionado que el modelo Black y Scholes tiene problemas pues considera que la volatilidad es

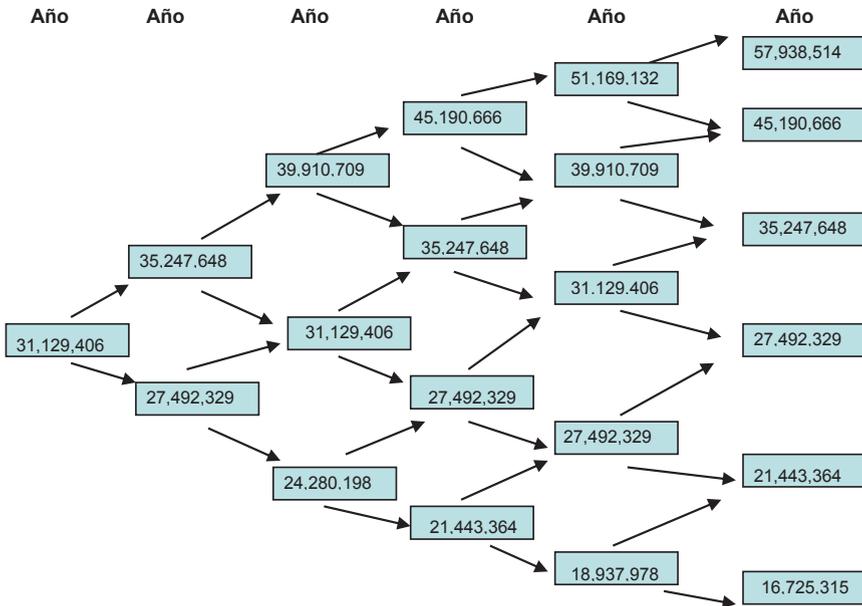


Figura 1. Árbol Binomial

estable y por el uso de precios históricos en su estimación. De otro lado investigaciones antecedentes también han demostrado que este modelo sobrevalúa el valor debido a que considera que los datos siguen una distribución normal (Simons, 1997); asimismo su aplicación solo es útil cuando la empresa tiene un apalancamiento elevado (Damodarán, 1994). A pesar de los inconvenientes que presenta ha sido utilizado en este trabajo con el fin de demostrar su aplicación.

3.3.2. La opción de abandono

Además, Automex estudió la posibilidad de abandonar, en cualquier momento de la vida útil del proyecto, la totalidad o parte de la inversión acumulada. Se trata de un derecho inalienable, implícito en los acuerdos comerciales entre proveedor-cliente que limita las pérdidas potenciales del compromiso efectuado por cada uno de ellos y, por tanto, también el correspondiente riesgo asumido. Para tal efecto, se toma como precio de ejercicio de la opción la suma del valor de mercado de los terrenos,

el valor de mercado de las construcciones y el valor contable del resto de activos fijos pendientes de amortizar. Dicho valor de mercado es estimado suponiendo que el precio inicial de adquisición de los activos se incrementa a una tasa anual de 12% y asciende a U\$ 17.003.669 según sus estimaciones.

Con base en la información del flujo de efectivo del proyecto se puede determinar cuánto vale abandonarlo en cualquiera de los años contenidos en su vida simplemente calculando el valor presente, en ese punto del tiempo, de los flujos de efectivo proyectados que se esperaban recibir. Los cálculos se muestran a continuación:

- *Abandonar al final del año 1*

Si se decide abandonar el proyecto al final del año 1 se tendría un valor presente de los flujos faltantes⁹ igual a:

$$VP = \frac{18,780,67}{(1+0.3092)^1} + \frac{17,504,430}{(1+0.3092)^2} + \frac{15,042,731}{(1+0.3092)^3} + \frac{13,733,213}{(1+0.3092)^4}$$

$$VP = \$35,935,993$$

Cuadro 15. Opción de abandono (dólares)

Año	Valor Presente ¹⁰
Abandonar al final del año 1	35.935.993
Abandonar al final del año 2	28.266.728
Abandonar al final del año 3	19.502.371
Abandonar al final del año 4	10.489.774

Fuente: Cálculos propios

Con base en la información anterior para cada punto en el tiempo y si la tasa libre de riesgo (r) es del 23,46% efectivo anual, el precio de ejercicio (E) es de \$ 17.003.669 y se tiene una volatilidad del 39,29% se puede valorar la opción de abandonar en cualquiera de los años de la vida del proyecto, utilizando el modelo de Black y Scholes para opciones de venta o *put*. El precio de ejercicio es el valor que se considera que se recibirá en caso de abandonar el proyecto y el precio del activo subyacente (A) es igual al valor presente de los flujos faltantes en cada año de abandono:

$$PUT = Ee^{-rT} N(-d_2) - AN(-d_1)$$

$$N(-d_1) = 1 - (Nd_1)$$

$$N(-d_2) = 1 - (Nd_2)$$

Los resultados para cada año se encuentran en el siguiente cuadro:

Cuadro 16. Abandono del proyecto como opción real (dólares)

Concepto	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
E	17.003.669	17.003.669	17.003.669	17.003.669
A	35.935.993	28.266.729	19.502.372	10.489.774
R	23,46%	23,46%	23,46%	23,46%
T	4	3	2	1
Volatilidad	39,29%	39,29%	39,29%	39,29%
PUT	63.997,56	148.679,29	541.033,69	3.687.880

Fuente: Cálculos propios.

- *Valor de la opción al final del año 5*

El valor de la opción al final del año 5 es igual al precio de ejercicio:

$$E = 17.003.669$$

Una vez obtenidos los valores de las *put* en cada uno de los puntos del tiempo se suman sus valores. El valor del proyecto sería igual al valor presente neto descontados a la tasa de descuento más el valor de las opciones descontadas a la tasa libre de riesgo:

$$\text{Valor de la opción de venta } \$ 4.441.590,54$$

Bajo estas condiciones, la opción de abandono sería viable; esto permite definir que en general las opciones van a ser útiles cuando los proyectos tengan mucha volatilidad, es decir incertidumbre, puesto que para estos casos arrojan resultados positivos.

- *Cálculo de la opción de abandono aplicando el modelo Binomial*

Aplicando el modelo Binomial con los datos del cuadro 15, se tienen los siguientes valores:

$$\text{Año 1} = 22.840 \quad \text{Año 2} = 62.306 \quad \text{Año 3} = 333.070 \quad \text{Año 4} = 3.169.233$$

$$\text{Sumando se obtiene: } \$3.587.457$$

La opción de abandono resulta viable aunque el valor resulta menor que con el modelo de Black y Scholes; esto puede ocurrir porque

muchos autores han señalado que Black y Scholes tiende a sobrevaluar las opciones (Saavedra, 2002).

Así también, existen otros estudios empíricos de aplicación de opciones reales utilizando otros métodos para su valoración como el de Alonso *et al.* (2005), quienes aplican el método de simulación de Montecarlo con el fin de incorporar discontinuidades en el proceso de valoración; de igual manera, Azofra *et al.* (2004) aplican un modelo binomial ajustando la variable de estado para reflejar el factor de riesgo más relevante de la empresa.

4. Conclusiones

El proyecto elegido como objeto de la investigación posee la característica de que a pesar de que el VPN resultó negativo, los directivos de la empresa deciden emprenderlo debido a su carácter estratégico. Este proyecto consiste en la inversión directa en Brasil a través del desarrollo de una planta productiva destinada a la fabricación de varios de los componentes de automóviles. El presente trabajo analiza las posibilidades de realizar esta inversión como consecuencia de la existencia de opciones reales de valor presente superior al importe negativo del valor presente neto calculado de manera tradicional.

Los resultados obtenidos en la investigación demuestran que el valor de la gestión estratégica de las inversiones empresariales influye de manera significativa en el valor total del proyecto de inversión. Por otro lado, también se puede afirmar que el efecto contingente de los proyectos de inversión, traducidos en la volatilidad de los flujos de efectivo del proyecto, son mejor valorados por el modelo de opciones ya que, a diferencia del VPN, el primero sí los tienen en cuenta en su valoración. En este trabajo se consideró que el Modelo de Black y Scholes tiene limitaciones al ser utilizado para la evaluación de proyectos de inversión y por lo tanto se utilizó también el método binomial, considerado este último como el más adecuado para valorar las opciones cuando los datos son flujos de efectivo.

El enfoque de opciones no está, empero, exento de inconvenientes. Entre estos se destaca, primero, la mayor complejidad de los modelos matemático-estadísticos de los que se sirve el enfoque para la valoración de las mencionadas opciones reales (de la Fuente, 2003) y, segundo, la relativamente escasa evidencia empírica que de modo fehaciente corrobore la efectiva capacidad de los modelos de opciones para superar las limitaciones de los métodos tradicionales de valoración (López, 2001). Haciendo suyo el objetivo de incrementar el número de pruebas empíricas de la eficiencia del enfoque en el análisis de la inversión empresarial, el presente trabajo de investigación parte del hecho de que la aceptación de un proyecto de inversión con VPN negativo implica la existencia de opciones reales de valor presente mayor que el importe negativo del mencionado VPN estático. Al cierre del presente trabajo de investigación se espera haber contribuido a incrementar la evidencia empírica sobre la relevancia de las opciones reales en la inversión empresarial.

5. Notas

- 1 Las técnicas tradicionales de evaluación de proyectos son el Período de Recuperación (PR), la Tasa Interna de Rendimiento (TIR) y el Valor Presente Neto (VPN); para una información detallada acerca de estas técnicas consultar: Baca (1998), Bradley (1998), Finnerty (1998), Gallardo (1998), Hernández (1998), Ross (2000), Sapag (1995), Van Horne (1993), Weston 1994, Infante (1991).
- 2 La caracterización del entorno mexicano radica en la volatilidad e inestabilidad para predecir el comportamiento de las variables macroeconómicas que se encuentran sujetas a cambios en el entorno político y social tanto nacional como internacional.
- 3 Una explicación más amplia de estos supuestos podrá encontrarse en Saavedra (2003).
- 4 Para mayor información acerca de los detalles de esta investigación ver Saavedra (2003).
- 5 Para ver la aplicación del modelo de opciones a la evaluación de inversiones de largo plazo, también véase: Esty (199), Leslie (1997), Luehrman (1998a, 1998b), Mascareñas 2000 y Merton y Masson (1995).

- 6 El anuario estadístico de ANFAVEA (Asociación Nacional de Fabricantes de Vehículos Automotores), publicado en 2001 y los datos que se publican allí, confirman estas previsiones, así como el anuario estadístico de ANFAVEA, publicado en 2009, donde se observa que conserva este lugar.
- 7 La prima del riesgo país es calculada a partir de la diferencia entre la rentabilidad de la deuda emitida por el gobierno brasileño, en los mercados de bonos estadounidenses, eurobonos o bonos Brady y la rentabilidad de los bonos comparables del tesoro estadounidense.
- 8 Que se calculó en el apartado anterior.
- 9 Datos tomados del cuadro 5.
- 10 Para calcular la opción de abandonar de los años 2, 3 y 4 se tomaron en cuenta solo los flujos de efectivo que se dejaron de recibir por ejercer la opción de abandono.

6. Referencias

- Aguado, S. y A. Garrido (2008). “Evaluación de un seguro agrario mediante opciones reales.” *Revista de Economía Aplicada*. XVI, 47, pp. 51-76.
- Alonso, S.; V. Azofra y H. G. de la Fuente (2005). “La valoración de opciones reales dependientes de procesos discontinuos. Aplicación a un caso en la industria de componentes del automóvil.” *Documentos de Trabajo: Nuevas Tendencias en Dirección de Empresas*, 14/05.
- Asociación Nacional de Fabricantes de Vehículos Automotores (2001). *Anuario estadístico*. Brasil.
- Asociación Nacional de Fabricantes de Vehículos Automotores (2009). *Anuario estadístico*. Brasil.
- Azofra, V.; H. G. de la Fuente y J. Fortuna (2004). “Las opciones reales en la industria de componentes del automóvil: Una aplicación a la valoración de una inversión directa en el exterior.” *Cuadernos de Economía y Dirección de Empresas*, 18, pp. 97-120.
- Baca, G. (1998). *Evaluación de proyectos*. Tercera Edición. Ciudad de México: McGraw Hill Interamericana.
- Bernardo, A. and B. Chowdhry (2002). “Resources, real options, and corporate strategy.” *Journal of Financial Economics*, 63, 1, pp. 211-234.

- Blanco, G.; R. Pringles; F. Olsina y F. Garcés (2009). "Evaluación de un enfoque mixto mercante-regulado para expansión en la red de transporte vía opciones reales." En las memorias de ERIAC, *Décimo tercer encuentro Regional Iberoamericano de CIGRÉ. Puerto de Iguazú, Argentina*.
- Brealey, R. y M. Stewart (1998). *Principios de finanzas corporativas*. Quinta Edición. Madrid: McGraw Hill Interamericana de España.
- Brennan, M. and E. Schwartz (1985). "Evaluating natural resource investment." *Journal of Business*, 58, 2, pp. 135-157.
- Brennan and Trigeorgis (eds.) (2000). *Project flexibility, agency, and competition: New developments in the theory and application of real options*. New York: Oxford University Press.
- Centro de Estudios de las Finanzas Públicas (2009). "Situación actual del sector automotor en México 2008-2009/1". México D. F.: Cámara de Diputados. H. Congreso de la Unión.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (2003). *Estudio económico de América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile: CEPAL.
- Concha, A.; A. Andalaft y O. Farias (2009). "Gasificación de carbón para generación de energía eléctrica: Análisis con valoración de opciones reales." *Ingeniare* (Revista Chilena de Ingeniería), 17, 3, pp. 347-359.
- Copeland, T. (1998). "Making real options real." *USA: The McKinsey Quarterly*, 3, pp. 128-141.
- Cortazar, G. and E. Schwartz (1993). "A compound option model of production and intermediate inventories." *The Journal of Business*, 66, 4, pp. 517-540.
- Cortazar, G. and E. Schwartz (1997). "Implementing a real option model for valuing an undeveloped oil field." *International Transactions in Operational Research*, 4, 2, pp. 125-137.
- Cortazar, G. and J. Casassus (2000). "A compound option model for evaluating multi-stage natural resource investments," pp. 205-223, in Brennan and Trigeorgis (Eds.) (2000).
- Cox, J.; S. Ross, and M. Rubinsteins (1979). "Option pricing: A simplified approach." *Journal of Financial Economics*, 7, 3, pp. 229-263.
- Cruz, S.; F. Venegas y A. Sánchez (2009). "Un modelo de optimización estocástica para la valuación de una franquicia: un enfoque de opciones reales." *Análisis Económico*, XXIV, 57, pp. 7-29.

- Damodaran, A. (1994). *Damodaran on valuation. Security analysis for investment and corporate finance*. John Wiley & Sons, Inc.
- de la Fuente Herrero, G. (2003). *Las opciones reales en la estrategia empresarial: Caso de Grupo Antolín*. Departamento de Economía Financiera y Contabilidad. Valladolid: Universidad de Valladolid.
- Esty, B. (1999). "Improved techniques for valuing large-scale projects." *Journal of Project Finance*, 5, pp. 19-28.
- FCA UNAM; Price Waterhouse Coopers, and IMEF (2002). *Valuación de empresas y creación de valor*. México.
- Finnerty, J. (1998). *Financiamiento de proyectos. Técnicas modernas de ingeniería económica*. Ciudad de México: Prentice Hall Hispanoamericana.
- Gallardo, J. (1998). *Formulación y evaluación de proyectos de inversión*. Ciudad de México: McGraw Hill Interamericana.
- Godfrey, S. and R. Espinosa (1996). "A practical approach to calculating costs of equity for investments in emerging markets." *Journal of Applied Corporate Finance*, 9, pp. 80-89.
- Graham, J. and C. Harvey (2001). "The theory and practice of corporate finance: Evidence from the field." *Journal of Financial Economics*, 60, pp. 187-243.
- Hernández, A. y A. Hernández (1998). *Formulación y evaluación de proyectos de inversión*. Segunda Edición. México: ECAFSA.
- Infante, A. (1991). *Evaluación financiera de proyectos de inversión*. Séptima Reimpresión. Bogotá: Editorial Norma.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (2005). *Censos económicos 2004*. México: INEGI.
- Leslie, K. and M. Michaels (1997). "The real power of real options." *London: The McKinsey Quarterly*, 3, pp. 97-108.
- López, F. (2001). "Trampas en la valoración de negocios." *Harvard Deusto Business Review*, (marzo-abril, 2001), pp. 23-34.
- Luehrman, T. (1998a). "Strategy as a portafolio of real options." *Harvard Business Review*, (September-October, 1998), pp. 89-99.
- Luehrman, T. (1998b). "Investment opportunities as real options: Getting started on the numbers". *Harvard Business Review*, (June-August, 1998), pp. 51-67.

- Majd, S. and R. Pindyck (1987). "Time to build, option value, and investment decisions." *Journal of Financial Economics*, 18 (1), pp. 7-27.
- Mascareñas, J. (1998). *Las decisiones de inversión como opciones reales. Un enfoque conceptual*. Documentos de trabajo de la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. Madrid: UCM.
- Mascareñas, J. (2000). *Fusiones y adquisiciones de empresas*. Madrid: McGraw Hill.
- McDonald, R. and D. Siegel (1986). "The value of waiting to invest." *Quarterly Journal of Economics*, 101, 4, pp. 707-727.
- Merton, R. and S. Masson (1995). *Cases in financial engineering*. Mc Graw Hill.
- Otero, S.; A. Andalaft y E. Vásquez (2008). "El método de diferencias finitas en evaluación de opciones reales." *Ingeniare* (Revista Chilena de Ingeniería), 16, 1, pp. 232-243.
- Paddock, J.; D. Siegel and J. Smith (1988). "Option valuation of claims on physical assets: The case of offshore petroleum leases." *Quarterly Journal of Economics*, 103, 3, pp. 479-508.
- Pardo, L.; J. Rodríguez y M. Rodríguez (2004). "Opciones reales en la valoración de proyectos de inversión de la industria acuícola." En las memorias de la XVIII, reunión anual de ASPELT, León, España.
- Pringles, R.; F. Olsina y F. Garcés (2007). "Evaluación de inversiones en transmisión aplicando opciones reales". En las memorias de: XII Encuentro regional Iberoamericano de CIGRÉ, Foz de Iguazú Pr. Brasil.
- Rayo, S.; A. Cortés y J. Sáez (2007). "Valoración empírica de las opciones de crecimiento. El caso de la gran empresa española." *Revista Europea de Dirección y Economía de la Empresa*, 16, 2, pp. 147-166.
- Rubinstein, M. (2004). "Implied binomial trees." *Journal of Finance*, 49, 3, pp. 771-818.
- Ross, S.; W. Randolph y J. Jaffe (2000). *Finanzas corporativas*. Quinta Edición. México: Mc Graw Hill Interamericana.
- Saavedra, M. (2002). *Valuación de empresas: Enfoques teóricos y metodológicos y aplicación de los modelos Black y Scholes, flujo de efectivo y valor económico agregado en México: 1991-2000*. Tesis doctoral en administración. Facultad de Ciencias Administrativas-Universidad Autónoma de México, Ciudad de México.

- Saavedra, M. y M. Saavedra (2003). *Un modelo contingente de evaluación financiera de proyectos de inversión*. México: Memorias del VIII Foro de Investigación. Congreso Internacional de Contaduría e Informática, UNAM-FCA.
- Salazar, L. (2008). “Valoración de un proyecto de inversión a través de opciones reales para una empresa colombiana del sector de telecomunicaciones.” *Revista Soluciones de Postgrado ELA*, 1, pp. 61-74.
- Sapag, N. y R. Chain (1995). *Preparación y evaluación de proyectos*. Tercera edición. Bogotá: McGraw Interamericana.
- Schwartz, E. and M. Monn (2000). “Evaluation of research and development investments”, pp. 85-106, in Brennan M. and Trigeorgis L. (eds.) (2000).
- Simons, K. (1997). “Model error.” *New England Economic Review*, (November-December, 1997), pp. 17-29.
- Slade, M. (2001). “Valuing managerial flexibility: An application of real-option theory to mining investments.” *Journal of Environmental Economics and Management*, 41, pp. 193-233.
- Toscano, D. y J. García (2007). “Utilización del enfoque de las opciones reales en la valoración de la transformación de una finca en cítricos.” *Revista Europea de Dirección y Economía de la Empresa*, 16, 2, pp. 129-145.
- Trigeorgis, L. and S. Mason (1987). “Valuing managerial flexibility.” *Midland Corporate Finance Journal*, 5, 1, pp. 14-21.
- Van Horne, J. (1993). *Administración financiera*. Novena Edición. México: Prentice Hall Hispanoamericana.
- Weston, F. y B. Eugene (1994). *Fundamentos de administración financiera*. Décima Edición. Traducción de Jaime Gómez Mont. México: McGraw Hill Interamericana.