

Esandi, Juan Ignacio; Milanesi, Gastón S.; Pesce, Gabriela

ANÁLISIS DE ESCENARIOS Y OPCIONES REALES: UN CASO DE APLICACIÓN PARA EMPRESAS DE BASE TECNOLÓGICA

XXXII Jornadas Nacionales de Administración
Financiera

Septiembre 2012

Esandi, J.I., Milanesi, G.S., Pesce, Gabriela (2012). Análisis de escenarios y opciones reales: un caso de aplicación para empresas de base tecnológica. XXXII Jornadas Nacionales de Administración Financiera. Córdoba, Argentina. En RIDCA. Disponible en: <http://repositoriodigital.uns.edu.ar/handle/123456789/4318>



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons
Atribución-NoComercial-CompartirIgual 2.5 Argentina
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/ar/>



DOCENTES DE ADMINISTRACIÓN FINANCIERA

XXXII Jornadas Nacionales de Administración Financiera
Septiembre 2012

ANÁLISIS DE ESCENARIOS Y OPCIONES REALES

Un caso de aplicación para empresas de base tecnológica

Juan Ignacio Esandi

Universidad Nacional del Sur

Gastón Milanesi

Universidad Nacional del Sur

Gabriela Pesce

Universidad Nacional del Sur

CONICET

SUMARIO: 1. Introducción; 2. Revisión de antecedentes; 3. Escenarios y opciones reales: Planteo formal del modelo; 4. Un caso de aplicación de escenarios y opciones reales en valuación de proyectos. Propuesta para la definición de parámetros a partir de escenarios; 5. Conclusiones.

Para comentarios: juan@creebba.org.ar

Resumen

El presente trabajo estudia cómo articular el análisis de escenarios con los modelos de valoración de opciones reales, y qué implicancias puede tener en el proceso de valuación el planteo de hipótesis sobre probabilidad de ocurrencia de cada factor de riesgo. La originalidad surge de incorporar una variante en el enfoque *MAD* de las opciones reales, ya que la volatilidad estimada para la valuación de la flexibilidad estratégica surge del estudio y propuesta de los escenarios realizados por el agente, dando una alternativa de volatilidad “a medida” en los casos donde no se puede suponer réplicas del pasado en las variables de interés ni existen activos gemelos en el mercado para inferir su riesgo. El modelo se presenta formalmente y luego se desarrolla en extenso para un caso de estudio sobre una empresa *start-up* de base tecnológica. Los resultados indican que el enfoque de opciones reales permite capturar la flexibilidad estratégica para empresas de este tipo, solucionando la problemática de la estimación de la volatilidad a partir de su inferencia mediante un método ordenado y estructurado de análisis de escenarios.

1. Introducción

El siguiente análisis surge a partir de considerar el problema de valuación de *start-ups*, en modo particular, en sectores con elevado ritmo de progreso tecnológico. Por definición, éstas son empresas sin historia, dado que se encuentran en su primera fase del ciclo de vida. Usualmente están caracterizadas por un alto rendimiento potencial pero gran incertidumbre en la ocurrencia de sus flujos de fondos. Esta primera etapa del ciclo vital, conocida como puesta en marcha o valle de la muerte¹ se desarrolla desde el momento de iniciación de tareas hasta el momento en el cual la nueva empresa logra superar el punto de equilibrio, estabiliza sus ventas y confirma que se trata de un negocio viable. En particular, las empresas de base tecnológica (EBT) se caracterizan por el desarrollo de nuevas tecnologías generadas sobre la base del conocimiento y su valor está constituido principalmente por activos intangibles como el conocimiento. Son emprendimientos dinámicos e innovadores, con alto potencial para generar valor agregado y crecimiento. Otra característica relevante es que, por lo general, su valor deriva fundamentalmente de opciones.

Las opciones reales (OR) surgen de factores de incertidumbre y de cómo estos configuran escenarios de acuerdo a su evolución esperada. Los parámetros para la valuación de opciones reales habitualmente se simulan. Sin embargo, en este trabajo, se utiliza un método alternativo al enfoque MAD (*marketed asset disclaimer*), ya que la volatilidad es estimada mediante el análisis de escenarios. La creación de situaciones hipotéticas a través de la técnica de escenarios brinda una opción para mercados dinámicos y turbulentos, en los cuales extrapolar el pasado para anticipar eventos futuros puede resultar erróneo; y conocer distribuciones de probabilidad de parámetros es prácticamente imposible dado que son proyectos para los cuales no existen activos gemelos en el mercado para replicar el riesgo.

La construcción de escenarios a partir de eventos hipotéticos es un método estructurado para evaluar la incertidumbre, describiendo entornos posibles del negocio junto con las tendencias e interacciones que podrían caracterizar su desarrollo, revelando las posibles fuerzas que le darían forma. A estas fuerzas las denominaremos factores de riesgo (FR). El procedimiento consiste en desarrollar situaciones hipotéticas alrededor de aquellos factores que tienen más alto grado de incertidumbre futura y el mayor impacto sobre el negocio.

A partir de ello, el análisis de escenarios contribuye a identificar los factores de incertidumbre y a través de estos, revelar la cartera de OR que pueden acompañar el proyecto y su volatilidad proyectada “a medida”.

En resumen, el objetivo que se plantea en este trabajo consiste en ilustrar, formalmente y posteriormente a través de un caso sencillo, cómo se puede articular el análisis de escenarios con los modelos de valoración de OR, y qué implicancias puede tener en el proceso de valuación el planteo de hipótesis sobre la probabilidad de ocurrencia de cada factor de riesgo (y a través de estos supuestos, de los posibles escenarios). En el caso más sencillo, se plantean varianzas de un proceso binomial, y se analizan sus implicancias numéricas.

El trabajo se estructura de la siguiente forma: a continuación se presenta una breve revisión de antecedentes teóricos respecto al tema de análisis de escenarios y valuación de opciones reales. En la sección 3, se expone el modelo formal propuesto para vincular el análisis de escenarios con la valuación de opciones reales. En la sección 4, se presenta el caso de aplicación de escenarios y opciones reales en valuación de un proyecto *start-up* de base tecnológica. Se propone a través del análisis de escenarios cómo arribar a los parámetros o insumos para la valuación de opciones reales bajo un enfoque MAD modificado.

¹ Denominación recibida debido a la alta tasa de mortalidad que presentan las firmas en esta fase.

2. Revisión de antecedentes

La revisión de antecedentes se concentra en el repaso bibliográfico que genera un nexo entre el proceso de planeamiento estratégico y la valuación de las opciones reales.

El trabajo de Miller y Waller (2003) representa un intento de integrar el análisis de escenarios, con énfasis en aspectos cualitativos, y los modelos de valoración de opciones reales, con énfasis en aspectos cuantitativos.

Según dichos autores (Miller y Waller, 2003), el enfoque se denomina “proceso de administración integrada del riesgo” (*process of integrated risk management*). Este enfoque integrador se conforma de cuatro pasos: (1) planificación de escenarios, (2) identificación de exposiciones al riesgo de la empresa, (3) elección de opciones reales, (4) implementación. Una vez identificados los factores de incertidumbre a partir del análisis de escenarios, establecen su impacto positivo o negativo sobre cada unidad de negocio y sobre la empresa en conjunto. Este último representaría el perfil “neto” de riesgos corporativos de la empresa y constituye la principal referencia para el diseño de políticas de coberturas de riesgo. A partir de este punto, definen las opciones reales y cómo ellas se ven afectadas por los factores de riesgo. Ponderando las distintas opciones, arriban a una descripción del perfil de riesgo neto de la empresa generado por la exposición al conjunto de opciones reales. Por último, se diseña la estrategia de riesgo relacionando el perfil de riesgo generado por opciones reales, con el perfil de riesgo de la empresa sin opciones. La administración del riesgo consiste en la selección de opciones reales con el objetivo de alcanzar la mayor disminución posible del grado de exposición al riesgo de la empresa.

Conforme ha sido debatido y analizado extensamente en la literatura específica, el análisis tradicional de evaluación financiera (valor actual de los flujos de fondos) no considera la flexibilidad estratégica del proyecto y cualquiera sea el escenario trabaja con idéntica tasa ajustada por riesgo (Smith, J-Nau, R, 1995); (Copeland, T- Tufano, P, 2004); (Milanesi, G- Vigier, H, 2010).

Para ello es menester aplicar el análisis de opciones reales (*real option analysis*, ROA) en el presente proyecto. El enfoque se basa en la teoría de los pagos contingentes (*contingent claims theory*, CCT) donde es condición la completitud del mercado con el fin de replicar el riesgo de los flujos del proyecto mediante activos financieros gemelos, siendo esta su principal debilidad, sobre todo para proyectos o inversiones cerrados o privados² (Wang, A-Halal, W, 2010). Existen métodos alternativos para sortear el inconveniente señalado, por ejemplo se clasifican los riesgos en “de mercado” y “privados”, los primeros tienen un precio por la existencia de activos gemelos y los segundos se valoran mediante una función de utilidad del agente (Keeney, R-Raiffa, H, 1976); (Smith, J-Nau, R, 1995). Otros suponen que el valor actual ajustado por riesgo es el precio al cual el proyecto se negociaría en el mercado. Se estiman los rendimientos esperados y mediante el método Montecarlo se calcula la volatilidad (riesgo), la propuesta es conocida como MAD (*marketed asset disclaimer*) (Copeland, T- Antikarov, V, 2001).

3. Escenarios y opciones reales: Planteo formal del modelo

Sean $\varepsilon(+,i)$ y $\varepsilon(-,i)$ dos escenarios, con perspectivas alcistas y bajistas respectivamente para el momento temporal i , que determinan la tasa de crecimiento g de los flujos de fondos operativos que genera un activo real.

La función de crecimiento $g(\varepsilon(w_f))$ indica la evolución en los flujos de fondos entre el período i al período $(i + 1)$. Esta tasa depende del riesgo en cada escenario ε , que es caracterizado por w_f , un parámetro que indica el grado de intervención cada factor de incertidumbre f para cada estado de la naturaleza.

²Por oposición a los emprendimientos abiertos que hacen oferta pública de su capital accionario en el mercado.

Cada escenario tiene asociada una probabilidad de ocurrencia estimada de manera subjetiva mediante la opinión de expertos. Partiendo del nodo n , se denomina p^+ a la probabilidad de ocurrencia del escenario alcista, y $p^- = (1 - p^+)$ a la probabilidad de ocurrencia del escenario bajista.

Con ello, el flujo de fondos esperado en el período i se calcula como se presenta en la Ecuación 1.

$$E(\text{FF}_i) = \text{FF}_i^+ p^+ + \text{FF}_i^- (1 - p^+) = \text{FF}_i^+ p^+ + \text{FF}_i^- p^- \quad \text{Ec 1}$$

En el período siguiente ($i + 1$), el flujo de fondos esperado nuevamente se estima como una ponderación de los flujos de fondos en cada escenario por su probabilidad de ocurrencia, pero en esta ocasión la cantidad de escenarios se duplica.³

$$E(\text{FF}_{i+1}) = \text{FF}_{i+1}^{++} p^{++} + \text{FF}_{i+1}^{+-} p^{+-} + \text{FF}_{i+1}^{-+} p^{-+} + \text{FF}_{i+1}^{--} p^{--} \quad \text{Ec 2}$$

donde:

$$\text{FF}_{i+1}^{++} = \text{FF}_i^+ g(\epsilon(+))$$

$$\text{FF}_{i+1}^{+-} = \text{FF}_i^+ g(\epsilon(-))$$

$$\text{FF}_{i+1}^{-+} = \text{FF}_i^- g(\epsilon(+))$$

$$\text{FF}_{i+1}^{--} = \text{FF}_i^- g(\epsilon(-))$$

El valor esperado del VAN, $E(\text{VAN})$, equivale a la corriente de flujos de fondos esperados para los períodos futuros, descontados a una tasa que equivale al rendimiento libre de riesgo, más el valor del flujo de fondos inicial (ecuación 3).

$$E(\text{VAN}) = \text{FF}_0 + \sum_{i=1}^{i=I} \frac{E(\text{FF}_i)}{(1 + R_F)^i} \quad \text{Ec 3}$$

donde:

FF_0 representa el flujo de fondos en el período inicial, un valor conocido con certeza, constituido normalmente por erogaciones para inversiones en capital fijo y capital de trabajo.

R_F es la tasa de rendimiento de un activo libre de riesgo.

En el período I , el flujo de fondos libre contiene el valor terminal del proyecto, calculado mediante alguno de los métodos conocidos: método económico o de continuidad, comercial o contable.

El VAN puede ajustarse por riesgo, descontando la corriente de flujos de fondos esperados para los períodos futuros a una tasa que represente el riesgo promedio proyectado para los diferentes escenarios, más el valor del flujo de fondos inicial (ecuación 4).

$$\text{VAN}_{aj} = \sum_{i=1}^{i=I} \frac{E(\text{FF}_i)}{(1 + \bar{k})^i} + \text{FF}_0 \quad \text{Ec 4}$$

donde:

\bar{k} es la tasa que representa el riesgo promedio proyectado para los diferentes escenarios.

³Podría considerarse que la cantidad de escenarios en el período $(i + 1)$ es de tres en lugar de cuatro, dado que el escenario “+” y el escenario “-” arrojan el mismo valor antes tasas de crecimiento (o decrecimiento) simétricas. Ante estos casos se sugiere trabajar con grillas binomiales en lugar de con árboles.

Sin embargo, para conocer la magnitud y anatomía del riesgo del proyecto y lograr derivar el parámetro de la volatilidad, se estima el VAN para cada posible corriente de flujos de fondos (VAN_s), sin ajustar por riesgo (es decir, utilizando la tasa libre de riesgo en el factor de descuento). En particular, para un horizonte temporal de dos períodos, se obtiene:

$$VAN^{++} = FF_0 + \frac{FF_i^+}{(1+R_F)^i} + \frac{FF_{i+1}^{++}}{(1+R_F)^{i+1}}$$

$$VAN^{+-} = FF_0 + \frac{FF_i^+}{(1+R_F)^i} + \frac{FF_{i+1}^{+-}}{(1+R_F)^{i+1}}$$

$$VAN^{-+} = FF_0 + \frac{FF_i^-}{(1+R_F)^i} + \frac{FF_{i+1}^{-+}}{(1+R_F)^{i+1}}$$

$$VAN^{--} = FF_0 + \frac{FF_i^-}{(1+R_F)^i} + \frac{FF_{i+1}^{--}}{(1+R_F)^{i+1}}$$

La probabilidad de ocurrencia de, por ejemplo, el VAN^{++} es la probabilidad conjunta de la ocurrencia del FF_i^+ en el período i y del flujo de fondos FF_{i+1}^{++} en el período $(i+1)$. A la probabilidad conjunta de la combinatoria de escenarios se la llama p_s .

A partir de los valores estimados del VAN para distintas combinaciones de escenarios se puede estimar el desvío estándar en unidades monetarias (ecuación 5) o en términos relativos, a partir de la normalización de los VAN en relación al $E(VAN)$ (ecuación 6).

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{\sum_{s=1}^{\varepsilon} (VAN_s - E(VAN))^2 p_s}{\varepsilon - 1}} \quad \text{Ec 5}$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{\sum_{s=1}^{\varepsilon} \left(\frac{VAN_s}{E(VAN)} - \frac{E(VAN)}{E(VAN)}\right)^2 p_s}{\varepsilon - 1}} = \sqrt{\frac{\sum_{s=1}^{\varepsilon} (R_{\varepsilon} - 1)^2 p_s}{\varepsilon - 1}} \quad \text{Ec 6}$$

Conociendo el factor de riesgo σ se pueden estimar los parámetros para la aplicación del enfoque de opciones reales. En las ecuaciones 7 y 8 se expone la obtención de los factores de ascenso (u) y descenso (d) sobre el precio del activo subyacente, y a partir de ellos, las probabilidades neutras al riesgo de cada escenario (p_n) (ecuaciones 9 y 10).

$$u = e^{\sigma\sqrt{t}} \quad \text{Ec 7}$$

$$d = \frac{1}{u} \quad \text{Ec 8}$$

$$p_n^+ = \frac{e^{R_f\sqrt{t}} - d}{u - d} \quad \text{Ec 9}$$

$$p_n^- = 1 - p_n^+ \quad \text{Ec 10}$$

La determinación del valor se realiza mediante el método recursivo propuesto para la solución de rejillas binomiales en la valoración de opciones reales (Cox, J- Ross, S-Rubinstein, M, 1979); (Trigeorgis, 1995)(Trigeorgis, 1997); (Borison, 2003); (Brandao, L- Dyer, J- Hahn, W, 2005); (Smith, 2005).

4. Un caso de aplicación de escenarios y opciones reales en valuación de proyectos. Propuesta para la definición de parámetros a partir de escenarios

A partir de la revisión del trabajo desarrollado por Kent Miller y Gregory Waller (2003), y tomando como principal referencia para el armado de escenarios los aportes de George Wright, George Cairns y Paul Goodwin (2009), en esta sección se expone la aplicación de una posible metodología a través del desarrollo de un caso hipotético.

La propuesta se conforma por estas etapas (diagrama 1):

1. Presentación del caso y diagnóstico inicial.
2. Identificación de factores de riesgo.
3. Agrupamiento o conformación de clusters de FR.
4. Definición del “espacio de estructuración del escenario” (E3).
5. Resultados asociados a cada dimensión de riesgo.
6. Configuraciones de escenarios.
7. Definición de escenarios de alza y baja en el valor del negocio.
8. Implicancias cuantitativas de los escenarios.
9. Detección de OR a partir de los FR.
10. Planteo y desarrollo del modelo de valoración de opciones a partir de rejillas binomiales.

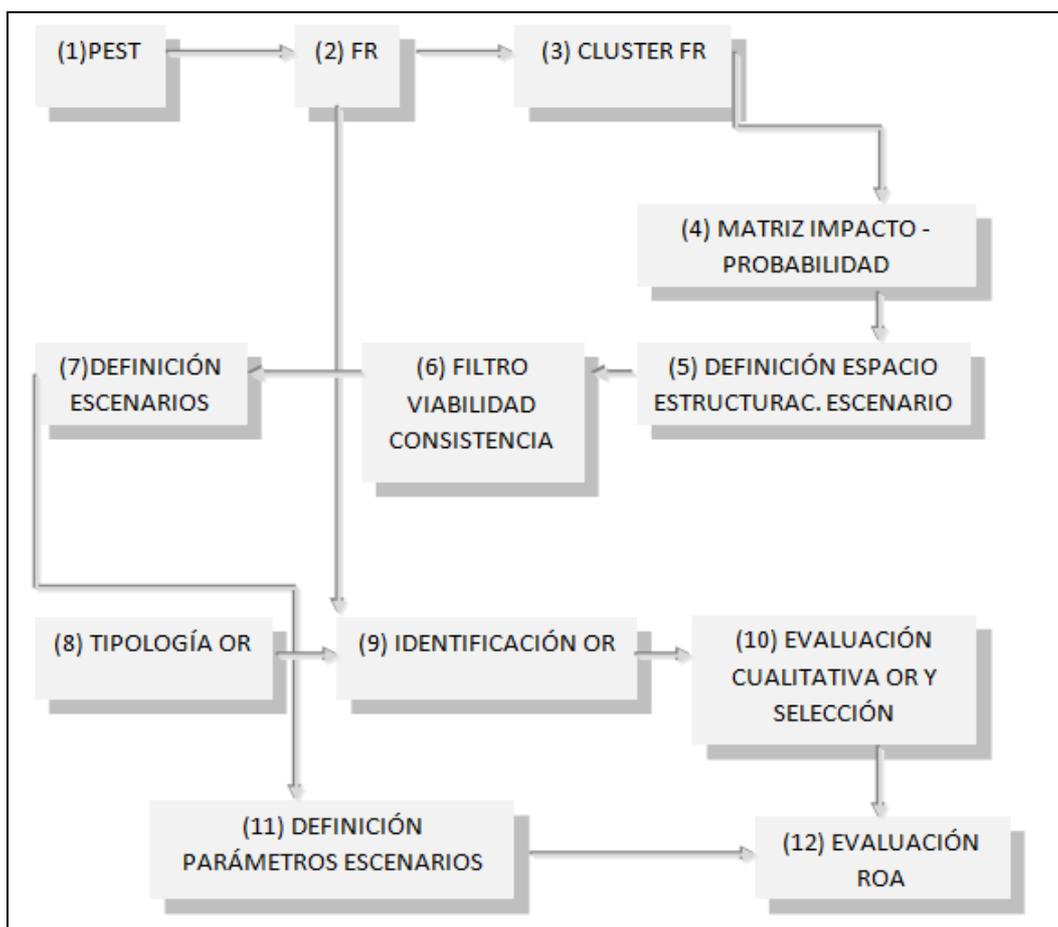
Se describe a continuación cada una de las fases de esta metodología.

1) Presentación del caso y diagnóstico inicial

El emprendimiento tiene por objeto fabricar sistemas de monitoreo y radares para puntos ciegos en la conducción de rodados de carga en las explotaciones mineras a cielo abierto. Las características del proyecto son: altas barreras intangibles de entrada generadas por el conocimiento del grupo de encargado del desarrollo del prototipo y el modelo industrial, altas barreras de salida debido a la gran especificidad del proceso requerido para su elaboración, e inexistencia de un mercado secundario y líquido que refleje precios de los cuales se pueda inferir una cartera replicante para valorar la inversión. Del total de explotaciones mineras existentes (262) el 70% se estima son a cielo abierto (192). Las explotaciones utiliza en promedio 30 unidades destinadas al transporte de productos, objeto de instalación del dispositivo a producir.

El estudio de prospectiva tecnológica supone que los dispositivos tienen una vida útil de 5 años y pueden continuar su producción en la medida que a partir del quinto año se incorporen nuevas funcionalidades. Esto demandará inversiones incrementales en activos fijos e intangibles a ser concretadas a partir del final del quinto periodo de vida por US\$ 700.000. Si no son realizadas paulatinamente se perderá competitividad por el avance de competidores con nueva tecnología y escala. La estrategia alternativa consiste en vender la licencia del producto en el quinto año con la firma en marcha por un valor estimado en US\$ 180.000 (en aras de simplificar se supone que no existen riesgos asociados que afecten el precio y la operación de transferencia).

Diagrama 1 Esquema de la metodología



La participación inicial en el mercado del producto es del 10% total de la demanda. De mantenerse constante la participación de mercado, se proyecta vender durante todo el periodo 456 unidades a razón de 57 equipos anuales. El precio de venta proyectado es de US\$ 3.500 por unidad, los costos variables ascienden al 50% del precio de venta y los costos de estructura iniciales (fijos los primeros cuatro años) representan el 12% del total de los ingresos iniciales. La tasa marginal de impuestos a las ganancias es de 35% y las otras cargas tributarias directas e indirectas son del 4% anual. Al ser un spin off universitario se pactan regalías a favor de los organismos públicos a los cuales pertenecen los investigadores. Estas ascienden al 3% sobre el monto nominal de ingresos por ventas. No existe apalancamiento financiero, el capital se distribuye entre el aporte intangible del grupo de investigadores y el aporte tangible del capital de riesgo. El flujo de fondos libres inicial (actual) asciende a US\$ 40.354,86.

2) Identificación de factores de riesgo

A partir de un análisis PEST desarrollado en conjunto por el grupo de investigadores y los inversores, se identifica una lista preliminar de factores de riesgo (FR). Además de la identificación, se realiza una primera evaluación de sus significaciones para el proyecto considerando las siguientes dimensiones:

- (a) Grado de impacto: referido a cuánto puede llegar a “influir el factor en el rendimiento del negocio”. Las categorías posibles para el grado de impacto son bajo (ImB) y alto (ImA).

- (b) Grado de incertidumbre o predictibilidad: evalúa el grado de predictibilidad, es decir, la capacidad de anticipar algo que ha de suceder. La incertidumbre no está relacionada con la probabilidad de que suceda el evento, sino con el “grado de dificultad o de facilidad con la que se puede predecir el comportamiento futuro de un factor” (Wright *et al.*, 2009, p.328). Siguiendo a Wright *et al.*, el interrogante fundamental para identificar los factores críticos es: “¿cuál o cuáles de los factores identificados harían una diferencia en la proyección del negocio si el evento se resuelve en un sentido u otro?”. Para esta dimensión, las categorías de análisis son el grado de incertidumbre bajo (InB) o alto (InA). En el primer caso, el grado de predictibilidad es alto y bajo en el segundo.

Los resultados de la evaluación cualitativa de FR identificados se resumen en la tabla 1.

3) Agrupamiento o conformación de clusters de FR

Siguiendo la propuesta de Wright *et al.* (2009), el paso siguiente consiste en explorar las posibles conexiones que pudieran existir entre factores de incertidumbre. Estos autores lo consideran un paso vital en un armado de escenarios con resultados efectivos. La resolución de cada factor de incertidumbre en un sentido u otro generalmente conlleva un impacto (resolución) sobre otros factores de riesgo. Con cada *cluster* se pretende abarcar esta posible propagación de efectos. Estos agrupamientos representan una síntesis de la “percepción” por parte de quienes desarrollan el análisis de escenario, sobre la forma de interacción e influencia entre distintos factores de riesgo fundada en conexiones lógicas (causa – efecto). A efectos de agilizar el procedimiento, resulta recomendable asignar nombres o títulos evocadores.

Retornado al proyecto de provisión de equipos de GPS para minería, a partir de un trabajo grupal, el equipo de investigadores e inversores realiza un agrupamiento de factores de riesgo, seguida de una evaluación de su grado de impacto e incertidumbre.

Cluster 1: Cambio drástico en el contexto económico de la actividad del país

Características: se eliminan restricciones a la importación y a las operaciones cambiarias. Cambios en la política económica generan un fuerte descenso de las expectativas de inflación. Se inicia un proceso de recuperación gradual en el tipo de cambio real. Se observa una sustancial mejora en el clima de inversión. Fuerte flujo de inversiones en la actividad.

- ImA: Podría generar un aumento sustancial de la demanda de equipos para minería en el mercado nacional debido al fuerte potencial de desarrollo de la actividad por la abundante disponibilidad del recurso.
- InA: Las condiciones políticas en la actualidad no permiten vislumbrar con claridad, el perfil o tendencia de la política económica en el próximo mandato de gobierno.

Cluster 2: Ciclo alcista prolongado de precios, concentración de la actividad e intensificación de competencia

Características: aumento de la demanda, apertura de nuevos yacimientos, concentración de la demanda de equipos y presión negociadora de compradores. Principales clientes intentan desarrollar sus propias versiones para incorporar como equipamiento.

- ImA: Significaría un aumento generalizado de demanda tanto nacional como internacional. Esta mejora en parte se podría ver contrarrestado por una tendencia a la concentración de la actividad. Para un emprendimiento de escala reducida, pese a la concentración, se mantendría un número significativo de clientes en tanto que un eventual acuerdo a largo plazo con las empresas líderes significaría una plataforma de desarrollo muy atractiva por el cambio sustancial en las perspectivas de crecimiento potencial.

Tabla 1 Identificación y clasificación de factores de riesgo (análisis PEST)

<p><i>Factores políticos</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ● Estatización de empresas mineras (ImA, InB) ● Inestabilidad política en los principales mercados de destino (ImB, InB) ● Cambio drástico en la política económica general del país y dirigida al sector (ImA, InA) ● Cambios en el marco regulatorio de la actividad en los principales mercados de destino (ImA, InA). ● No reconocimiento de los derechos de patente en el exterior (ImA, InA) ● Interferencias políticas para la habilitación del uso del nuevo equipo (ImA, InA) ● Prohibición para el uso de rodados de carga en explotaciones mineras (ImA, InB) ● Trabas a la importación de insumos críticos para la producción del nuevo equipo (ImB, InB) ● Imposición de cambios en la relación con investigadores y empresa emprendedora por parte del gobierno universitario (ImA, InB)
<p><i>Factores económicos</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ● Aumento de la presión tributaria sobre el sector minero (ImA, InA) ● Apertura de nuevos yacimientos (ImA, InA) ● Cierre / agotamiento de yacimientos existentes (ImA, InB) ● Cambios en la política de control de operaciones cambiarias (ImA, InB) ● Cambios en el ciclo del sector minero internacional (ImA, InB) ● Cambios en la rentabilidad del proyecto generado por ajustes en el tipo de cambio real (ImA, InB) ● Concentración de la demanda local e internacional (alto poder negociación empresas proveedoras de equipos) (ImA, InB) ● Incremento general en la tasa de accidentes y fallas de vehículos de gran porte que operan en yacimientos (ImB, InB)
<p><i>Factores sociales</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ● Límites a la actividad por presión de grupos medioambientales (ImB, InA)
<p><i>Factores tecnológicos</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ● Competencia de las empresas proveedoras de vehículos especiales para yacimientos, incorporando mejoras que compiten con el producto o desarrollando innovaciones que sustituyen y mejoran su prestaciones (ImA, InA) ● Desarrollo de nuevo equipamiento para la manipulación de minerales en yacimientos, en sustitución de vehículos de gran porte (ImA, InA) ● Fallas imprevistas en los nuevos equipos (ImA, InB)
<p><i>Otros factores</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ● Discontinuidad y/o cambios en la productividad de investigadores responsables del desarrollo y mejoras del producto (ImA, InA) ● aparición de empresas interesadas en adquirir patente del proyecto (ImA, InA)

- InA: El cambio estructural en las condiciones de demanda del mercado internacional generada por la demanda de China e India, puede encontrar interferencias severas por la crisis financiera y fiscal de Europa, el lento crecimiento de EUA y el riesgo de una desaceleración del ritmo de crecimiento de la economía china. Esta multiplicidad de factores con tendencias contrapuestas convierten en un escenario con pronóstico complejo.

Cluster 3: Aumento de la productividad del equipo de investigación

Características: éxitos en los primeros desarrollos técnicos y comerciales, complementados por una mejor percepción de las necesidades de los clientes motivan al equipo de investigadores a generar innovaciones con la incorporación de nuevas prestaciones y desarrollo de nuevos productos para la actividad. Empresas proveedoras de equipos de gran parte realizan ofrecimientos para adquirir la patente o contratos a largo plazo para asegurarse la exclusividad en la adquisición del equipamiento.

- ImA: Cambio drástico en la perspectiva de desarrollo del negocio.
- InA: Si bien están dadas las condiciones para innovar, no se pueden anticipar que estas ocurran y en tal caso, que las mismas resulten altamente satisfactorias para los clientes.

Cluster 4: Presión de grupos ambientales

Características: Gobierno intensifica controles. Se detienen proyectos de inversión. Disminución gradual de yacimientos en actividad.

- ImB: Este escenario se encuentra incorporado en la rentabilidad esperada de las empresas en actividad.
- InB: Se trata de eventos con un grado de predictibilidad alto. En la actualidad ya existen estos grupos en el país, con una creciente influencia y con métodos de protesta más firmes (piquetes, presión sobre gobiernos locales y funcionarios nacionales, presión sobre la empresa).

Cluster 5: Licuación de derechos de propiedad

Características: Gobiernos de países de destino no reconocen derechos de propiedad del equipo. Se presentan interferencias de funcionarios del país anfitrión para habilitar el nuevo equipo. Empresas locales (por ejemplo, chinas) desarrollan versiones con leves diferenciaciones y empresas proveedoras de vehículos de gran porte para la minería incorporan el equipamiento en sus nuevos modelos.

- ImA: Supone un cambio significativo en la rentabilidad. El proyecto pierde el segmento de demanda externo.
- InA: No se puede predecir, depende de la discrecionalidad o grado de corrupción existente de funcionarios sobre los que recae la habilitación del desarrollo comercial del producto en países de destino.

4) Definición del “espacio de estructuración del escenario” (E3)

Una vez definidos y evaluados los *clusters*, se está en condiciones de definir el espacio de estructuración del escenario a partir de la selección de los *clusters* con mayor grado de incertidumbre (menor predecibilidad) y mayor impacto (Wright *et al.*, 2009).

Aplicando esta técnica, el espacio de estructuración del escenario (EEE) para la empresa de base tecnológica queda conformado por las siguientes dimensiones: ciclo alcista y competencia, política económica y productividad (diagrama 2).

5) Posibles resultados asociados a cada dimensión de riesgo

Una vez establecidas las dimensiones del EEE, el paso siguiente consiste en identificar para cada dimensión, dos posibles resultados contrapuestos.

Del EEE para el proyecto de empresa de base tecnológica surgen tres dimensiones para la definición de escenarios (tabla 2).

6) Configuraciones de escenarios

El número de escenarios posibles está dado por la matriz cuadrada con el número de filas y columnas determinada por $2^{(n^{\circ}dimensiones)}$, siendo 2 el número de posibles resultados para cada dimensión definida en el espacio de estructuración del escenario.

Diagrama 2 Espacio de estructuración de escenarios

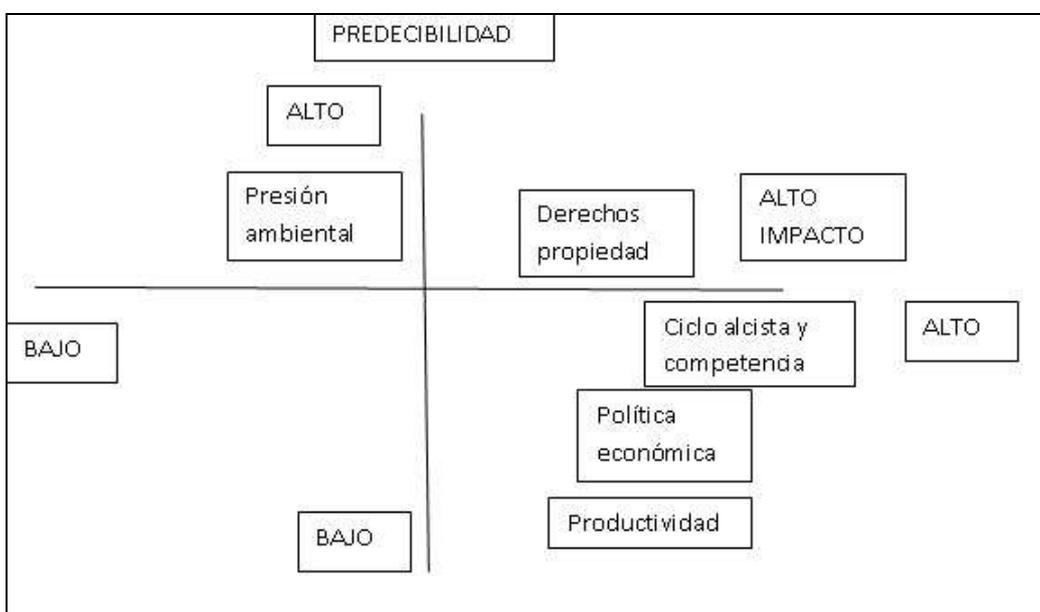


Tabla 2 Dimensiones para la definición de escenarios

<i>Resultado</i>	<i>Dimensión</i>	<i>Resultado</i>
Desploma inversión de la actividad: I _{BAJA}	Contexto macro	Despegue inversión en la actividad: I _{ALTA}
Meseta productividad: P _{BAJA}	Productividad RRHH	Innovaciones: P _{ALTA}
Cientes desarrollan versiones propias: C _{BAJA}	Concentración y competencia	Contrato con clientes L.P.: C _{ALTA}

A esta altura cabe recordar que cada escenario se encuentra definido por la asignación de un resultado en cada variable incierta (FR) o dimensión. Teniendo esto presente, el paso siguiente consiste en excluir los escenarios considerados no viables o inconsistentes. Para cada uno de los

escenarios remanentes, se evalúa el grado de impacto sobre el proyecto a partir de considerar el resultado que le corresponde a cada factor de riesgo.

El número de escenarios para el proyecto de producción de GPS es $2^{(n^{\circ}\text{dimensiones})} = 2^3 = 8$. La tabla 3 presenta la conformación de cada escenario y su correspondiente evaluación de impacto. Se excluyen los escenarios 7 y 8 por detección de inconsistencias.

7) Definición de escenarios de alza y baja en el valor del negocio

Identificados los escenarios, se realiza una nueva síntesis agrupando por un lado los escenarios con impacto positivo y por otro, los de impacto negativo. De esta forma, se configura un escenario de alza que pondera una gama de situaciones con impacto positivo y de modo similar, otro escenario de baja a partir de la ponderación de eventos con impacto negativo.

Tabla 3 Conformación de escenarios y evaluación de impactos

E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
I _{BAJA}							
I _{ALTA}							
P _{BAJA}							
P _{ALTA}							
C _{BAJA}							
C _{ALTA}							
+	-	-	--	++	+	no c. (*)	no c. (*)

Nota: (*) No consistente (no c.): en un clima positivo de inversión en el sector, con despegue de la actividad, cabe esperar mayores incentivos de los investigadores para la generación de innovaciones.

Este paso en el proyecto bajo análisis se refleja en los siguientes escenarios:

1. *Escenario ++ (up)*: Se recrea el clima de inversión en la actividad. Los clientes presentan propuestas de contratos de abastecimiento a largo plazo. El contexto y los buenos resultados motivan al equipo de investigación al desarrollo de innovaciones.

Comprende como variantes, situaciones en las que las condiciones podrían empeorar levemente, sin llegar a cambiar la proyección de crecimiento del negocio. Estas variantes serían:

- Empeora el clima de inversión en el país, pero el mercado externo ofrece excelente perspectiva de desarrollo (+).
- Se intensifica la competencia externa, pero el equipo investigador desarrolla innovaciones en el marco de despegue de la actividad en el orden nacional (+).

2. *Escenario -- (down)*: Empeora el clima de inversión. Se intensifica la competencia en el mercado externo, y los clientes intentan desarrollar versiones propias de tecnología. El equipo de investigación pierde incentivos para el desarrollo de innovaciones y mejoras.

Comprende como variantes, situaciones en las que las condiciones podrían mejorar levemente, sin llegar a cambiar la proyección negativa del negocio. Estas variantes serían:

- El equipo de investigación idea innovaciones, pero en un contexto de derrumbe de la actividad doméstica y fuerte competencia externa.

- Los clientes externos se interesan por contratos de abastecimiento de largo plazo, pero el equipo de investigación no genera mejoras y la actividad se derrumba en el mercado interno.

8) Implicancias cuantitativas de los escenarios

Una vez definidos los escenarios de alza y baja desde una perspectiva cualitativa, se exploran sus implicancias cuantitativas con el propósito de arribar a una estimación de parámetros para aplicar las técnicas conocidas de valoración de opciones.

Para la asignación de parámetros a cada escenario, se plantea la siguiente propuesta:

- Identificar las variables que reciben impacto para cada resultado de cada una de las dimensiones seleccionadas. El impacto cuantitativo se traduce en efectos con respecto al caso base, relacionados con alguna de las siguientes variables: cambios en las ventas, cambios en los costos de operación, cambios en las inversiones.
- A partir de las definiciones anteriores, se caracteriza cada uno de los subescenarios que conforman el escenario de alza, precisando en cada uno de ellos el efecto positivo o negativo sobre la variable de impacto (ventas, costo de inversión u operación) y una ponderación a partir de la asignación de una probabilidad subjetiva. Idéntico procedimiento se realiza para los escenarios de baja.
- El último paso consiste en estimar el valor del negocio y su varianza en el escenario de alza a partir de pronósticos sobre la variable de impacto en cada subescenario, repitiendo igual procedimiento para el escenario de baja.

Para ilustrar el proceso, se desarrolla cada uno de los pasos para el caso de la empresa de base tecnológica. Cabe antes recordar que el caso contempla para el último período, que el 60% de los flujos corresponden a las operaciones relacionadas con el mercado interno y el saldo restante, con el mercado externo.

- Identificación del efecto sobre las variables de impacto en cada posible resultado asociado a cada dimensión del escenario. La tabla 4 amplía la información de la tabla 2, presentando los posibles resultados una vez concluida la primera fase de 5 años, precisando la variable de impacto y su efecto.
- Caracterización de escenarios: Se presenta en las tablas 5 y 6.
- Valor del negocio y varianza en cada escenario

Los escenarios anteriores se resumen en tasas de crecimiento de las ventas en el mercado interno y externo, junto con sus probabilidades asociadas. En las tablas 7 y 8 se exponen las tasas de crecimiento para el periodo de cinco años y el crecimiento del valor terminal. El crecimiento promedio surge de aplicar la expresión $g(E, n) = w_1 g_1 + w_2 g_2$, es decir el promedio ponderado entre probabilidades subjetivas asociadas al crecimiento proyectado para cada escenario de las ventas en el mercado interno (1) y externo (2). De esta forma, se obtienen los parámetros para la conformación de la rejilla binomial de acuerdo a los supuestos de los pasos previos.

Las tasas de crecimiento de las tablas 7 y 8 son empleadas en la proyección de los flujos de fondos y valor terminal conforme se expone en la tabla 9, con el objeto de estimar el valor actual empleando como factor de actualización el tipo libre de riesgo ($R_F = 5\%$). Conforme fue expresado en la sección III, el E(VAN) surge de ponderar los flujos de fondos para cada escenario (ecuaciones 1 y 2) y actualizar al tipo sin riesgo (ecuación 3).

Tabla 4 Identificación del efecto sobre la variable de impacto

Resultado	Dimensión	Resultado
Desploma inversión de la actividad: I_{BAJA} Se estancan ventas en el mercado interno.	Contexto macro	Despegue inversión en la actividad: I_{ALTA} Fuerte aumento de ventas en el mercado interno.
Meseta productividad: P_{BAJA} Caída de ventas en el mercado interno y externo.	Productividad RRHH	Innovaciones: P_{ALTA} Fuerte aumento de ventas en el mercado interno y externo.
Clientes desarrollan versiones propias: C_{BAJA} Ventas estables. Menor ritmo de demanda pero precios altos.	Concentración y competencia	Contrato con clientes L.P.: C_{ALTA} Aumento ventas. Mayor demanda pero precios estables.

Tabla 5 Escenarios alcistas (+) y probabilidades de ocurrencia asociadas

E(+,3)	E(+,1)	E(+,2)
$I_{BAJA}, P_{ALTA}, C_{ALTA}$	$I_{ALTA}, P_{ALTA}, C_{ALTA}$	$I_{ALTA}, P_{ALTA}, C_{BAJA}$
Probabilidad: 20%	Probabilidad: 60%	Probabilidad: 20%
Ídem E(+,1) excepto que la demanda interna se presenta estable	Aumentan ventas internas, aumenta productividad contribuye a impulsar ventas internas y externas, la demanda externa aumenta pero la mayor competencia limita alzas en los precios	Ídem E(+,1) excepto que la demanda externa se presenta estable

Tabla 6 Escenarios bajistas (-) y probabilidades de ocurrencia asociadas

E(-,3)	E(-,2)	E(-,1)
$I_{BAJA}, P_{ALTA}, C_{BAJA}$	$I_{BAJA}, P_{BAJA}, C_{ALTA}$	$I_{BAJA}, P_{BAJA}, C_{BAJA}$
Probabilidad: 30%	Probabilidad: 30%	Probabilidad: 40%
Ídem E(-,1), excepto que el nivel de ventas se sostiene por las mejoras e innovaciones del equipo	Ídem E(-,1) excepto que se sostiene demanda externa	Demanda estancada en el mercado interno (no hay clima de inversión), ventas disminuyen por falta de mejoras e innovaciones. Demanda externa estancada

Tabla 7 Crecimientos proyectados para los escenarios alcistas (+)

Datos		Crecimiento periodo proyección			Crecimiento valor terminal		
Ventas t=0	\$	E(+1)	E(+2)	E(+3)	E(+1)	E(+2)	E(+3)
40,30							
Mercado Interno	60%	20%	20%	0%	10%	10%	0%
Mercado Externo	40%	15%	0%	15%	5%	0%	5%
Crecimiento promedio		18%	12%	6%	8%	6%	2%

Tabla 8 Crecimientos proyectados para los escenarios bajistas (-)

Datos		Crecimiento periodo proyección			Crecimiento valor terminal		
Ventas t=0	\$	E(-1)	E(-2)	E(-3)	E(-1)	E(-2)	E(-3)
40,30							
Mercado Interno	60%	0%	0%	0%	-10%	-10%	0%
Mercado Externo	40%	-15%	0%	0%	-15%	0%	0%
Crecimiento promedio		-6%	0%	0%	-12%	-6%	0%

Alternativamente, puede estimarse mediante la sumatoria de los valores actuales por escenario ponderados por las probabilidades de ocurrencia asociadas. En el caso estudiado, el E(VAN) asciende a \$ 488,64 (en miles de dólares). El valor ajustado por riesgo (ecuación 4) se obtiene actualizando la corriente de flujo de fondos esperados (ecuaciones 1 y 2) a la tasa ajustada por riesgo ($k = 20\%$), siendo de \$ 305,32 (en miles de dólares).

En la tabla 10, se presenta la estimación del desvío estándar del proyecto en unidades monetarias (ecuación 5), su valor es de \$ 209,93 (miles de dólares). La medida de posición está dada por el E(VAN) y su dispersión por el desvío alrededor de la medida central. La estandarización de la volatilidad obedece a la necesidad de convertir las unidades monetarias en un valor porcentual que sirva de insumo al modelo binomial empleado. Para ello se debe calcular el cociente entre el valor actual por escenario y el E(VAN) (término R_{ϵ} de la ecuación 6). En la última columna de la tabla 9 se expone el valor de R_{ϵ} correspondiente a cada escenario empleado en el cálculo del desvío estándar en términos relativos (ecuación 6).

9) Detección de OR a partir de los FR

Un último paso para completar los insumos requeridos para la aplicación de modelos de valoración de opciones reales, consiste en identificar estas a partir de los factores de riesgo identificados dado que las mismas derivan de la eventual resolución de una fuente de incertidumbre del negocio. La propuesta consiste en examinar una lista a priori de opciones de acuerdo a la clasificación propuesta por Trigeorgis (1997) y evaluar su significancia a la luz de los factores de riesgo identificados.

Del análisis anterior, se identificaron los siguientes FR: Cluster 1: Cambio drástico en el contexto económico de la actividad del país; Cluster 2: Ciclo alcista prolongado de precios, concentración de la actividad e intensificación de competencia; Cluster 3: Aumento productividad equipo de investigación; Cluster 4: Presión de grupos ambientales; Cluster 5: Licuación derechos de propiedad.

Siguiendo a Trigeorgis, se presenta una tipología de opciones reales y se evalúa su significatividad en el marco del proyecto considerado:

- Opción a esperar: Tiene un alto costo de oportunidad por la caducidad de los derechos de patente. El riesgo de intensificación de la competencia es alto en el segmento de mercados de exportación.

Tabla 9 Escenarios, flujos de fondos proyectados, valores actuales por escenarios, probabilidades asociadas, normalización del VAN en miles de dólares

Periodos		0	1	2	3	4	VT(FF,k)	Escenario	P(x)	Escenario	VAN (E,n)
Tasa de crecimiento (g)	Participación		18%	18%	18%	18%	8%				VAN (E,n)
FF totales		\$ 40,30	\$ 47,55	\$ 56,11	\$ 66,21	\$ 78,13	\$ 651,11	E(+,1)	30%		\$ 768,12
FF Mercado interno	60%					\$ 46,88	\$ 46,88	E(+,1)	30%		Normalizado
FF Mercado externo	40%					\$ 31,25	\$ 31,25	E(+,1)	30%		1,57
Tasa de crecimiento (g)			12%	12%	12%	12%	6%	Escenario	P(x)	Escenario	VAN (E,n)
FF totales		\$ 40,30	\$ 45,14	\$ 50,55	\$ 56,62	\$ 63,41	\$ 498,24	E(+,2)	10%		\$ 620,61
FF Mercado interno	60%					\$ 38,05	\$ 41,85	E(+,2)	10%		Normalizado
FF Mercado externo	40%					\$ 25,37	\$ 27,90	E(+,2)	10%		1,27
Tasa de crecimiento (g)			6%	6%	6%	6%	2%	Escenario	P(x)	Escenario	VAN (E,n)
FF totales		\$ 40,30	\$ 42,72	\$ 45,28	\$ 48,00	\$ 50,88	\$ 310,92	E(+,3)	10%		\$ 448,99
FF Mercado interno	60%					\$ 30,53	\$ 33,58	E(+,3)	10%		Normalizado
FF Mercado externo	40%					\$ 20,35	\$ 22,39	E(+,3)	10%		0,92
Tasa de crecimiento (g)			-6%	-6%	-6%	-6%	-12%	Escenario	P(x)	Escenario	VAN (E,n)
FF totales		\$ 40,30	\$ 37,88	\$ 35,61	\$ 33,47	\$ 31,46	\$ 98,33	E(-,1)	20%		\$ 240,52
FF Mercado interno	60%					\$ 18,88	\$ 18,88	E(-,1)	20%		Normalizado
FF Mercado externo	40%					\$ 12,59	\$ 12,59	E(-,1)	20%		0,49
Tasa de crecimiento (g)			0%	0%	0%	0%	-6%	Escenario	P(x)	Escenario	VAN (E,n)
FF totales		\$ 40,30	\$ 40,30	\$ 40,30	\$ 40,30	\$ 40,30	\$ 178,25	E(-,2)	15%		\$ 322,87
FF Mercado interno	60%					\$ 24,18	\$ 27,81	E(-,2)	15%		Normalizado
FF Mercado externo	40%					\$ 16,12	\$ 18,54	E(-,2)	15%		0,66
Tasa de crecimiento (g)			0%	0%	0%	0%	0%	Escenario	P(x)	Escenario	VAN (E,n)
FF totales		\$ 40,30	\$ 40,30	\$ 40,30	\$ 40,30	\$ 40,30	\$ 231,73	E(-,3)	15%		\$ 364,76
FF Mercado interno	60%					\$ 24,18	\$ 27,81	E(-,3)	15%		Normalizado
FF Mercado externo	40%					\$ 16,12	\$ 18,54	E(-,3)	15%		0,75

Tabla 10 E(VAN) y desvío estándar. Resumen de los escenarios

E(VAN)				\$ 488,64
Resumen de escenarios (E+),(E-)				
ESCENARIO	Prob.	VAN (E,n)	$[VAN(E,n)-E(VAN)]^2 * prob.$	
(E+1)	30%	\$ 768,12	23432,5	
(E+2)	10%	\$ 620,61	1741,4	
(E+3)	10%	\$ 448,99	157,3	
(E-1)	20%	\$ 240,52	12313,4	
(E-2)	15%	\$ 322,87	4122,4	
(E-3)	15%	\$ 364,76	2301,9	
Varianza VT (+)				44068,9
Desv.estandar VT(+)				\$ 209,93

- b) Opción a la cesación de pagos durante la etapa de inversión: Alto costo en prestigio y reputación tanto de los investigadores como de la universidad, sumado al relativamente bajo monto de inversión y el lapso breve de la fase de pre-inversión, torna esta opción como no relevante para el caso bajo consideración.
- c) Opción a abandonar: Si el proyecto presenta dificultades en el desarrollo comercial, existirían la opción de comercializar los derechos a un precio bajo pero superior al valor descontado de ingresos en un contexto de baja demanda.

- d) Opción a expansión: Es una de las principales en caso de presentar un contexto de demanda favorable, acompañado de interés de clientes por el desarrollo de contratos a largo plazo.
- e) Opción a reducir: No hay inversiones significativas en activos fijos. Es posible reducir la escala pero no tendría un impacto significativo.
- f) Opción a reiniciar operaciones: Es posible desde el punto de vista operativo pero poco viable desde el punto de vista comercial, dado que el desarrollo del mercado requerirá un esfuerzo continuo de comercialización.
- g) Opción de intercambio de insumo o productos: Es un proyecto de un único producto y escasos insumos; por lo tanto, no se advierte un alto grado de flexibilidad de insumos en tanto que se carece de flexibilidad de productos.
- h) Opción de crecimiento: Representa otras de las más destacadas para el proyecto. Estaría dado por mejoras tecnológicas ideadas por el equipo de investigadores, en un contexto de crecimiento de la demanda del producto e interés de clientes por contratos de aprovisionamiento a largo plazo.

A partir de estas consideraciones, se identifican como relevantes para el análisis del caso las siguientes OR: de expansión o crecimiento y de abandono.

10) Desarrollo del modelo de valoración de opciones a partir de rejillas binomiales

El análisis financiero tradicional conduciría a rechazar el proyecto ya que el valor actual neto es de -\$ 239,84 (miles de dólares), producto de la suma entre el valor actual de los flujos del proyecto subyacente (\$ 305,32) y el valor actual de la inversión en renovación de equipos para asegurar la continuidad del proyecto, $VA(I,r,n)=VA(-\$ 700, 5\%, 5)$, ya que de lo contrario se enfrenta un escenario donde paulatinamente se perderá participación en el mercado por atraso tecnológico y falta de escala frente a los competidores.

Sin embargo, este resultado negativo no considera la posibilidad de explotar el proyecto y venderlo en marcha al cabo del quinto años, es decir una vez develada la incertidumbre y analizada la conveniencia económica de continuar o abandonar.

En este trabajo se propone una variante al enfoque MAD, ya que la volatilidad surge del estudio y propuesta de los escenarios realizados por el agente: se plantean los escenarios, se estiman el valor actual esperado y el desvío en unidades monetarias, luego se normaliza y se obtienen la volatilidad expresada en términos relativos. El valor del subyacente está representado por el valor actual de los flujos de fondos de proyecto estimado a la tasa ajustada por riesgo. En este sentido la propuesta es congruente con el enfoque MAD, pero implica suponer un mercado completo para el proyecto, donde su precio se estima mediante el valor actual de sus flujos de fondos. Definido el valor del subyacente (VA empresa, tabla 11), se construye la rejilla binomial. Los movimientos ascendentes y descendentes (u y d según ecuaciones 7 y 8) son obtenidos a partir del desvío estándar normalizado expresado en términos porcentuales, que equivale a un 42, 96%. Los coeficientes de probabilidades neutrales al riesgo surgen de aplicar las ecuaciones 9 y 10.

En la tabla 12 se proyecta la rejilla binomial. Los valores para cada nodo surgen de multiplicar el valor en el nodo anterior por el factor de ascenso o descenso, $V_{E,j(i+1)} = V_{j,i} u$; $V_{j,i} d$.

Tabla 11 Parámetros para valuación del proyecto.

Desvío en \$	\$ 209,93	Acciones	Venta
Desvío en %	42,96%	Inversión (t=5)	\$ -700,00
<i>u</i>	1,5367	Venta licencia (t=5)	\$ 180,00
<i>d</i>	0,6508	VA empresa	\$ 305,32
<i>rf</i>	5%	VAN - Inv	\$ -239,84
<i>k</i>	20%		
<i>p</i>	0,3154		
1- <i>p</i>	0,6846		

Tabla 12 Rejilla binomial. Movimientos del subyacente

	0	1	2	3	4	5
\$	305,32	\$ 469,17	\$ 720,96	\$ 1.107,87	\$ 1.702,41	\$ 2.616,02
		\$ 198,69	\$ 305,32	\$ 469,17	\$ 720,96	\$ 1.107,87
			\$ 129,30	\$ 198,69	\$ 305,32	\$ 469,17
				\$ 84,14	\$ 129,30	\$ 198,69
					\$ 54,76	\$ 84,14
						\$ 35,63

El valor de las opciones reales del proyecto se estima aplicando la ecuación 11 para el momento de tiempo final del horizonte (año 5).

$$V_T = \max (V_T - \text{Inv}; PV) \tag{Ec 11}$$

La ecuación anterior arroja el valor para el último nodo, donde se analiza la decisión de continuar si el valor del subyacente (V_T) supera a la reinversión (\$ 700) o en su defecto la venta del proyecto (\$ 180). En el presente caso solo en dos de los seis nodos se continúa con el proyecto, en el resto se debe transferir su propiedad ya que los flujos de fondos generados no son suficientes para hacer frente a las inversiones demandadas. El valor actual del proyecto se estima recursivamente aplicando la tradicional ecuación 12.

$$V_{i,j} = [(p) V_{j,i+1} + (1 - p) V_{j,i+1}] e^{-R_F T} \tag{Ec 12}$$

Los resultados del valor de la opción real se presentan en la tabla 13.

Tabla 13 Valor actual del proyecto mediante el método binomial

	0	1	2	3	4	5
\$	150,42	\$ 177,47	\$ 241,89	\$ 408,19	\$ 840,47	\$ 1.916,02
		\$ 149,22	\$ 161,08	\$ 183,38	\$ 239,59	\$ 407,87
			\$ 154,93	\$ 162,87	\$ 171,22	\$ 180,00
				\$ 162,87	\$ 171,22	\$ 180,00
					\$ 171,22	\$ 180,00
						\$ 180,00

En este caso, el proyecto tiene valor económico para ser emprendido durante los primeros cinco años y luego analizar su continuidad o transferencia. Así el valor actual expandido del proyecto es de \$ 150,42 (miles de dólares) y el valor de la flexibilidad estratégica surge de la diferencia entre el valor expandido y el enfoque tradicional ($\$ 150,42 - (-\$ 239,84)$) es decir \$ 545,16. El valor adicional es la potencialidad que la inversión tiene dada las múltiples opciones reales (de continuidad o venta), combinada con el estudio de los potenciales escenarios vinculados al negocio.

5. Conclusiones

El trabajo presentado demostró cómo se puede articular el análisis de escenarios con los modelos de valoración de opciones reales. La originalidad principal fue la incorporación de una variante en el enfoque MAD de las opciones reales, ya que la volatilidad estimada para la valuación de la flexibilidad estratégica surge del estudio y propuesta de los escenarios realizados por los agentes, dando una alternativa de volatilidad “a medida” en los casos donde no se puede suponer réplicas del pasado en las variables riesgosas de interés ni existen activos en el mercado a partir de los cuales se pueda inferir su riesgo. Esto implica que la creación de situaciones hipotéticas a través de la técnica de escenarios brinda una opción para mercados dinámicos y turbulentos, en los cuales extrapolar el pasado para anticipar eventos futuros puede resultar erróneo; y conocer distribuciones de probabilidad de parámetros es prácticamente imposible dado que son proyectos para los cuales no existen activos gemelos en el mercado para replicar el riesgo.

Se presentó un modelo de vinculación de escenarios y opciones reales formalmente y luego se desarrolló en extenso para un caso de estudio sobre una empresa *start-up* de base tecnológica. Los resultados permiten asegurar que el enfoque de opciones reales captura la flexibilidad estratégica para empresas de este tipo, arrojando un resultado de creación de valor mediante el valor de las estrategias futuras, cuando según el análisis tradicional el proyecto hubiese sido desechado. El avance fundamental fue solucionar la problemática de la estimación de la volatilidad para la valuación de las opciones reales a partir del método estructurado de análisis de escenarios.

REFERENCIAS

- Borison, A. (2003). *Real Options Analysis: Where are the Emperor's Clothes?* Stanford: Stanford University .
- Brandao, L.; Dyer, J.; Hahn, W. (2005). Using Binomial Decision Trees to Solve Real Options Valuations Problems. *Journal of Decision Analysis*(2), 69-88.
- Copeland, T.; Antikarov, V. (2001). *Real Options* (1 ed.). New York: Texere LLC.
- Copeland, T.; Tufano, P. (2004). A Real World to Manage Real Options. *Harvard Business School Review*(82), 90-99.
- Cox, J.; Ross, S.; Rubinstein, M. (Septiembre de 1979). Option Pricing: A Simplified Approach. *Journal of Financial Economics*, 229-263.
- Keeney, R.; Raiffa, H. (1976). *Decisions with Multiple Objectives: Preference and Value Trade Off* (1 ed.). New York: John Wiley & Sons.
- Milanesi, G.; Vigier, H. (2010). Árboles de Decisión, Opciones Reales y Enfoque Integrado en Mercados Completos e Incompletos. En A. A. Política (Ed.), *Anales Asociación Argentina de Economía Política* (págs. 1-30). Buenos Aires: AAEP.
- Miller, K.; Waller, G. (2003). Scenarios, Real Options and Integrated Risk Management. *Journal of Long Range Planning*(36)-1, 93-107.

- Smith, J. (2005). Alternative Approach for Solving Real Options Problems. *Decision Analysis*(2), 89-102.
- Smith, J.; Nau, R. (1995). Valuing Risky Projects: Option Pricing Theory and Decision Anaysis . *Management Science*(5), 795-816.
- Trigeorgis, L. (1995). *Real Options in Capital Investment: Models, Strategies and Applications* (1 ed.). London, United Kindgon: Praeger.
- Trigeorgis, L. (1997). *Real Options: Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocations* (2 ed.). Cambridge: MIT Press.
- Wang, A.; Halal, W. (2010). Comparision of Real Asset Valuation Models: A Literature Review. *International Journal of Business and Management*(5), 14-24.
- Wright, G.; Cairns; G.; Goodwin, P. (2009). Teaching scenario planning: Lessons from practice in academe and business. *European Journal of Operational Research*(194)-1, 323-335.