

Guillermo López Dumrauf  
Socio del Estudio Tisocco y Asociados  
Profesor titular del CEMA

## **Tendencias en valuación: 4 pasos para incluir el valor de las opciones reales**

### Introducción

Este artículo tiene por objeto mostrar como podemos integrar las técnicas tradicionales de valuación por flujo de fondos descontado con la técnica ROA (*real options analysis*) para determinar el valor de una compañía o de un proyecto de inversión en un proceso que sigue cuatro pasos. El procedimiento propuesto combina las técnicas de simulación de Monte Carlo y ROA, que permitirán integrar la valuación tradicional con la flexibilidad gerencial.

El criterio del valor presente, obtenido a partir del flujo de efectivo integrado con los estados financieros proyectados de la firma, siempre será nuestro punto de partida para el análisis de las opciones reales, ya que precisamos del valor presente (sin flexibilidad) de un proyecto o activo subyacente como punto de partida para el análisis posterior.

Los ejemplos sobre opciones reales que presentamos en artículos anteriores (véase IAEF Nros 181 y 182) constituyeron ilustraciones simplificadísimas (si es que eso es posible) del trabajo que debe ser realizado para captar la realidad de una decisión compleja. En aquella oportunidad consideramos que los parámetros necesarios para la valuación de una opción real (valor esperado, volatilidad) podían ser encontrados con facilidad. Ahora vamos a tratar algunas de las dificultades de dichas estimaciones. Como, por ejemplo, podemos estimar la volatilidad de un proyecto a partir de los datos del mundo real? ¿Cómo introducir en un modelo de planilla electrónica de cálculo la complejidad de las decisiones, sin complicarlo excesivamente o simplificar demasiado el problema?

Para mostrar como lidiar con estas complicaciones, recurriremos a un ejemplo simplificado que muestra como se realiza un análisis del riesgo del proyecto con las técnicas tradicionales. Aunque éstas aportan información valiosa, es posible establecer un procedimiento que tenga en cuenta todas las combinaciones posibles, y que permita incluir el valor de la flexibilidad gerencial para realizar cambios. El procedimiento sugerido para la valuación de las opciones reales en 4 pasos es el siguiente:

1. Cálculo del valor presente esperado mediante las técnicas tradicionales.
2. Construcción del árbol de eventos, a partir de la combinación de un conjunto de incertezas combinadas utilizando la simulación de Monte Carlo.
3. Identificación e incorporación de la flexibilidad gerencial, diseñando el árbol de decisión.
4. Análisis y valuación de las opciones reales.

### **1° paso: Calculamos el valor presente del proyecto mediante DCF**

El punto de partida para analizar el riesgo individual de un proyecto o una compañía está relacionado con la incertidumbre de los flujos de efectivo. Cuando se analiza un proyecto se busca conocer más acerca de él, se quiere saber qué puede pasar si las cosas salen mal y cuáles son las variables cruciales que pueden determinar el éxito o el fracaso. Este análisis puede realizarse de

diversas formas, que van desde juicios informales hasta complejos estudios que involucran el empleo de programas de computación.

En general, se realiza primero una planificación del flujo de efectivo y luego se calculan las medidas de rentabilidad para el “caso básico”. Terminada esta primera fase, comienza el análisis del riesgo individual del proyecto, donde se desarma la “caja negra”; se estudia cada variable y se discute su evolución. La mejor forma de demostrar como se realiza el análisis del riesgo es con un ejemplo, donde expondremos el uso de las técnicas del análisis de sensibilidad y el análisis de escenarios.

### El proyecto de “Romano pastas”<sup>1</sup>

En 1999, la firma Romano S.A. era una fábrica de pastas que comercializaba sus productos en varios locales de venta al público distribuidos en la Provincia de Buenos Aires. Los productos de la firma habían tenido una gran aceptación.

Los dueños de la compañía estaban seguros de que una de las soluciones para los “picos” de trabajo y los “cuellos de botella” que se generaban en esos días consistía en la producción y posterior congelamiento del producto, con mantenimiento de la calidad. Pensaban que esto les permitiría expandirse hacia otros canales, es decir, vender a pequeños comercios, hoteles y restaurantes el producto terminado; incluso, si en algún momento las ventas futuras lo justificaban, podrían aumentar la escala de producción y comenzar a exportar la producción. Esto requeriría realizar una inversión de \$ 5 millones en infraestructura y equipos, cumplir con numerosos requisitos en materia de calidad y un respaldo financiero para absorber el aumento en los días de cobranza que involucraba la operación en este canal de ventas. Esta oportunidad de inversión estaría presente por dos años y le permitiría aumentar el valor del proyecto en un 20%. La compañía tenía entonces una opción de compra por un plazo de dos años con un precio de ejercicio de 5 millones. Al término de los dos años, la competencia y la entrada de productos sustitutos tornarían inviable el ejercicio de la opción. Las previsiones para el caso básico eran las siguientes:

- a) El proyecto es enteramente financiado con capital propio. La inversión inicial asumiría unos 18 millones de pesos, entre bienes de uso, y capital de trabajo. Esta se realizaría a fines del año 2000.
- b) Se esperaba que las ventas sumaran 23 millones el primer año, para crecer aproximadamente al 4,5% durante los próximos cuatro años para luego estabilizarse en torno de los 27,5 millones a partir del quinto año.
- c) Los bienes de uso se deprecian aproximadamente 10% por año y la depreciación es gastada todos los años para mantener la capacidad operativa del activo fijo.
- d) Las restantes previsiones para costos fijos y variables, impuestos e índices de actividad aparecen en el cuadro de supuestos.

Las respectivas gerencias de Romano S.A., ha realizado un estudio de mercado y de costos. A continuación se muestran los supuestos de la proyección para un período de 5 años en la tabla 1:

<b>Supuestos</b>	<b>Dic-01</b>	<b>Dic-02</b>	<b>Dic-03</b>	<b>Dic-04</b>	<b>Dic-05</b>
Ventas en unidades	210	220	230	245	250
Precio de venta unitario	110	110	110	110	110
Costos variables de producción	68%	68%	68%	68%	68%
Gastos fijos	1700	1700	1700	1700	1700

<sup>1</sup> Adaptado de “Finanzas Corporativas” (2003).

Impuestos	40%	40%	40%	40%	40%
Días cobranza	60	60	60	60	60
Días de venta	90	90	90	90	90
Días de pago	90	90	90	90	90
Depreciación	10%	10%	10%	10%	10%

Tabla 1. Supuestos período de proyección Dic 2001-Dic 2005

En la tabla 2 se muestra el estado del flujo de efectivo, donde el *free cash flow* es en este caso igual al flujo de fondos del accionista, pues el proyecto es financiado enteramente con capital propio.

<b>CASH FLOW</b>	<b>Dic-01</b>	<b>Dic-02</b>	<b>Dic-03</b>	<b>Dic-04</b>	<b>Dic-05</b>
EBIT	4392	4644	4896	5324	5400
Depreciación	1300	1400	1500	1600	1700
EBITDA	5692	6044	6396	6924	7100
Cuentas a cobrar	297	181	181	271	90
Inventarios	273	184	184	277	92
Cuentas a pagar	341	163	184	299	47
Impuestos s/EBIT	1757	1858	1958	2130	2160
<b>Cash flow operaciones</b>	<b>3705</b>	<b>3984</b>	<b>4257</b>	<b>4546</b>	<b>4804</b>
<b>Gastos de capital</b>	<b>1000</b>	<b>1000</b>	<b>1000</b>	<b>1000</b>	<b>1000</b>
<b>Free Cash Flow</b>	<b>2705</b>	<b>2984</b>	<b>3257</b>	<b>3546</b>	<b>3804</b>

Tabla 2. Estados del flujo de efectivo Dic 2001-Dic 2005

Luego de realizar una primera estimación de los flujos de efectivo del proyecto de acuerdo a los supuestos de lo que llamaremos “caso básico”, los directivos de Romano realizan un cálculo del valor actual neto y la tasa interna de retorno, que aparecen en la 3. A priori, puesto que el VAN es positivo y la TIR supera el costo de capital, el proyecto sería aceptado.

	<b>Dic-01</b>	<b>Dic-02</b>	<b>Dic-03</b>	<b>Dic-04</b>	<b>Dic-05</b>
Free Cash Flow	2705	2984	3257	3546	3804
Valor continuo (VC)					29848
Free Cash Flow + VC	2705	2984	3257	3546	33652
VAN al 15%	\$ 7.508,17				
TIR	25,39%				

Tabla 3. VAN y TIR del proyecto de Romano

Si bien el VAN es positivo, los directivos de Romano quieren estar seguros de que todo irá bien antes de tomar la decisión. Surgen entonces varias preguntas: ¿Qué pasaría si el precio para poder introducir el producto tendría que ser más bajo? En ese caso, ¿cuál es el máximo costo fijo que la empresa está en condiciones de soportar? ¿El tamaño del mercado ha sido bien cuantificado o se ha sobreestimado? ¿Qué pasaría si los costos variables son más altos de lo previsto?

Análisis de sensibilidad: “¿qué pasa si...?”

Las previsiones de los flujos de efectivo han sido elaboradas prudentemente, atendiendo las opiniones de los distintos departamentos de la compañía. Pero los directivos todavía quieren saber que ocurriría si las cosas no salen tal como fueron previstas. Para ello querrán identificar las variables críticas del proyecto, que pueden determinar el éxito o el fracaso del mismo. En esencia,

el análisis de sensibilidad es una técnica que debe servirnos para conocer los límites del negocio. Coloca las previsiones del flujo de efectivo en términos de variables desconocidas y fuerza al ejecutivo financiero a explorar e identificar las variables clave, ayudando a descubrir errores en las proyecciones.

**El análisis de sensibilidad examina por separado los cambios en una variable sobre el VAN del proyecto.** La idea básica es mantener constantes todas las variables excepto una, para observar cuán sensible es el VAN del proyecto a los cambios de esa variable. Si el VAN experimenta un cambio grande para cambios relativamente pequeños de esa variable, entonces el riesgo del proyecto que está relacionado con dicha variable es alto. En el análisis de sensibilidad es común que se modifiquen aisladamente el precio, el tamaño del mercado, los costos variables, los costos fijos, etcétera.

La mejor forma de organizar la información es establecer un límite superior y un límite inferior para las categorías más importantes del proyecto (ingresos, costos, inversiones, etc.). Para ello, se le pide a los respectivos departamentos (marketing, producción) que realicen una estimación pesimista y otra optimista de las variables relevantes, las que se muestran en la tabla 4:

	Pesimista	Caso base	Optimista
Ventas en unidades	150	200	250
Precio unitario	90	110	120
Costo variable unitario	75%	68%	65%
Costo fijo anual	2000	1700	1500
Días cobranza	90	60	45
Días de venta	120	90	60
Días de pago	60	90	100

Tabla 4. Límites inferior y superior de las variables del proyecto

El paso siguiente es volver a calcular el VAN del proyecto bajo las hipótesis pesimista y optimista planteadas, cuyos resultados se exhiben en la tabla 5:

	VAN Pesimista	VAN optimista
Ventas en unidades	-4385	9813
Precio unitario	-1.587	10.471
Costo variable unitario	-534	10.955
Costo fijo anual	6.203	8.379
Días cobranza	5.453	8.536
Días de venta	6.096	9.811
Días de pago	6.159	7.958

Tabla 5. VAN pesimista y optimista

De los resultados se observa que las variables críticas son las ventas en unidades, el precio y el costo variable unitario. En particular, la cantidad de ventas en unidades, pueden torcer drásticamente el resultado del proyecto.

A pesar de que el análisis de sensibilidad es ampliamente utilizado por los practicantes de las finanzas, tiene limitaciones que a veces pueden ser muy importantes. En general, el riesgo individual de un proyecto no solamente depende de la sensibilidad del VAN a los cambios en los valores de una variable, sino que depende del rango de valores probables que estas variables reflejan en sus

distribuciones de probabilidad. Como el análisis de sensibilidad solamente considera el efecto de un cambio en las variables, pero no la probabilidad que tiene de producirse, es incompleto.

En el mundo real, las variables suelen estar interrelacionadas, por lo cual necesitamos una técnica que nos permita observar cuál es el efecto de algunas combinaciones posibles.

### Análisis de escenarios

El análisis de escenarios considera tanto la sensibilidad del VAN con respecto a los cambios en las variables fundamentales del proyecto, como el rango probable de valores variables. El diseño de escenarios no necesariamente se resume a definir tres casos probables (pesimista, más probable, optimista). El diseño de escenarios es una técnica donde se combinan el arte y la ciencia, para lo cual el ejecutivo financiero requiere el auxilio de sus conocimientos de macro y microeconomía.

Las principales variables macroeconómicas que pueden tener impacto en el desempeño de la empresa son:

- El nivel pronosticado del PBI
- La tasa de inflación
- El tipo de cambio
- La tasa de interés
- El riesgo país

El tipo de cambio y el riesgo país suelen ser variables importantes en los proyectos de inversión situados en países emergentes. El primero es importante debido a la tendencia de sus monedas a devaluarse frente a monedas duras como el dólar. El riesgo país suele sumarse en la tasa de descuento del proyecto. En este tipo de análisis del tipo “desde arriba hacia abajo”, el ejecutivo financiero piensa desde lo general a lo particular, estimando qué combinaciones de este tipo de variables pueden darse y cuál puede ser su impacto en los números de la compañía.

En la confección de los escenarios suele combinarse el arte con la ciencias económica. Por ejemplo, se realizan estimaciones de la cantidad demandada para un determinado precio de venta, costos fijos y variables para determinados rangos de producción, tasas de interés, efectos de una devaluación sobre los costos internos y los precios de la empresa, etcétera. De hecho, la cantidad de escenarios que podría elaborarse es ilimitada. Y, si bien no hay una regla para la cantidad que deberíamos diseñar, en los países emergentes debemos realizar más estimaciones, porque cuantos más escenarios se tengan, más completa será la idea del VAN del proyecto que se tendrá. El gerente financiero de Romano ha diseñado los siguientes escenarios, adicionales al caso básico:

- a) Devaluación
- b) Entrada de un competidor
- c) Entrada de capitales, baja de la tasa de interés y crecimiento sostenido

A continuación se especifican como serían afectadas las variables del proyecto con su impacto en el *free cash flow* y el VAN.

### **Escenario de devaluación**

La gerencia ha establecido que si se devalúa la moneda nacional, provocaría los siguientes cambios durante los primeros dos años, para luego volver a situarse en los niveles precedentes del proyecto, excepto para los precios y los costos fijos y variables:

- Una caída de las unidades vendidas en un 15%
- Un aumento de los precios en un 8%
- Un aumento de los costos variables a un 70% de las ventas
- Un aumento de los costos fijos a \$1800
- Un aumento de los días de cobranza a 90 días
- Un aumento de los días de venta a 100 días
- Un aumento de los días de pago a 120 días

Los efectos de la devaluación en el *free cash flow* y en el VAN aparecen en la tabla 6:

	Dic-01	Dic-02	Dic-03	Dic-04	Dic-05
Free Cash Flow	1495	2179	2490	2730	2975
Valor continuo (VC)					23345
Free Cash Flow + VC	1495	2179	2490	2730	26320
VAN al 15%	-\$	2.368,71			

Tabla 6. Efectos de la devaluación en el VAN

### Escenario de entrada de un competidor

- Una caída de las unidades vendidas en un 30%
- Una reducción de los precios en un 15%
- Una reducción de los costos fijos por reestructuración a \$1600
- No habría cambios en los días de cobranza, ventas y pagos

Los efectos de la entrada de un competidor en el *free cash flow* y en el VAN aparecen en la tabla 7:

	Dic-01	Dic-02	Dic-03	Dic-04	Dic-05
Free Cash Flow	1972	1415	1242	1419	1584
Valor continuo (VC)					12425
Free Cash Flow + VC	1972	1415	1242	1419	14009
VAN al 15%	-\$	10.222,74			

Tabla 7. Efectos de la entrada de un competidor en el VAN

### Escenario de crecimiento sostenido

- Un aumento de las unidades vendidas en un 5% anual
- Un aumento de los precios en un 3%
- Una reducción de los costos variables a un 65% de las ventas por mayor productividad
- Un mejora en los días de venta a 45 días

Los efectos del crecimiento en el *free cash flow* y en el VAN aparecen en la tabla 8:

	Dic-01	Dic-02	Dic-03	Dic-04	Dic-05
Free Cash Flow	4748	4353	4226	4602	4832
Valor continuo (VC)					37913
Free Cash Flow + VC	4748	4353	4226	4602	42745

---

VAN al 15%                      \$ 12.481,88

---

Tabla 8. Efectos del crecimiento en el VAN

Una vez obtenidos los distintos escenarios, se le suele asignar a cada uno una probabilidad de ocurrencia para obtener el VAN esperado del proyecto<sup>2</sup>, aunque, por supuesto, en general, es muy difícil estimar en forma exacta las probabilidades para cada escenario. El cálculo del riesgo del proyecto sigue los siguientes pasos:

1. Valor esperado del flujo de efectivo de cada año
2. VAN esperado
3. Varianza de los flujos de efectivo
4. Varianza del VAN
5. Desvío del VAN

En la tabla 9 aparecen todos los resultados de las medidas de tendencia central y desvío del proyecto:

Escenario	Probabilidad	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Devaluación	20%	1.495	2.179	2.490	2.730	26.320
Entrada competidor	20%	1.972	1.415	1.242	1.419	14.009
Caso base	50%	2.705	2.984	3.257	3.546	33.652
Crecimiento	10%	4.748	4.353	4.226	4.602	42.745
<b>Medias de tendencia central y dispersión</b>						
Valor esperado del FCF		2.521	2.646	2.797	3.063	29.166
Valor presente esperado FCF	22.284					
VAN esperado	4.284					
Varianza del FCF		783.753	695.092	812.357	916.176	76.066.782
Varianza VAN	20.443.300					
Desvío VAN	4.521,42					

Tabla 9. VAN esperado y desvío estándar

El análisis de sensibilidad y el análisis de escenarios aporta información valiosa. El primero permite estudiar el efecto del cambio en una variable en un momento dado. Analizando el proyecto desde escenarios alternativos, calculamos el efecto de una *cantidad limitada de combinaciones posibles*.

Sin embargo, la gerencia de Romano no está del todo conforme con las previsiones. Se pretende llegar hasta el fondo y considerar el total de las posibles combinaciones de variables, construyendo un modelo más completo del proyecto, especificando las distribuciones de probabilidad de cada uno de los determinantes del flujo de efectivo.

## 2° paso: simulación de los retornos del proyecto con el método de Monte Carlo

El método de Monte Carlo es un análisis de simulación que permite considerar todas las combinaciones posibles, ya que tiene en cuenta la distribución completa de los posibles resultados

---

<sup>2</sup> Los cálculos completos para el valor esperado, la varianza y el desvío estándar aparecen en "Finanzas Corporativas" (2003)

del proyecto. La característica fundamental del Monte Carlo es la utilización de números al azar, de ahí su nombre. John Von Neumann lo bautizó por esa razón “Monte Carlo” o “Montecarlo”. Los números al azar son comprendidos entre cero y uno que se generan en forma aleatoria y que proporcionan igual probabilidad de ocurrencia para intervalos de la misma amplitud.

La simulación es más costosa y complicada que el análisis de escenarios, ya que la distribución de probabilidad *de cada variable* tiene que especificarse, pero tiene la ventaja de impulsar al proyectista y al decisor a enfrentarse con la incertidumbre y la interdependencia. El paso siguiente es definir la distribución de probabilidades para cada variable. Por ejemplo, los costos fijos podrían seguir una distribución uniforme (donde los valores mínimo y máximo son fijos y tienen la misma probabilidad de ocurrencia), mientras que la tasa de inflación futura podría seguir una distribución normal. Una distribución binomial podría ser utilizada para señalar la cantidad de gente que preferirá el producto que fabrica la compañía (la distribución binomial describe el número de veces que un evento particular ocurre en un número fijo de intentos). Una distribución lognormal podría ser útil para describir el precio de un insumo (en la distribución lognormal la variable en cuestión no puede asumir valores negativos, como el caso del precio de una mercancía).

Una vez especificada la distribución de probabilidad para cada variable, se elige aleatoriamente un valor proveniente de la distribución de probabilidad de cada variable para calcular los flujos de efectivo del proyecto, y estos se utilizan luego para calcular el VAN. Existen programas para computadora como el *Crystal Ball™*, que corren este proceso una y otra vez, generando una distribución de probabilidad de los VAN del proyecto. De esta forma el tomador de la decisión tiene una distribución de probabilidad que puede utilizarse para determinar el rango más probable de resultados que pueden esperarse del proyecto. Muchos problemas del mundo real envuelven elementos de incertidumbre tan complejos que resulta muy difícil resolverlos por métodos analíticos. Hay muchas combinaciones posibles de valores de entrada como para calcular cada resultado posible. La técnica del Monte Carlo lidia con este problema requiriendo un número de números aleatorios que luego son tratados por el programa informático. Cuando se utiliza una simulación, el *Crystal Ball™* usa el método de Monte Carlo para generar números aleatorios para los supuestos de entrada que conforman los valores posibles del mundo real. Cada *set* de estos números aleatorios efectivamente simula un “qué pasa sí” para una planilla de cálculo. Cuando el programa comienza a correr, los resultados son recalculados para cada escenario y son desplegados en un gráfico. Es un proceso iterativo que continúa hasta que se alcanza un criterio de detención (por ejemplo, realizar 1.000 intentos). Es importante también tener claro que la simulación de Monte Carlo puede sólo aproximar una situación del mundo real, de forma tal que una vez diseñado el modelo en planilla de cálculo y corrida la simulación, debe examinarse cuidadosamente la naturaleza del problema y refinar el modelo hasta que se aproxime lo máximo posible a la situación real.

#### Las previsiones reexaminadas

Se entabla seguidamente una discusión entre el directorio y el gerente financiero, de donde surgen las siguiente previsiones:

- Ventas en unidades: el departamento de marketing estima que las ventas se *distribuirán normalmente* con una media que responde a las previsiones del caso básico y un desvío estándar del 10%. Las medias responden a estimaciones conservadoras que han tenido en cuenta tests preliminares donde el producto ha demostrado gran interés. Debido a esto, el departamento de marketing estima una venta mínima del orden del 70% del nivel de ventas del caso básico. La

correlación con el precio de venta es  $-0,80$  y además se establece que las ventas de cada año estarán correlacionadas con el año anterior. Si las ventas están por debajo de las expectativas en el año 1, lo más probable es que continúen estándolo en los años siguientes. Se establece el coeficiente de correlación entre ventas en un  $0,90$ . De la misma forma, se presentan las ventas del año 3 en función de las ventas del año 2, y así sucesivamente.

- Precio de venta unitario: se incrementará con la inflación general y con el tamaño del mercado. Este a su vez, dependerá del nivel general de la actividad económica (PBI). La previsión que surge luego de incorporar estas interdependencias es que el precio se sitúe entre \$100 y \$120, con un valor más probable de \$110. Distribución elegida: triangular
- Costos variables: se espera que se distribuyan normalmente alrededor de un 68% de las ventas, con un desvío estándar del 2%, de forma que se ubicarán entre el 66 y el 70% de las ventas valorizadas.
- Costos fijos: se estima se ubicarán entre 1,5 y 2 millones, teniendo ambos valores igual probabilidad de ocurrencia. Distribución: uniforme
- Tasa de impuestos: se estima que se mantendrá en el 40%, pudiéndose situar entre un 38 y un 42%. Distribución elegida: triangular
- Días de cobranza, días de venta y días de pago: se estima que sus medias responderán a las previsiones del caso básico, con un desvío estándar del 10%. Distribución elegida: normal

La especificación de las interdependencias es la parte más complicada e importante de la simulación. No es difícil imaginar el grado de complejidad de la lista de ecuaciones, aunque sólo se tenga en cuenta algunas relaciones de interdependencia entre variables. Una vez definidas las distribuciones con sus valores medios y desvíos, es fácil modelizar todas estas incertidumbres con *Crystal Ball™*. El proceso consiste en definir las “assumptions” para cada celda en nuestra planilla de cálculo (utilizamos la misma planilla que usamos para calcular el VAN del proyecto) como se muestra en la figura 1:

	D1	D2	D3	D4	D5
2 BALANCE	5235	8189	11448	14960	18790
3 Caja	3797	3878	4159	4430	4701
4 Cuentas a cobrar	3873	405			
5 Inventarios	11700	1150			
6 Bienes de uso	24578	2752			
7 Activo Total	3841	410			
8 Cuentas a pagar	3841	410			
9 Pasivo Total	20635	2342			
10 P. Neto	24578	2752			
11 Total pasivo + P. Neto	0	0			
12 Control					
13					
14					
15					
16					
17 Gastos	310	320	330	340	350
18 Ventas en unidades	110	110	110	110	110
19 Precio de venta unitario	68%	0,68	0,68	0,68	0,68
20 Costos variables de producción	1790	1790	1790	1790	1790
21 Gastos fijos					
22 Impuestos	40%	40%	40%	40%	40%
23 Ctas cobradas	60	60	60	60	60
24 Ctas de venta	60	60	60	60	60
25 Ctas de pago	60	60	60	60	60

Figura 1 Definición de las “assumptions” del proyecto

Luego definimos cual es la celda que queremos como resultado del pronóstico, donde se combinarán todas las incertidumbres en una sola: el VAN del proyecto. Definimos entonces la celda que contiene dicho valor, como se muestra en la figura 2:

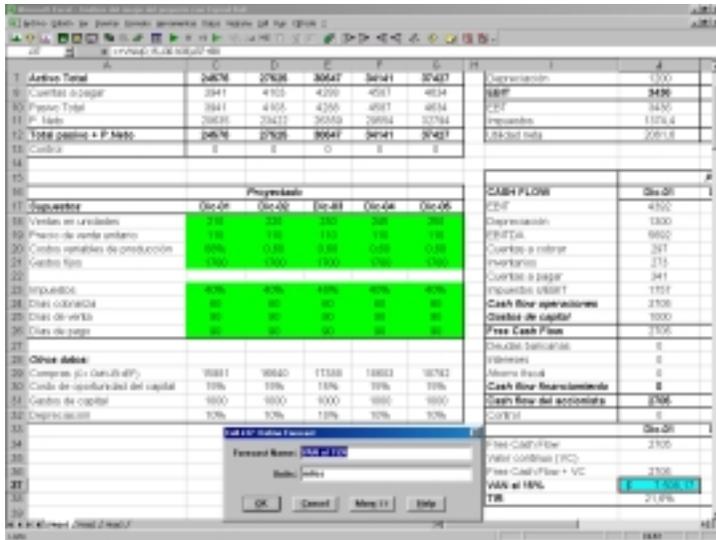


Figura 2 Definición de la celda de pronóstico

Finalmente, pulsamos “Run” y el *Crystal Ball™* comienza a realizar un proceso iterativo (podemos pedirle que haga por ejemplo, 2.000 iteraciones). Al final, aparece la distribución del VAN. Pulsando en “view” y luego “statistics” podemos ver los valores para la media del VAN (\$ 6.740,12) y su desvío estándar (\$ 4.403,52)

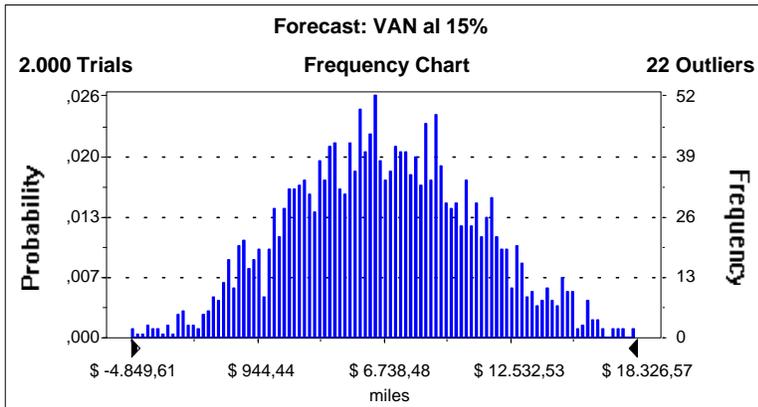


Figura 3. Distribución del VAN del proyecto

“Statistics”

Forecast: VAN al 15%  
 Statistic Value  
 Trials 2.000  
 Mean \$ 6.740,12  
 Median \$ 6.620,17  
 Mode ---  
 Standard Deviation \$ 4.403,52  
 Variance \$ 19.391.003,51  
 Skewness 0,01  
 Kurtosis 3,08  
 Coeff. of Variability 0,65  
 Range Minimum \$ -10.686,70  
 Range Maximum \$ 19.756,19  
 Range Width \$ 30.442,89  
 Mean Std. Error \$ 98,47

Antes de utilizar los datos obtenidos de la simulación de Monte Carlo en la construcción del árbol de eventos, debemos aclarar que se hace uso de dos hipótesis.

La primera hipótesis es la “negativa del activo negociado” (*marketed asset disclaimer*) que emplea el valor presente del activo subyacente sujeto a riesgo sin flexibilidad, como si este representara adecuadamente el precio que tendría si cotizara en los mercados de capitales (la evidencia empírica es abundante en este sentido, y pueden encontrarse muchas pruebas al respecto en los textos “Valuation” y “The Quest for Value”)

La segunda hipótesis es que los flujos de efectivo esperados fluctúan en forma aleatoria. Esto implica que cualquiera sea el padrón que sigan los flujos de efectivo, la variación de su valor presente sigue un recorrido aleatorio, ya que en todo momento los inversores incorporan la nueva información y siempre obtendrán su costo de capital. Este teorema, atribuido a Paul Samuelson (1965) nos permite combinar muchas variables inciertas en una planilla electrónica, recurriendo a la técnica de Monte Carlo, y reducirlas a una sola variable incierta, que será el valor presente del proyecto, condicionado por todo ese conjunto de variables aleatorias, obtenido de sus distribuciones subyacentes. Miles de iteraciones proporcionan una estimación del desvío estándar de los retornos del proyecto y éste será utilizado para representar los movimientos ascendentes y descendentes en un árbol de eventos, para el posterior análisis de la opción real con que cuenta la compañía.

## 2° paso: el árbol de eventos

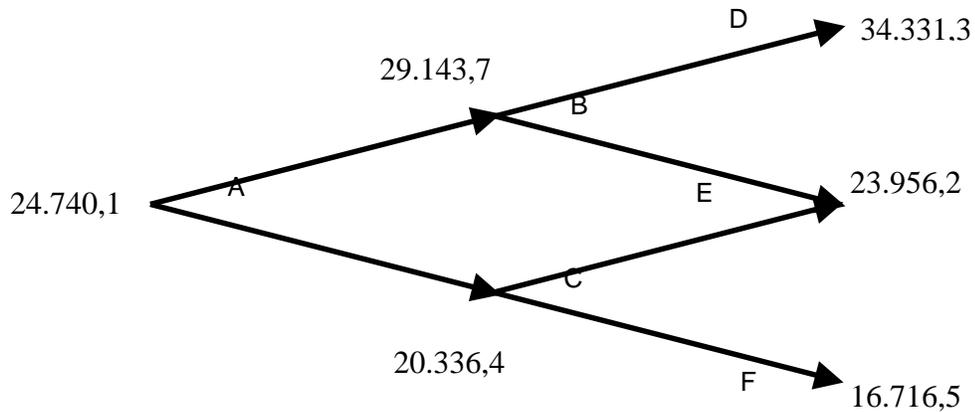
El “VAN esperado” no tiene en cuenta el riesgo. El riesgo se refleja en la dispersión de la distribución del VAN. Puesto que el valor presente del FCF es de \$ 24.740,12 (igual al desembolso de la inversión de 18 millones más el VAN).

Puesto que el desvío del valor del proyecto es de 4.403,52, al cabo del primer año su valor puede ser de 29.143,64 ( $24.740,12 + 4.403,52$ ) o de 20.336,60 ( $24.740,12 - 4.403,52$ ) lo que implica los siguientes coeficientes de ascenso y descenso:

$$u=1,178 \quad (29.143,64/24.740,12)$$

$$d= 0,822 \quad (20.336,60/24.740,12)$$

El proyecto ofrece la opción de ampliar el negocio invirtiendo \$5 millones, lo cual permitirá incrementar su valor en un 20%. Tenemos, por lo tanto, una opción de compra americana con un precio de ejercicio de 5 millones por un plazo de 2 años, luego del cual sería muy difícil ejercitarla, pues si el negocio es muy bueno, el ingreso de un competido no daría lugar a su ejercicio. A continuación se reproduce en la figura 4 el árbol de eventos del proyecto, teniendo en cuenta los coeficientes de alza y baja, calculados a partir del desvío estándar obtenido con la técnica de simulación:



**Figura 4. Árbol de eventos del proyecto**

El análisis de las opciones reales nos indicará no sólo que es lo mejor que podemos hacer en cada situación, sino también cuándo hacerlo y si tuviéramos más de una opción, reunir los efectos de las mejores decisiones en un solo valor (véase IAEF N° 182, mi artículo sobre las opciones combinadas).

### **3° paso: diseño del árbol de decisión, identificando la flexibilidad gerencial**

Como en la valuación de la opción utilizaremos la metodología de la neutralidad ante el riesgo, en este punto es pertinente una aclaración, ya que la valoración neutral al riesgo suele introducir confusión, y muchas veces aparece mal explicada.

La “valuación neutral al riesgo” no establece que los inversores son neutrales al riesgo. Lo que sí establece es que los activos financieros derivados (en este caso un opción pueden valuarse como si los inversores fueran neutrales al riesgo, ya que las preferencias de éstos sobre el riesgo no tienen efecto sobre el valor de la opción cuando esta se expresa en función del activo subyacente.

Es por eso que en las fórmulas de valuación (portafolio replicado, B&S, probabilidades neutras) no aparece la variable “rentabilidad esperada sobre las acciones”. En los ejemplos sobre el abordaje neutral al riesgo normalmente se construye inicialmente una cartera libre de riesgo. La razón por la que puede diseñarse una cartera libre de riesgo es que el precio de las acciones y el precio de la opción están afectados por la misma fuente de incertidumbre: los movimientos del precio de las acciones. En cualquier período corto de tiempo, el precio de una opción de compra está perfectamente correlacionado de forma positiva (y el precio de las opciones de venta esta perfectamente correlacionado de forma negativa) con el precio de las acciones subyacentes.

En ambos casos, cuando se establece una cartera con las proporciones adecuadas de acciones y opciones (posición corta) el beneficio o pérdida en una de ellas se compensa con el beneficio o pérdida en la otra.

Realizada la aclaración, comenzamos nuestro análisis en los nodos finales, transformando nuestro árbol de eventos en un árbol de decisión; ahora debemos cuantificar las decisiones y determinamos cuál es el mejor momento para llevarlas a cabo. En la figura 5 observamos que la opción de expansión sólo tiene valor en el nodo D. Luego retrocedemos en el árbol, calculando el valor de la opción por el método del abordaje neutral ante el riesgo.

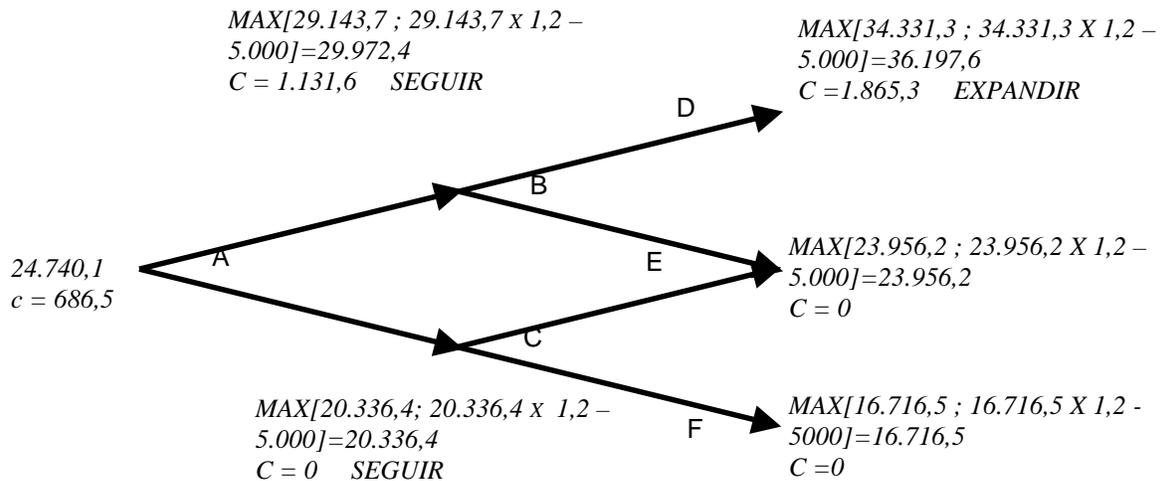


Figura 5. Árbol de decisión de la opción de expansión

#### 4° paso: análisis y valuación de la opción real

Calculamos ahora los valores de la probabilidad de suba y la probabilidad de baja en un mundo neutral ante el riesgo:

$$p = \frac{(1 + rf) - d}{u - d} = \frac{1,05 - 0,822}{1,178 - 0,822} = 0,637 \quad \text{y} \quad 1 - p = 0,363$$

La observación inmediata que podemos hacer es que en el nodo B, el valor de mantener “viva” la opción es mayor que el valor de ejercitar la opción antes de su vencimiento, por lo tanto no la ejercitamos y esperamos.

Cálculo del valor de la opción asumiendo neutralidad ante el riesgo:

$$\text{Nodo B: } C = \frac{p \times cu + (1 - p) \times cd}{(1 + rf)} = \frac{0,637 \times 1.865,3 + 0,363 \times 0}{1,05} = 1.131,6$$

En el nodo C el valor de la opción de expansión es cero, puesto que es cero en los nodos E y F. Finalmente, calculamos el valor de la opción en el nodo A:

$$\text{Nodo A: } C = \frac{p \times cu + (1 - p) \times cd}{(1 + rf)} = \frac{0,637 \times 1.131,6 + 0,363 \times 0}{1,05} = 686,5$$

### Valor de la opción de expansión: 686,5

Una vez calculada la opción, el valor presente del proyecto con flexibilidad es igual a:

PV proyecto con flexibilidad = PV proyecto sin flexibilidad + valor de la opción = 6.7 millones + 0,68 millones = 7,4 millones

### Conclusiones

La simulación, a pesar de ser costosa y complicada, fuerza al encargado de realizar los pronósticos y al tomador de la decisión a enfrentarse con la incertidumbre y la interdependencia entre las variables que componen el proyecto. También debe mencionarse que estimar estas interdependencias y las distribuciones de probabilidad subyacentes no representan un ejercicio sencillo. En la práctica, es casi imposible no complicar mucho la simulación cuando se procura ser realista.

Sin embargo, la simulación puede ser un instrumento muy útil. El ejercicio de construir el modelo nos lleva por sí mismo a capitalizar los beneficios de todo proceso de planificación, nos permite conocer más profundamente el proyecto, aún cuando no se pueda esperar construir un modelo tan preciso que recoja todas las interdependencias e incertidumbres que subyacen en el proyecto.

En la práctica, cuando una empresa lleva a cabo un proyecto, está modificando permanentemente sus operaciones. Si el flujo de efectivo es mejor que lo previsto, el proyecto puede ser ampliado; si es peor que lo previsto, el negocio puede ser reestructurado o abandonado. Los directivos, aún sin utilizar una técnica formal, suelen tener en cuenta estas situaciones. Una forma de hacerlo es utilizar la técnica de los árboles de decisión construidos a partir de los coeficientes de ascenso y descenso que surgen de aplicar la técnica de simulación. Luego, es sencillo calcular el valor de las opciones retrocediendo en el árbol, determinando lo que se debería hacer en cada caso. Una vez hecho esto, es fácil calcular el incremento en el valor del proyecto cuando se aprovechan estas oportunidades de acción ante las circunstancias cambiantes.

### Referencias bibliográficas

- Copeland, T. Antikarov, V. "Opções Reais" Editora Campus, Río de Janeiro, 2002.
- Trigeorgis, L. 1998, "A Conceptual Options Framework for Capital Budgeting", *Advances in Futures and Option research*, 3
- López Dumrauf, Guillermo, "Cálculo Financiero Aplicado" (2003), La Ley.
- López Dumrauf, Guillermo, "Finanzas Corporativas" (2003), Grupo Guía.
- López Dumrauf, Guillermo, "Valor presente, árboles de decisión y opciones reales", *IAEF*, N° 181, octubre de 2002.
- López Dumrauf, Guillermo, "Valuación de opciones combinadas: expansión, abandono y contracción del negocio", *IAEF*, N°182, diciembre de 2002.
- Una recopilación sobre papers y material sobre Real Options puede encontrarse en la página de Marco Días <http://www.puc-rio.br/marco.ind/main.html#contents>. Tal vez el sitio que contiene más información sobre el tema. El lector interesado en la simulación de Monte Carlo debería encontrar interesante la sección: [http://www.puc-rio.br/marco.ind/quasi\\_mc.html](http://www.puc-rio.br/marco.ind/quasi_mc.html)