



Valoración de proyectos de inversión: cómo contemplar el riesgo, la incertidumbre y la flexibilidad operativa

Salvo en el caso de empresas muy consolidadas y sectores en los que los precios y los costes sean muy predecibles o sujetos a coberturas, la actividad de las empresas y, por tanto, el análisis de sus nuevos proyectos de inversión se realizarán al menos con un riesgo e incertidumbre medio/alto, lo que requerirá incorporar escenarios de proyección variables y flujos de caja esperados. Según Séneca: “La suerte es lo que ocurre cuando la preparación se encuentra con la oportunidad”



Francisco Javier Carmona Coslado

Doctor en Ciencias económicas y empresariales. Socio de ONEtoONE Corporate Finance

Los distintos métodos de valoración de proyectos de inversión se basan en la corriente de flujos de caja que dichos proyectos generarán en el futuro. De tal modo que bajo un criterio lógico de maximización de la inversión, ésta se llevará a cabo cuando el valor, al momento presente, de la corriente de flujos esperados supere al monto de la inversión a realizar. En caso contrario, la inversión debería descartarse, salvo que existan “otros intereses” sinérgicos que escapen de la lógica de la valoración financiera.

TÉCNICAS TRADICIONALES DE VALORACIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN

Las técnicas tradicionales de valoración de proyectos de inversión más utilizadas, como es sabido, son el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Rendimiento (TIR). Bajo estas técnicas, un proyecto de inversión tendrá sentido financiero siempre que:

- El VAN sea mayor que cero ($VAN > 0$).
- Cuando la TIR sea mayor que la tasa de rendimiento mínima requerida (r) o tasa de descuento a utilizar (k) ($TIR > r$ o $TIR > k$).

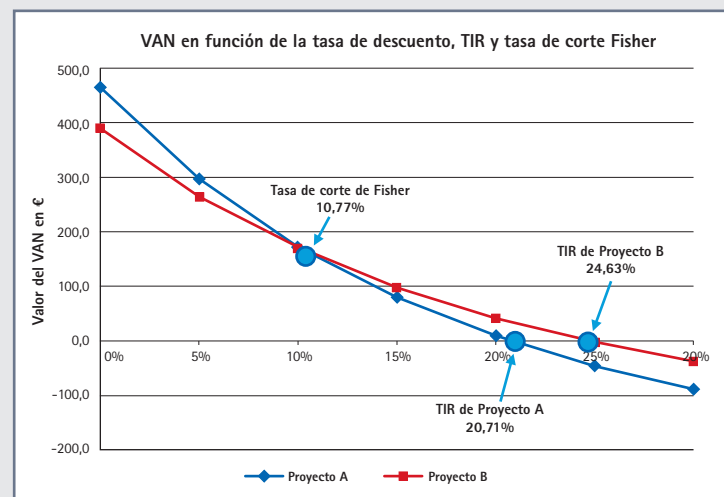
Cuando se están analizando varios proyectos de inversión que son excluyentes, ya que no hay fondos para todos, y pretendemos realizar una jerarquización de los mismos, los criterios de VAN y TIR suelen coincidir en qué proyectos deben realizarse y cuáles no. Sin embargo, en el momento de la jerarquización de dichos proyectos ambos métodos no tienen por qué coincidir. Basta recordar a este respecto, que ambas técnicas parten de supuestos distintos, ya que el VAN reinvierte los flujos al tipo de descuento, mientras que la TIR lo hace a la propia tasa de rendimiento.

La dicotomía VAN frente a TIR se resuelve calculando la tasa de corte de Fisher (Mascarellas y Lejarriaga, 1992) que viene a decir que si la tasa de descuento (k) es inferior a la tasa de corte de Fisher (la que iguala ambos proyectos), el método del VAN preferirá una de las inversiones, mientras que

Tabla 1. Flujos de caja previstos para los proyectos A y B

Proyectos	Año							
	0	1	2	3	4	5	6	7+VR
Proyecto A	-300	-100	200	75	90	150	150	200
Proyecto B	-300	90	90	90	90	90	90	150

Gráfico 1. Representación de VAN, TIR y tasa de corte de Fisher



la TIR preferirá la otra. Esta dicotomía nos obligará a elegir una de las dos técnicas de valoración. A su vez, aunque sea mencionado de paso, también hay que tener presente la “inconsistencia de la TIR”. Es decir, hay proyectos que proporcionan varias tasas de rendimiento e incluso otros que no proporcionan ninguna, problema que podría resolverse con el uso de la TIR modificada.

Mejor veamos un ejemplo de esta dicotomía VAN frente a TIR. Supongamos que una empresa dispone de fondos para afrontar un proyecto de inversión existiendo dos alternativas distintas y, por tanto excluyentes, la generación de flujos de caja de ambos proyectos es la que se muestra en la tabla 1.

Valoración de proyectos de inversión: cómo contemplar el riesgo, la incertidumbre y la flexibilidad operativa



Tabla 2. Cálculos VAN, TIR y tasa de corte de Fisher

Proyectos	Año							
	0	1	2	3	4	5	6	7+VR
Proyecto A	-300	-100	200	75	90	150	150	200
Proyecto B	-300	90	90	90	90	90	90	150
Diferencia A-B	0	-190	110	-15	0	60	60	50

Proyectos	Tasa de descuento						
	0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%
Proyecto A	465,0	296,6	172,6	79,7	8,7	-46,3	-89,6
Proyecto B	390,0	263,4	168,9	97,0	41,2	-2,9	-38,2

TIR Proyecto A	20,71%
TIR Proyecto B	24,63%
Tasa de corte de Fisher	10,77%

Tabla 3. Índice de rentabilidad

	Inversión	VAN k=15%	IR
Proyecto A	387	79,7	20,6%
Proyecto B	300	97,0	32,3%

Ambos requieren una inversión inicial de 300 millones de euros en el momento actual. El proyecto A necesita una inversión adicional de 100 millones en el año 1, mientras que el proyecto B, en ese año 1, ya comienza a generar un flujo de caja positivo de 90 millones de euros.

Los flujos previstos de A son más inestables aunque algunos claramente mayores que los de B, mientras que los de B si bien son de menor cuantía, son más estables. Al mismo tiempo, el proyecto A, al final de su vida útil (año 7) tiene un valor residual (VR) mayor.

El gráfico 1 recoge la evolución de VAN a distintas tasas de descuento y la TIR de cada uno de los proyectos.

Los cálculos anteriores están realizados en Excel y se recogen en la tabla 2.

La tasa de corte de Fisher se obtiene igualando los VAN de ambas inversiones y despejando el tipo de descuento que hace posible dicha igualdad.

Los resultados muestran que si la tasa de descuento es inferior al 10,77% sería preferible elegir el proyecto A, mientras que si la tasa de descuento es superior al 10,77% es más atractivo, desde la perspectiva del VAN, el proyecto B. Al mismo tiempo, el proyecto A ofrece una TIR menor a la del proyecto B y requiere una mayor inversión.

El analista que está evaluando ambos proyectos sabe que la tasa de descuento que tiene que aplicar es del 15%. La tabla 2 anterior no deja lugar a dudas, el proyecto B ofrece un mayor VAN y mayor TIR (79,7 millones y 24,63%, respectivamente).

Para corroborar su decisión, el analista compara también el valor actual neto de los flujos previstos de ambos proyectos, dada la tasa de descuento requerida del 15%, y el desembolso inicial necesario.

Este ratio comparativo es conocido como el "índice de rentabilidad" y se recoge en la tabla 3.

La inversión del segundo año del proyecto A ha sido actualizada al momento presente acorde a la tasa de descuento del 15% requerida. También el índice de rentabilidad otorga mayor valor actual al Proyecto B.

Así, en un escenario de eficiencia de uso de recursos, parece que el proyecto B debería ser el seleccionado, dada una tasa de descuento del 15%, por los siguientes motivos:

- El VAN del proyecto B es mayor que el del proyecto A.
- La TIR de B también es mayor que la de A.
- La inversión en el proyecto B es menor, de tal modo que se podrán dedicar recursos a otros proyectos.
- El IR de B también es mayor.

Pero ¿cambiaría el analista de decisión si la tasa de descuento fuera del 10%? Desde un punto de vista de análisis financiero, es claro que el VAN sería mayor, pero el IR comparativo y la TIR seguirían siendo favorables al proyecto B.

Sin embargo, en más de una ocasión una decisión de inversión financiera en un proyecto puede no coincidir con la decisión estratégica de la empresa. Es decir, podrían existir sinergias estratégicas con otros proyectos en curso o ya en funcionamiento de la empresa que incrementen en mayor medida el valor añadido final de la empresa si se llevara a cabo el proyecto A. Por lo que tampoco nos debe sorprender que al final fuera elegido el proyecto A.

En conclusión, respecto a la dicotomía VAN frente a TIR, cabe decir que:

- El criterio del VAN y de la TIR no siempre coinciden en qué proyecto de inversión debe ser seleccionado. Dependerá de la tasa de descuento del proyecto. No está de más hacer las simulaciones anteriores bajo distintas tasas de descuento.
- Lo comentado en el punto anterior es debido a que el VAN y la TIR consideran la reinversión de los flujos intermedios que se van generando a diferente tasa. El VAN a la tasa de descuento y la TIR a la propia tasa de rentabilidad.
- El VAN es una medida de rentabilidad absoluta, que en un análisis comparativo no indica jerarquía de proyectos si no se relativiza (flujos/inversión), máxime en un escenario de economía real de escasez de recursos financieros.
- La tasa de descuento en el VAN es constante a partir del riesgo estimado del proyecto. Este hecho implica suponer que el riesgo es constante,

cuando este hecho no es así. A medida que el proyecto se va desarrollando en el tiempo, la dirección es capaz de prever con mayor certeza los flujos que quedan por recibir del proyecto, luego el riesgo tiende a reducirse y, por ende, la tasa de descuento.

- La inconsistencia de la TIR en algunos casos, que puede tener varios resultados de puntos de corte, cuando existen flujos intermedios negativos.
- La decisión financiera de elección entre dos proyectos no tiene por qué coincidir con la decisión estratégica de conjunto de la empresa.

En cuanto a los resultados obtenidos, también se podría criticar que:

- Los flujos se han considerado en un escenario de certeza, cuando lo habitual es que las decisiones empresariales se toman en un ambiente de riesgo y de incertidumbre.
- A medida que se inicia el desarrollo del proyecto, la dirección puede tomar decisiones de gestión en función de los acontecimientos que se vayan presentando, hecho no recogido en el cálculo de los flujos de caja en el "año 0". Es decir, el cálculo anterior ha dejado fuera también la flexibilidad operativa, que puede tener el proyecto, en función de la naturaleza de la inversión, una importancia relevante.

Por tanto, si bien el análisis tradicional del VAN y de la TIR son un punto de partida para analizar proyectos de inversión, no incorporan el riesgo, la incertidumbre ni la flexibilidad operativa. Estos tres aspectos, que tienen mayor o menor importancia según la tipología del proyecto de inversión, pueden significar que proyectos con buenos fundamentos financieros iniciales en condiciones de certeza dejen de serlos y otros proyectos inicialmente descartables "en condiciones de certeza" pasen a ser atractivos bajo condiciones de riesgo, incertidumbre y de flexibilidad operativa.

LA INCERTIDUMBRE Y LA FLEXIBILIDAD OPERATIVA

Los flujos de caja previstos en grado de certeza no consideran el riesgo, la incertidumbre ni la flexibilidad operativa. Mientras que el riesgo y la incertidumbre afectan a la variación de los flujos de caja y la probabilidad de ocurrencia; la flexibilidad operativa es la capacidad de reacción de los gerentes ante cambios en el entorno en el que se desarrolla la actividad de la empresa y que puede afectar a los flujos futuros del proyecto de inversión en análisis de viabilidad.

Dependiendo del grado en el que estén presentes estos tres factores, la variación de los flujos de caja

El criterio del VAN y de la TIR no siempre coinciden en qué proyecto de inversión debe ser seleccionado. Dependerá de la tasa de descuento del proyecto

Tabla 4. Estimación de FCL y método de valoración en función del riesgo, incertidumbre y flexibilidad

Riesgo e incertidumbre	Flexibilidad operativa	Escenario de proyección	Estimación del flujo de caja	Método de valoración más apropiado
Bajo	Baja	Único	Cierto	DFC
Moderado	Baja	Variable	Probabilidad	DFC
Alto	Baja	Múltiple	Simulación de Monte Carlo	DFC
Alto	Alta	Binomial	Simulación de Monte Carlo y desviación típica	ROV

podrá ser mayor o menor y, por ende, también el valor del proyecto. También se deberá buscar una metodología adecuada de valoración. La tabla 4, recoge de forma esquemática lo comentado.

Solamente en el supuesto de un proyecto que se atisbe de bajo riesgo e incertidumbre y baja flexibilidad operativa, el escenario de proyección será único, la estimación de los flujos de caja serán "ciertos" y la metodología más apropiada de valoración será el descuento de flujos de caja (DFC).

Si el riesgo y la incertidumbre es moderada y la flexibilidad operativa es baja, se podrán construir varios escenarios de proyección, generalmente tres: normal, pesimista y moderado. Los flujos de caja serán esperados -que no ciertos- y la metodología más apropiada seguirá siendo el DFC.

Si el riesgo y la incertidumbre son altos pero la flexibilidad operativa es baja, se podrán construir múltiples escenarios de proyección. En este caso, la simulación de Monte Carlo es un método de estimación adecuado para el cálculo de los flujos de caja ponderados cuyo valor actual podrá ser calculado también bajo la metodología DFC.

Cuando el riesgo, la incertidumbre y la flexibilidad operativa son elevadas, la metodología de valoración más apropiada es la de "opciones reales" (en inglés, *Real Options Value*, ROV). El escenario de proyección se construye bajo la técnica binomial⁽¹⁾ y la estimación de los flujos de caja bajo la simulación de Monte Carlo, que nos dará un flujo de caja promedio para cada año y su desviación típica, ambos datos serán la clave para construir el árbol binomial

(1) En nuestra opinión el método binomial es el de más fácil aplicación.



del valor actual del proyecto, como más adelante se expone.

Salvo en el caso de empresas muy consolidadas y sectores en los que los precios y los costes sean muy predecibles o sujetos a coberturas, la actividad de las empresas y, por tanto, el análisis de sus nuevos proyectos de inversión se realizarán al menos con un riesgo e incertidumbre medio/alto, lo que requerirá incorporar escenarios de proyección variables y flujos de caja esperados.

Riesgo e incertidumbre: del flujo de caja "cierto" al flujo de caja "esperado"

1. Cálculo del flujo de caja esperado

Este método incorpora riesgo e incertidumbre al flujo de caja de cada año mediante posibles escenarios de ingresos y gastos (normal, pesimista y optimista).

Si los cobros y los pagos fueran ciertos, el flujo de caja del período j (Q_j) vendrá dado por la diferencia:

$$Q_j = C_j - P_j$$

Donde C y P son respectivamente los cobros y los pagos del período j .

En ambiente de riesgo e incertidumbre moderado, se suele considerar que C_j y P_j bajo tres escenarios probables: normal, pesimista y optimista. Además, es-

Tabla 5. Escenarios de cobro y probabilidad de ocurrencia

	Valor	Probabilidad
Normal	190	50%
Pesimista	130	10%
Optimista	210	40%

Tabla 6. Escenario de pagos en función de escenarios de cobros y probabilidad de ocurrencia

	% sobre cobros	Pagos bajo escenario normal de cobros	Pagos bajo escenario pesimista de cobros	Pagos bajo escenario optimista de cobros	Probabilidad de ocurrencia de los pagos
Normal	53%	100,7	68,9	111,3	50%
Pesimista	65%	12,5	84,5	136,5	40%
Optimista	40%	76	52	84	10%

Tabla 7. Posibilidades de valores de flujos de caja y flujo de caja esperado

Escenario	Qj posible	Valor de Qj	Probabilidad asociada	Ponderación de Qj
Normal	Q1	89,3	25%	22,3
	Q2	66,5	20%	13,3
	Q3	114	5%	5,7
Pesimista	Q4	61,1	5%	3,1
	Q5	45,5	4%	1,8
	Q6	78	1%	0,8
Optimista	Q7	98,7	20%	19,7
	Q8	73,5	16%	11,8
	Q9	126	4%	5,0
Fujo de caja esperado E(Qj)				83,5

tos escenarios, tendrán una asignación porcentual de ocurrencia que podrá o no coincidir para C_j y P_j .

Veamos un ejemplo. Sean los cobros previstos en condición de certeza de 190 millones de euros y los pagos previstos de 100 millones de euros, en el año 1 del proyecto B referido anteriormente.

Con arreglo a los escenarios anteriores (normal, optimista y pesimista) asignamos un valor a cada escenario y una probabilidad de ocurrencia. La asignación de valor y la probabilidad dependerá de la propia experiencia del analista del proyecto a partir del *feedback* que reciba de la dirección de la empresa. De esta forma, asignando valor y una probabilidad asociada a cada escenario, convertimos el Q_j en ambiente de certeza en el Q_j esperado $E(Q_j)$.

Retomando el ejemplo, el flujo de caja de 90 millones de euros en condiciones de certeza del año 1 del proyecto B y, siguiendo nuestro propio criterio de riesgo e incertidumbre, el flujo de caja esperado $E(Q_j)$ lo calculamos como se recoge a continuación.

El riesgo de cobro tendrá tres escenarios posibles, asignando a cada uno de ellos una probabilidad de ocurrencia, ver tabla 5.

A la vista de la tabla anterior, nuestro análisis de cobro se sustenta en el escenario normal y el optimista (probabilidad de ocurrencia del 50% y el 40% respectivamente).

El riesgo y la probabilidad de los pagos los hemos estimado bajo el cálculo de la tabla 6.

De nuevo hemos fijado un escenario normal, en el que porcentaje de pagos sobre los cobros supondrá el 53%; un escenario pesimista en el que el porcentaje de pagos supondrá el 65% y otro optimista en el que los gastos solamente supondrán el 40% de los ingresos.

En las columnas tercera, cuarta y quinta, se combinan los escenarios de cobros (normal, pesimista y optimista) con los escenarios de pagos (normal, pe-

simista y optimista). Por ejemplo, la columna tercera recoge el escenario de cobros normal (190 millones de euros), con los tres posibles escenarios de pagos, el normal 53%, el pesimista 65% y el optimista 40%.

La última columna recoge la probabilidad de ocurrencia de cada uno de los escenarios de pagos. En este caso, como puede observarse, nuestro análisis se apoya más en que los pagos tienen más probabilidad de ocurrencia bajo el escenario normal y el pesimista.

La posible combinación de cobros y pagos determina 9 posibilidades de flujos de caja, cada uno, con una probabilidad asociada (ver tabla 7).

El flujo de caja esperado, $E(Q_j)$, obtenido como la suma de todas las ponderaciones sería de 83,5 millones de euros.

Es decir, asociar distintas probabilidades y escenarios nos ha permitido analizar en más profundidad el flujo de caja "cierto" que barajábamos en una posición inicial (90 millones). Las dos premisas que sustentan el estudio anterior son:

- Que el escenario de cobros es normal-optimista (se pondera más).
- Que el escenario de pagos supone una ponderación mayor normal-pesimista.

Es decir, si bien las ventas pueden crecer más de lo previsto con certeza, los costes también pueden ser mayores que en condiciones de certeza. Si la percepción del analista fuera distinta, tendría *drivers* suficientes para variar el flujo de caja esperado.

De forma similar se procedería con los FCL de cada año de duración del proyecto. Después se procedería al cálculo del VAN (en función de la tasa de descuento) y el cálculo de la TIR (dados los FCL esperados de cada año).

2. Flexibilizando aún más el flujo de caja esperado: la simulación de Monte Carlo

La simulación de Monte Carlo es un método que consiste en generar números aleatorios convirtiéndolos en observaciones de las variables a estudiar. Con ello, se puede determinar un rendimiento medio y su dispersión para cada uno de los flujos de caja.

La decisión financiera de elección entre dos proyectos no tiene por qué coincidir con la decisión estratégica de conjunto de la empresa

Como señala el profesor Suárez: "David B. Hert fue el primero en utilizar dicho método en el campo del análisis de inversiones con riesgo. En dos trabajos publicados en 1964 y 1968, este autor puso de relieve la aplicabilidad de la simulación al análisis de inversiones" (Suárez, 2003, p. 170).

Dicho autor proponía el uso de la simulación de Monte Carlo para determinar el rendimiento medio y su dispersión de los proyectos de inversión y considera que las decisiones de inversión de la empresa vienen condicionadas por los siguientes factores: tamaño del mercado, precio de venta, tasa de crecimiento del mercado, inversión requerida, valor residual, costes variables, costes fijos y vida útil del equipo.

Excel es capaz de generar números aleatorios provenientes de una distribución uniforme entre 0 y 1. A partir de estos números se puede desarrollar cualquier simulación por ordenador. Para la generación de números aleatorios se utiliza la función ALEATORIO.

Los números aleatorios generados por esta función tienen dos propiedades fundamentales para poder ser considerados como "aleatorios":

- Cada vez que se utiliza la función ALEATORIO, cualquier número real entre 0 y 1 tiene la misma probabilidad de ser generado.
- Los diferentes números generados son estadísticamente independientes unos de otros. Es decir,

Tabla 8. Variable y drivers para el cálculo del flujo de caja libre

Variable	Drivers
Cifra de ventas (-) Costes de aprovisionamiento (-) Gastos de personal (-) Otros gastos (-) Dotación a la amortización (=) Resultado de explotación	Precio de venta unitario y nº unidades vendidas % sobre ventas Componente fija y variable (vinculada a producción) Componente fija y variable (vinculada a producción) Lineal en función de CAPEX
(-) Impuesto de Sociedades (=) Net Operating Profit After Taxes (NOPAT)	Se supone el 30%
(+) Dotación de Sociedades (=) Flujo de caha bruto (FCB)	
(-) Capital Expenditure (CAPEX) (-) NEcesidades operativas de fondos (NOF) (=) Flujo de caja libre (FCL)	Inversión anual necesaria en activo fijo (en función de cifra de ventas) Necesidad operativa de fondos (en función de periodos de maduración)

Tabla 9. Escenario de cifras de ventas y probabilidades asociadas en el año 1

Kms. vendidos	Probabilidad	Probabilidad acumulada	Extensión inferior intervalo	Extensión superior intervalo	Kms. vendidos
10	0,050	0,050	0,000	0,050	10
20	0,100	0,150	0,050	0,150	20
30	0,100	0,250	0,150	0,250	30
40	0,100	0,350	0,250	0,350	40
50	0,150	0,500	0,350	0,500	50
60	0,200	0,700	0,500	0,700	60
70	0,200	0,900	0,700	0,900	70
80	0,050	0,950	0,900	0,950	80
90	0,030	0,980	0,950	0,980	90
100	0,020	1,000	0,980	1,000	100

un número aleatorio no guarda dependencia alguna de los anteriormente generados.

La aplicación de la Simulación de Monte Carlo requiere tener muy claras las variables o inputs del modelo que determinarán el comportamiento global del sistema.

Para una estimación de flujos de caja libre, las variables a considerar se presentan en la tabla 8.

También la aplicación del modelo necesita recordar el significado de la media muestral, desviación estándar, intervalo de confianza, nivel de significación (α , alpha) e intervalo de confianza para la media dado el nivel $(1-\alpha)$, ya que suponemos que los números aleatorios siguen una distribución normal tipificada.

Veámoslo con un ejemplo práctico. Una empresa ha desarrollado una conducción de fluidos franca-

mente innovadora dentro de su sector de actividad. La empresa está a punto de iniciar la comercialización y quiere incorporar un análisis de sensibilidad al riesgo y la incertidumbre, dado que existe una gran incertidumbre en cuanto a la cifra de ventas del nuevo producto (unidad de medida kilómetros de conducción vendidos). La inversión necesaria para el inicio de la fase de comercialización es de 8 millones de euros.

A la vista de las posibilidades iniciales de ventas del año 1, el director financiero ha construido distintos escenarios de ventas y probabilidades y demás *drivers* que se mencionan en la tabla 9.

Las ventas del año 1 pueden oscilar entre los 10 kilómetros y los 100 kilómetros de tuberías o conducciones. La elaboración de la tabla 9, incluyendo la columna "extensión inferior del intervalo" y de la columna "extensión superior del intervalo" y de nuevo los "kilómetros vendidos" (última columna), obedece a las necesidades de cálculo de la simulación de Monte Carlo que se comentan más adelante.

Por su parte, la tabla 10 contiene las variables y *drivers* del escenario de proyección para el año 1.

Bajo las premisas anteriores y utilizando excel creamos un escenario de simulación de Monte Carlo a partir de cien números aleatorios, que nos concretarán cien posibles flujos de caja. En la tabla 11 se presenta el cálculo de los dos primeros.

Los números aleatorios (primera columna) es una variable volátil creada a partir de la función ALEATORIO de excel ya comentada. Devuelve un número aleatorio mayor o igual que cero y menor que 1 distribuido, que cambia al actualizar la tabla. Arrastrando la fórmula hacia abajo, dispondremos de tantos números aleatorios como estimemos necesarios, en nuestro caso, hemos utilizado una muestra de cien.

Una vez creados los números aleatorios y para que la tabla no varíe más, utilizamos la opción "copiar" y

Tabla 10. Variables y drivers del escenario de proyección

Variables	Cifras
Precio de venta (por kilómetro)	150.000
Coste variable (% sobre ventas)	35%
Costes fijos	925.000
Gastos de personal	525.000
Número de personas	15
Coste promedio por persona	35.000
Otros gastos	400.000
Si cifra de ventas superior a 40 Km. Incremento del 20% en CF	1,2
Necesidades operativas de fondos	
Existencias	85
Clientes	80
Proveedores	80
CAPEX. Si se superan los 40 km.	120.000
Dotación a la amortización	200.000
Impuesto de Sociedades	30%

Tabla 11. Cálculo de los posibles flujos de caja a partir de números aleatorios en función de variables y drivers

Números aleatorios	Kms. vendidos	Ventas	Coste variable	Costes fijos	Dotación amortización	Resultado explotación	NOPAT	Existencias	Clientes	Proveedores	NOF	CAPEX	FCL
0,114535304	20	3.000.000	1.050.000	925.000	200.000	825.000	577.500	247.917	666.667	438.889	475.694	0	301.806
0,796523163	70	10.500.000	3.675.000	1.110.000	200.000	5.515.000	3.860.500	867.708	2.333.333	1.063.333	2.137.708	120.000	1.802.792

después "pegar número", los números aleatorios ya permanecerán fijos (los hemos transformado en número) siendo ya nuestra muestra definitiva creada al azar.

Veamos por ejemplo los cálculos restantes a partir del primer flujo de caja de la tabla 11.

- Los kilómetros vendidos se obtienen a partir del número aleatorio mediante la fórmula BUSCARV. La matriz de búsqueda se establece a partir de las tres últimas columnas de la tabla 9 anterior, bajo el siguiente argumento:
 - Valor buscado es el número aleatorio: 0,114535304.
 - Tabla de búsqueda es la tabla formada por las tres últimas columnas de la tabla 9 y la columna de búsqueda es la tercera columna de las consideradas (kms. vendidos). La función BUSCARV en las columnas antes referidas, busca en qué intervalo se encuentra el número aleatorio y nos devuelve en la columna "Kms. vendidos" de la tabla 11 los kilómetros correspondientes a ese número aleatorio en función de los intervalos de frecuencia. El número aleatorio anterior está entre el intervalo (0,050 y 0,15), por lo que la previsión de ventas será de 20 kms de conducciones.
- Ventas y costes variables no presentan dificultad alguna en el cálculo.
- En cuanto a los costes fijos, superado un determinado volumen de producción, 40 kms, tendrán un incremento del 20% (es necesario más personal, así como considerar un incremento también en "otros gastos").
- La dotación a la amortización es de 200.000 euros (se supone por simplicidad exclusivamente la inicial, no se incorporan otras necesidades de CAPEX adicionales).
- Los cálculos de existencias, clientes y proveedores se realizan a partir de los períodos de maduración antes considerados para cada uno y la diferencia entre existencias + clientes - proveedores, son las necesidades operativas de fondos (NOF).
- Por último, hemos partido del supuesto de que superado un determinado volumen de producción de 40 kms de conducción será necesaria una inversión adicional en CAPEX de 120.000 euros.

La tabla 12 contiene los resultados de la simulación de Monte Carlo realizada en nuestro ejemplo para la estimación del flujo de caja esperado del año 1,

Tabla 12. Media muestra FCL (100 simulaciones MC)

	Valores	
Media muestral	1.264.453	
Desviación estándar	646.548	
Coefficiente de variabilidad	51,1%	
Valor mín.	-40.069	
Valor Max.	2.828.417	
significación alpha	5,0%	
Intervalo de confianza	125.473	
IC para la media a nivel (1-alpha) %	1.138.980	1.389.926

en función de las variables y las premisas anteriores de la tabla 11 (recuérdese que habíamos tomado una muestra de cien posibles escenarios creados a partir de los números aleatorios).

- El flujo de caja esperado E (FCL_t) tendría un valor promedio de 1.264.453 euros. Dicho valor promedio es la media muestral y se calcula a partir de la fórmula PROMEDIO siendo el rango todos los valores de la columna FCL (última columna de la tabla 11).
- La desviación estándar al valor promedio se calcula a partir de la fórmula DESVEST.M del rango de valor anterior.
- El valor mínimo es el FCL mínimo de la muestra, calculado desde la fórmula MIN (rango de valor columna FCL). El valor máximo es el FCL máximo obtenido desde la fórmula MAX (rango de valor columna FCL).
- La significación α del 5%. El intervalo de confianza al 95% se obtiene a partir de la fórmula



Analogía entre las opciones financieras y las reales: unas se refieren a derechos sobre activos financieros y otras a oportunidades de negocio sobre activos reales

INTERVALO.CONFIANZA.NORM, que tiene un valor de 125.473.

- El significado es que con una probabilidad del 95% el FCL_t, se encontrará entre 1.138.980 y 1.389.926.

El planteamiento anterior podrá ser utilizado para cada uno de los flujos de caja a calcular del proyecto de los años de proyección considerados. No obstante, debe tenerse en cuenta que, en función de la ponderación de la probabilidad de kilómetros vendidos de conducción en cada uno de los años, se generará un coeficiente de variabilidad distinto.

Siguiendo con el ejemplo anterior, calculamos:

- Los flujos de caja para los próximos cinco años y coeficiente de variabilidad en cada uno de ellos.
- La tasa de descuento promedio. La tasa libre de riesgo se supone del 5%. A partir del modelo de *Capital Asset Pricing Model* (CAPM) calculamos el coste de los recursos propios. Dado un nivel de endeudamiento de la empresa se supone un coste financiero promedio del 8%. Bajo estas premisas calculamos el coste medio ponderado, en inglés, *Weighted Average Cost of Capital* (WACC) y sumándole una prima adicional del 4 puntos porcentuales (nuestra empresa no cotiza en mercados de valores), obtenemos al final una WACC para el proyecto del 17%.
- El valor residual de la maquinaria dentro de 5 años será de 500.00 euros.

Tabla 13. Estimación FCL (cinco años + VR)

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5 + VR
FCL promedio	-8.000.000	1.264.453	2.200.000	2.900.000	3.500.000	4.500.000
Desv. Típica	51,1%	47,20%	54,20%	42%	40%	5.515.000
Desv. Típica promedio	46,9%					

WACC	17%
VAN	418.809
IR	5,2%
TIR	19%

El cálculo del VAN y de la TIR bajo este escenario de incertidumbre se recoge en la tabla 13. En los años siguientes hemos realizado una "simulación" de la simulación de Monte Carlo⁽²⁾.

El proyecto ofrece un VAN positivo y además la TIR > WACC. Inicialmente, el proyecto podría ser aceptado. Sin embargo, el índice de rentabilidad (IR) (VAN/Inversión) es francamente reducido (5,2%).

Así dado el elevado volumen de inversión, la incertidumbre en la generación de flujos y el reducido IR, es muy probable que la dirección, salvo que exista alguna "opción" o alternativa de incrementar el valor actual del proyecto, entienda que si bien el proyecto es viable, la generación de valor podría ser reducida de llevarse a cabo las inversiones necesarias para el inicio de la fase de comercialización.

La importancia de la flexibilidad operativa

Con los métodos de la probabilidad asociada y la simulación de Monte Carlo hemos transformado los flujos de caja "ciertos" en "esperados", considerando la percepción al riesgo y la incertidumbre. En un proyecto de inversión, cuando además de existir un alto nivel de riesgo e incertidumbre, la dirección dispone de flexibilidad operativa, esta última puede ser clave en la aceptación o rechazo del proyecto.

La flexibilidad operativa debe ser entendida como la existencia en el proyecto de opciones o alternativas que permitan abandonar, cerrar temporalmente, ampliar, cambiar de actividad o tecnología, entre otras. En la medida en que estas opciones o alternativas existan y tengan valor es evidente que el valor actual del proyecto será diferente.

El problema es encontrar un método que atisbando que un proyecto gozará de flexibilidad operativa en un ambiente de riesgo e incertidumbre nos permita concretar un valor para dicha flexibilidad.

Cuando existe incertidumbre en alto grado tales como posibles cambios en la demanda del mercado, producto nuevo, aparición de nuevas tecnologías, cambios operativos y/o productivos, regulatorios, entre otros, la flexibilidad operativa adquiere más valor al incrementar la capacidad de reacción de los gestores ante esos cambios.

(2) Por simplicidad hemos atribuido un valor al FCL promedio y a la desviación típica de cada uno de los años siguientes.

La teoría de opciones financieras, con ciertas limitaciones, puede aplicarse a la valoración de estas "opciones reales".

OPCIONES FINANCIERAS FRENTE A OPCIONES REALES

1. Opciones financieras: método binomial

Una opción financiera es un contrato que proporciona a su poseedor (el comprador) el derecho a comprar o vender una cierta cantidad de un activo subyacente relacionado, a un precio establecido y en una fecha o durante un plazo de tiempo determinado. El contrato le atribuye al comprador el derecho a comprar o vender pero no la obligación esta última la asume el vendedor.

Cuando una opción es de compra (*call*) el comprador tiene el derecho, a cambio del pago de una prima, a comprar el activo financiero subyacente. Este derecho lo ejercerá siempre que al vencimiento el precio de ejercicio sea menor que el precio de mercado. Dado este supuesto, el comprador de la *call* ejercerá este derecho al vendedor (que tendrá la obligación de venderle el activo subyacente al precio de ejercicio). Posteriormente, el comprador venderá el activo en el mercado a precio de mercado obteniendo una plusvalía.

Cuando la opción es de venta (*put*) el comprador tiene el derecho, a cambio del pago de una prima, a vender el activo financiero subyacente. Este derecho lo ejercerá siempre que al vencimiento el precio de ejercicio sea mayor que precio de mercado. Dado este supuesto, el comprador de la *put* ejercerá su derecho ante el vendedor (que tendrá la obligación de comprarle el activo subyacente al precio de ejercicio). Es decir, le han comprado un activo a mayor precio que el precio de mercado, por lo que habrá obtenido una plusvalía.

En la realidad de los mercados financieros organizados, las opciones financieras se negocian activamente en dichos mercados. Para facilitar la negociación y garantizar el cumplimiento de las obligaciones establecidas en las condiciones de los contratos, los mercados controlan y registran todas las operaciones realizadas y asumen la contraprestación de cada operación, evitándose riesgos de incumplimiento y generando liquidez.

La teoría de la valoración de opciones financieras se sustenta en la ley del precio único que conlleva la *put-call parity* y la construcción de una cartera de réplica a través de la cual crear el modelo de valoración (Knoshita y Lara, 2003, pp. 587-628).

La *put-call parity* permite calcular el valor de la *call* a partir del valor de la *put* o al revés. Ya que, en caso de no coincidir la igualdad siguiente, existiría una oportunidad de arbitraje.

$$C + Xr^{-t} = S + P$$

Donde:

(C) es el valor de la call

(X r^{-t}) es el valor actual del precio de ejercicio

(P) es el valor de la put

(S) es el precio de mercado del activo subyacente.

A efectos de no extender en demasía este artículo, nos centramos directamente en el método binomial de valoración de opciones (Mascareñas, 2011).

Valor de una opción de compra call:

$$C = \frac{p \cdot c_u + (1-p) \cdot c_d}{1+r_f};$$

$$p = \frac{(1+r_f) - d}{u-d}$$

(C) es el valor de la opción de compra call

(p) es la probabilidad implícita de ascenso

(1-p) es la probabilidad implícita de descenso

(c_u) es el máximo valor de la opción de compra si el activo subyacente, en el momento de ejercicio, tuviera el valor S_u.

(c_d) es el máximo valor de la opción de compra si el activo subyacente, en el momento de ejercicio, tuviera el valor S_d.

(r_f) es el tipo de interés sin riesgo.

Valor de una opción de venta put:

$$P = \frac{p \cdot p_u + (1-p) \cdot p_d}{1+r_f}$$

(P) es el valor de la opción de venta put

(p) y (1-p) tienen el mismo significado y cálculo que el caso de la opción call

(p_u) es el máximo valor de la opción de venta si el activo subyacente, en el momento de ejercicio, adquiere el valor S_u.

(p_d) es el máximo valor de la opción de venta si el activo subyacente, en el momento de ejercicio, adquiere el valor S_d.

Además de las fórmulas anteriores, el modelo se sustenta en la amplitud del tamaño que puede adquirir *u* y *d*. Un activo cuyos rendimientos se distribuyen siguiendo una normal, la varianza de los rendimientos es constante en todos los períodos. Así, si la varianza del período es σ², la varianza para *t* años será σ²·*t*; mientras que la desviación típica será σ√*t* a la que se le suele denominar "volatilidad del activo".

$$u = e^{\sigma\sqrt{t/n}};$$

$$d = \frac{1}{u};$$

$$e = 2,718$$

(*n*) es el número de interacciones por período

(*e*) es la constante matemática *e* de valor 2,718

Valoración de proyectos de inversión: cómo contemplar el riesgo, la incertidumbre y la flexibilidad operativa



2. De las opciones financieras a las opciones reales

Hay una analogía entre las opciones financieras y las opciones reales. Si bien, las primeras se refieren a derechos sobre activos financieros; las segundas, se refieren a oportunidades de negocio (derechos) sobre activos reales.

Cuando una empresa afronta un proceso de inversión existen oportunidades en la evolución futura de dicho proyecto (flexibilidad) que ni el análisis tradicional, ni la estimación de los flujos de caja bajo simulación de escenarios son capaces de recoger. Lo



difícil no es solo valorar dichas opciones, sino saber identificarlas.

Antes de seguir adelante debe quedar claro que una opción real solamente tendrá valor siempre que su derecho sea exclusivo. Es decir, debe existir barreras de entrada (como por ejemplo una patente) o una ventaja competitiva, en la que la decisión ampliar y/o abandonar, diferir un proyecto no permita que la competencia se adelante, si no la opción carecerá de valor.

La incertidumbre crea oportunidad y sabe identificar las opciones de crear valor. Los tipos de incertidumbre más habituales suelen ser (Knoshita, T. y C. Lara, 2003, p. 608):

- **De mercado:** fluctuaciones de precios, tamaño desconocido (productos nuevos), reacción de la competencia impredecible, gustos cambiantes de los consumidores, entre otros.
- **Tecnológicas:** aceptación de una nueva tecnología, cumplimiento de las expectativas del mercado, funcionalidad adecuada, flexibilidad y escalabilidad de los sistemas de producción, tiempo de llegada al mercado, etc.
- **Operativas o productivas:** dificultades de aprovisionamiento, excesos o defectos en la capacidad productiva, necesidad de cambios en líneas, cambios en los estándares de calidad, entre otros.
- **Económicas y regulatorias:** evolución de los principales indicadores económicos (consumo, actividad, industrial, etc.) regulación cambiante, evolución del público objetivo, etc.

Generalmente, las incertidumbres de mercado suelen ser las de mayor impacto en la creación de valor de un proyecto.

Por otra, también debemos tener presente que el valor de una opción real es función de seis variables:

- (S) Valor actual de los flujos de caja que se espere que genere el proyecto.
- (X) Coste de proyecto de inversión.
- (t) Longitud del tiempo que se puede diferir la decisión de acometer, ampliar, o reducir la inversión.
- (σ) Volatilidad del valor actual de los flujos de caja.
- (r_f) Valor temporal del dinero al tipo de interés sin riesgo.
- (D) Flujos de caja a los que se renuncia por diferir el proyecto.

Si continuamos con el ejemplo anterior de la empresa de conducciones, la inversión requerida era de 8 millones de euros y el IR del VAN calculado desde

flujos de caja esperados era de poco más del 5%. Dado el volumen de inversión y el probable IR, decíamos que era posible que la dirección se planteara seriamente si afrontar o no el proyecto.

Ahora es el momento de introducir la flexibilidad operativa. Es decir, la dirección, en función del desarrollo de los acontecimientos, podrá, ampliar y/o abandonar o bien diferir el proyecto. Analicemos brevemente cada una de estas opciones:

- **Opción de ampliar.** Es probable no solo que la conducción tenga una aceptación favorable en el mercado nacional, sino que, de la mano de un socio industrial con presencia en otros países, sea posible la penetración en el mercado latinoamericano.
- **Opción de abandonar.** Si no se cumplen las estimaciones de las cifras de ventas de los tres primeros años. Se podrá vender la patente y la maquinaria a un tercero.
- **Opción de diferir.** Dada la situación económica actual de ralentización de la obra civil pública, la empresa podría diferir en dos años la puesta en marcha del proyecto. Si bien se asume un coste. No obstante, la competencia en el sector es muy alta y los competidores están continuamente innovando, por lo que podría desaparecer la ventaja competitiva de la exclusividad.

Las tres alternativas anteriores tienen un impacto sobre el valor del proyecto que no está recogido en el VAN inicial. Si bien, volvemos a insistir, que estas opciones que son factibles gozarán de valor, en la medida en que sean exclusivas.

A la vista del ejemplo anterior, el proyecto puede tomar una nueva dimensión gracias a la incertidumbre y la flexibilidad futura de la dirección (ampliar y/o abandonar, o bien diferir). Por lo que:

VAN total = VAN iniciado básico + VA opciones reales

A su vez:

$$\text{VAN inicial} = -A + \sum_{t=1}^n \frac{\text{FCL}_t}{(1+k)^t}$$

Donde:

(-A) es el valor de la inversión

FCL_t los flujos de caja de cada uno de los años en el escenario de proyección

(k) es la tasa de descuento.

3. Opción de ampliar y/o abandonar

- El valor actual de los flujos de caja del proyecto es de: 8.418.809 €.

- El valor de la inversión necesaria: 8.000.000 €.

- La volatilidad (desviación típica) promedio: 46,9%.

- El valor temporal del dinero en el tiempo: 5%.

La incertidumbre crea **oportunidad e identifica las opciones de crear valor.** Tipos de incertidumbre más comunes: **de mercado, tecnológicas, operativas y económicas**

Tabla 14. Desarrollo de árbol binomial en excel

Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	FCL adicional año 3	Valor máximo opción	Valor final año 3
8.414.809	13.446.865	21.488.090	34.337.968	6.867.594	4.867.594	39.205.562
	5.267.670	8.417.737	13.451.544	2.690.309	690.309	14.141.853
		3.297.561	5.269.502	1.053.900	0	5.269.502
			3.000.000	0	0	3.000.000

La directiva estima que no es posible retrasar el proyecto, ya que la competencia, ante la caída de la demanda, está desarrollando nuevos productos cada vez más competitivos. Sin embargo, contando con el apoyo de un socio industrial, será posible la penetración en el mercado latinoamericano en el tercer año del proyecto. Para ello, será necesario realizar una nueva inversión de 2 millones de euros. Las nuevas ventas en LA-TAM supondrán un incremento del 20% del VA esperado en el año 3.

Además, durante los próximos 3 años, la empresa tiene una opción de venta de la patente y de la maquinaria a un tercero por un monto de 3 millones de euros.

¿Esta flexibilidad añade valor al proyecto?

Realizamos el análisis siguiendo las pautas anteriores del análisis binomial:

VA de los FCL	8.414.809
Inversión	-8.000.000
Desv. Típica (la promedio de la tabla 13)	46,90%
Rf	5%
Coefficiente u	1,598
Coefficiente d	0,626
En el año 3, ampliación, inversión necesaria	-2.000.000
VA en el año 3 /20% adicional al valor del VA en ese año)	20%
Probabilidad p	0,436
Probabilidad (1-p)	0,564

El árbol binomial calculado desde excel se recoge en la tabla 14.

La probabilidad asociada y el sistema de Monte Carlo son herramientas idóneas para llevar a cabo dicha transformación de FCL “ciertos” a “esperados”

La presentación lógica del árbol binomial sería la que se muestra en el gráfico 2.

El valor actual del proyecto añadiendo la flexibilidad de la opción de ampliación en el año 3 y la de venta en cualquiera de los tres próximos años por un precio de 3 millones de euros, se presenta en la tabla 15.

El árbol binomial del VA de la opción de ampliación y de abandono sería el que se muestra en el gráfico 3.

La comparación del VAN inicial o básico y el VAN desde ROV se presenta en la tabla 16.

El VAN total del proyecto ha pasado de 414.809 € a 1.095.128 €. Es decir, añadir la flexibilidad operativa que prevé la dirección de la empresa en este proyecto ha incrementado el valor actual del proyecto en

686.319 €, ya que se ha contemplado la posibilidad de una ampliación futura (opción *call*) y una opción de abandono o de venta (*put*) de la patente y de los activos.

No cabe duda, por tanto, que la flexibilidad operativa añade valor al proyecto. Debe de tenerse en cuenta que si la ampliación de mercados fuera a suponer un incremento mayor del VA en el año 3, el valor de la opción hubiera sido mayor.

CONCLUSIONES DEL ESTUDIO

El análisis de proyectos de inversión requiere de intuición del analista y de conocimientos suficientes para, en función de la información facilitada por la dirección de la empresa, ser capaz de transformar los flujos de caja en condiciones de certeza a flujos de caja esperados.

La probabilidad asociada y el sistema de Monte Carlo son herramientas idóneas, en función de los posibles escenarios, para llevar a cabo dicha transformación de FCL “ciertos” a “esperados”.

Además de lo anterior, en la realidad de las empresas, la dirección tiene criterio para prever una intervención a lo largo de la vida de un proyecto de inversión. Este derecho u “opción real” crea valor, existiendo una relación directa entre riesgo e incertidumbre y la flexibilidad operativa respecto del valor de la opción.

Gráfico 2. Presentación lógica árbol binomial

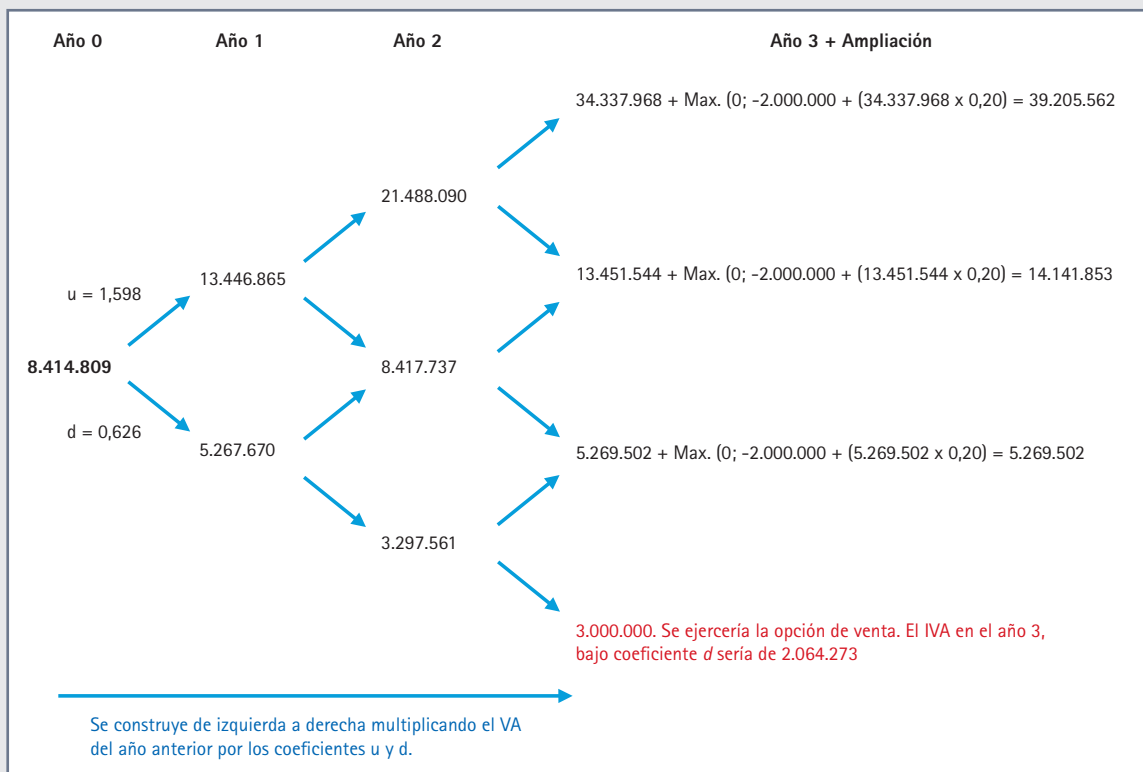


Tabla 15. Cálculo del VA del modelo (opción de ampliar y abandonar)

0	1	2	3
9.095.128	14.588.757	23.875.838	39.205.562
	5.654.586	8.702.711	14.141.853
		3.799.527	5.269.502
			3.000.000

Tabla 16. VAN del proyecto

VAN básico	414.809
VA básico	8.414.809
Inversión	-8.000.000
VA desde ROV	9.095.128
Inversión	-8.000.000
VAN desde ROV	1.095.128
VA de la opción	680.319
VAN desde ROV	1.095.128
VAN básico	414.809

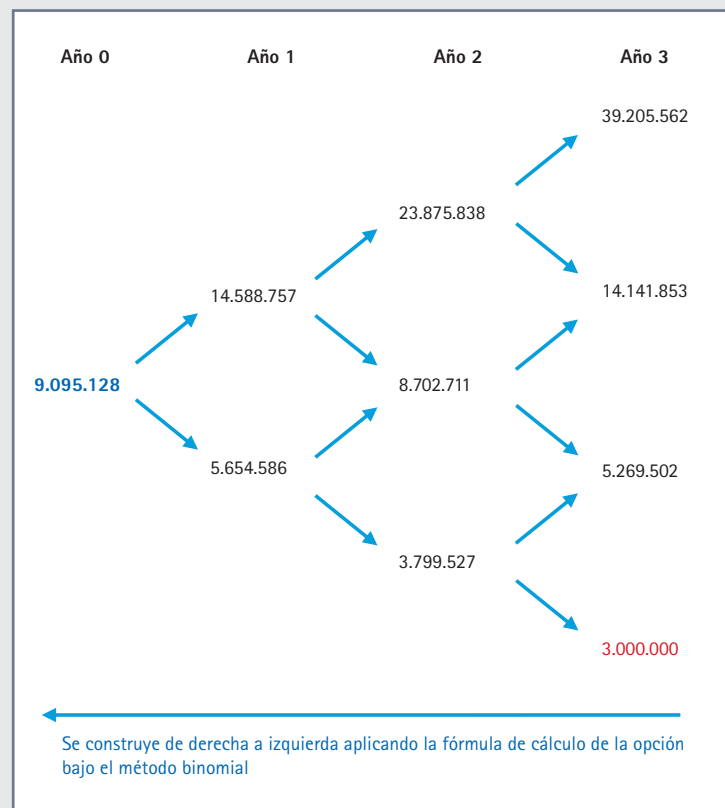
BIBLIOGRAFÍA

- Brealey R. y S. Myers (2002), "Principios de Finanzas Corporativas" (Séptima edición). Madrid. McGraw-Hill.
- Knoshita, T. y C. Lara (2003), "Valoración de Opciones Reales" en Sanjurjo, M. (coord.), "Guía de Valoración de Empresas". Madrid. Pearson Educación, SA.
- López, F., (2003), "Opciones reales y decisiones estratégicas" en Revista de Empresa nº 4, abril-junio 2003, pp. 82-96.
- Mascareñas, J., (2011). "Opciones Reales: Valoración por el método binomial". Monografías de Juan Mascareñas sobre Finanzas Corporativas. Universidad Complutense de Madrid.
- Mascareñas, J., (2008), "Ejercicios sobre opciones reales en la valoración de proyectos de inversión". Monografías de Juan Mascareñas sobre Finanzas Corporativas. Universidad Complutense de Madrid.
- Mascareñas, J. (2007), "Opciones reales en la valoración de proyectos de inversión". Monografías de Juan Mascareñas sobre Finanzas Corporativas. Universidad Complutense de Madrid.
- Mascareñas, J. y G. Lejarriaga (1992), "Análisis de Proyectos de Inversión". Madrid. Eudema Universidad.

La dirección tiene **criterio para prever una intervención** a lo largo de su vida de un proyecto de inversión. Existiendo una **relación directa entre riesgo e incertidumbre**.

- Suárez, A. (2003), "Decisiones Óptimas de Inversión y Financiación en la Empresa" (Vigésima Edición). Madrid. Ediciones Pirámide. ■

Gráfico 3. Árbol binomial del VA



SÓLO EN <http://estrategiafinanciera.wke.es>

Acceda a:

- ¿Interpretamos bien los resultados del VAN y la TIR? (Parte I)
- ¿Interpretamos bien los resultados del VAN y la TIR? (Parte II)
- Valoración de empresas mediante el método del descuento de flujos de tesorería