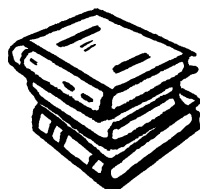


AULA DE FORMACION



AULA DE
FORMACION

LISTA DE ULTIMOS TRABAJOS PUBLICADOS EN «AULA DE FORMACION»

- «Legislación y gestión de residuos de envases en la UE» (BICE 2569).
- «“Splits” sobre acciones» (BICE 2575).
- «Elementos para el análisis de los procesos de innovación tecnológica en red» (BICE 2588).
- «El patrocinio de acontecimientos» (BICE 25921).
- «Glosario de términos de Balanzas de Pagos» (I) (BICE 2598).
- «Glosario de términos de Balanzas de Pagos» (II) (BICE 2599-2600).
- «La satisfacción del cliente» (BICE 2603).
- «Internet como herramienta del exportador» (BICE 2615).
- «Project Finance» (BICE 2618).
- «El leasing como instrumento de gestión empresarial» (BICE 2619).
- «Formación y tendencias laborales para la pyme exportadora» (BICE 2620).
- «La Ventanilla Unica Empresarial» (BICE 2623).
- «Consortios de exportación y otros tipos de alianzas estratégicas entre empresas» (BICE 2627).
- «La gestión de intangibles» (BICE 2629).
- «Construir un negocio de éxito en Internet» (BICE 2632).
- «Normativa documental para las importaciones y exportaciones de mercancías: la doble vía» (BICE 2654).
- Opciones «exóticas» (BICE 2673).
- «La transferencia internacional de la sede social en el comercio internacional» (BICE 2674).
- «El proceso armonizador del IVA en la Unión Europea» (BICE 2682).
- «Utilización práctica de las opciones exóticas» (BICE 2686).
- «La tienda en Internet: cómo diseñar y dar a conocer un establecimiento virtual con éxito» (BICE 2687).
- «La selección de proveedores internacionales. La metodología AHP» (BICE 2691).
- «Las distintas economías nacionales y la expansión de Internet» (BICE 2692).
- «El crédito documentario en el comercio internacional» (BICE 2693).
- «Finanzas públicas para la economía del conocimiento» (BICE 2695).
- «Utilización práctica de las opciones Pay Later y Chooser» (BICE 2697)
- «El seguro de crédito a la exportación» (BICE 2703).
- «Aspectos clave en el proceso de constitución y puesta en marcha de un consorcio de exportación» (BICE 2705).
- «La gestión de los riesgos de crédito y de cambio en la pequeña y mediana empresa exportadora» (BICE 2706).
- «Utilización práctica de las opciones Compuestas y Rainbow» (BICE 2710).



AULA DE
FORMACION

Recordamos que los lectores de BICE tienen la posibilidad de sugerir temas de su interés que puedan tener cabida en este epígrafe (teléfono de contacto: 91 349 36 31; fax: 91 349 36 34).

Utilización práctica de las opciones Compuestas y «Rainbow»

JOSÉ LUIS CRESPO ESPERT*

En este artículo se estudian algunos ejemplos de utilización práctica de dos tipos de opciones exóticas, en concreto, las conocidas como opciones rainbow y como opciones compuestas. Las opciones rainbow son opciones sobre dos o más activos subyacentes o que aun estando referidas a un solo activo el pago al vencimiento que realizan depende también de un tipo de cambio. En este último caso reciben la denominación genérica de opciones quanto. Las opciones compuestas son opciones cuyo activo subyacente es otra opción. Tanto para un tipo de opciones como para el otro existe una amplia tipología cuyo uso se está extendiendo en los mercados financieros.

Palabras clave: opciones, productos financieros derivados, cobertura de riesgos, comercio internacional, financiación internacional.

Clasificación JEL: G10.



AULA DE
FORMACION

1. Introducción

En los artículos titulados «Utilización práctica de opciones exóticas: opciones asiáticas y opciones barrera» y «Utilización práctica de opciones *Pay Later* y *Chooser*» publicados respectivamente en los números 2686 y 2697 de esa revista se han ido exponiendo algunas aplicaciones prácticas de estas opciones para la estructuración de productos financieros de ahorro e inversión y para la cobertura de riesgos empresariales en transacciones afectadas por el riesgo de tipo de cambio. En el presente artículo se aborda la utilización de otros dos tipos de opciones exóticas como son las opciones *rainbow* y las opciones compuestas.

Las opciones *rainbow* son opciones cuyos valores intrínsecos dependen de dos o más activos subyacentes. No obstante, también se pueden considerar como opciones *rainbow* aquellas en

las que aunque su valor explícitamente dependa de un único activo subyacente al mismo tiempo dependan del tipo de cambio entre dos monedas. En este último caso estas opciones reciben la denominación genérica de opciones *quanto*.

Las opciones compuestas son opciones sobre opciones. Es decir, en las que el activo subyacente sobre el que se tiene el derecho de compra o venta es asimismo una opción, esta última opción a su vez puede ser de compra o de venta, europea o americana, simple o exótica.

2. Opciones *rainbow*

Tal y como se apuntaba en la introducción se puede hacer una primera clasificación de las opciones *rainbow* entre opciones *rainbow* propiamente dichas y opciones *quanto*. En la estructura de las primeras no interviene el tipo de cambio y también reciben la denominación de opciones *rainbow* con correlación de primer orden. En las segundas, las opciones *quanto*, sí interviene el tipo de cambio y, de manera paralela a las ante-

* Profesor de Economía Financiera del Departamento de Ciencias Empresariales de la Universidad de Alcalá.

riores se las denomina opciones *rainbow* con correlación de segundo orden.

Dentro de las opciones *rainbow* con correlación de primer orden se distinguen los siguientes tipos principales:

- Opciones *exchange* u opciones sobre dos activos intercambiables.
- Opciones que entregan el mejor o el peor de dos activos.
- Opción que entrega el mejor o peor de dos activos o dinero.
- Opción sobre el mejor o sobre el peor de dos activos.
- Opción sobre el diferencial de dos activos.
- Opción sobre una cesta de activos.
- Opción *dual strike*.

En los tres primeros tipos de opciones no cabe la distinción entre opciones de tipo *call* y opciones de tipo *put* debido a que son opciones sin precio de ejercicio.

Las opciones sobre dos activos intercambiables, u opciones *exchange*, son opciones que dan a su comprador la posibilidad de beneficiarse de la expectativa que puede tener sobre el comportamiento relativo de los valores de dos activos. En estas opciones el comprador al vencimiento recibirá, si su expectativa era correcta, la diferencia de los precios de los activos, o en el caso contrario la opción expirará sin valor. El valor intrínseco a vencimiento de estas opciones viene dado por la expresión:

$$\text{Max} [0, PM_{2T} - PM_{1T}]$$

Siendo:

PM_{1T} : Precio de mercado del activo 1 en el momento T de expiración de la opción.

PM_{2T} : Precio de mercado del activo 2 en el momento T de expiración de la opción.

Las opciones que entregan el mejor o el peor de dos activos son opciones que a su vencimiento entregan el activo que mayor o menor valor haya alcanzado en la fecha de expiración. Los valores intrínsecos de estas opciones son respectivamente:

$$\begin{aligned} &\text{Max} [PM_{1T}, PM_{2T}] \\ &\text{Min} [PM_{1T}, PM_{2T}] \end{aligned}$$

Unas opciones variación de las anteriores son las que entregan el mejor o el peor de dos activos o dinero. Estas opciones tienen un valor intrínseco al vencimiento dado por la expresión $O_{(Max,E)} = \text{Max} [PM_{1T}, PM_{2T}; E]$ en el caso de que entregue el mejor o la cantidad de dinero E y por la expresión $O_{(Min,E)} = \text{Min} [PM_{1T}, PM_{2T}; E]$ cuando la entrega sea del activo que menor valor haya alcanzado o la cantidad E de dinero.

Las opciones sobre el mejor o el peor de dos activos son similares a las segundas que se han presentado, pero con la diferencia de que el valor mayor o el menor alcanzado por los activos en la fecha de expiración se comparará con un precio de ejercicio, E . Por tanto, en estas opciones sí cabe la posibilidad de que sean de tipo *call* o *put*. Siendo los valores intrínsecos al vencimiento de los cuatro tipos posibles los siguientes:

- *Call* sobre el mejor de dos activos:

$$C_{(Max,E)} = \text{Max} [\text{Max} (PM_{1T}, PM_{2T}) - E; 0]$$

- *Put* sobre el mejor de dos activos:

$$P_{(E-Max)} = \text{Max} [E - \text{Max} (PM_{1T}, PM_{2T}); 0]$$

- *Call* sobre el peor de dos activos:

$$C_{(Min,E)} = \text{Max} [\text{Min} (PM_{1T}, PM_{2T}) - E; 0]$$

- *Put* sobre el peor de dos activos:

$$P_{(E-Min)} = \text{Max} [E - \text{Min} (PM_{1T}, PM_{2T}); 0]$$

Para el resto de las opciones arco iris con correlación de primer orden sus valores intrínsecos al vencimiento se muestran a continuación:

- *Call* sobre el diferencial de dos activos:

$$C_{spread} = \text{Max} [(PM_{2T} - PM_{1T}) - E; 0]$$

- *Put* sobre el diferencial de dos activos:

$$P_{spread} = \text{Max} [E - (PM_{2T} - PM_{1T}); 0]$$

- *Call* sobre una cesta de dos activos:

$$C_{Basket} = \text{Max} [\sum_{s=1}^n (w_s \cdot PM_{sT}) - E; 0]$$

- *Put* sobre una cesta de dos activos:

$$P_{Basket} = [E - \sum_{s=1}^n (w_s \cdot PM_{sT}); 0]$$



- *Call* dual strike:

$$D_{ds} = \text{Max} [(PM_{1T} - E_1); (PM_{2T} - E_2); 0]$$

- *Put* dual strike:

$$P_{ds} = \text{Max} [E_1 - PM_{1T}; (E_2 - PM_{2T}); 0]$$

Dentro de las opciones *rainbow* con correlación de segundo orden, u opciones *quanto*, se distinguen los siguientes tipos principales:

- *Quanto* con tipo de cambio variable u opción *flexo*.
- *Quanto* con tipo de cambio fijo o *true quanto*.
- Opción *Compo*, opción sobre subyacente extranjero denominado en divisas con precio de ejercicio en la moneda doméstica.
- Opción *Elf-X*.
- *Quanto* sin correlación.

Los *quanto* con tipo de cambio variable u opción *flexo* son opciones sobre activos denominados en divisas, con precio de ejercicio en la misma divisa, pero con pago a la expiración en moneda doméstica al tipo de cambio de ese momento.

Su valor intrínseco al vencimiento es:

- Para la opción *call*:

$$X_T \cdot \text{Max} [PM_T' - E'; 0]$$

- Para la opción *put*:

$$X_T \cdot \text{Max} [E' - PM_T'; 0]$$

Siendo:

X_T : Tipo de cambio en el momento T expresado como moneda doméstica/divisa.

PM_T' : Valor del subyacente extranjero denominado en divisa.

E' : Precio de ejercicio denominado en divisa.

Los *quanto* con tipo de cambio fijo o *true quanto* son opciones sobre activos denominados en divisas, con precio de ejercicio en la misma divisa, pero con pago a la expiración en moneda doméstica con tipo de cambio garantizado. Cuando se habla de *quantos* sin más especificación nos referimos a este tipo de opciones.

Su valor intrínseco al vencimiento es:

- Para la opción *call*:

$$X_F \cdot \text{Max} [PM_T' - E'; 0]$$

- Para la opción *put*:

$$X_F \cdot \text{Max} [E' - PM_T'; 0]$$

Siendo:

X_F : Tipo de cambio *forward* garantizado, prefijado al inicio de la vida de la opción.

Como se puede observar en esta expresión, estas opciones son interesantes para aquel inversor que desea eliminar la influencia de las variaciones del tipo de cambio en su posición en opciones sobre un activo denominado en una divisa extranjera.

Las opciones *compo*, u opciones sobre subyacente extranjero denominado en divisas con precio de ejercicio en la moneda doméstica son opciones sobre activos extranjeros denominados en divisas convertidos a moneda doméstica a la expiración y con precio de ejercicio en moneda doméstica. Por tanto, el pago a la expiración se realiza en la moneda doméstica.

Su valor intrínseco al vencimiento es:

- Para la opción *call*:

$$\text{Max} [(PM_T' \cdot X_T) - E; 0]$$

- Para la opción *put*:

$$\text{Max} [E - (PM_T' \cdot X_T); 0]$$

Con estas opciones el inversor busca cierta protección contra el riesgo de tipo de cambio, considerando conjuntamente el riesgo de variación del precio del activo denominado en la divisa extranjera y el riesgo del tipo de cambio.

Las opciones «Elf-X» son opciones en divisas sobre un depósito de un valor indeterminado, e igual al valor de un activo extranjero denominado en la divisa que hace de referencia para el cálculo del pago, al vencimiento, de la opción.

Su valor intrínseco al vencimiento es:

- Para la opción *call*:

$$PM_T' \cdot \text{Max} [X_T - E; 0]$$

- Para la opción *put*:

$$PM_T' \cdot \text{Max} [E - X_T; 0]$$



En este caso, como indica la expresión del valor intrínseco al vencimiento, el inversor se expone a las variaciones favorables o desfavorables del valor del activo denominado en la divisa extranjera pero desea poner un suelo al riesgo del tipo de cambio de su inversión.

Los *quanto* sin correlación son opciones sobre subyacente extranjero denominado en moneda doméstica, con precio de ejercicio en la moneda doméstica.

Su valor intrínseco al vencimiento es:

- Para la opción *call*:

$$\text{Max} [PM_T^* - E; 0]$$

- Para la opción *put*:

$$\text{Max} [E - PM_T^*; 0]$$

Siendo:

PM_T^* : Valor del subyacente extranjero denominado en moneda doméstica.

Como se puede observar el valor intrínseco al vencimiento de estas opciones coincide con el de una opción simple. Este *quanto* las denominamos sin correlación pues realmente no existe ninguna influencia del tipo de cambio en el resultado que se obtenga por la opción.



3. Opciones compuestas

Una opción compuesta es una opción cuyo subyacente es otra opción. Por tanto, admiten básicamente cuatro tipos:

- Opción *call* sobre una opción *call*:

$$\text{Max} [PM_T^{Call} - PE_{Call}; 0]$$

- Opción *call* sobre una opción *put*:

$$\text{Max} [PM_T^{Put} - PE_{Put}; 0]$$

- Opción *put* sobre una opción *call*:

$$\text{Max} [PE_{Call} - PM_T^{Call}; 0]$$

- Opción *put* sobre una opción *put*:

$$\text{Max} [PE_{Put} - PM_T^{Put}; 0]$$

Siendo:

PM_T^{Call} : Precio de mercado de la prima de la opción *call* subyacente al vencimiento, en el momento T , de la opción compuesta.

PM_T^{Put} : Precio de mercado de la prima de la opción *put* subyacente al vencimiento, en el momento T , de la opción compuesta.

PE_{Call} : Precio de ejercicio, prima de la opción *call*, de la opción compuesta.

PE_{Put} : Precio de ejercicio, prima de la opción *put*, de la opción compuesta.

Tanto estas opciones como las opciones subyacentes pueden ser europeas o americanas, aunque en los mercados predomina la negociación de opciones europeas. No obstante, es usual que las opciones subyacentes puedan ser de tipo asiático o incluso de cualquier otro tipo de opción exótica.

Un ejemplo clásico de la aplicación de estas opciones se da para situaciones en las que se prevé la necesidad de obtener cobertura a partir de algún momento futuro, si bien esta necesidad no es segura sino que depende del acaecimiento de un determinado suceso. Este sería el caso, por ejemplo, de los concursos de licitación de obras.

4. Ejemplos de utilización de opciones *rainbow*

Dada la variedad de opciones *rainbow* que se han presentado en el segundo epígrafe no se van a tratar en este punto todas ellas, sino que se considerarán únicamente los dos tipos de mayor sencillez para su utilización en la cobertura de determinados riesgos para la empresa: las opciones *exchange* y los *quanto* con tipo de cambio fijo o *true quanto*.

Con respecto a los otros tipos de opciones *rainbow*, existen desde la mitad de la década de los noventa a la actualidad numerosos productos financieros comercializados bajo la forma de fondos garantizados y de depósitos referenciados a renta variable, e incluso emisiones de *warrants* en la Bolsa, que incorporan opciones exóticas con estas características. Características que permiten ofrecer a los inversores que los suscriben una rentabilidad ligada a la evolución de varios mercados

financieros internacionales y, al mismo tiempo, no estar sujetos al riesgo de tipo de cambio que la inversión directa en acciones de esos mercados acarrearía.

Como se ha comentado pasamos a exponer dos ejemplos de utilización de opciones *rainbow*, comenzando por un ejemplo de utilización de opciones *exchange* y, posteriormente, uno de opciones *true quanto*.

Ejemplo de utilización de opciones *exchange*

Sea una empresa que para su proceso productivo puede elegir entre utilizar dos tipos de materias primas, por ejemplo entre dos fuentes energéticas. Sin embargo, dadas las diferencias técnicas que deben tener sus instalaciones según sea la fuente energética a utilizar, debe optar en el momento de construirlas entre alimentar su proceso productivo con una o con la otra. En la misma situación se encontrarán sus empresas competidoras y algunas de ellas optarán por la posibilidad contraria por la que se hubiera decantado nuestra empresa. En estas circunstancias el riesgo que se afronta es que en el futuro la materia prima elegida se encarezca con respecto a la otra posibilidad. Si esto se produce la empresa perderá competitividad al elevarse sus costes con relación a los costes de las empresas que produzcan utilizando la fuente energética más barata. Por tanto la empresa estará siempre interesada, independientemente de cual sea la fuente energética elegida, en que sus costes sean los que se originarían mediante la utilización de la posibilidad más económica. Esto será posible si la empresa se cubre mediante la compra de una opción *exchange*, preferiblemente de tipo asiático. La opción debe ser de tipo asiático porque la empresa trata de cubrir el riesgo de precio de un suministro, el cual normalmente se realiza de forma periódica. Por lo tanto, el riesgo a cubrir es realmente el del precio medio al que se realicen las distintas entregas y no el del final del período durante el que se desee estar protegido. A estas situaciones, si los aprovisionamientos se reparten regularmente a lo largo del período, es conocido que se adapta mejor

una opción asiática que una opción europea o americana. El pago al vencimiento de este tipo de opción viene definido por la expresión:

$$\text{Max} \left[\frac{\sum_{t=1}^n PM_t^{\text{Elegida}}}{n} - \frac{\sum_{t=1}^n PM_t^{\text{No elegida}}}{n}; 0 \right]$$

Siendo:

PM_t^{Elegida} : El precio de mercado de la materia prima elegida para el proceso productivo en cada fecha t en que se pague el suministro.

$PM_t^{\text{No elegida}}$: El precio de mercado de la materia prima no elegida para el proceso productivo en cada fecha t en que se pague el suministro.

t : cada una de las fechas en que se estima que se producirá el pago del suministro de la materia prima necesaria.

n : número de veces en que se producirá el suministro de la materia prima en el período de tiempo para el cual se desea estar cubierto.

Supongamos que la empresa se aprovisiona regularmente a lo largo del año y paga cada bimestre al precio de mercado de ese momento y desea cubrirse con la opción descrita para un período de un año. Si dos posibles evoluciones de los precios de las cantidades equivalentes necesarias de cada una de las materias primas son las recogidas en los Cuadros 1 y 2, el cobro que en cada escenario obtendría la empresa por su estrategia de cobertura sería de cuatro euros en el primero y ningún cobro en el segundo, tal y como se muestra a continuación:

- Cobro en el primer escenario:

$$\text{Max} \left[\frac{\sum_{t=1}^n PM_t^{\text{Elegida}}}{n} - \frac{\sum_{t=1}^n PM_t^{\text{No elegida}}}{n}; 0 \right] =$$

$$= \text{Max} \left[\frac{18+21+23+25+26+30}{6} - \frac{18+18+19+21+20+23}{6}; 0 \right]$$

$$\text{Max} [23,83 - 19,83; 0] = 4 \text{ Euros}$$

En este caso la empresa se habría aprovisionado a un precio medio por unidad de materia prima de 23,83 euros, pero al obtener un ingreso de 4 euros por unidad el coste neto será de 19,83 euros, es decir, el mismo que si hubiese optado por utilizar para su proceso productivo la fuente



energética que durante el período anual considerado ha resultado más barata (1).

- Cobro en el segundo escenario:

$$\text{Max} \left[\frac{\sum_{t=1}^n PM_t^{\text{Elegida}}}{n} - \frac{\sum_{t=1}^n PM_t^{\text{No elegida}}}{n}; 0 \right] =$$

$$= \text{Max} \left[\frac{19+20+22+23+23+24}{6} - \frac{20+22+25+26+27+27}{6}; 0 \right]$$

$$\text{Max} [21,83 - 24,5; 0] = 0 \text{ Euros}$$

En este caso la empresa se habría aprovisionado a un precio medio por unidad de materia prima de 21,83 euros, es decir, el precio de la materia prima energética más barata durante el período anual considerado (2).



AULA DE
FORMACION

CUADRO 1

Precios al final de cada bimestre: fecha de pago de los suministros	Primer bimestre (euros)	Segundo bimestre (euros)	Tercer bimestre (euros)	Cuarto bimestre (euros)	Quinto bimestre (euros)	Sexto bimestre (euros)
Materia prima elegida	18	21	23	25	26	30
Materia prima no elegida ..	18	18	19	21	20	23

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 2

Precios al final de cada bimestre: fecha de pago de los suministros	Primer bimestre (euros)	Segundo bimestre (euros)	Tercer bimestre (euros)	Cuarto bimestre (euros)	Quinto bimestre (euros)	Sexto bimestre (euros)
Materia prima elegida	19	20	22	23	23	24
Materia prima no elegida ..	20	22	25	26	27	27

Fuente: Elaboración propia.

- Ejemplo de utilización de opciones *true quanto*:

Sea un inversor español que desea tener la posibilidad de beneficiarse, mediante la compra de opciones, de la expectativa alcista que tiene sobre la evolución futura del valor de cotización de las acciones de una empresa que cotiza en el mercado bursátil norteamericano. Las acciones de la empresa en cuestión cotizarán en dólares y el precio de ejercicio de las opciones igualmente estará en esa misma divisa. Por lo tanto, el inversor espa-

ñol que comprase opciones sobre esas acciones estará sujeto al riesgo de que se produzca una apreciación del euro frente al dólar a su vencimiento. Apreciación del euro que disminuiría sus beneficios, o incluso originará pérdidas, aunque la expectativa sobre la cotización de la acción hubiera sido la correcta y las opciones originasen un pago en dólares a favor del inversor superior a la prima pagada inicialmente por ellas. La forma de eliminar este riesgo sería mediante la compra de una opción *true quanto* en lugar de haber comprado una opción europea simple sobre las acciones. La opción *true quanto* garantizará el tipo de cambio al cual se hará la conversión de los dólares a euros al vencimiento de la opción independientemente de cual sea la cantidad de dólares que finalmente se conviertan como consecuencia de la subida del precio de las acciones norteamericanas.

Supongamos que las opciones compradas son europeas con un vencimiento a tres meses y que su precio de ejercicio es de 20 \$. Siendo este mismo precio el de la cotización de las acciones en ese momento y habiéndose pagado por ellas una prima de 3 \$. Los resultados en dólares y la rentabilidad que obtendría el comprador por su inversión según fueran las posibles cotizaciones de las acciones al vencimiento de las opciones serían los que se muestran en el Cuadro 3.

Para los distintos escenarios considerados del valor de cotización de las acciones al vencimiento de la opción habrá que tener en cuenta también los distintos posibles valores que tome el tipo de cambio a esa fecha, pues a él se realizará la conversión del resultado en dólares a euros. Considerando, por ejemplo, que el tipo de cambio en el momento de la compra de las opciones es de 0,8849 euros/dólar, en el Cuadro 4 se muestra cual sería el resultado y la rentabilidad de la inversión realizada una vez que se efectúe la conversión en euros.

Como puede observarse en el Cuadro 4 la rentabilidad finalmente obtenida por el inversor español por la compra de opciones sobre las acciones norteamericanas estará afectada por la apreciación o depreciación del tipo de cambio. Si bien, coincidirá (3) con la rentabilidad de la

(1) No obstante, a este coste habrá que añadir el de la primera de la opción *exchange* asiática utilizada para cubrir el riesgo.

(2) Igual que en el caso anterior, a este coste habrá que añadir el de la prima de la opción *exchange* asiática utilizada para cubrir el riesgo.

(3) Véase valores señalados en negrilla en el Cuadro 4.

CUADRO 3						
	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4	Escenario 5	Escenario 6
Cotización de las acciones en \$ al vencimiento de la opción.....	15\$	20\$	22\$	24\$	27\$	30\$
Pago de la opción en \$: $Max [PM_T - E; 0]$	0\$	0\$	2\$	4\$	7\$	10\$
Resultado en \$: $Max [PM_T - E; 0] - Prima$	-3\$	-3\$	-1\$	1\$	4\$	7\$
Rentabilidad ⁺	-100%	-100%	-33,33%	33,33%	133,33%	233,33%

⁺: Rentabilidad = Resultado en \$ / Prima de la opción.
Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 4					
Pagos de la opción en \$ según escenarios de cotización	Escenarios de tipos de cambio	Pago de la opción en euros ⁺	Prima pagada por la opción en euros (3\$-0,8849\$/e)	Resultado en euros [*]	Rentabilidad [†]
0 \$	0,8000 \$/euro	0,00 euros	3,39 euros	-3,39 euros	-100,00%
	0,8547 \$/euro	0,00 euros	3,39 euros	-3,39 euros	-100,00%
	0,8849 \$/euro	0,00 euros	3,39 euros	-3,39 euros	-100,00%
	0,9523 \$/euro	0,00 euros	3,39 euros	-3,39 euros	-100,00%
	1,0000 \$/euro	0,00 euros	3,39 euros	-3,39 euros	-100,00%
0 \$	0,8000 \$/euro	0,00 euros	3,39 euros	-3,39 euros	-100,00%
	0,8547 \$/euro	0,00 euros	3,39 euros	-3,39 euros	-100,00%
	0,8849 \$/euro	0,00 euros	3,39 euros	-3,39 euros	-100,00%
	0,9523 \$/euro	0,00 euros	3,39 euros	-3,39 euros	-100,00%
	1,0000 \$/euro	0,00 euros	3,39 euros	-3,39 euros	-100,00%
2 \$	0,8000 \$/euro	2,50 euros	3,39 euros	-0,89 euros	-26,25%
	0,8547 \$/euro	2,34 euros	3,39 euros	-1,05 euros	-30,97%
	0,8849 \$/euro	2,26 euros	3,39 euros	-1,13 euros	-33,33%
	0,9523 \$/euro	2,10 euros	3,39 euros	-1,29 euros	-38,05%
	1,0000 \$/euro	2,00 euros	3,39 euros	-1,39 euros	-41,00%
4 \$	0,8000 \$/euro	5,00 euros	3,39 euros	1,61 euros	47,49%
	0,8547 \$/euro	4,68 euros	3,39 euros	1,29 euros	38,05%
	0,8849 \$/euro	4,52 euros	3,39 euros	1,13 euros	33,33%
	0,9523 \$/euro	4,20 euros	3,39 euros	0,81 euros	23,89%
	1,0000 \$/euro	4,00 euros	3,39 euros	0,61 euros	17,99%
7 \$	0,8000 \$/euro	8,75 euros	3,39 euros	5,36 euros	158,11%
	0,8547 \$/euro	8,19 euros	3,39 euros	4,8 euros	141,59%
	0,8849 \$/euro	7,91 euros	3,39 euros	4,52 euros	133,33%
	0,9523 \$/euro	7,35 euros	3,39 euros	3,96 euros	116,81%
	1,0000 \$/euro	7,00 euros	3,39 euros	3,61 euros	106,49%
10 \$	0,8000 \$/euro	12,50 euros	3,39 euros	9,11 euros	268,73%
	0,8547 \$/euro	11,70 euros	3,39 euros	8,31 euros	245,13%
	0,8849 \$/euro	11,30 euros	3,39 euros	7,91 euros	233,33%
	0,9523 \$/euro	10,50 euros	3,39 euros	7,11 euros	209,73%
	1,0000 \$/euro	10,00 euros	3,39 euros	6,61 euros	194,99%

⁺: Pago de la opción en euros = Pagos de la opción en \$ según escenarios de cotización · Escenarios de tipos de cambio.
^{*}: Resultado en euros = Pago de la opción en euros - Prima pagada por la opción en euros.
[†]: Rentabilidad = Resultado en euros ÷ Prima pagada por la opción en euros.
Fuente: Elaboración propia.



inversión en dólares que muestra el Cuadro 3 si el tipo de cambio en la fecha de vencimiento de la opción fuera el mismo que el vigente cuando se realizó la compra de las opciones. Justamente, esta sería la situación si la inversión se realizase mediante la compra de opciones *true quanto* con un tipo de cambio convenido de 0,8849 \$/euro o su equivalente 1,13 euros/\$. Con este tipo de opciones el inversor se habría cubierto totalmente del riesgo de tipo de cambio y el cobro en euros que obtendría al vencimiento de la opción sería, para los distintos escenarios considerados, los mostrados en el Cuadro 5.

Pagos al vencimiento de la opción mostrados en el Cuadro 5 que coinciden exactamente con los pagos señalados en negrilla de la tercera columna del Cuadro 4. No obstante, los resultados y la rentabilidad obtenida finalmente por el inversor que hubiera optado por la compra de las opciones *true quanto* serán menores que en la primera alternativa considerada al ser la prima de la opción *true quanto* superior a la de una opción simple. Mayor precio que se justifica por el mayor grado de protección que proporcionan estas opciones al ajustarse mejor a la expectativa concreta que poseía el inversor.

CUADRO 5						
	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4	Escenario 5	Escenario 6
Cotización de las acciones en \$ al vencimiento de la opción	15\$	20\$	22\$	24\$	27\$	30\$
Pago de la opción <i>true quanto</i> : $X_T \cdot \text{Max} [PM_T - E; 0]$	0 euros	0 euros	2,26 euros	4,52 euros	7,91 euros	11,30 euros
<i>Fuente: Elaboración propia.</i>						

5. Ejemplo de utilización de opciones compuestas

Tal y como hemos mencionado se va a considerar el caso de utilización de estas opciones en la cobertura de los riesgos de un concurso de licitación de obras.

Sea una empresa constructora española que concursa por la realización de un contrato en Estados Unidos y que no sabrá hasta dentro de tres meses si obtiene la adjudicación del contrato. En caso de adjudicación, la obra tendrá una duración de tres años y supondría unos ingresos en dólares para la empresa en función del presupuesto presentado al concurso. Estos ingresos se recibirán en tres momentos del tiempo: al adjudicarse la obra, al certificarse la conclusión de la mitad de la obra y a su finalización. Ante esta situación la empresa se enfrenta a tres incertidumbres:

- Una primera si el contrato le será o no concedido.
- Otra es si el contrato le es concedido, cuál será el tipo de cambio del dólar frente al euro al recibir cada uno de los tres pagos. La empresa se enfrenta al riesgo de una depreciación del dólar frente al euro, deseando al menos asegurarse el tipo de cambio actual que ha sido el considerado para la realización del presupuesto que se ha presentado.
- La tercera incertidumbre a la que se enfrenta es la evolución de los precios de los materiales y suministros que necesitará para la realización de la obra a lo largo de su período de ejecución. Riesgo éste importante si se tiene en cuenta que para concursar se ha presentado un presupuesto cerrado y si se produce un aumento del precio de los materiales incidirá negativamente en los beneficios que represente para la empresa adjudicataria la realización de la obra.

Una alternativa para cubrir los riesgos a los que se enfrenta con opciones compuestas y que se ajusta a esta situación será:

- Para cubrir el riesgo de tipo de cambio: la compra de una opción compuesta *call*, con tres meses hasta el ejercicio, sobre *put* asiática con vencimiento a los tres años desde su adquisición. Esta opción será sobre un depósito de dólares de cuantía igual al presupuesto presentado y precio de ejercicio igual al tipo de cambio actual euro/dólar y siendo el valor del subyacente a considerar el tipo de cambio medio euro/dólar de las tres fechas en que está previsto que la empresa reciba los pagos y los convierta en euros. Es decir, las fechas para las que se tomarán los tipos de cambio para determinar el tipo medio serán las de dentro de tres meses, veintiún meses y treinta y nueve meses.

- Para cubrir el riesgo de precio de los materiales y suministros que se necesitarán para la realización de la obra: la compra de opciones compuestas de tipo *call*, con tres meses hasta el ejercicio, sobre opciones *call* asiáticas con vencimiento a los tres años desde su adquisición, sobre el precio de las cantidades de los distintos materiales precisos para la realización de la obra. Tomando como precio de ejercicio de las opciones asiáticas los precios de los materiales considerados cuando se presentó el presupuesto, y como fechas para el cálculo del precio medio de estos materiales las fechas en que se considere que se realizarán los pagos a los distintos suministradores de los materiales.

Para aquellos suministradores a los que haya que pagar en dólares será necesario evitar los perjuicios de una apreciación del dólar frente al euro. Si bien, este riesgo puede evitarse si la empresa en lugar de convertir los dólares que vaya recibiendo en euros destina una parte de estos cobros por la realización de la obra al pago de los proveedores a los que haya que abonar los materiales en dicha divisa. En este caso la cobertura que precisará la empresa por el cobro de los dólares no será por el montante total del presupuesto presentado sino por este montante neto de los pagos a



CUADRO 6

Escenarios de obtención del contrato y de evolución de los tipos de cambio

El contrato es concedido y se deprecia el dólar, encareciendo la prima de la <i>put</i> asiática	En caso de darse esta situación, la empresa acomete la obra y ejerce la opción <i>call</i> , comprando la opción <i>put</i> asiática más barata que si la tuviera que comprar en ese momento en el mercado, asegurándose así el tipo de cambio del momento inicial.
El contrato es concedido y se aprecia el dólar, reduciendo la prima de la <i>put</i> asiática	En caso de darse esta situación, la empresa acomete la obra y pierde la opción <i>call</i> sobre la <i>put</i> , al expirar ésta sin valor. La empresa puede elegir entre comprar en el mercado una opción <i>put</i> «fuera de dinero», con un precio de ejercicio igual al tipo de cambio de hace tres meses (asegurándose así la misma situación que deseaba inicialmente), o comprar una opción más cara «en el dinero», para así asegurarse una situación de cambio más favorable que la inicialmente prevista. Sea cual sea la elección, la opción <i>put</i> comprada tendría un vencimiento a tres años y sería sobre un depósito del mismo montante inicialmente previsto.
El contrato no es concedido y el dólar se deprecia, encareciendo la prima de la <i>put</i> asiática	En caso de darse esta situación, la empresa no acomete la obra y ejercería la opción, comprando la opción <i>put</i> asiática a un precio más barato que el que tendría en ese momento en el mercado, para a continuación venderla más cara y así recuperar algo de la prima pagada por la compra inicial de la opción compuesta.
El contrato no es concedido y el dólar se aprecia, reduciendo la prima de la <i>put</i> asiática	En caso de darse esta situación, la empresa no acomete la obra y pierde la prima opción <i>call</i> sobre la <i>put</i> al expirar ésta sin valor.

Fuente: Elaboración propia.

los proveedores que cobren en dólares. Por tanto, el depósito de dólares que sirve de nominal para la primera opción compuesta comentada será de esta menor cuantía.

Los posibles escenarios que se pueden presentar con respecto a la obtención o no del contrato y a la evolución de los tipos de cambio son los mostrados en el Cuadro 6.

En cualquiera de los cuatro escenarios considerados se puede producir un aumento o una disminución de la prima de las opciones *call* asiáticas sobre los precios de los materiales y suministros que la empresa necesita para la ejecución de la obra (4). Con respecto a éstas, la empresa ejercerá aquellas opciones sobre las opciones *call* asiáticas cuya prima haya aumentado, y perderá aquellas que expiren sin valor al haber disminuido su prima.

En el caso de haber obtenido la adjudicación del contrato, las opciones que haya ejercido le darán protección ante las variaciones en el precio de esos materiales y suministros para el período de ejecución de la obra. Teniendo que buscar para aquellas situaciones en que las opciones hayan expirado sin valor nueva protección comprando en el mercado nuevas opciones *call* asiáticas.

(4) Se encarecerán las primas de aquellas opciones *call* asiáticas en las que se produzca un aumento del precio del producto subyacente. Abaratándose, por el contrario, las primas de las opciones en las que el precio de los materiales o suministros subyacentes disminuya.

En el caso de no obtener la adjudicación del contrato venderá, obteniendo una ganancia, aquellas opciones *call* asiáticas que haya adquirido.

Como puede observarse, esta estrategia de cobertura se adapta bien a los distintos riesgos e incertidumbres con que se puede enfrentar una empresa que se presenta a este tipo de situaciones. Además, en el caso de producirse el peor escenario para la empresa, como sería no conseguir la adjudicación y no ejercer la opción compuesta, la estrategia presenta menores costes que la cobertura con opciones simples.

6. Conclusión

En este artículo y en los que le han precedido en los números 2.686 y 2.697 de esta revista se ha pretendido mostrar de una manera sencilla la utilización práctica de algunos de los tipos básicos de opciones exóticas. Numerosos otros ejemplos se podrían plantear tanto para las opciones estudiadas como para otros tipos de opciones exóticas existentes. Posiblemente su utilización en nuestro país se extienda en el futuro para la cobertura de la diversidad de riesgos que afronta la empresa. Si bien, creemos que para que esto se produzca es necesario un mayor conocimiento de sus posibilidades tanto por los gestores empresariales como por la banca de empresas. Los primeros pasos para su mejor conocimiento ya se han dado. Algunos tipos han empezado a negociarse como



AULA DE FORMACION

emisiones de *warrants* en la Bolsa española y algunos servicios de banca privada comienzan a ofrecer a sus clientes posibilidades de realizar inversiones financieras con opciones exóticas. Sin olvidar la gran aceptación que han tenido las opciones exóticas en la banca comercial a través de la inversión en productos estructurados y fondos garantizados.

Bibliografía

1. BANKS, E. (1994): *Complex Derivatives: Understanding the Risks of Exotic options, Complex Swaps, Warrants and Other Synthetic Derivatives*, Ed. Probus Publishing Company, Chicago, Illinois.
2. CLEWLOW, L. y STRICKLAND, C. (1997): *Exotic Options, The State of the Art*, International Thomson Business Press, capítulo cuarto, páginas 83-85.
3. CRESPO ESPERT, J. L. (1998): *Valoración de Opciones Exóticas. Aplicación a los Productos Indizados Emitidos y Comercializados en España*. Tesis Doctoral UAM Febrero 1998. Anexo II, páginas 378-432.
4. CRESPO ESPERT, J. L. (1998): «Opciones exóticas: tipología, valoración y cobertura», *Cuadernos de Derecho y Comercio* (27), Consejo General de los Colegios Oficiales de Corredores de Comercio, Ed. Dykinson, Madrid, páginas 301-336.
5. DAS, S. (1996): *Exotic Options*, Options series 3, IFR Publishing, London.
6. GESKE, R. (1979): «The Valuation of Compound Options», *Journal of Financial Economics*, marzo, páginas 1511-1524.
7. GIBNER, S.; KAMINSKI, V. (1995): «Exotic Options», artículo recopilado en *Managing Energy Price Risk, Risk Publications*, Londres, páginas 117-148.
8. MARGRABE, W. (1978): «The Value of an Option to Exchange one Asset for Another», *Journal of Finance*, volumen 33, marzo, páginas 177-186.
9. NELKEN, I. (1996): *The Handbook of Exotic Options, Instruments, Analysis and Applications*, Irwin Professional Publishing, capítulo 1º, páginas 30-44.
10. RAVINDRAN, K. (1998): *Customized Derivatives: A Step-by-Step Guide to Using Exotic Options, Swaps, and Other Customized Derivatives*, Ed: McGraw-Hill.
11. REINER, E. (1992): «Quanto Mechanics», *Risk*, volumen 5, número 3, marzo, páginas 59-63.
12. RUBINSTEIN, M. (1991): «Double Trouble», *Risk*, volumen 5, número 1, diciembre 1991-enero 1992, páginas 73.
13. RUBINSTEIN, M. (1991): «One for Another», *Risk*, volumen 4, número 7, julio-agosto.
14. RUBINSTEIN, M. (1991): «Somewhere over the Rainbow», *Risk*, volumen 4, número 10, noviembre, páginas 63-66.
15. ZHANG, P. (1997): *Exotic Options, A Guide to Second Generation Options*, World Scientific, Singapore.

