



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

Facultad de Economía y Empresa

Trabajo de
fin de grado

Análisis de una estrategia con opciones:

*Bull put ladder sobre
Enegás*

Lidia M^a Embade Santamariña

Tutor: Marcos Vizcaíno González

Grado en Administración y dirección de empresas
Año 2017

Resumen

Este estudio tiene como objetivo analizar una estrategia de inversión que consiste en una combinación de opciones financieras conocida como *bull put ladder*, con el fin de adquirir un conocimiento más amplio sobre los derivados financieros, investigar cuán útil podría ser su uso en una situación real, y mejorar las capacidades con respecto al uso de una herramienta crucial para la valoración financiera como es la hoja de cálculo. El estudio se inicia con una revisión teórica sobre las características y los elementos principales de las opciones financieras, explicando los tipos de opciones, situaciones y posiciones que se pueden tener. En segundo lugar, se ha hecho especial hincapié en la prima de la opción y en uno de los modelos que explican su valor teórico: el modelo de Black-Sholes. Además, se ha introducido una explicación de qué y cuáles son las griegas. A continuación, se introduce una explicación teórica de la estrategia estudiada, *bull put ladder*, mostrando una aproximación intuitiva a su uso. Una vez presentada la estrategia, se lleva el caso a la práctica utilizando datos de cotización de las acciones de la empresa Enagás, siguiendo las indicaciones del tutor. Con la ayuda de fuentes oficiales como el MEFF o Infobolsa se consiguen datos reales que permiten obtener una conclusión sobre la estrategia. Por último, el estudio concluye con la explicación del uso de la hoja de cálculo para elaborar un prototipo de un modelo que soporte las decisiones relativas a la estrategia seleccionada. En definitiva, se puede concluir que la estrategia *bull put ladder* es recomendable para expectativas bajistas.

Palabras clave: opciones financieras; *bull put ladder*; Black-Sholes; griegas.

Número de palabras: 9.964

Summary

This study aims to analyze an investment strategy consisting of a combination of financial options known as Bull Put Ladder, in order to acquire a broader knowledge on financial derivatives, to investigate how useful could be its use in a real situation and to improve skills with respect to the use of a cross-functional tool for financial valuation as the spreadsheet. The study begins with a theoretical review on the characteristics and main elements of the financial options, explaining the types of options, situations and positions that may have. Second, special emphasis has been placed on the premium of the option and on one of the models that explain its theoretical value: the Black-Sholes model. In addition, an explanation has been introduced of what are the Greeks. Next, a theoretical explanation of the studied strategy, bull put ladder, is introduced, showing an intuitive approach to its use. Once the strategy is presented, the case is put into practice using data from the stocks of the company Enagás, following the instructions of the tutor. With help of official sources such as MEFF or Infobolsa, real data are obtained in order to deliver a conclusion about the strategy. Finally, the study concludes with the explanation of the use of the spreadsheet to elaborate a prototype of a model that supports the decisions related to this strategy. Ultimately, it can be concluded that the Bull Put Ladder strategy is recommended for bearish expectations.

Keywords: Financial options; Bull Put Ladder; Black-Sholes; Greek.

Índice

Introducción	9
1. Fundamentos sobre opciones financieras	11
1.1 Concepto y características principales	11
1.2 Tipo de opciones, posiciones y situaciones.....	12
1.2.1 Opción de compra (<i>call</i>)	12
1.2.2 Opción de venta (<i>put</i>).....	13
2. La prima	15
2.1. Valor intrínseco y temporal.....	15
2.2. Variables que influyen en la prima.....	16
2.3. Modelo de Black-Scholes	17
2.3.1 Modelo de Black-Scholes con dividendos	19
2.3.2 Las griegas	19
3. Estrategia con opciones financieras. <i>Bull Put Ladder</i>	22
3.1 Las griegas en la <i>bull put ladder</i>	24
4. Análisis de un caso: Enegás	26
4.1 Descripción de los datos.....	26
4.2 Valoración de la estrategia.....	31
4.3 Análisis de sensibilidad con simulación.....	34
4.4 Resultado de la estrategia y contraste de hipótesis de Enegás	43
5. Realización de un prototipo en una hoja de cálculo	48
Bibliografía	57
Índice analítico	59

Índice de figuras

Figura 1: Estrategia Bull Put Ladder	22
Figura 2: Gráfico de las griegas de la estrategia	24
Figura 3: Cotización de Enegás	26
Figura 4: Volumen de opciones de Enegás.....	27
Figura 5: Porcentaje de los máximos y mínimos según el mes	28
Figura 6: Evolución de la prima de una call.....	29
Figura 7: Evolución de la prima de una put.....	29
Figura 8: Volatilidad de una <i>call</i> de Enegás	30
Figura 9: Volatilidad de una <i>put</i> de Enegás.....	30
Figura 10: Intereses de Enegás	31
Figura 11: Griegas de la bull put ladder de Enegás	32
Figura 12: Representación gráfica de la bull put ladder de Enegás.....	34
Figura 13: Distribuciones de probabilidad de las variables explicativas	35
Figura 14: Simulación y sensibilidad de Delta Enegás.....	37
Figura 15: Simulación y sensibilidad de Gamma Enegás.....	38
Figura 16: Simulación y sensibilidad de Vega Enegás.....	39
Figura 17: Simulación y sensibilidad de Theta Enegás	40
Figura 18: Simulación y sensibilidad de Rho Enegás.....	41
Figura 19: Simulación y sensibilidad de la Prima Enegás	42
Figura 20: Resultado Bull put ladder	43
Figura 21: Índice del modelo.....	48

Figura 22: Ejemplo del uso de las tablas dinámicas..... 49

Figura 23: Entrada de datos en la hoja de cálculo 50

Figura 24: Resultados y puntos críticos en la hoja de cálculo 50

Figura 25: Zona de gráfico del perfil de la estrategia..... 51

Figura 26: Zona de gráfico de las griegas 51

Figura 27: Valoración de la prima y las griegas de acuerdo Black-Scholes..... 52

Figura 28: Cálculo de los valores intrínsecos, resultados, gráficos y eje. 52

Figura 29: Simulación del valor de las griegas 53

Figura 30: Gráfico de la evolución del resultado y tablas de contraste de hipótesis 53

.....

Índice de tablas

Tabla 1: Griegas en el modelo de Black-Scholes sin dividendos	21
Tabla 2: Griegas en el modelo de Black-Scholes con dividendos	21
Tabla 3: Datos de la Bull put ladder de Enegás	31
Tabla 4: Prima y datos críticos del bull put ladder de Enegás.....	32
Tabla 5: Medidas de estrategia. Bull put ladder	44
Tabla 6: Contraste de igualdad de varianzas. Noticia Enegás	45
Tabla 7: Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas desiguales.....	45
Tabla 8: Prueba F para varianza de dos muestras	46
Tabla 9: Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas desiguales.....	47

Introducción

El tema general del trabajo trata sobre los derivados financieros, que son contratos entre agentes que desean traspasarse el riesgo. Existen varios agentes que utilizan los derivados. En primer lugar, están los que lo utilizan para crear cobertura y eliminar así el riesgo que produce el activo subyacente. En segundo lugar, están los que lo utilizan para especular, con el fin de obtener beneficios por las diferencias previstas en las cotizaciones. Y, en tercer lugar, los arbitrajistas, que tratan de obtener beneficios derivados del aprovechamiento de situaciones anómalas en los precios de los mercados (Piñeiro Sánchez & De Llano Monelos, 2009b).

Dentro de los derivados, el trabajo se centra en las opciones financieras, que son un tipo de derivado en donde una de las partes (la posición larga), tiene la potestad de decidir ejercer o no el contrato. Frente a otros derivados, estas son más flexibles, ofreciendo así más alternativas. Estas opciones se pueden combinar dando lugar a varias estrategias. Un ejemplo es el *straddle largo*, compuesto por una opción de compra a largo plazo y otra de venta a largo plazo con el mismo precio de ejercicio, y cuyos resultados son ganancias cuando el subyacente es volátil y pérdidas cuando la volatilidad es pequeña. Otro ejemplo es el *guts*, también compuesto por una opción de compra a largo plazo y una opción de venta a largo plazo, pero con distinto precio de ejercicio, dando lugar a que las dos opciones están dentro de dinero (Cohen, 2005)

El objetivo general del trabajo es estudiar una de las estrategias más populares de estas combinaciones, escogida siguiendo las instrucciones del tutor. La estrategia se denomina *Bull Put Ladder*, manteniendo su nombre en inglés siguiendo a un autor

que defiende que los nombres de las estrategias de las opciones financieras pueden utilizarse en inglés en nuestro idioma (Castelo Montero, 2003).

Además, existen varios objetivos específicos en el trabajo. Una de los principales es la ampliación de los conocimientos en el área de las opciones financieras, con especial atención a los modelos de valoración. Se hace hincapié en las variables relevantes y en las medidas de sensibilidad, tanto de las opciones individuales como de la estrategia elegida. Por otro lado, se reúnen, se organizan e intrerpretan datos relevantes acerca de un caso real, lo que permite realizar una aplicación práctica de la estrategia elegida. A partir de esto, se busca emitir una opinión acerca de conveniencia y utilidad de dicha estrategia.

Por último, se profundiza en el manejo de la hoja de cálculo como herramienta de valoración financiera y apoyo a la toma de decisiones, así como soporte de un modelo que permita organizar la información y que facilite presentar los resultados.

El resto del trabajo se estructura como sigue a continuación:

1. Fundamentos de las opciones financieras
2. La prima
3. Estrategia con opciones financieras. Bull Put Ladder
4. Analisis de un caso: Enegás
5. Realización de un prototipo en una hoja de cálculo

1. Fundamentos sobre opciones financieras

1.1 Concepto y características principales

Una opción es un derivado financiero. Se trata de un contrato entre dos partes en el cual una de ellas, denominada posición larga o comprador, tiene el derecho pero no la obligación, de comprar o vender un cierto activo o mercancía a la otra parte, denominada posición corta o vendedor, en un momento o durante un período de tiempo predeterminado y con un precio pactado.(Hull, 2011; Hull, 2014)

Hay dos tipos de derechos, según estemos ante un derecho de compra o venta. Cuando el derecho es de compra, el contrato se conoce como opción de compra o *call*, el cual otorga al poseedor el derecho a comprar un activo en una fecha específica y a cierto precio. Cuando el derecho es de venta, el contrato se denomina opción de venta o *put*, el cual otorga al poseedor el derecho a vender un activo en una fecha específica y a un cierto precio. El activo sobre el que trata la opción se denomina subyacente, y el precio se denomina precio de ejercicio o *strike*, que será satisfecho en la fecha estipulada, que se conoce como fecha de vencimiento (Hull, 2014)(Hull, 2014(Piñeiro Sánchez & De Llano Monelos, 2009b).

Existen dos tipos de opciones: las de tipo europeo, que se ejercen a fecha de vencimiento; y las de tipo americano, que se ejercen a lo largo de un período. Para adquirir este derecho, el comprador debe entregar al vendedor una cantidad de dinero que se conoce como prima, en el momento en que formalice el contrato. Cuando se produce el cobro de la prima, el vendedor queda obligado a acatar la decisión tomada por el comprador cuando finalice la operación, al margen de que decida ejercer o no su derecho (Pindado, 2012).

Las operaciones pueden negociarse en mercados organizados de tipo bursátil como, por ejemplo, el Mercado Español de Futuros Financieros (MEFF). Este tipo de contrato se refiere a cuatro subyacentes genéricos: las acciones, los tipos de interés, los índices bursátiles y las divisas. Sin embargo, también pueden formalizarse en otros mercados, en este caso se dice que se negocian en mercados no organizados o denominados *over the counter (OTC)* (Piñeiro Sánchez & De Llano Monelos, 2009b).

Hull (2002) dice que los mercados bursátiles tienen unas rigideces contractuales mayores que las de los mercados OTC, pero tienen la ventaja de ofrecer una mayor seguridad en las operaciones debido a su adecuada regulación.

Sus principales finalidades son la especulación, que se trata de obtener dinero a corto plazo para poder invertir; y la cobertura, que se trata de protegerse del cambio de los precios. Pero también podemos hablar de otras finalidades como pueden ser la diversificación, buscar una nueva forma de inversión; y el arbitraje, comprar en mercados más baratos para venderlo en mercados caros.

1.2 Tipo de opciones, posiciones y situaciones.

1.2.1 Opción de compra (*call*)

La opción de compra otorga a su poseedor el derecho, pero no la obligación, de adquirir un activo a un precio de ejercicio que se pactó previamente. Por ejemplo, considerando una *call* con un precio de ejercicio (K) de 8 u.m. y una prima (C) de 0,75 u.m., el comprador o posición larga debe abonar la prima de 0,75 u.m. en el momento de formular el contrato. El comprador adquiere la opción de compra con el propósito de protegerse de la subida del precio del activo subyacente en el mercado. En la fecha de vencimiento pueden presentarse tres escenarios:

- Si el precio de mercado del activo es inferior al strike, al comprador no le interesa ejercer su derecho de compra ya que puede adquirir el activo más barato en el mercado; en este caso se dice que la opción está fuera de dinero o *out the money (OTM)*.

- Si el precio de ejercicio es exactamente igual al precio de mercado del activo, al comprador le es indiferente ejercer o no la operación; se dice entonces que la opción está "en dinero" o *at the money (ATM)*.
- Si el precio de mercado del activo es mayor que el precio del ejercicio, el comprador ejercerá su derecho de compra ya que el subyacente está más caro en el mercado que mediante el contrato, y se dice entonces que la opción está "dentro de dinero" o *in the money (ITM)*.

Cabe destacar que para que el comprador obtenga beneficios no basta con que la opción se ejerza. El precio de mercado del activo debe aumentar por encima del strike y, además, compensar la prima abonada previamente. El punto en el que se compensa la prima es lo que se conoce como punto muerto o *breakeven* y se calcula como la suma del precio de ejercicio más la prima ($8+0.75$). En este punto los beneficios son nulos y serán potencialmente ilimitados para la posición larga a medida que el precio aumente por encima de esta cifra. La pérdida máxima que puede sufrir el comprador se da cuando la opción no se ejerce y esto ocurre cuando el precio de mercado del activo es menor que el precio de ejercicio pactado. En este caso el comprador perdería la prima abonada previamente a la otra parte que coincidiría con su pérdida máxima (0.75 u.m.).

El vendedor cobra la prima en el momento de formularse el contrato de la operación y queda obligado a acatar la decisión de la posición larga de ejercer o no. Su beneficio máximo es la prima abonada por el comprador, que obtiene si este no ejerce la opción. Sin embargo, su pérdida máxima es potencialmente ilimitada a medida que el precio de mercado del activo supera el punto muerto (Piñeiro Sánchez & De Llano Monelos, 2011).

1.2.2 Opción de venta (*put*)

Una opción de venta otorga a su portador el derecho, pero no la obligación, de vender un activo a un precio de ejercicio pactado previamente. Si, por ejemplo, se considera una *put* con un precio de ejercicio de 8 u.m. y una prima de 0,35 u.m., el comprador de la opción o posición larga debe abonar la prima de 0.35 u.m. en el momento de formalizar el contrato. El comprador busca protegerse de reducciones en

el precio del activo en el mercado con esta operación. En la fecha de vencimiento puede presentarse tres situaciones:

- Si el precio del mercado del activo es superior al precio de ejercicio pactado el vendedor no ejercerá la opción, ya que le interesa más enajenar el activo en el mercado; se dice entonces que la opción está "fuera de dinero" o *out the money (OTM)*.

- Si el precio de ejercicio y el precio de mercado coinciden, en este caso, al comprador le es indiferente ejercer o no la operación; se dice entonces que la opción está "en dinero" o *at the money (ATM)*.

- Si el precio de mercado es inferior al precio de ejercicio establecido, al comprador le interesa ejercer la opción, ya que puede enajenar el activo a un precio mayor con la opción que en un mercado; se dice entonces que la opción está "dentro de dinero" o *in the money (ITM)*.

Como ocurría con las opciones de compra, que la opción se ejerza es una condición necesaria pero no suficiente para que el comprador obtenga beneficios. La posición larga obtendrá beneficios siempre que el precio de mercado del activo sea inferior al punto muerto de la opción que, en el caso de las *put*, se calcula como el precio de ejercicio menos la prima ($8 - 0.35$). En este punto el beneficio es nulo y las ganancias son potencialmente ilimitadas a medida que el precio desciende por debajo de esta cifra. La pérdida máxima para el comprador será la prima abonada previamente, cuando la opción no se ejerza.

En el caso del vendedor, este cobrará la prima abonada por la posición larga al formalizar el contrato y tiene la obligación de acatar su decisión de ejercer o no. Su beneficio máximo es la prima abonada previamente por el comprador, cuando este no ejerce la opción; mientras que las pérdidas serán potencialmente ilimitadas a medida que el precio de mercado del activo disminuye por debajo del punto muerto (Piñeiro Sánchez & De Llano Monelos, 2009b).

2. La prima

2.1. Valor intrínseco y temporal

La prima de una opción es la suma de dos elementos: el valor intrínseco y el valor temporal, también conocido como valor extrínseco.

El valor intrínseco es la plusvalía que recibiría si la opción se ejerciera en el momento actual. En el caso de una opción de compra, se calcula como la diferencia entre el precio al contado y el precio de ejercicio del subyacente. En el caso de una opción de venta, se calcula como la diferencia entre el precio de ejercicio y el precio al contado. Para que una opción se ejerza es necesario que su valor intrínseco sea mayor que cero. El valor temporal es la expectativa de crecimiento del valor intrínseco desde el momento actual hasta la fecha de vencimiento del contrato. Se calcula como la diferencia entre el valor de la prima y el valor intrínseco. Por tanto, el valor temporal depende del tiempo que reste hasta el vencimiento de la opción, y a medida que la opción se acerca al vencimiento, su valor temporal se va reduciendo (Piñeiro Sánchez & De Llano Monelos, 2009a).

Analicemos el caso de estar situados en una opción de compra o *call* con los siguientes datos: el precio de ejercicio (K) es 18, el precio al contado (S) es 19 y la prima (c) es 1,5. El valor intrínseco, calculado como el precio al contado menos el precio de ejercicio ($19 - 18$), sería de 1 en el caso de que pudiese ejercer la opción hoy. El valor temporal, calculado como la prima menos el valor intrínseco ($1,5 - 1$), sería de 0,5 que se trata del valor que se prevé que ganaría con el paso del tiempo.

Analicemos el caso de estar situados en una opción de venta o *put* con los siguientes datos: el precio de ejercicio (K) es 20, el precio al contado (S) es 19 y la prima (p) es 1,5. El valor intrínseco, calculado como el precio de ejercicio menos

precio al contado, sería de 1, ya que vendería por 20 lo que en el mercado vale 19. El valor temporal, calculado como la prima menos el valor intrínseco ($1,5 - 1$), sería de 0,5 que se trata del valor que se prevé que ganaría con el paso del tiempo.

2.2. Variables que influyen en la prima

En la prima influyen diferentes variables, entre las que cabe destacar: el tiempo en base anual (t), la volatilidad anual del subyacente (σ^2), el precio al contado del subyacente (S), el precio de ejercicio (K) y el tipo de interés continuo (r) (Pindado, 2012).

- Tiempo (t). Se trata del período de tiempo en base anual que resta hasta la fecha de vencimiento.
- Volatilidad anual del subyacente (σ^2). Se trata de la varianza del precio del activo. Existen dos enfoques para determinarla:
 - Volatilidad histórica. Se calcula en base a datos pasados. Cuanto mayor sea la serie, mejor será la estimación de la volatilidad.
 - Volatilidad implícita. Se calcula en base al precio de liquidación de cada contrato que publica diariamente el mercado. Luego se aplica el modelo de Black-Scholes al revés, y se calcula cual sería la volatilidad para esa prima.
- Precio al contado del subyacente (S). También llamado *spot*. Es relevante en relación con el precio de ejercicio (K) pactado en el contrato. La prima tendrá un valor mayor cuanto más dentro de dinero se sitúe la opción.
- Tipo de interés continuo (r). También denominado tipo de interés sin riesgo. Este tipo de interés junto con el tiempo hasta el vencimiento generan el efecto de apalancamiento de las opciones. Cuanto mayor es el tipo de interés sin riesgo, mayor será el efecto de apalancamiento, que afectará positivamente al valor de una *call* y negativamente al valor de una *put*.

2.3. Modelo de Black-Scholes

El precio justo de las opciones se puede calcular de varias formas, pero la más conocida es mediante el modelo de Black-Scholes.

Black y Scholes (1973) crearon este modelo con la finalidad de calcular el precio teórico de la prima. Se basa en una ecuación de no-arbitraje en una cartera compuesta por opciones y sus acciones subyacentes que incorpora las distintas variables que influyen en el valor de la prima. El modelo se desarrolla bajo una hipótesis de capitalización continua. Se parte del factor de capitalización que se usa en capitalización compuesta, siendo i el tipo de interés efectivo anual y n el número de períodos (Pindado, 2012):

$$(1 + i)^n$$

El factor de capitalización anterior cumple la siguiente igualdad, siendo i_m el tipo de interés que equivale a períodos menores a un año y m la frecuencia de la capitalización:

$$(1 + i_m)^m = (1 + i)$$

El tipo de interés equivalente anterior se puede formular como el tipo de interés nominal de una operación dividido entre la frecuencia de la capitalización:

$$i_m = \left(\frac{j_m}{m}\right)$$

Con todo lo anterior, y realizado para un período de n años, se obtiene la igualdad siguiente:

$$(1 + i_m)^{n*m} = \left(1 + \left(\frac{j_m}{m}\right)\right)^{n*m}$$

Si los períodos se reducen cada vez más, la frecuencia de capitalización aumenta. En el límite, cuando esta frecuencia tiende a infinito sería:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \left(1 + \left(\frac{j_m}{m} \right) \right)^{m \cdot n} = e^{\ln(1+i_m) \cdot n}$$

Este cálculo se puede simplificar como $e^{r \cdot n}$, siendo r el tipo de interés sin riesgo anual en capitalización continua que es necesario para la utilización de este modelo.

El modelo de Black-Scholes se basa en la siguiente ecuación:

$$\frac{\partial f}{\partial t} + \frac{1}{2} \sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 f}{\partial S^2} + rS \frac{\partial f}{\partial S} - rf = 0$$

La variable que hace referencia al valor teórico de la prima de la opción es f , cuyo valor se determina en función de los factores que influyen en su cálculo, ya citados anteriormente: tiempo (t), volatilidad anual del subyacente (σ^2), el precio al contado (S), el precio de ejercicio (K) y el tipo de interés continuo (r).

En su formación original, este modelo tiene tres restricciones:

- Únicamente sirve para opciones europeas
- Se supone que no se puede hacer arbitraje
- En su versión original, se supone que el subyacente no reparte dividendos.

La solución de la ecuación es la siguiente, según se trate de la prima de una *call* (c), o de una *put* (p).

$$c = SN(d_1) - e^{-rT} KN(d_2)$$

$$p = e^{-rT} KN(-d_2) - SN(-d_1)$$

En estas expresiones $N(x)$ hace referencia a una función de distribución normal. Además, la prima de una *call* y una *put* sobre el mismo activo subyacente tienen que guardar una relación, que se denomina paridad put-call, y que garantiza que no se pueda realizar arbitraje.

$$c + Ke^{-rT} = p + S$$

Que no haya posibilidad de realizar arbitraje quiere decir que no hay posibilidades de mejorar la expectativa de rendimiento, a menos que se de una alteración de la exposición al riesgo y/o la inversión; y quiere decir también que el rendimiento de la cartera debería ser el tipo de rentabilidad sin riesgo.

2.3.1 Modelo de Black-Scholes con dividendos

La incorporación de los dividendos se puede hacer de dos formas. En primer lugar, el denominado dividendo discreto. La empresa tiene un dividendo en una fecha concreta, lo actualiza con capitalización continua para llevarlo al momento inicial (t) en el cual se formalizó el contrato y se lo resta al precio del subyacente (S). Las fórmulas del modelo de Black-Scholes no se ven modificadas con este dividendo. En segundo lugar, el denominado dividendo continuo. En cada instante de tiempo un porcentaje del precio del subyacente se reparte en forma de dividendo. Se trata de una extensión del modelo de Black-Scholes que hizo Merton (1973) al eliminar una de las restricciones para tener en cuenta que se reparten dividendos. Para ello, se introduce una variable nueva en el modelo, el dividendo continuo (q), que produce una modificación de las fórmulas (Hull, 2011; Merton, 1973):

$$\frac{\partial f}{\partial t} + \frac{1}{2}\sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 f}{\partial S^2} + (r - q)S \frac{\partial f}{\partial S} - rf = 0$$

Al igual que en el modelo sin dividendos, pueden darse dos soluciones dependiendo si estamos en una situación de *call* o de *put*.

$$c = e^{-qT} SN(d_1) - e^{-rT} KN(d_2)$$

$$p = e^{-rT} KN(-d_2) - e^{-qT} SN(-d_1)$$

Y en este modelo sin dividendos también se verifica la paridad put-call.

$$c + Ke^{-rT} = p + Se^{-qT}$$

2.3.2 Las griegas

Las griegas son derivadas de la ecuación del modelo de Black-Scholes respecto a las variables que influyen en la prima. Se utilizan para medir la sensibilidad de la prima

respecto a las variables que le afectan y son importantes por su valor, pero todavía más por su signo.

Las griegas más comunes son:

– Delta (Δ). Es la derivada respecto al precio del subyacente. En el caso de estar ante una *call* su valor es positivo, y se da una relación directa: cuanto mayor es el precio del subyacente (S), mayor es la prima. En el caso de estar ante una *put* su valor es negativo, y cuando el precio del subyacente (S) decrece, es cuando la prima crece.

– Gamma (Γ). Es la derivada de Delta (Δ) respecto del precio del subyacente, también conocida como la segunda derivada respecto del subyacente. Por tanto, al tratarse de una derivada de segundo orden, siempre es positiva.

– Theta (Θ). Es la derivada respecto al tiempo. Cuanto más alejado esté el vencimiento de la opción, mayor probabilidad de que se ejerza tanto en una *put* como en una *call*. Pero debemos tener en cuenta que Theta no mide el tiempo de vencimiento, sino el tiempo que ha pasado desde que se contrató la opción ("*time decay*"). Por tanto, Theta es negativa tanto en una *call* como en una *put*, indicando una relación inversa.

– Vega (v). Es la derivada respecto a la volatilidad. Indica cuánto varía la prima si cambia la volatilidad. A mayor volatilidad, mayores posibilidades hay de que se ejerza la opción, por tanto, mayor es la prima. La Vega será positiva tanto en una *call* como en una *put*.

– Rho (ρ). Es la derivada respecto al tipo de interés. En el caso de que estemos ante la situación de una *call* con un tipo de interés alto, al actualizar, el strike será más bajo y producirá un crecimiento del valor de la *call*. Por tanto, la Rho será positiva. En el caso de que estemos ante la situación de una *put* con un tipo de interés alto, al aumentar el descuento, el strike baja y producirá una bajada de la prima de la *put*. Por tanto, la Rho será negativa.

Tabla 1: Griegas en el modelo de Black-Scholes sin dividendos

Griegas	Call	Put
Prima	$c = SN(d_1) - e^{-rT}KN(d_2)$	$p = e^{-rT}KN(-d_2) - SN(-d_1)$
Delta	$\Delta = N(d_1)$	$\Delta = N(d_1) - 1$
Gamma	$\Gamma = \frac{N'(d_1)}{S\sigma\sqrt{T}}$	
Vega	$v = S\sqrt{T}N'(d_1)$	
Theta	$\theta = -\frac{SN'(d_1)\sigma}{2\sqrt{T}} - rKe^{-rT}N(d_2)$	$\theta = -\frac{SN'(d_1)\sigma}{2\sqrt{T}} + rKe^{-rT}N(-d_2)$
Rho	$\rho = KTe^{-rT}N(d_2)$	$\rho = -KTe^{-rT}N(-d_2)$

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2: Griegas en el modelo de Black-Scholes con dividendos

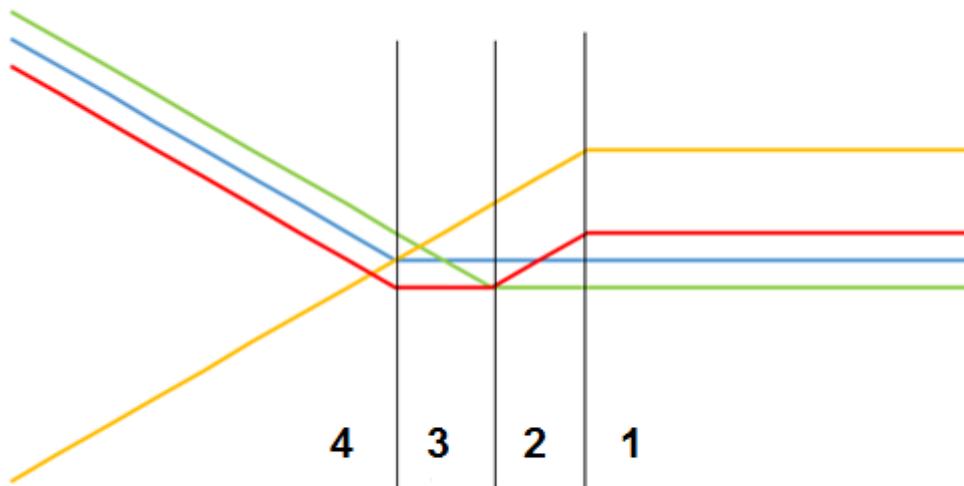
Griega	Call	Put
Delta	$\Delta = e^{-qT}N(d_1)$	$\Delta = e^{-qT}[N(d_1) - 1]$
Gamma	$\Gamma = \frac{N'(d_1)e^{-qT}}{S\sigma\sqrt{T}}$	
Vega	$v = S\sqrt{T}N'(d_1)e^{-qT}$	
Theta	$\theta = \frac{-SN'(d_1)\sigma e^{-qT}}{2\sqrt{T}} + qSN(d_1)e^{-qT} - rKe^{-rT}N(d_2)$	$\theta = \frac{-SN'(d_1)\sigma e^{-qT}}{2\sqrt{T}} - qSN(-d_1)e^{-qT} + rKe^{-rT}N(-d_2)$
Rho	$\rho = KTe^{-rT}N(d_2)$	$\rho = -KTe^{-rT}N(-d_2)$

Fuente: Elaboración propia

3. Estrategia con opciones financieras. *Bull Put Ladder*

La *bull put ladder* es una estrategia en la cual se gana cuando el subyacente varía. Si el subyacente baja, se puede ganar mucho, y si sube se puede ganar pero la ganancia es limitada. Es cuando el subyacente no varía cuando se pierde. Está compuesta por tres opciones de venta, dos largas (una fuera de dinero y otra en dinero) y una opción corta (dentro de dinero) con igual vencimiento.

Figura 1: Estrategia Bull Put Ladder



Fuente: Elaboración propia

Tal y como podemos observar en la Figura 1, las tres opciones aparecen dibujadas con diferente color: la línea azul hace referencia a la primera opción, que es la put larga fuera de dinero; la línea verde hace referencia a la segunda opción, que es la put larga en dinero; y la línea amarilla, a la tercera opción, que es la put corta dentro de dinero. La línea roja es la combinación de las tres opciones.

Para interpretar esta gráfica la dividimos en cuatro tramos, numerados de derecha a izquierda. En el primer tramo, observamos que ninguna de las opciones se ejerce, y el resultado es la prima. Esta es la razón de que la línea que hace referencia a la combinación, este situada en el medio de las dos opciones largas y la corta. En el segundo tramo, observamos que a medida que desciende el precio, al ejercerse la tercera put estoy obligado a comprar lo que en el mercado vale más y, por lo tanto, pierdo. Esto se refleja en la combinación con una caída. En el tercer tramo, continúo perdiendo a medida que disminuye el precio, pero en esta parte, la segunda comienza a dar ganancias, que compensan las pérdidas de la tercera opción, lo que repercute en la línea de la combinación manteniéndola constante. En el último tramo, el cuarto, ya están activadas las tres opciones (se ejercen todas). La opción uno comienza a dar ganancias, que se suman al resultado conjunto de las otras dos (constante), y esto provoca un crecimiento en la línea de la combinación.

En cuanto a sus cifras críticas, la estrategia está compuesta por tres precios de ejercicios diferentes, el precio más alto está en el punto donde la opción tres comienza a decrecer, el precio medio está en el punto donde la opción dos comienza a crecer, y el precio más bajo está en el punto donde la opción uno comienza a crecer. La prima neta se calcula restando las dos primas de las put largas y sumando la prima de la put corta. Existen dos puntos muertos (el superior y el inferior). La máxima pérdida se calcula como la diferencia entre el precio más alto y el precio intermedio, menos (más) la prima neta, suponiendo que resulta un pago (cobro) neto. Y la máxima ganancia es ilimitada (Cohen, 2005)).

A modo de ejemplo, se supone un precio de mercado el 17 de marzo del 2017 de 35 u.m. Un inversor decide comprar una put (en posición larga) con vencimiento en junio de 2017 por un precio de ejercicio de 30 u.m. con una prima de 1.10 u.m. Compra una put (en posición larga) con vencimiento en junio de 2017 por un precio de ejercicio de 35 u.m. con una prima de 2.30€. Vende una put (en posición corta) con vencimiento en junio de 2017 por un precio de ejercicio de 40 u.m. con una prima de 4.50€.

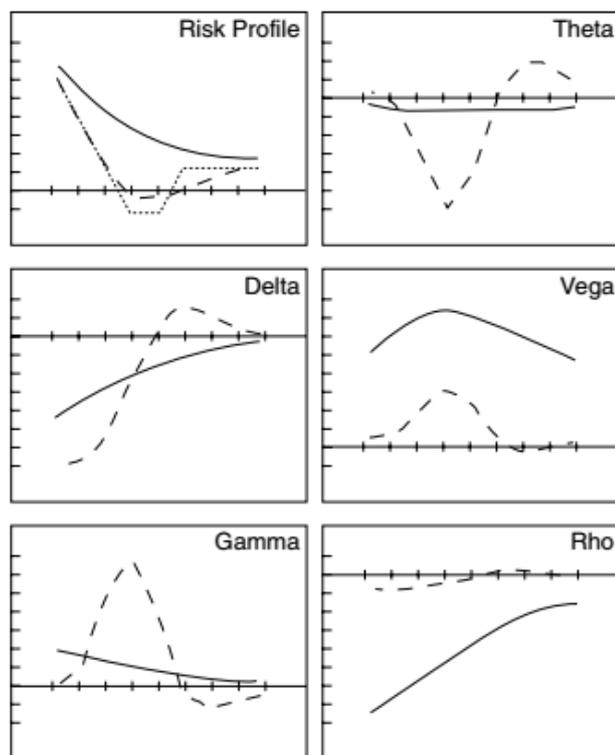
La prima neta es la suma de la prima en posición corta menos las dos primas en posición larga, y es de 1.10€. El punto muerto superior se calcula restando al strike más alto (40 u.m.) la prima neta (1.10€), en este caso da 38.90€. Y el punto muerto

inferior se calcula sumando los dos strikes en posición larga (30 y 35 u.m.) y la prima neta (1.10€) y restando el strike en posición corta (40€), dando lugar a un resultado de 26.10€. La región de ganancias “hacia arriba” está del punto muerto superior hacia la derecha, dando lugar a una ganancia limitada por la prima; y “hacia abajo” abarca del punto muerto inferior a la izquierda, con una ganancia potencialmente ilimitada.

3.1 Las griegas en la *bull put ladder*

En la Figura 2 se describe brevemente cómo es la sensibilidad de la prima en esta estrategia y cómo le afectan los diversos factores.

Figura 2: Gráfico de las griegas de la estrategia



Fuente: Cohen (2005)

- Delta. Es negativa para valores bajos del subyacente debido a que la prima crece a medida que decrece el precio del subyacente. Se vuelve positiva cuando la posición cambia de dirección.
- Theta. El paso del tiempo es útil para la posición cuando es rentable e inútil cuando no es rentable.
- Vega. La volatilidad es útil para la posición cuando es rentable.

- Gamma. Es la derivada de Delta respecto del precio del subyacente, y es ligeramente positiva, aunque va decreciendo.
- Rho. Los tipos de interés más altos son generalmente útiles para la posición, particularmente cuando el subyacente alcanza el nivel más bajo.

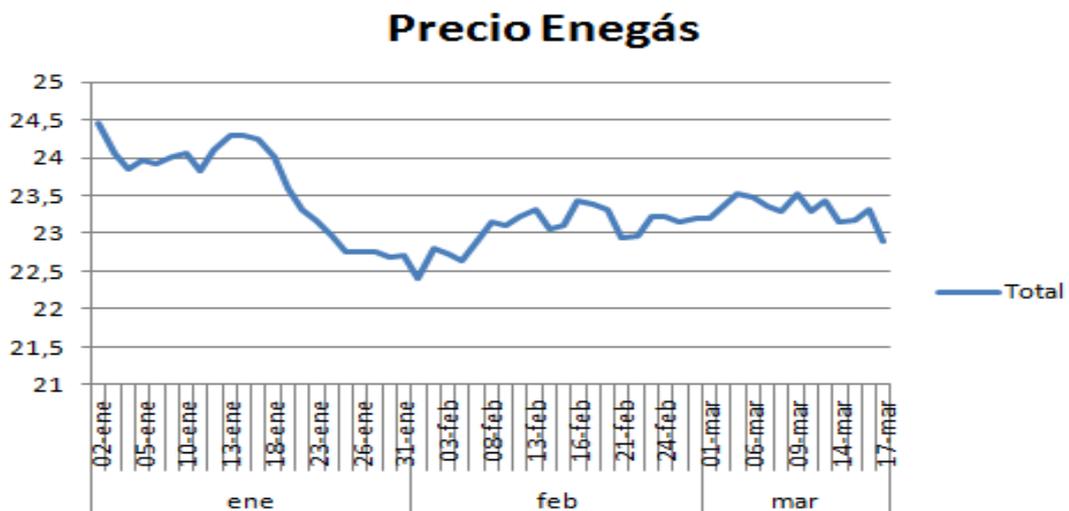
4. Análisis de un caso: Enegás

4.1 Descripción de los datos

Para llevar el caso a la práctica y siguiendo las indicaciones del tutor, se utilizarán los datos de cotización de las acciones de la empresa Enegás. La estrategia es contratada el día 2 de enero de 2017 con una fecha de vencimiento situada el 17 de marzo del mismo año.

Las fuentes principales para la obtención de los datos son, en primer lugar, el Mercado Español de Futuros Financieros (MEFF), que permite conocer todas las opciones que se han llevado a cabo con acciones de Enegás durante el horizonte temporal, la pagina oficial de Infobolsa, que otorga toda la información sobre la cotización y el volumen negociado de las acciones de Enegás, y el Banco de España, del que se obtiene el tipo de interés.

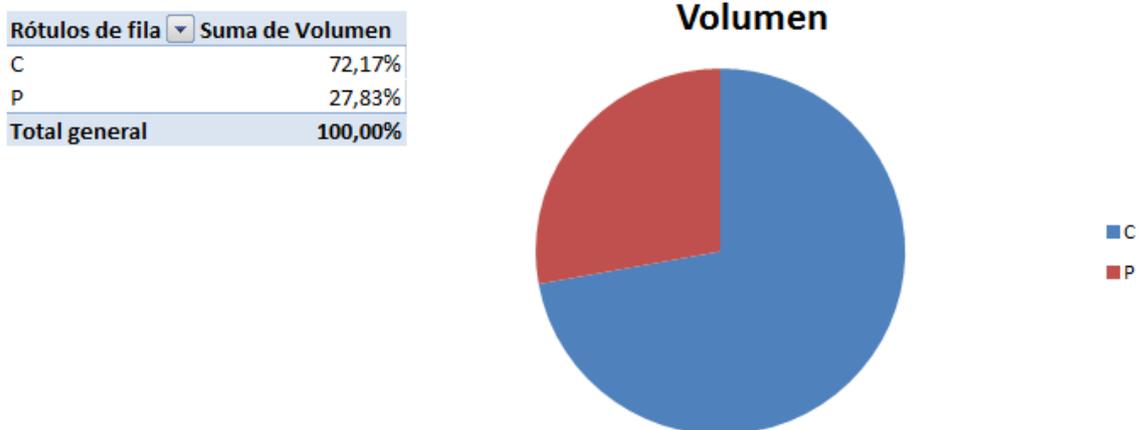
Figura 3: Cotización de Enegás



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Infobolsa

En la Figura 3 se muestra la evolución que ha seguido la cotización desde esa fecha a lo largo de todo el período analizado, del 2 de enero al 17 de marzo. Para llevar a cabo la combinación se adquieren tres put con el mismo precio de ejercicio y el mismo vencimiento. Con Infobolsa se puede conocer que el día 2 de enero la acción de Enegas cotiza en el mercado a un precio de 24,4 € y que la fecha de vencimiento está situada el 17 de marzo. Como podemos observar, la evolución ha ido disminuyendo hasta finales del mes de enero, fecha en la que comenzó a aumentar sin alcanzar los niveles de cotización del principio. A 17 de marzo, fecha de vencimiento, la acción de Enegas cotiza en el mercado a un precio de 23 €, aproximadamente.

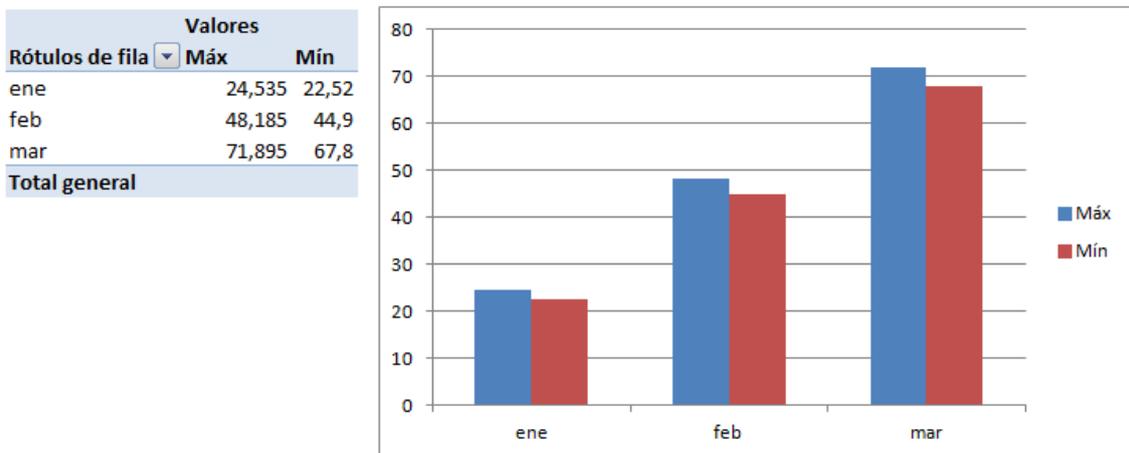
Figura 4: Volumen de opciones de Enegas



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del MEFF

En la Figura 4 se observa que del volumen de opciones de Enegas que se han negociado desde el 2 de enero del 2017, el 72,17% de las opciones son de compra y el 27,83% son opciones de venta.

Figura 5: Valores máximos y mínimos

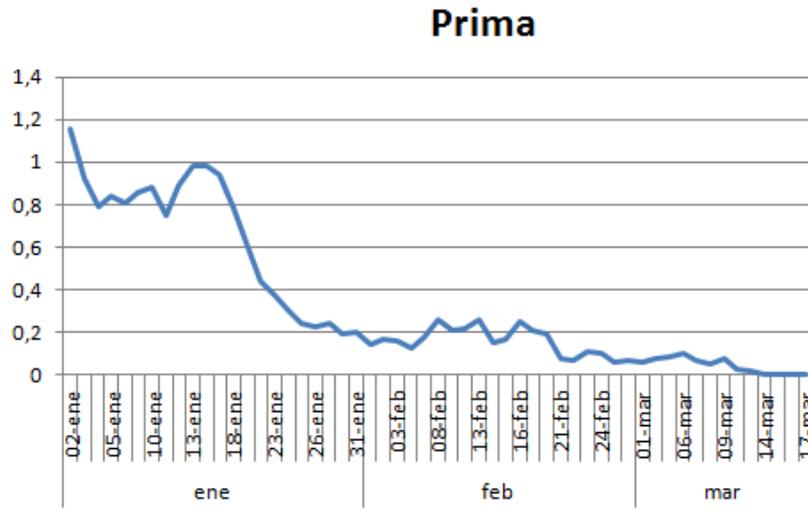


Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de Infobolsa

En la Figura 5 observamos como tanto el máximo como el mínimo aumenta significativamente de enero a marzo, pasa de un máximo de 24,5 a 71,89 y de un mínimo de 22,5 a 67,8.

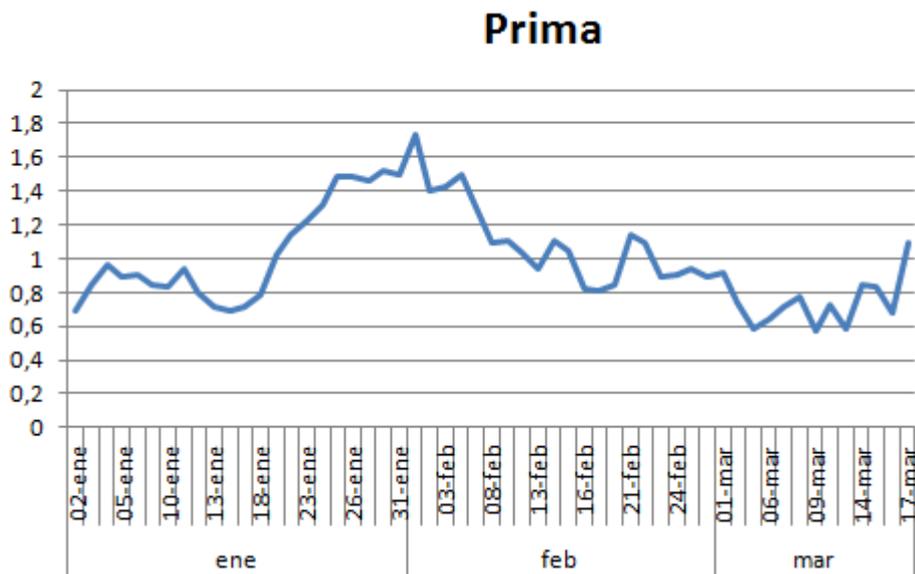
En la Figura 6 y en la Figura 7, observamos la evolución de los valores de la prima. El día 2 de enero sus valores eran de 1,2 € para una put y de 0,7 € para una call. La evolución de la prima de la call disminuye de manera notable llegando a ser nula cuando alcanza la fecha de vencimiento, el 17 de marzo. La evolución de la prima de la put es más variable, alcanzando un mayor valor (1,1 €) en la fecha de vencimiento.

Figura 6: Evolución de la prima de una call



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del MEFF

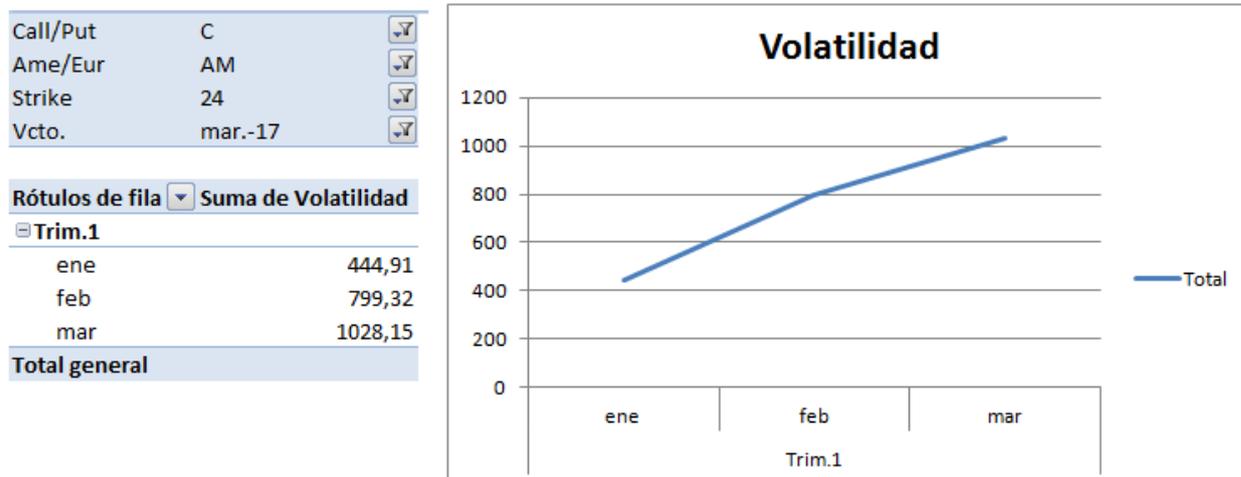
Figura 7: Evolución de la prima de una put



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del MEFF

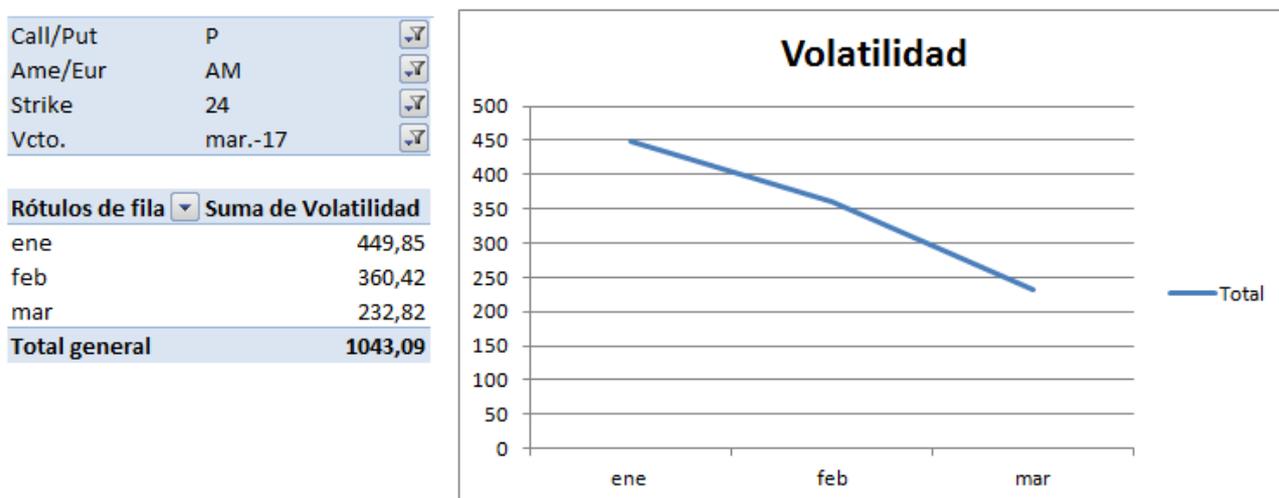
A continuación, en la Figura 8 y en la Figura 9 se muestran las volatilidades implícitas, así como su evolución. A día 2 de enero, tanto la *call* como la *put*, presentan una volatilidad del 2%. La evolución en los dos casos es muy parecida, llegando a la fecha de vencimiento con un valor cercano al 2% inicial.

Figura 8: Volatilidad de una *call* de Enegás



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del MEFF

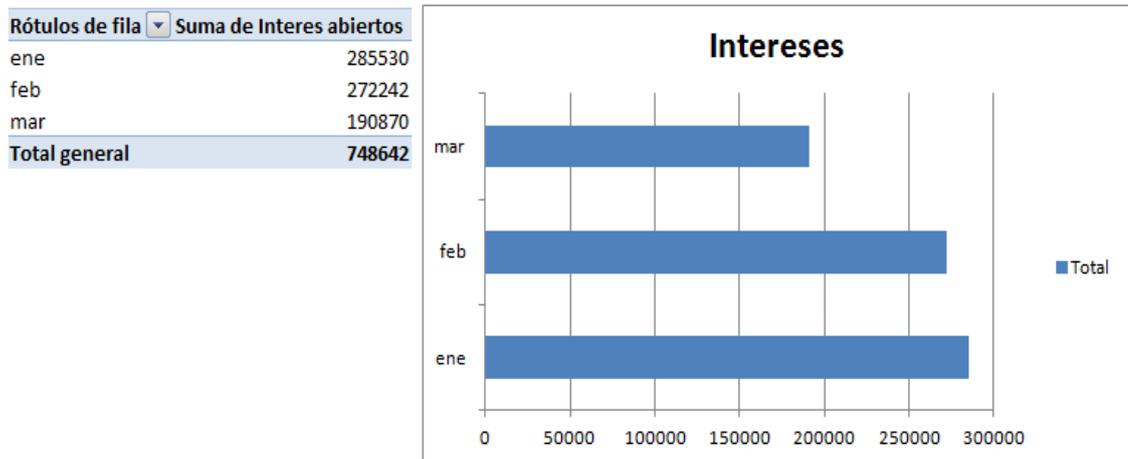
Figura 9: Volatilidad de una *put* de Enegás



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del MEFF

En cuanto a la Figura 10, observamos que las cuantías de interés abierto fueron descendiendo conforme pasaban los meses, partiendo en enero con 285.530.

Figura 10: Intereses de Enegás



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del MEFF

4.2 Valoración de la estrategia

Para llevar a cabo la combinación se han adquirido tres opciones, dos put largas y una put corta, con igual vencimiento. El precio del subyacente, es decir, la cotización de la empresa a 2 de enero del 2017 es de 24,4 €. En la Tabla 3 se puede visualizar el precio de ejercicio de cada opción utilizada.

Tabla 3: Datos de la Bull put ladder de Enegás

	Opción 1	Opción 2	Opción 3
Derecho	Put	Put	Put
Posición	Larga	Larga	Corta
Strike	23,33 €	24,72 €	27,07 €

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del MEFF

En la Tabla 4 se muestra el coste en el que hay que incurrir para la realización de la estrategia. En cuanto al punto muerto, existen dos, el inferior, calculado como la suma de los strikes largos, más la prima neta y restando el valor del strike corto, y el superior, calculado restando al strike más alto la prima neta .

Tabla 4: Prima y datos críticos del bull put ladder de Enegás

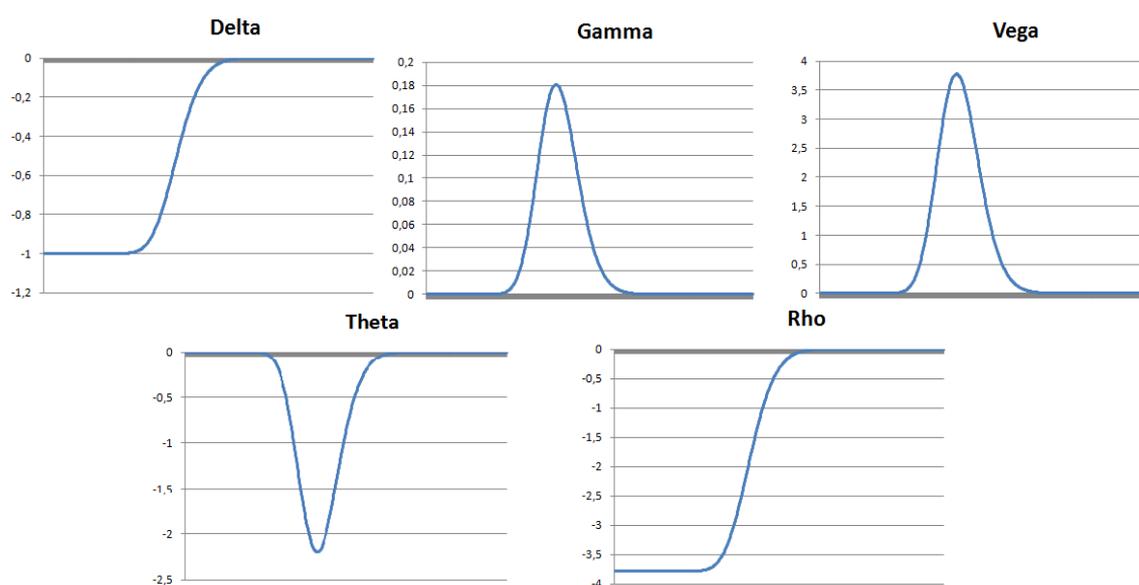
Prima	-0,54 €	-1,03 €	1,84 €	0,27 €
Punto muerto inferior			25,23 €	21,25 €
Punto muerto superior	23,87 €	25,75 €		26,80 €
Máxima pérdida	Limitada	Limitada	Ilimitada	2,08 €
Máxima ganancia	Ilimitada	Ilimitada	1,84 €	Ilimitada

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del MEFF

Los beneficios son potencialmente ilimitados a medida que desciende el precio por debajo del punto muerto inferior (21,25 €). Además, se pueden obtener beneficios limitados a la prima neta cuando el precio sube por encima del punto muerto superior (26,80 €)

Por otro lado, la máxima pérdida posible será la diferencia entre el strike mayor menos el strike medio y restando la prima neta, es decir, en este caso es 2.08 €.

Figura 11: Griegas de la bull put ladder de Enegás



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 11 se observan los gráficos de las griegas para la estrategia siguiendo la aplicación del modelo de Black-Scholes:

Delta (Δ). Estamos en el caso de opciones put, por lo tanto, su valor es negativo. Cuando el precio del subyacente decrece, es cuando la prima crece. Es decir, para valores bajos del precio del subyacente es negativa lo que indica que los aumentos del precio provocan disminuciones en el valor de la prima.

Gamma (Γ). Siempre es positiva. Para valores bajos del precio del subyacente, sus aumentos generan aumentos del valor de Delta cada vez mayores. Para valores altos del precio del subyacente, sus aumentos generan aumentos de Delta cada vez menores.

Vega (v). Siempre es positiva. Para valores bajos del precio del subyacente, los aumentos de volatilidad generan aumentos del valor de la prima cada vez mayores. Para valores altos del precio del subyacente, los aumentos de volatilidad generan aumentos del valor de la prima cada vez menores.

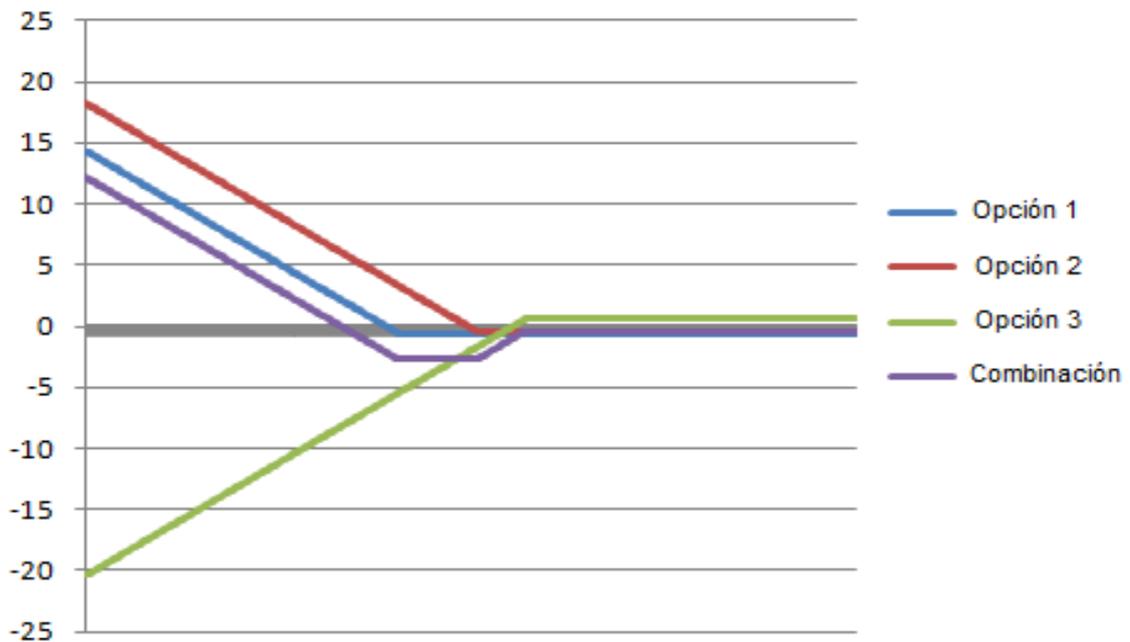
Theta (Θ). Para valores bajos del precio del subyacente, los aumentos del tiempo generan disminuciones del valor de la prima cada vez mayores. Para valores altos del precio del subyacente, los aumentos del tiempo generan disminuciones del valor de la prima cada vez menores.

Rho (ρ). Para valores bajos del precio del subyacente es negativa, lo que indica que aumentos del tipo de interés provocan disminuciones en el valor de la prima.

En cuanto a sus cálculos, para obtener las griegas de una estrategia se suman las griegas de las opciones con posición larga y se restan las griegas de las opciones con posición corta. En la estrategia bull put ladder, hay dos opciones largas que se suman y una opción corta que se resta.

Por último, en la Figura 12 aparecen las tres opciones que conforman la estrategia, así como la línea malva de resultados de la combinación. La línea azul hace referencia a una put larga fuera de dinero, la línea roja a una put larga en dinero y la línea verde a una put corta dentro de dinero.

Figura 12: Representación gráfica de la bull put ladder de Enegás



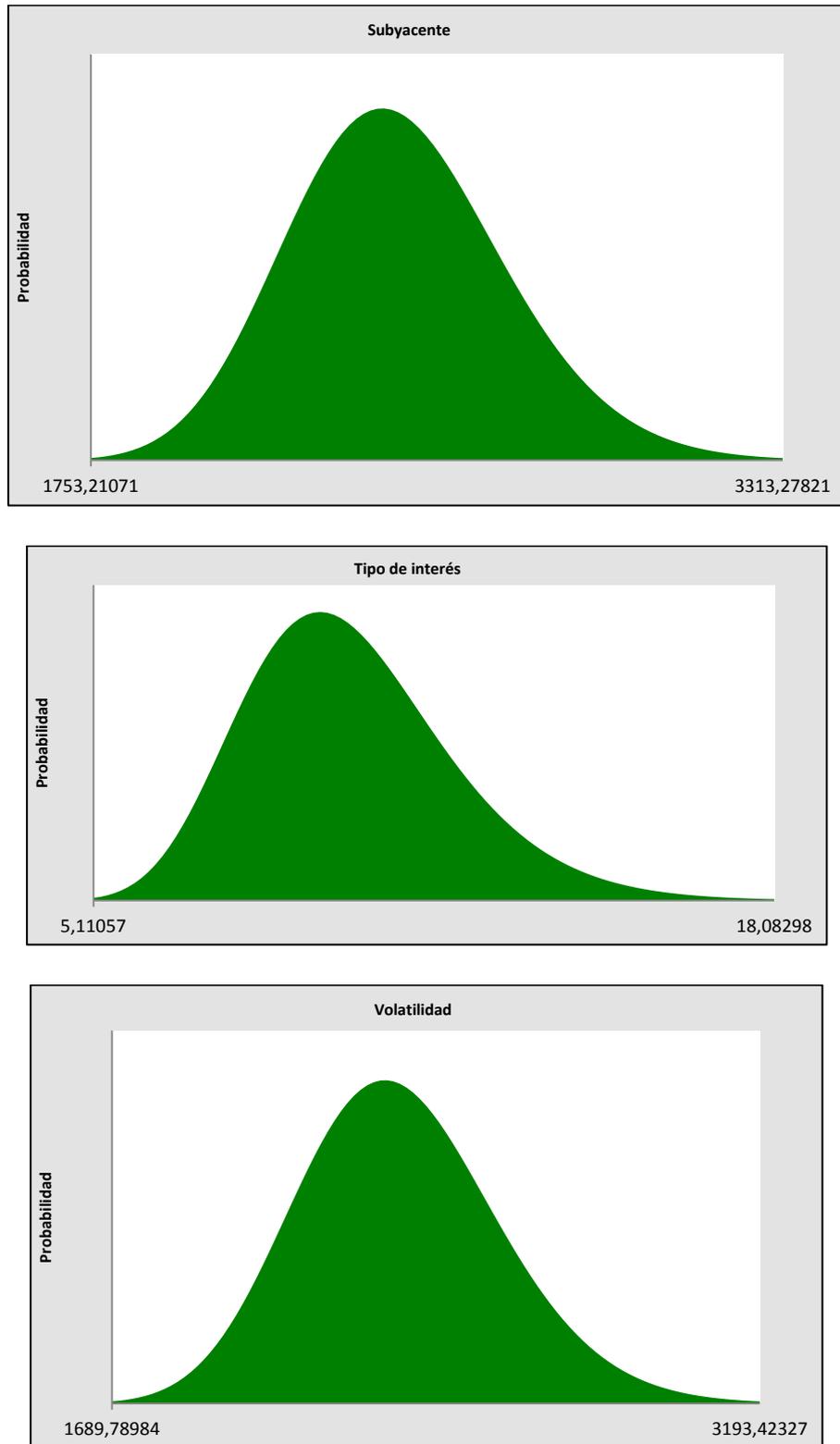
Fuente: Elaboración propia

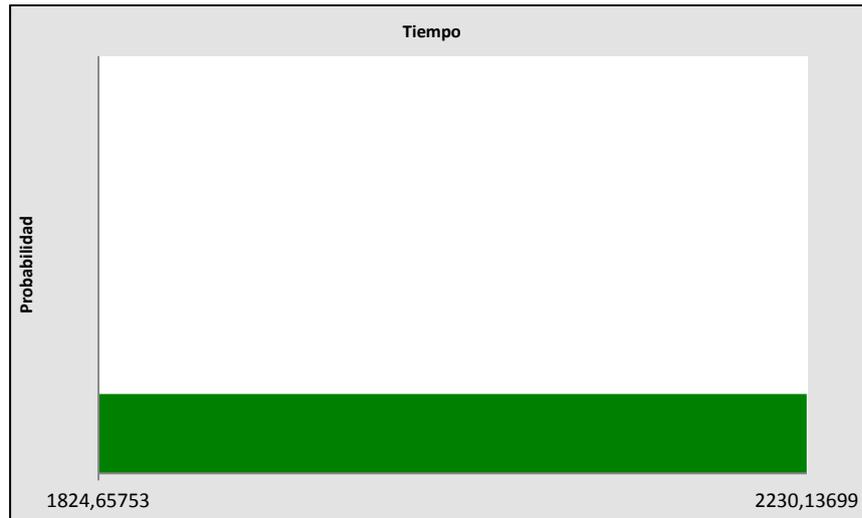
4.3 Análisis de sensibilidad con simulación

Realizamos un análisis de escenarios con la ayuda de la hoja de cálculo Microsoft Excel y el complemento Crystal Ball, con la intención de conocer los resultados obtenidos durante un número elevado de pruebas y obtener conclusiones sobre las mismas. Para llevarlo a cabo, se han separado las variables explicativas de la estrategia (precio del subyacente, tipo de interés, volatilidad y tiempo) de las variables explicadas (prima y griegas) para conocer los resultados más probables y ver de qué manera influyen las primeras en las segundas.

Antes de realizar la simulación es preciso especificar las distribuciones de probabilidad que siguen cada una de las variables explicativas.

Figura 13: Distribuciones de probabilidad de las variables explicativas





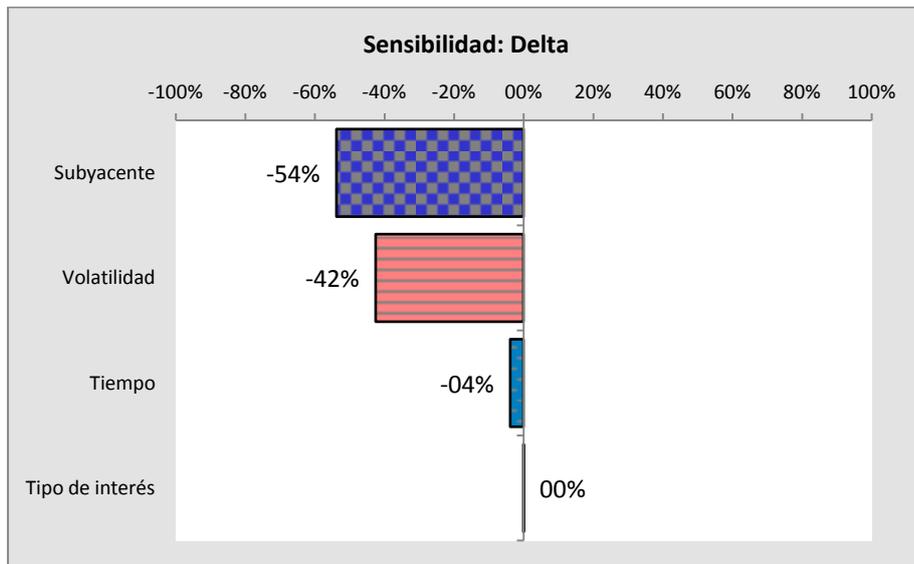
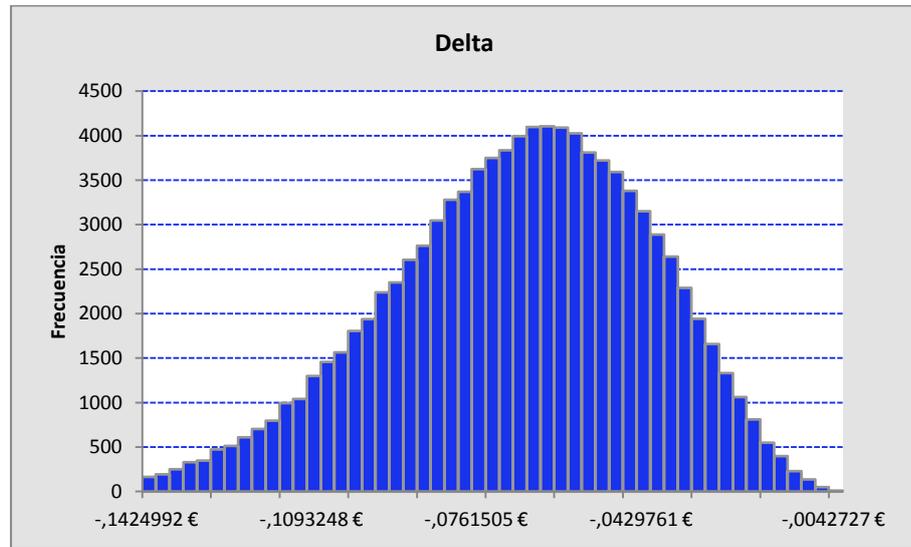
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 13 se muestran las diferentes distribuciones de probabilidad, de las cuales, el precio de mercado de la acción, la volatilidad y el tipo de interés siguen una distribución logarítmico normal, y el tiempo, sigue una distribución uniforme (Fouque, Papanicolaou, & Sircar, 2000) .

Antes de realizar la simulación es preciso realizar algunos ajustes previos. En primer lugar, los precios de ejercicio de las tres opciones están en función del precio del subyacente en la simulación. Esto se debe a que, si pretende analizar correctamente la estrategia, el precio de ejercicio debe guardar una relación con el precio del subyacente para no salirse de las premisas de la misma, y ello es así porque el precio de la acción de Enegas en el mercado es el que determina el precio de ejercicio que se elige para la estrategia. En segundo lugar, las volatilidades de las opciones segunda y tercera se establecen en función de la volatilidad de la primera. Esto se realiza debido a que las opciones tratan del mismo subyacente.

A continuación, se explican los resultados de la simulación para las variables explicadas del modelo.

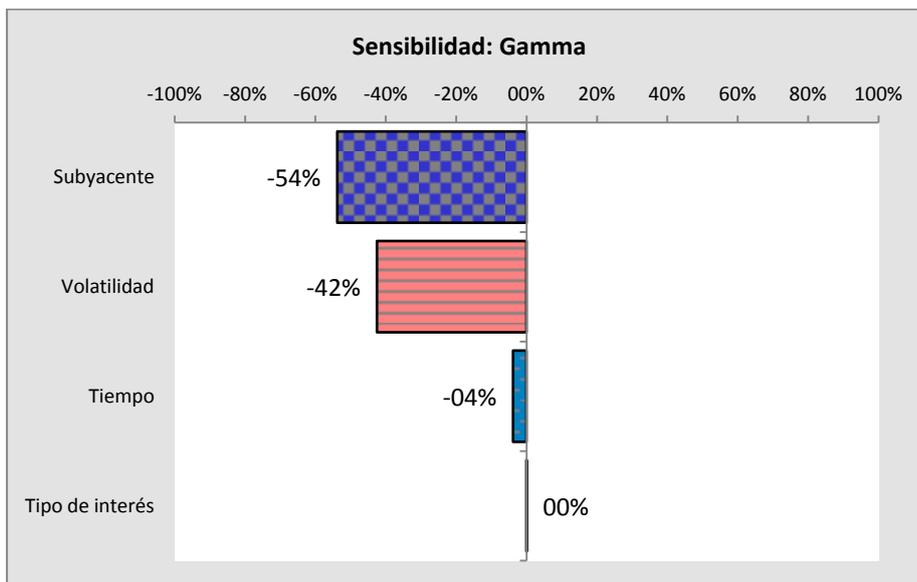
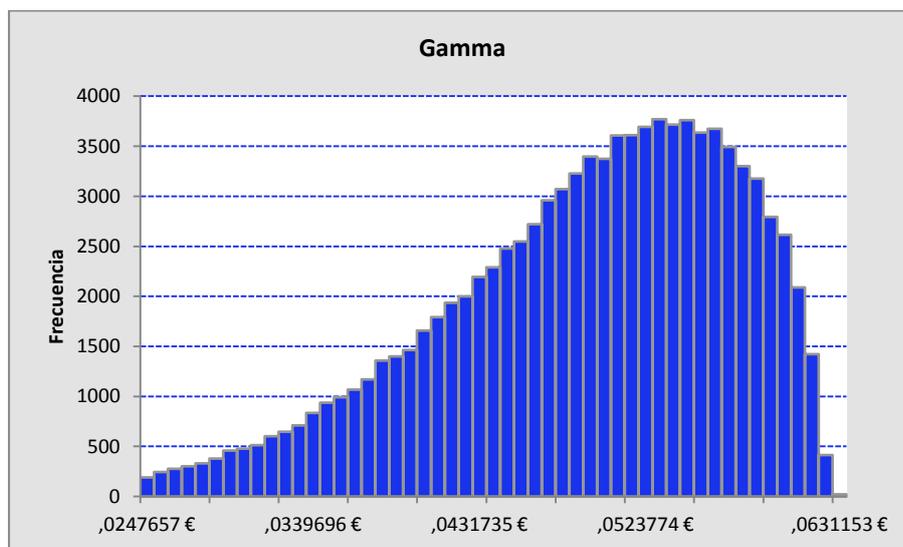
Figura 14: Simulación y sensibilidad de Delta Enegas



Fuente: Elaboración propia

El precio del subyacente (54%) y la volatilidad (42%) son las variables con más influencia en Delta. La influencia con signo negativo nos indica una relación indirecta, por ejemplo, cuanto mayor es el precio del subyacente, menor es Delta.

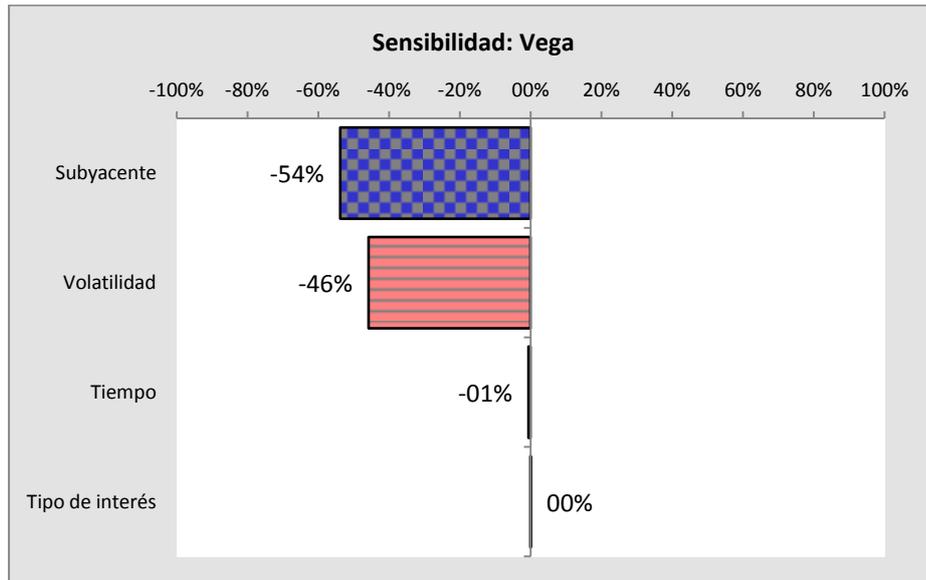
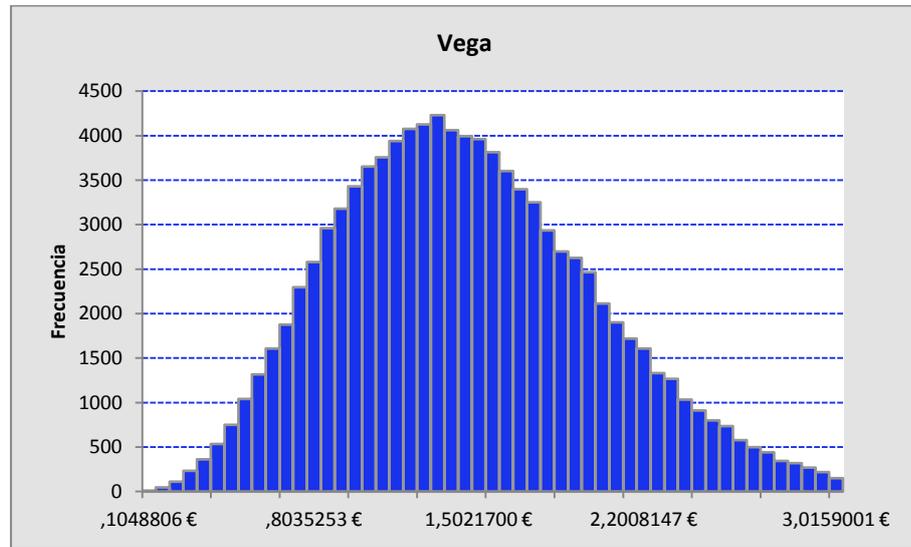
Figura 15: Simulación y sensibilidad de Gamma Energías



Fuente: Elaboración propia

En Gamma se observa, de la misma manera que en el caso anterior, que los variables con mayor influencia son el precio del subyacente y la volatilidad. También aquí influyen de forma negativa, es decir, los aumentos o las disminuciones de las variables explicativas anteriores provocan resultados contrarios en la variable que explican.

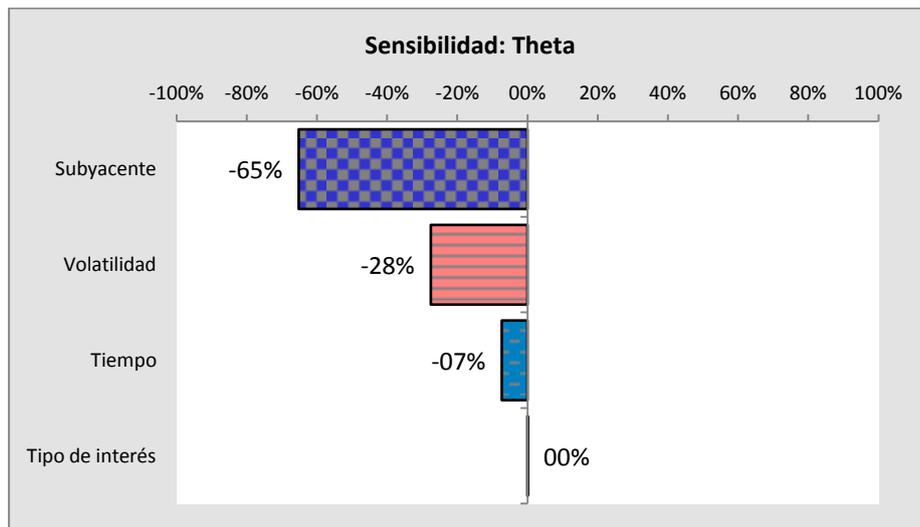
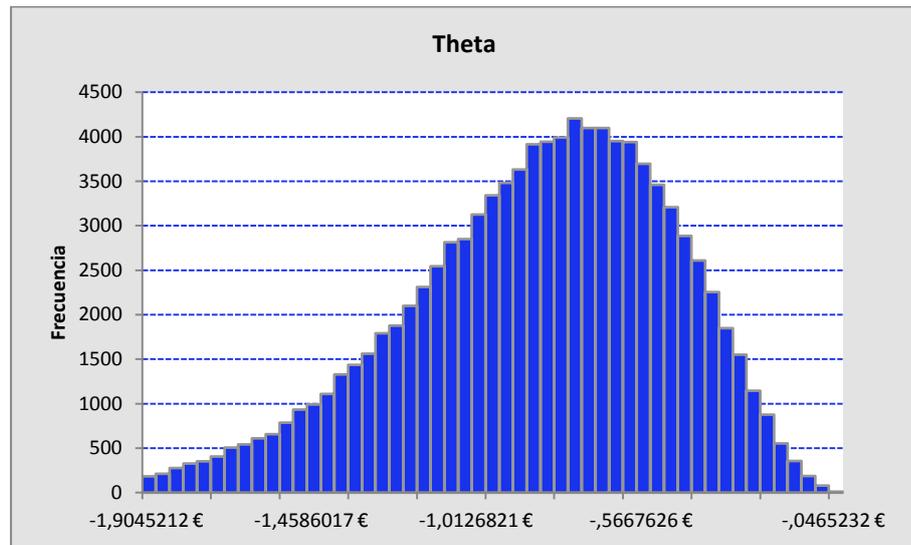
Figura 16: Simulación y sensibilidad de Vega Enegás



Fuente: Elaboración propia

Las variables que explican la mayor parte de la variación de Vega, al igual que hasta ahora, son el precio del subyacente (54%) y la volatilidad (46%), de forma negativa. En el gráfico azul podemos observar que es parecido a delta, pero ligeramente asimétrica por la derecha.

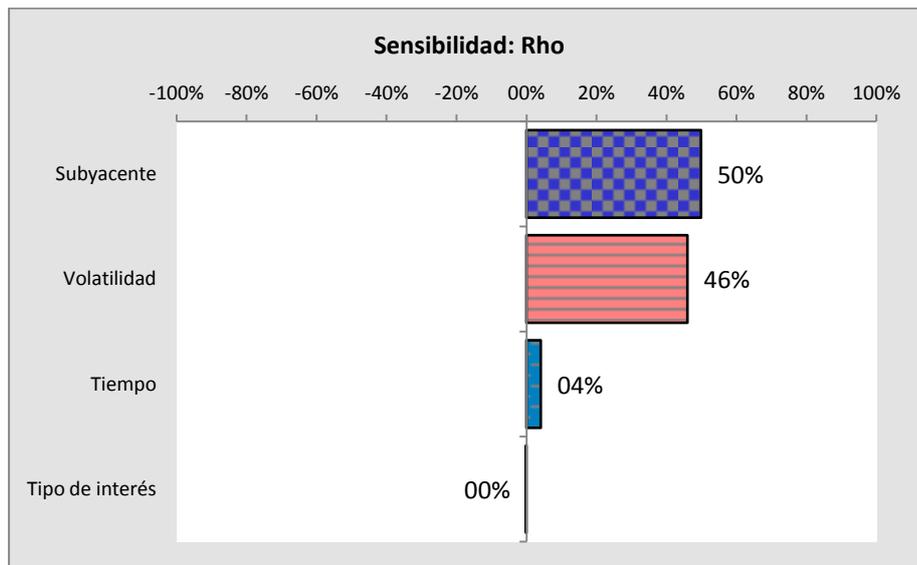
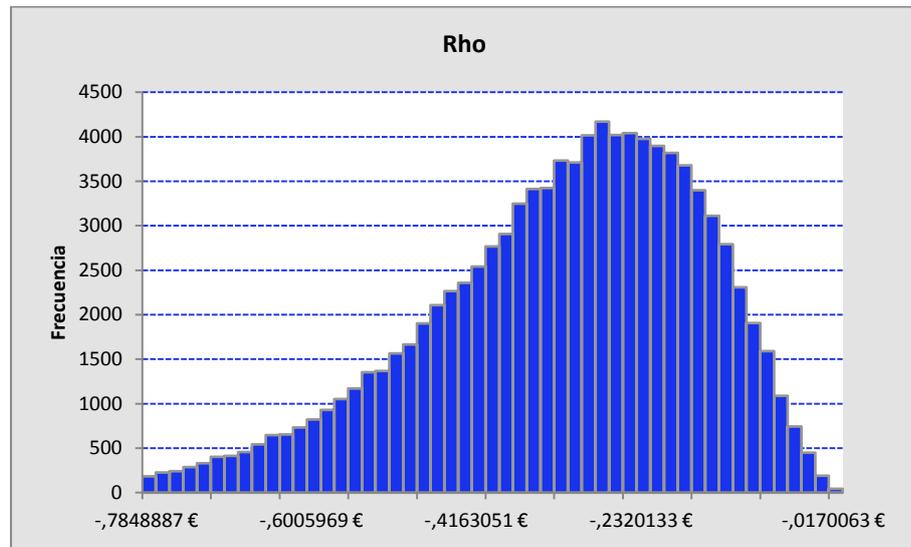
Figura 17: Simulación y sensibilidad de Theta Enegás



Fuente: Elaboración propia

Se observa que el precio del subyacente y la volatilidad explican la mayor parte de la variación de Theta. El precio del subyacente explica el 65%, mientras que la volatilidad explica el 28%, ambas variables con influencia de signo negativo.

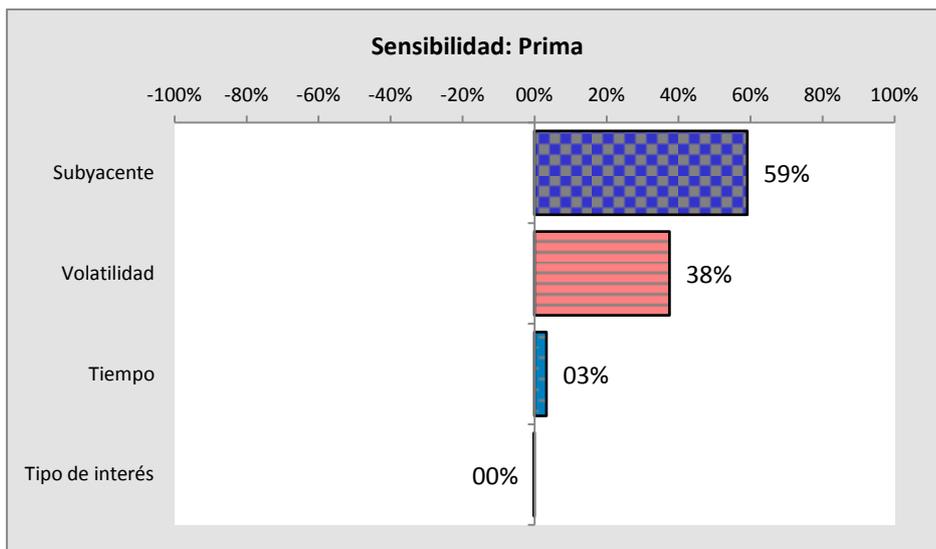
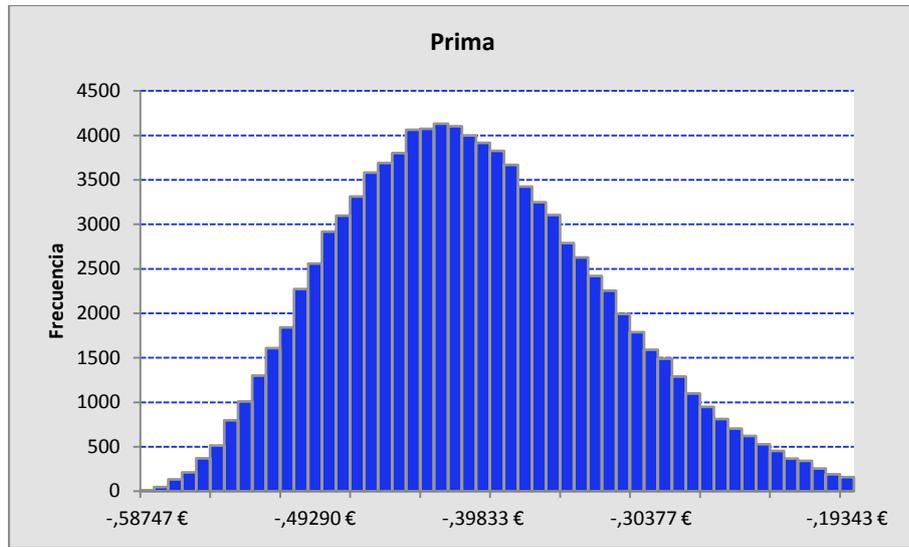
Figura 18: Simulación y sensibilidad de Rho Enegás



Fuente: Elaboración propia

Las variables principales que explican la variación de Rho son el precio del subyacente y la volatilidad, con un 50% y 46% respectivamente. En este caso la explican con signo positivo, es decir, con una relación directa.

Figura 19: Simulación y sensibilidad de la Prima Eneagás

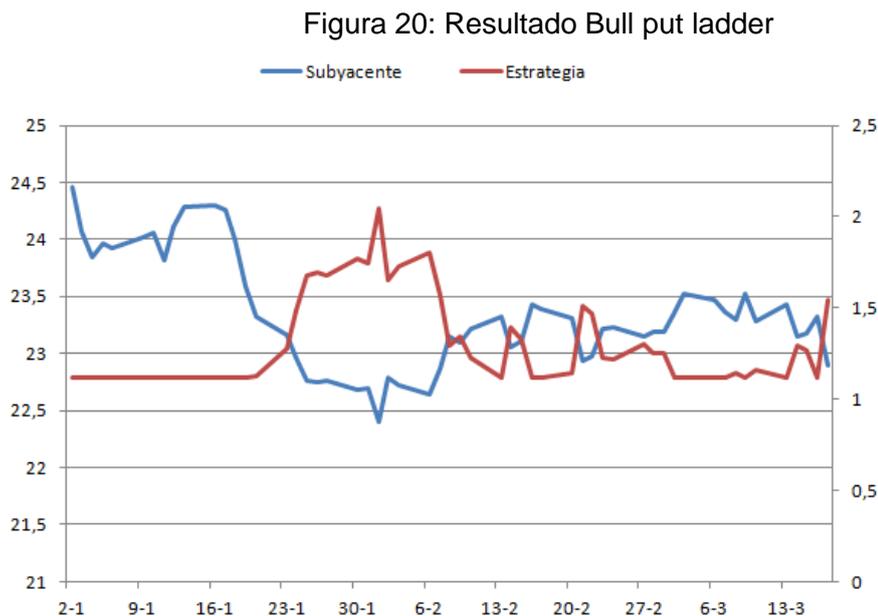


Fuente: Elaboración propia

Finalmente, para la prima se observa que el precio del subyacente es la variable más influyente, y explica un 59% de la variación. En segundo lugar, la volatilidad, que explica el 38% de la variación. Ambas variables afectan de forma positiva.

4.4 Resultado de la estrategia y contraste de hipótesis de Eneagás

Al analizar la evolución del resultado de la estrategia y la evolución del precio de la acción durante el período analizado, se puede observar como el *bull put ladder* genera mayores beneficios cuando el subyacente baja de 23 €. Cuando el precio sube, la ganancia está limitada, de ahí que se formen los denominados suelos que podemos observar siguiendo la línea roja de la estrategia. Por tanto, el resultado de la estrategia se dispara cuando baja el precio.



Fuente: Elaboración propia

Para completar el análisis realizado, en la Tabla 5 se muestran algunas medidas de estadística descriptiva relativas al resultado de la estrategia. En primer lugar, tenemos una **media** positiva igual a 1,299, aproximadamente. El **error típico** es de 0,03, calculado dividiendo la desviación típica entre la raíz de **n**, siendo **n** el número de días de cotización. La **mediana** es positiva, esto indica que hay más valores positivos que negativos, por tanto, la mayor parte del tiempo estoy en ganancias. En cuanto a la **moda**, que es el valor más frecuente, es de 1,12 aproximadamente. La **desviación estándar** y la **varianza de la muestra** son de 0,24 y 0,059, respectivamente. La

curtosis, que tiene un valor positivo de 0,546, indica como de afilada es la distribución, y por tanto, indica que es un poco más apuntada que la normal, con lo que hay un número reducido de resultados que se repiten con mucha frecuencia. El **coeficiente de asimetría** es positivo (asimetría por la derecha) indica que los resultados bajos se repiten con mayor frecuencia que los altos. El **rango**, con valor de 0,925, es la diferencia entre el máximo y mínimo, que son de 1,116 y 2,04 respectivamente. La suma tiene un valor de 71,449 y la cuenta, que se trata del número de observaciones de **n**, es de 55. El mayor (3) y el menor (3) se refieren al tercer valor más alto y más bajo, siendo en este caso 1,766 y 1,116 respectivamente. Por último, el **nivel de confianza** se suma y resta a la media, creando un intervalo con una confianza del 95% de que el resultado de mi estrategia va a caer este intervalo (1,23367631; 1,3644694).

Tabla 5: Medidas de estrategia. Bull put ladder

Estrategia	
Media	1,29907285
Error típico	0,03261869
Mediana	1,16089104
Moda	1,11589104
Desviación estándar	0,24190671
Varianza de la muestra	0,05851886
Curtosis	0,54579832
Coefficiente de asimetría	1,24937465
Rango	0,925
Mínimo	1,11589104
Máximo	2,04089104
Suma	71,449007
Cuenta	55
Mayor (3)	1,76589104
Menor(3)	1,11589104
Nivel de confianza(95,0%)	0,06539654

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se estudia si la existencia de una noticia escogida y relacionada con Enegás durante el horizonte temporal analizado, afecta a los resultados obtenido. Para demostrarlo se utilizará una noticia publicada el día 15 de febrero del 2017 donde se informa que Enegás prevé invertir 1450 millones hasta 2020 (Elcomercio.es, 2017).

Para la realización del análisis se acude a los contrastes de hipótesis, metodología usada en estudios previos (Rubio, G., & Salvador, L., 1991; García, R. Q., & Álvarez, I. S., 2006).

Tabla 6: Contraste de igualdad de varianzas. Noticia ENEGÁS

Prueba F para varianzas de dos muestras		
	Variable 1	Variable 2
Media	1,35164861	1,22020922
Varianza	0,07968456	0,01819356
Observaciones	33	22
Grados de libertad	32	21
F	4,37982241	
P(F<=f) una cola	0,00039168	
Valor crítico para F (una cola)	1,99901149	

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 6 se realiza un contraste de igualdad de varianzas. La hipótesis nula es que las varianzas son iguales. En este caso, rechazo la hipótesis para un nivel de confianza del 1%. En conclusión, el anuncio afectó a la volatilidad del resultado de la estrategia, ya que es significativamente distinto antes y después del anuncio.

Tabla 7: Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas desiguales

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas desiguales		
	Variable 1	Variable 2
Media	1,29538882	1,16394943
Varianza	0,07968456	0,01819356
Observaciones	33	22
Diferencia hipotética de las m	0	
Grados de libertad	49	
Estadístico t	2,30856211	
P(T<=t) una cola	0,01261408	
Valor crítico de t (una cola)	1,67655089	
P(T<=t) dos colas	0,02522817	
Valor crítico de t (dos colas)	2,0095752	

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 7 observamos un contraste de medias donde podemos comprobar que, para un nivel de significación del 5% se rechaza la hipótesis nula de igualdad de medias. Por tanto, la noticia afectó al resultado medio de la estrategia.

Por último, se realizan los contrastes de hipótesis anteriores a un mes de la fecha de vencimiento, y por tanto, se divide por el 17 de febrero. Cohen (2005) afirma que el resultado de muchas estrategias cae durante el último mes. Los siguientes contrastes se realizan para comprobar si esta estrategia es una de ellas.

Tabla 8: Prueba F para varianza de dos muestras

Prueba F para varianzas de dos muestras		
	Variable 1	Variable 2
Media	1,28191696	1,17438124
Varianza	0,07807992	0,01884862
Observaciones	35	20
Grados de libertad	34	19
F	4,14247422	
P(F<=f) una cola	0,00089334	
Valor crítico para F (una cola)	2,05035654	

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 8 podemos observar que la probabilidad es inferior al 1%, por tanto, se rechaza la hipótesis nula de igualdad de varianzas. Por tanto, a un mes del vencimiento la volatilidad de la estrategia se ve afectada.

Tabla 9: Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas desiguales

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas desiguales		
	Variable 1	Variable 2
Media	1,28191696	1,17438124
Varianza	0,07807992	0,01884862
Observacion	35	20
Diferencia hi	0	
Grados de lib	52	
Estadístico t	1,90896576	
P(T<=t) una c	0,03089609	
Valor crítico	1,67468915	
P(T<=t) dos c	0,06179218	
Valor crítico	2,00664676	

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 9 observamos que la probabilidad de una cola se rechaza al 5% y la de dos colas se rechaza al 10%. Por tanto, podemos decir que la estrategia Bull Put Ladder es una de las estrategias que cumple la afirmación de Cohen (2005). En el último mes, el resultado medio de la estrategia se ve afectado.

5. Realización de un prototipo en una hoja de cálculo

Una parte significativa del trabajo consiste en la implementación en hoja de cálculo del prototipo de un modelo para presentar de forma ordenada los datos y para valorar la estrategia. Se ha hecho uso de diferentes utilidades disponibles en la hoja de cálculo, con un especial protagonismo de los gráficos y las tablas dinámicas, así como de elementos de formulario: casillas de verificación, barras de desplazamiento y listas desplegables. La elección de la hoja de cálculo como instrumento de valoración financiera se debe a las recomendaciones de autores como Sengupta, C. (2010) y Benninga, S., & Czaczkes, B. (2000), quienes defienden que este instrumento es una de las herramientas más adecuadas para organizar y analizar modelos financieros.

Los elementos principales son los siguientes:

Índice. La información se organiza en un índice a través del cual se puede navegar de manera intuitiva a los distintos apartados.

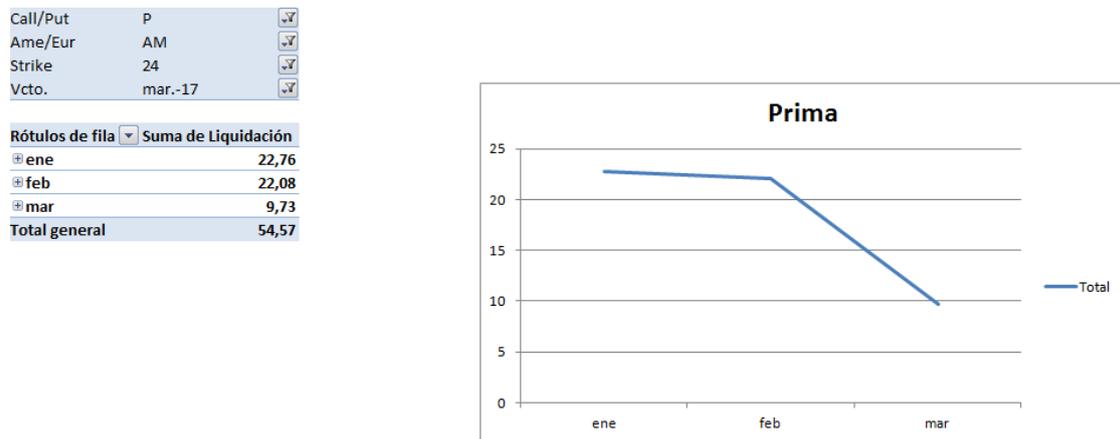
Figura 21: Índice del modelo



Fuente: Elaboración propia

Datos. Se presentan los datos utilizando tablas y gráficos dinámicos, aprovechando su interactividad para facilitar el análisis de los datos

Figura 22: Ejemplo del uso de las tablas dinámicas



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del MEFF

En la Figura 22 se muestra un ejemplo de una tabla dinámica y un gráfico dinámico creados para visualizar correctamente los datos de la prima. En la parte superior izquierda podemos observar los diferentes filtros que permiten elegir los datos que se desean mostrar.

Estrategia.

Una hoja para la valoración de la estrategia, que incluye los siguientes elementos destacados:

Entrada de datos, con una barra de desplazamiento asociada a cada dato para realizar análisis de escenario. Asociada a la misma, hay una macro que "reinicia" los valores.

Figura 23: Entrada de datos en la hoja de cálculo

Variable	Cuantía
Precio del subyacente (S)	24,47 €
Tipo de interés (r)	0,00%
Volatilidad (σ)	23,58%
Tiempo (T)	0,202739726
Dividendo continuo (q)	0,00%

Fuente: Elaboración propia

Zona de resultados, con las cifras críticas de la estrategia agrupadas en apartados que se pueden mostrar y ocultar a voluntad.

Figura 24: Resultados y puntos críticos en la hoja de cálculo

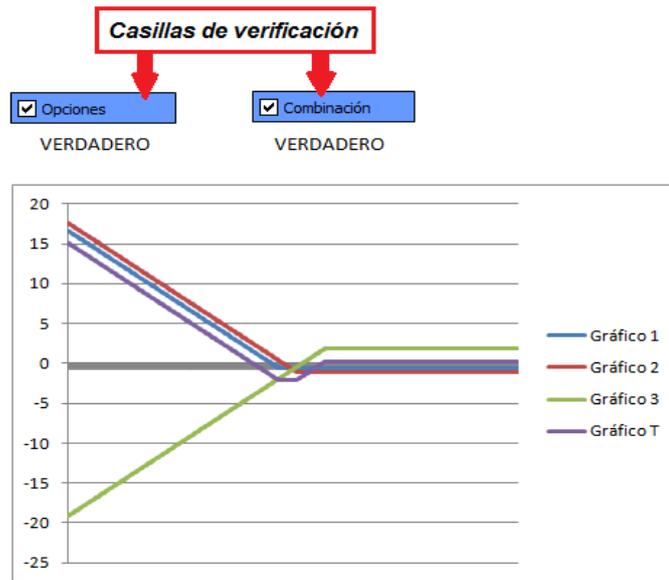
	Opción 1	Opción 2	Opción 3	Global
Derecho	Put	Put	Put	
Posición	Larga	Larga	Corta	
Strike	23,33 €	24,72 €	27,07 €	
Prima	-0,60 €	-1,03 €	1,840281283	0,21 €
Punto muerto inferior			25,23 €	27,28 €
Punto muerto superior	-0,54 €	1,28 €		47,84 €
Máxima pérdida	-0,60 €	-1,03 €	Ilimitada	0,21 €
Máxima ganancia	Ilimitada	Ilimitada	1,840281283	Ilimitada
Delta	-0,308361	0,3084 €	0,3084 €	0,3084 €
Gamma	0,135505	0,1553 €	0,1553 €	0,1355 €
Vega	3,877294	3,8773 €	3,8773 €	3,8773 €
Theta	-2,254777	1,9670 €	1,9670 €	2,2548 €
Rho	-1,639715	1,7374 €	1,9026 €	1,4745 €

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del MEFF

Zonas de gráficos:

Gráfico del perfil de la estrategia, con la posibilidad de elegir presentar la estrategia y/o sus componentes a través de las casillas de verificación.

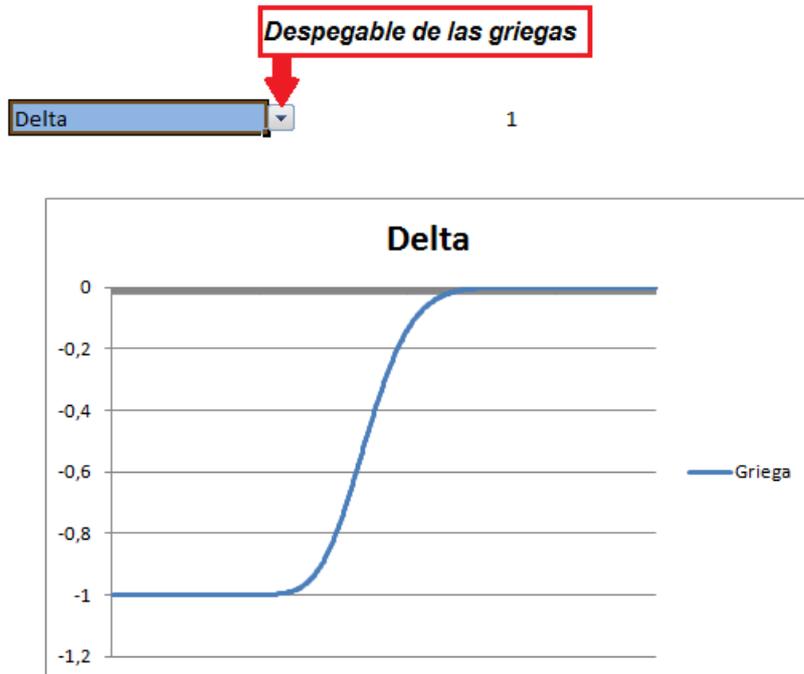
Figura 25: Zona de gráfico del perfil de la estrategia



Fuente: Elaboración propia

Gráfico de las griegas, con la posibilidad de elegir la griega a presentar.

Figura 26: Zona de gráfico de las griegas



Fuente: Elaboración propia

A la derecha se muestra el detalle de los cálculos necesarios, que incluye: Valoración de la prima y las griegas de acuerdo al modelo de Black-Scholes

Figura 27: Valoración de la prima y las griegas de acuerdo Black-Scholes

Opción 1			Opción 2			Opción 3		
S	24,47 €		S	24,47 €		S	24,47 €	
K	23,33 €		K	24,72 €		K	27,07 €	
r	- €		r	- €		r	- €	
σ	0,24 €		σ	0,21 €		σ	0,21 €	
T	0,20 €		T	0,20 €		T	0,20 €	
q	0,00%		q	0,00%		q	0,00%	
d1	0,500502714		d1	-0,06564361		d1	-1,04614126	
d2	0,394329924		d2	-0,15826339		d2	-1,13876103	
N'(d1)	0,351976799		N'(d1)	0,351976799		N'(d1)	0,351976799	
N'(d2)	0,369100403		N'(d2)	0,369100403		N'(d2)	0,369100403	
N(d1)	0,691639427		N(d1)	0,691639427		N(d1)	0,691639427	
N(d2)	0,653331263		N(d2)	0,653331263		N(d2)	0,653331263	
N(-d1)	0,308360573		N(-d1)	0,308360573		N(-d1)	0,308360573	
N(-d2)	0,346668737		N(-d2)	0,346668737		N(-d2)	0,346668737	
	CALL	PUT		CALL	PUT		CALL	PUT
Prima	1,68 €	0,54 €	Prima	0,77 €	1,03 €	Prima	-0,76 €	1,84 €
Delta	0,69 €	-0,308361	Delta	0,69 €	-0,308361	Delta	0,69 €	-0,308361
Gamma	0,14 €	0,135505	Gamma	0,16 €	0,155333	Gamma	0,16 €	0,155333
Vega	3,88 €	3,877294	Vega	3,88 €	3,877294	Vega	3,88 €	3,877294
Theta	-2,254777204	-2,254777	Theta	-1,96695365	-1,966954	Theta	-1,96695365	-1,966954
Rho	3,090203177	-1,639715	Rho	3,274317297	-1,737409	Rho	3,585589371	-1,902575

Fuente: Elaboración propia

Generación de los valores necesarios para los gráficos a través de tablas de datos

Figura 28: Cálculo de los valores intrínsecos, resultados, gráficos y eje.

	Intrínseco 1	Intrínseco 2	Intrínseco 3	Intrínseco T	Resultado 1	Resultado 2	Resultado 3	Resultado T	Gráfico 1	Gráfico 2	Gráfico 3	Gráfico T	Eje
6,12	17,21	18,60 €	20,95 €	56,77	16,61 €	17,58 €	- 19,11 €	15,08 €	16,6125	17,5768902	-19,1122187	15,0771715	
6,17	17,16	18,55 €	20,90 €	56,62	16,56 €	17,53 €	- 19,06 €	15,03 €	16,5625	17,5268902	-19,0622187	15,0271715	
6,22	17,11	18,50 €	20,85 €	56,47	16,51 €	17,48 €	- 19,01 €	14,98 €	16,5125	17,4768902	-19,0122187	14,9771715	
6,27	17,06	18,45 €	20,80 €	56,32	16,46 €	17,43 €	- 18,96 €	14,93 €	16,4625	17,4268902	-18,9622187	14,9271715	
6,32	17,01	18,40 €	20,75 €	56,17	16,41 €	17,38 €	- 18,91 €	14,88 €	16,4125	17,3768902	-18,9122187	14,8771715	
6,37	16,96	18,35 €	20,70 €	56,02	16,36 €	17,33 €	- 18,86 €	14,83 €	16,3625	17,3268902	-18,8622187	14,8271715	
6,42	16,91	18,30 €	20,65 €	55,87	16,31 €	17,28 €	- 18,81 €	14,78 €	16,3125	17,2768902	-18,8122187	14,7771715	
6,47	16,86	18,25 €	20,60 €	55,72	16,26 €	17,23 €	- 18,76 €	14,73 €	16,2625	17,2268902	-18,7622187	14,7271715	
6,52	16,81	18,20 €	20,55 €	55,57	16,21 €	17,18 €	- 18,71 €	14,68 €	16,2125	17,1768902	-18,7122187	14,6771715	
6,57	16,76	18,15 €	20,50 €	55,42	16,16 €	17,13 €	- 18,66 €	14,63 €	16,1625	17,1268902	-18,6622187	14,6271715	
...

Fuente: Elaboración propia

Los valores intrínsecos son calculados como el valor del strike de cada opción menos el precio del mercado, en cada uno de los casos y sumando los tres es el valor intrínseco total. En el caso del resultado, varía si estamos calculando el de una put larga o corta. Los resultados 1 y 2 corresponden a una put larga, y se calcula sumándole al valor intrínseco la prima de la opción en la que estemos. En el caso de que sea una put corta, como el resultado 3, la prima se le resta al valor intrínseco.

Figura 29: Simulación del valor de las griegas

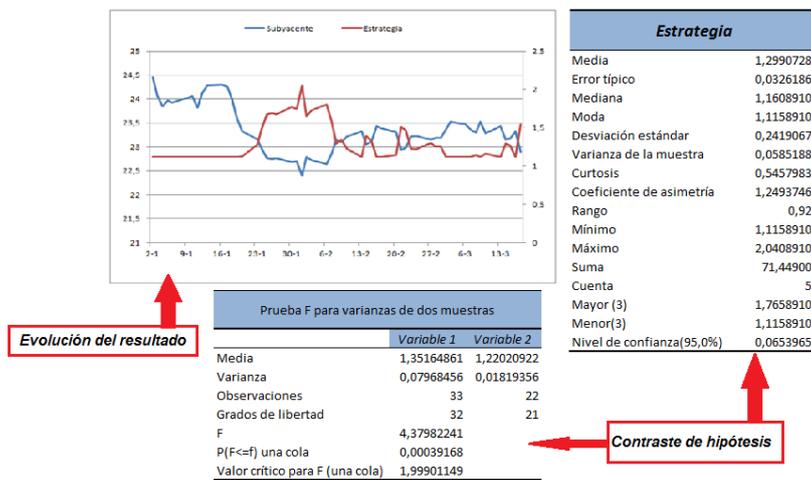
	- 0,3084 €	0,1355 €	3,8773 €	- 2,2548 €	- 1,4745 €	Griega
6,12	-1	3,6505E-35	6,5311E-35	-3,7981E-35	-4,25347945	-1
6,17	-1	9,4529E-35	1,719E-34	-9,9964E-35	-4,25347945	-1
6,22	-1	2,415E-34	4,4631E-34	-2,5954E-34	-4,25347945	-1
6,27	-1	6,0887E-34	1,1434E-33	-6,6492E-34	-4,25347945	-1
6,32	-1	1,5153E-33	2,8912E-33	-1,6813E-33	-4,25347945	-1
6,37	-1	3,7235E-33	7,2172E-33	-4,197E-33	-4,25347945	-1
6,42	-1	9,036E-33	1,7791E-32	-1,0346E-32	-4,25347945	-1
6,47	-1	2,1661E-32	4,3315E-32	-2,5189E-32	-4,25347945	-1
6,52	-1	5,1307E-32	1,0419E-31	-6,059E-32	-4,25347945	-1
6,57	-1	1,201E-31	2,4765E-31	-1,4402E-31	-4,25347945	-1
...

Fuente: Elaboración propia

Se genera una tabla de datos para simular el valor de las griegas en los mismos escenarios de los precios de mercado que se contemplaron para el perfil de la estrategia.

Una hoja para mostrar la evolución del resultado a lo largo del periodo de tiempo considerado y realizar los contrastes de hipótesis

Figura 30: Gráfico de la evolución del resultado y tablas de contraste de hipótesis



Fuente: Elaboración propia

Conclusiones

El objetivo principal de este trabajo ha sido el análisis de una estrategia construída con una combinación de opciones denominada *bull put ladder*, buscando ampliar los conocimientos sobre las opciones financieras y mostrar la flexibilidad que estas pueden ofrecer.

En el primer apartado del trabajo se tratan las características y los elementos principales de las opciones financieras. Han sido explicados los tipos de opciones y, dentro de estas, las situaciones y posiciones que se pueden tener.

En el segundo apartado, se ha hecho especial hincapié en la prima de la opción, describiendo tanto el valor intrínseco y temporal, como las distintas variables que influyen en dicha prima. Además, se ha realizado una explicación del modelo de Black-Scholes con y sin dividendos, que permite el cálculo de la prima. Por último en este apartado, se ha introducido una explicación de qué y cuáles son las griegas.

En el tercer apartado, se introduce una explicación teórica de la estrategia *bull put ladder* para mostrar una aproximación intuitiva a su uso. Para poder dar esa explicación se han explicado cuáles son las opciones que forman la estrategia y sus posiciones, apoyándose de un gráfico, además de las cifras críticas que la componen. Por último, se han vuelto a mencionar las griegas, pero esta vez centradas en la propia estrategia.

En el cuarto apartado, se lleva el caso a la práctica utilizando los datos de cotización de las acciones de la empresa Eneqás, siguiendo las indicaciones del tutor. Se contrata la estrategia del 2 de enero de 2017 al 17 de marzo del mismo año. Con la ayuda de fuentes oficiales como el MEFF o Infobolsa, se realiza la búsqueda de datos reales para conseguir un modelo de valoración financiera que permite obtener conclusiones sobre la estrategia. Se utiliza el modelo de Black-Scholes para obtener el cálculo de las primas de las opciones utilizadas y las griegas. A partir de los cálculos del modelo y con la ayuda de la hoja de cálculo, se elaboran gráficos donde se puede observar la cotización de Eneqás durante ese período, su volumen de opciones o la

evolución de la prima de una call, entre otros. Además, se realiza un análisis de sensibilidad con la ayuda de la hoja de cálculo y Crystal Ball con la intención de conocer los resultados obtenidos y obtener conclusiones sobre los mismos. Para llevar a cabo la simulación hubo que hacer unos ajustes previos como poner los precios de ejercicio de las tres opciones en función del precio del subyacente y poner las volatilidades en función de la volatilidad de la primera. La simulación dio lugar a seis gráficos con sus respectivos gráficos de sensibilidad (las griegas y la prima). En último lugar obtenemos el resultado de la estrategia con sus hipótesis, las cuales se rechazan para un nivel de confianza del 10%. En definitiva, se puede concluir que la estrategia *bull put ladder* es recomendable para expectativas bajistas.

Finalmente, en el quinto apartado, se explica como ha sido la elaboración del modelo en la hoja de cálculo, utilizando con especial protagonismo los gráficos y las tablas dinámicas, demostrando que se trata de una herramienta muy adecuada para la obtención de conclusiones financieras.

A título personal, este trabajo ha supuesto una mejora de los conocimientos adquiridos en el ámbito financiero, además de haber contribuido a un mayor conocimiento de una herramienta tan importante en el ámbito empresarial como es la hoja de cálculo. Se ha hecho uso de bibliografía especializada en un idioma extranjero, lo que ha permitido adquirir vocabulario específico en inglés financiero. También he aprendido a buscar, organizar y tratar grandes volúmenes de datos obtenidos de fuentes oficiales como el MEFF, Infobolsa y el Banco de España con una finalidad específica. La metodología que se ha utilizado ha permitido integrar diferentes tipos de destrezas mediante la combinación de conocimientos financieros, estadísticos y de sistemas de la información.

Las restricciones de tiempo y espacio en las que se ha desarrollado este trabajo han limitado el desarrollo de algunos aspectos. Sin embargo, estos aspectos pueden ser objeto de futuras líneas de trabajo. En particular, en trabajos posteriores se puede considerar la utilización de otros activos subyacentes distintos a las acciones. También se pueden considerar otros mercados distintos al español o se puede comparar distintas estrategias de opciones similares.

Por último, es conveniente destacar que el campo de los derivados financieros es un campo muy cambiante y, por tanto, interesante para cualquiera que quiera trabajar en el entorno financiero.

Bibliografía

References

- Castelo Montero, M. (2003). *Diccionario comentado de términos financieros ingleses de uso frecuente en español*. A Coruña: Netbiblo.
- Cohen, G. (2005). *The bible of options strategies: The definitive guide for practical trading strategies*. New Jersey: Pearson.
- Fouque, J., Papanicolaou, G., & Sircar, K. R. (2000). Mean-reverting stochastic volatility. *International Journal of Theoretical and Applied Finance*, 3(01), 101-142.
- Hull, J. C. (2011). *Options, futures, and other derivatives*. Essex: Pearson.
- Hull, J. C. (2014). *Introducción a los mercados de futuros y opciones*. Mexico: Pearson.
- Merton, R. C. (1973). Theory of rational option pricing. *Bell Journal of Economics*, 4(1), 141-183.
- Pindado, J. (2012). *Finanzas empresariales*. Madrid: Paraninfo.
- Piñeiro Sánchez, C., & De Llano Monelos, P. (2009a). *Dirección financiera : Un enfoque centrado en valor y riesgo*. Madrid: Delta.
- Piñeiro Sánchez, C., & De Llano Monelos, P. (2009b). *Principios y modelos de dirección financiera*. Santiago de Compostela: Andavira.

Piñeiro Sánchez, C., & De Llano Monelos, P. (2011). *Finanzas empresariales : Teoría y modelos con hoja de cálculo*. Santiago de Compostela: Andavira.

Índice analítico

C

Call, 5, 10, 12, 16, 17, 19, 21, 22, 23, 29, 30, 31, 53

E

estrategia
bull put ladder, 2, 5, 7, 23, 26, 33, 35, 36, 41, 52, 53

F

Fecha de expiracion, 10, 11, 12, 14, 17, 27
Fecha de vencimiento, 10, 11, 12, 14, 17, 27

M

modelo
Black-Sholes, 2

O

Opcion de

compra, 5, 10, 12, 16, 17, 19, 21, 22, 23, 29, 30, 31, 53
venta, 2, 5, 7, 10, 13, 14, 16, 17, 19, 21, 22, 23, 24, 25,
29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 42, 43, 50

P

Posicion
corta, 10, 24, 25, 32, 33, 35, 50
larga, 8, 10, 12, 13, 14, 15, 24, 25, 35, 50
Precio de ejercicio, 8, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 22,
25, 32, 37, 50
Prima, 2, 5, 6, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 21,
22, 24, 25, 26, 27, 29, 30, 33, 34, 35, 36, 41, 46, 49,
50, 52, 53
Put, 2, 5, 7, 8, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 21, 22, 23,
24, 25, 29, 30, 31, 32, 34, 35, 37, 42, 43, 50

S

Strike, 10, 12, 22, 25, 50