Revista de Contabilidad y Dirección
Vol. 15, año 2012, pp. 207-225

La teoría de opciones aplicada a la valoración de empresas: un caso práctico del sector textil español aplicando el modelo de Black-Scholes

JOSEP TORRES PRUÑONOSA
Euncet Business School. Universitat Politécnica de Catalunya.

MARC GARRIGA
Unnim Grup BBVA

Fecha recepción: 19/08/2012
Fecha aceptación: 30/09/2012

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es realizar un ejemplo práctico de la aplicación del método de valoración de empresas basado en opciones reales. Para ello se detallarán los pasos a seguir para aplicar el modelo de Black-Scholes a la valoración de una empresa del sector textil español: Adolfo Domínguez, incidiendo en la notación para su cálculo mediante la ayuda de una hoja de cálculo. Así pues se calcularan las siguientes variables para la aplicación del modelo: 1) La duración de Macauly para hallar la fecha de vencimiento de la deuda; 2) El valor actual de los activos y de la deuda; 3) La volatilidad de la rentabilidad de las acciones de la empresa; 4) La rentabilidad del activo libre de riesgo.

PALABRAS CLAVE

Valoración de empresas, Teoría de Opciones, Black-Scholes, Duración de Macauly, Volatilidad.

ABSTRACT

The objective of this work is to provide a practical example of the application of business valuation methods based on real options. The article details the steps for applying the Black-Scholes model for valuing a Spanish textile company: Adolfo Dominguez, stressing the notation for the calculation by using a spreadsheet. Thus, the following variables were calculated for the application model: 1) The Macaulay duration to find the date of maturity of the debt, 2) The present value of assets and debt, 3) The volatility of profitability shares of the company; 4) the return of risk-free asset.

KEYWORDS

Business Valuation, Options Theory, Black-Scholes, Macauly Duration, Volatility.

1. Introducción

El objetivo de este trabajo es aplicar a un caso real el modelo Black-Scholes de valoración de empresas (Black et al., 1971, 1973). La aparente complejidad en la notación matemática del modelo, hace que sea muy escasa la presencia de trabajos prácticos aplicados (Maya et al., 2002), siendo la mayor parte de la literatura existente una revisión del planteamiento teórico (Espitia et al., 2003; Alemany et al., 2011: 40-44; Santo et al., 2002: 418-421). Así pues, este trabajo pretende bajar hasta lo más terrenal para explicar a través de una simple hoja de cálculo, como aplicar el modelo de Black-Scholes a la valoración de una empresa del sector textil español: Adolfo Domínguez.

En el epígrafe segundo se realiza un breve planteamiento teórico del modelo para conocer las distintas variables que intervienen. En los siguientes epígrafes se entra en profundidad en el cálculo de cada una de las variables, de manera que en el epígrafe tercero se detalla el cálculo de la duración de Macauly para hallar la fecha de vencimiento de la deuda. En el cuarto se determina el valor actual del activo subyacente, es decir de los activos de la empresa. En el quinto se describe la manera de determinar el valor de la deuda del activo subyacente. En los epígrafes sexto y séptimo, se calcula la volatilidad de la rentabilidad de las acciones de la empresa, y la rentabilidad del activo libre de riesgo, respectivamente, para que en el epígrafe octavo se pueda resolver finalmente el modelo y hallar el valor de la empresa. El artículo finaliza con un último epígrafe donde se recogen las principales conclusiones para la aplicación del modelo.

2. Planteamiento teórico

A diferencia de otros métodos de teoría de opciones, como por ejemplo el binomial, el modelo de Black-Scholes considera el tiempo de manera continua, además de tener en cuenta los siguientes factores que influyen en el precio de la opción:

C_0 = valor actual de la *call*,
S_0 = valor actual de la acción o del activo subyacente,
X = precio del ejercicio,
r = tasa de interés libre de riesgo para el mismo período que la *call*,
T = tiempo hasta la liquidación de la *call*,
s = desviación estándar esperada de la acción,

La principal complicación de la aplicación de este método de valoración es conocer los datos que hay que introducir en el modelo, ya que el cálculo de los resultados se puede realizarse con la ayuda de cualquier hoja de cálculo o calculadora, tal y como se pretende explicar en el presente trabajo. La notación matemática del modelo (Black et. al., 1971, 1973) es la siguiente:

$$\mathbf{C_0 = S_0 \cdot N(d_1) - X \cdot e^{-r \cdot T} \cdot N(d_2)}$$

donde:

$$d_1 = \frac{\mathrm{Ln}\left(\frac{S_0}{X}\right) + \left(r + \frac{s^2}{2}\right)T}{s \cdot \sqrt{T}}$$

$$d_2 = d_1 - s \cdot \sqrt{T}$$

siendo:
C_0 = valor actual de la *call*,
S_0 = valor actual de la acción o del activo subyacente,
X = precio del ejercicio,
r = tasa de interés libre de riesgo para el mismo período que la *call*,
T = tiempo hasta la liquidación de la *call*,
s = desviación estándar esperada de la acción,
N(d) = distribución de probabilidad normal,
Ln = logaritmo neperiano,
e = base del logaritmo neperiano,

A continuación se desarrollará un ejemplo práctico para la aplicación del modelo basado en el último informe público de un ejercicio completo de Adolfo Domínguez, cerrado a 28 de febrero de 2011. Para ello se debe hallar el valor de cada una de las variables que intervienen en el modelo.

3. La fecha de vencimiento de la deuda

El objetivo que se persigue en este epígrafe es hallar la duración de Macauly de la deuda de Adolfo Domínguez, que servirá para determinar el tiempo (T) hasta la liquidación de la *call*, así como para definir el período para el cálculo de la desviación estándar esperada de la acción (s).

Dado que la duración de Macauly es el cociente entre el sumatorio del producto de los flujos de caja descontados por el tiempo, y el sumatorio de los flujos de caja descontados, lo primero que se tiene que hacer es identificar la distribución y condiciones de la deuda de Adolfo Domínguez, para poder determinar los flujos de caja.

3.1. Distribución de la deuda en plazos y tipos

La figura número 1 muestra la duración de la deuda total de Adolfo Domínguez a 28 de febrero de 2011, a partir de la información que aparece en el informe de auditoría de la compañía, teniendo en cuenta que el informe de auditoría nos informa que los tipos medios de interés de las deudas durante el ejercicio oscilaron entre el 1,02% y el 5,65% anual.

Descripción	Euros		
	Pasivo Corriente	Pasivo No Corriente	Total
Deudas con entidades de crédito:			
Préstamos personales	2.446.982	18.057.654	20.504.636
Pólizas de crédito	4.880.512	-	4.880.512
Deuda por intereses	59.401	-	59.401
	7.386.895	**18.057.654**	**25.444.549**
Otros pasivos financieros:			
Anticipos reembolsables	220.672	1.389.434	1.610.106
Fianzas recibidas	99.892	-	99.892
Otros pasivos financieros	1.761	-	1.761
	322.325	**1.389.434**	**1.711.759**
Total	**7.709.220**	**19.447.088**	**27.156.308**

Figura 1: Distribución de la deuda de Adolfo Domínguez a 28 de febrero de 2011. (Fuente: Deloitte. S. L. 2011).

A partir del informe de auditoría de la propia compañía se muestra el desglose de los vencimientos de dicha deuda en la figura número 2.

Vencimiento	Euros						
	Préstamos Personales	Pólizas de crédito	Deudas por intereses	Anticipos reembolsables	Fianzas recibidas	Otros pasivos	Deuda Total
2012	2.446.982	4.880.512	59.401	220.672	99.892	1.761	7.709.220
2013	2.507.146			111.497			2.618.643
2014	2.569.429			166.085			2.735.514
2015	2.633.914			166.085			2.799.999
2016	3.863.797			196.084			4.059.881
2017	2.264.370			196.083			2.460.453
2018 y post.	4.218.998			553.600			4.772.598
Total	**20.504.636**	**4.880.512**	**59.401**	**1.610.106**	**99.892**	**1.761**	**27.156.308**

Figura 2: Distribución de la deuda por tipo y plazo. (Fuente: Elaboración propia basado en Deloitte, S.L, 2011).

3.2. Cálculo de los flujos de caja

3.2.1. Cálculo de los flujos de caja de los préstamos personales

Para calcular los flujos de caja futuros derivados del pago de intereses y devolución del principal de los préstamos con entidades financieras ha sido necesario realizar las siguientes simplificaciones, debido a la ausencia de información pública sobre las características de cada operación, aunque lo óptimo hubiera sido analizar pormenorizadamente las condiciones de cada operación:

- Los intereses son pagaderos anualmente.
- La devolución del principal se realizará a la fecha de vencimiento.
- Aunque en el informe de auditoría detalla la fecha de vencimiento de cada uno de los préstamos, no facilita información suficiente acerca de cómo se están amortizando, de manera que supondremos que tanto el pago de intereses como la devolución del principal se realizará a mitad del ejercicio.
- Sabiendo que la fecha de amortización del último préstamo es en 2019, se ha repartido entre 2 el capital amortizado en 2018 y posteriores.
- Por prudencia y dado que la información facilitada acerca del precio de la deuda no es lo bastante clara, se aplica el 5,65% coincidiendo con el tramo superior.

La figura número 3 muestra todos los flujos de caja vinculados al pago de intereses y devolución de capital de los préstamos de Adolfo Domínguez, así como el momento de pago (expresado en años) a partir de 28 de febrero de 2011.

Vencimiento	Años	Concepto	Flujos caja
2012	0,5	Pago intereses	69.127
	0,5	Devolución capital	2.446.982
2013	0,5	Pago intereses	70.827
	1,5	Pago intereses	141.654
	1,5	Devolución capital	2.507.146
2014	0,5	Pago intereses	72.586
	1,5	Pago intereses	145.173
	2,5	Pago intereses	145.173
	2,5	Devolución capital	2.569.429
2015	0,5	Pago intereses	74.408
	1,5	Pago intereses	148.816
	2,5	Pago intereses	148.816
	3,5	Pago intereses	148.816
	3,5	Devolución capital	2.633.914
2016	0,5	Pago intereses	109.152
	1,5	Pago intereses	218.305
	2,5	Pago intereses	218.305
	3,5	Pago intereses	218.305
	4,5	Pago intereses	218.305
	4,5	Devolución capital	3.863.797
2017	0,5	Pago intereses	63.968
	1,5	Pago intereses	127.937
	2,5	Pago intereses	127.937
	3,5	Pago intereses	127.937
	4,5	Pago intereses	127.937
	5,5	Pago intereses	127.937
	5,5	Devolución capital	2.264.370
2018	0,5	Pago intereses	59.593
	1,5	Pago intereses	119.187
	2,5	Pago intereses	119.187
	3,5	Pago intereses	119.187

	4,5	Pago intereses	119.187
	5,5	Pago intereses	119.187
	6,5	Pago intereses	119.187
	6,5	Devolución capital	2.109.499
2019	0,5	Pago intereses	59.593
	1,5	Pago intereses	119.187
	2,5	Pago intereses	119.187
	3,5	Pago intereses	119.187
	4,5	Pago intereses	119.187
	5,5	Pago intereses	119.187
	6,5	Pago intereses	119.187
	7,5	Pago intereses	119.187
	7,5	Devolución capital	2.109.499

Figura 3: Flujos de caja de los préstamos personales. (Fuente: Elaboración propia).

3.2.2. Cálculo de los flujos de caja de las pólizas de crédito y deudas por intereses

Para calcular los flujos de caja futuros derivados del pago de intereses y devolución del principal de las pólizas de crédito con entidades financieras y deudas por intereses ha sido necesario realizar las siguientes simplificaciones, debido a la ausencia de información pública sobre las características de cada operación, aunque lo óptimo hubiera sido analizar pormenorizadamente las condiciones de cada operación:

- Los intereses son pagaderos anualmente.
- La devolución del principal se realizará a la fecha de vencimiento.
- Debido a que el informe de auditoría no detalla la fecha de vencimiento de cada uno de los créditos supondremos que tanto el pago de intereses como la devolución del principal se realizará a mitad del ejercicio.
- Dado que la información facilitada acerca del precio de la deuda no es lo bastante clara, se ha aplicado una media del tipo de interés, resultando ser del 3,335%.

La figura número 4 muestra todos los flujos de caja vinculados al pago de intereses y devolución de capital de las pólizas de crédito y deudas por

intereses de Adolfo Domínguez, así como el momento de pago (expresado en años) a partir de 28 de febrero de 2011.

Vencimiento	Años	Concepto	Flujos caja
2012	0,5	Pago intereses	82.373
	0,5	Devolución capital	4.939.913

Figura 4: Flujos de caja de las pólizas de crédito y deudas por intereses. (Fuente: Elaboración propia).

3.2.3. Cálculo de los flujos de caja de los anticipos reembolsables

Para calcular los flujos de caja futuros derivados del pago de intereses y devolución del principal de los anticipos reembolsables de Adolfo Domínguez ha sido necesario realizar las siguientes simplificaciones, debido a la ausencia de información pública sobre las características de cada crédito, aunque lo óptimo hubiera sido analizar de forma detallada las características de cada crédito:

- Los intereses son pagaderos anualmente.
- La devolución del principal se realizará a la fecha de vencimiento.
- Aunque en el informe de auditoría detalla la fecha de vencimiento de cada uno de los préstamos, no facilita información suficiente acerca de cómo se están amortizando, de manera que supondremos que tanto el pago de intereses como la devolución del principal se realizará a mitad del ejercicio.
- Aunque se sabe que la fecha de amortización del último anticipo es en 2024, no se dispone de información suficiente acerca del sistema de amortización, motivo por el que se han calculado los flujos hasta 2018.
- Dado que la información facilitada acerca del precio de la deuda no es lo bastante clara, se ha aplicado el 1,02% coincidiendo con el tramo inferior.

La figura número 5 muestra todos los flujos de caja vinculados al pago de intereses y devolución de capital de los anticipos reembolsables de Adolfo Domínguez, así como el momento de pago (expresado en años) a partir de 28 de febrero de 2011.

Vencimiento	Años	Concepto	Flujos caja
2012	0,5	Pago intereses	1.125
	0,5	Devolución capital	220.672
2013	0,5	Pago intereses	569
	1,5	Pago intereses	1.137
	1,5	Devolución capital	111.497
2014	0,5	Pago intereses	847
	1,5	Pago intereses	1.694
	2,5	Pago intereses	1.694
	2,5	Devolución capital	166.085
2015	0,5	Pago intereses	847
	1,5	Pago intereses	1.694
	2,5	Pago intereses	1.694
	3,5	Pago intereses	1.694
	3,5	Devolución capital	166.085
2016	0,5	Pago intereses	1.000
	1,5	Pago intereses	2.000
	2,5	Pago intereses	2.000
	3,5	Pago intereses	2.000
	4,5	Pago intereses	2.000
	4,5	Devolución capital	196.084
2017	0,5	Pago intereses	1.000
	1,5	Pago intereses	2.000
	2,5	Pago intereses	2.000
	3,5	Pago intereses	2.000
	4,5	Pago intereses	2.000
	5,5	Pago intereses	2.000
	5,5	Devolución capital	196.083
2018	0,5	Pago intereses	2.823
	1,5	Pago intereses	5.647
	2,5	Pago intereses	5.647
	3,5	Pago intereses	5.647
	4,5	Pago intereses	5.647
	5,5	Pago intereses	5.647
	6,5	Pago intereses	5.647
	6,5	Devolución capital	553.600

Figura 5: Flujos de caja de los anticipos reembolsables. (Fuente: Elaboración propia).

3.2.4. Cálculo de los flujos de caja de las fianzas recibidas y otros pasivos financieros

Para calcular los flujos de caja futuros derivados del pago de intereses y devolución del principal de las fianzas recibidas y otros pasivos financieros ha sido necesario realizar las siguientes simplificaciones, debido a la ausencia de información pública sobre las características de cada operación, aunque lo óptimo hubiera sido analizar detalladamente las condiciones de cada operación:

- Los intereses son pagaderos anualmente.
- La devolución del principal se realizará a la fecha de vencimiento.
- Debido a que el informe de auditoría no detalla la fecha de vencimiento de cada uno de los créditos supondremos que tanto el pago de intereses como la devolución del principal se realizará a mitad del ejercicio.
- Dado que la información facilitada acerca del precio de la deuda no es lo bastante clara, se ha considerado que este tipo de deudas no tienen coste financiero. La figura número 6 muestra todos los flujos de caja vinculados al pago de intereses y devolución de capital de las fianzas recibidas y otros pasivos financieros de Adolfo Domínguez, así como el momento de pago (expresado en años) a partir de 28 de febrero de 2011.

Vencimiento	Años	Concepto	Flujos caja
2012	0,5	Pago intereses	0
	0,5	Devolución capital	101.653

Figura 6: Flujos de caja de las fianzas recibidas y otros pasivos financieros. (Fuente: Elaboración propia).

3.3. Cálculo de la duración de Macauly

En la figura número 7 se muestran todos los flujos de caja calculados en los epígrafes anteriores, así como los cálculos necesarios para hallar la duración de Macauly.

t (en años)	Flujos caja	Tipo interés	Factor descuento	Valor actual	Valor actual · t
0,5	69.127	5,650%	0,9729	67.253	33.627
0,5	2.446.982	5,650%	0,9729	2.380.653	1.190.326
0,5	70.827	5,650%	0,9729	68.907	34.453
1,5	141.654	5,650%	0,9209	130.444	195.666
1,5	2.507.146	5,650%	0,9209	2.308.742	3.463.113
0,5	72.586	5,650%	0,9729	70.619	35.309
1,5	145.173	5,650%	0,9209	133.684	200.527
2,5	145.173	5,650%	0,8716	126.535	316.338
2,5	2.569.429	5,650%	0,8716	2.239.561	5.598.902
0,5	74.408	5,650%	0,9729	72.391	36.196
1,5	148.816	5,650%	0,9209	137.040	205.559
2,5	148.816	5,650%	0,8716	129.711	324.277
3,5	148.816	5,650%	0,8250	122.774	429.709
3,5	2.633.914	5,650%	0,8250	2.172.993	7.605.476
0,5	109.152	5,650%	0,9729	106.194	53.097
1,5	218.305	5,650%	0,9209	201.029	301.543
2,5	218.305	5,650%	0,8716	190.278	475.695
3,5	218.305	5,650%	0,8250	180.102	630.358
4,5	218.305	5,650%	0,7809	170.471	767.119
4,5	3.863.797	5,650%	0,7809	3.017.182	13.577.320
0,5	63.968	5,650%	0,9729	62.234	31.117
1,5	127.937	5,650%	0,9209	117.813	176.719
2,5	127.937	5,650%	0,8716	111.512	278.780
3,5	127.937	5,650%	0,8250	105.549	369.420
4,5	127.937	5,650%	0,7809	99.904	449.568
5,5	127.937	5,650%	0,7391	94.561	520.087
5,5	2.264.370	5,650%	0,7391	1.673.652	9.205.085
0,5	59.593	5,650%	0,9729	57.978	28.989
1,5	119.187	5,650%	0,9209	109.755	164.632
2,5	119.187	5,650%	0,8716	103.885	259.713
3,5	119.187	5,650%	0,8250	98.330	344.154
4,5	119.187	5,650%	0,7809	93.071	418.820
5,5	119.187	5,650%	0,7391	88.094	484.516
6,5	119.187	5,650%	0,6996	83.383	541.988

6,5	2.109.499	5,650%	0,6996	1.475.800	9.592.701
0,5	59.593	5,650%	0,9729	57.978	28.989
1,5	119.187	5,650%	0,9209	109.755	164.632
2,5	119.187	5,650%	0,8716	103.885	259.713
3,5	119.187	5,650%	0,8250	98.330	344.154
4,5	119.187	5,650%	0,7809	93.071	418.820
5,5	119.187	5,650%	0,7391	88.094	484.516
6,5	119.187	5,650%	0,6996	83.383	541.988
7,5	119.187	5,650%	0,6622	78.924	591.926
7,5	2.109.499	5,650%	0,6622	1.396.877	10.476.575
0,5	82.373	3,335%	0,9837	81.033	40.516
0,5	4.939.913	3,335%	0,9837	4.859.545	2.429.772
0,5	1.125	1,020%	0,9949	1.120	560
0,5	220.672	1,020%	0,9949	219.555	109.778
0,5	569	1,020%	0,9949	566	283
1,5	1.137	1,020%	0,9849	1.120	1.680
1,5	111.497	1,020%	0,9849	109.813	164.719
0,5	847	1,020%	0,9949	843	421
1,5	1.694	1,020%	0,9849	1.668	2.503
2,5	1.694	1,020%	0,9749	1.652	4.129
2,5	166.085	1,020%	0,9749	161.924	404.811
0,5	847	1,020%	0,9949	843	421
1,5	1.694	1,020%	0,9849	1.668	2.503
2,5	1.694	1,020%	0,9749	1.652	4.129
3,5	1.694	1,020%	0,9651	1.635	5.722
3,5	166.085	1,020%	0,9651	160.289	561.013
0,5	1.000	1,020%	0,9949	995	497
1,5	2.000	1,020%	0,9849	1.970	2.955
2,5	2.000	1,020%	0,9749	1.950	4.875
3,5	2.000	1,020%	0,9651	1.930	6.756
4,5	2.000	1,020%	0,9554	1.911	8.598
4,5	196.084	1,020%	0,9554	187.331	842.988
0,5	1.000	1,020%	0,9949	995	497
1,5	2.000	1,020%	0,9849	1.970	2.955
2,5	2.000	1,020%	0,9749	1.950	4.875
3,5	2.000	1,020%	0,9651	1.930	6.756

4,5	2.000	1,020%	0,9554	1.911	8.598
5,5	2.000	1,020%	0,9457	1.891	10.403
5,5	196.083	1,020%	0,9457	185.438	1.019.911
0,5	2.823	1,020%	0,9949	2.809	1.405
1,5	5.647	1,020%	0,9849	5.561	8.342
2,5	5.647	1,020%	0,9749	5.505	13.763
3,5	5.647	1,020%	0,9651	5.450	19.074
4,5	5.647	1,020%	0,9554	5.395	24.276
5,5	5.647	1,020%	0,9457	5.340	29.371
6,5	5.647	1,020%	0,9362	5.286	34.361
6,5	553.600	1,020%	0,9362	518.261	3.368.694
0,5	0	0,000%	1,0000	0	0
0,5	101.653	0,000%	1,0000	101.653	50.827
TOTAL				**27.164.736**	**80.855.952**

Figura 7: La duración de Macauly. (Fuente: Elaboración propia).

Teniendo en cuenta que la duración de Macauly es el cociente entre el sumatorio del producto de los flujos de caja descontados y el tiempo (80.855.952) y el sumatorio de los flujos de caja descontados (27.164.736), la fecha de vencimiento de la deuda es de 2,9765 años. Es decir, al aplicar el modelo Black-Scholes, el tiempo hasta la liquidación de la *call* **(T) es de 1.086 días.**

En la Figura 8 se muestra la parametrización del modelo para su cálculo mediante hoja de cálculo.

	A	B	C	D	E	F
1	t (en años)	Flujos caja	Tipo interés	Factor descuento	Valor actual	Valor actual · t
2	0,5	69.127	5,650%	=1/(1+C2)^A2	=B2*D2	=E2*A2
3	0,5	2.446.982	5,650%	=1/(1+C2)^A2	=B3*D3	=E3*A3
4	...	...	...	...	...	...
83	0,5	0	0,000%	=1/(1+C83)^A83	=B83*D83	=E83*A83
84	0,5	101.653	0,000%	=1/(1+C84)^A84	=B84*D84	=E84*A84
85	TOTAL				=SUMA(E2:E84)	=SUMA(F2:F84)

Figura 8: Cálculo de la duración de Macauly a través de hoja de cálculo. (Fuente: Elaboración propia).

4. El valor de los activos de la empresa

Para hallar el valor actual del activo subyacente, en este caso el de la empresa Adolfo Domínguez, se ha tomado el valor de los activos totales según el balance de situación a 28 de febrero de 2011, esto es **172.199.148 € (S_0),** aunque se podría sofisticar el modelo mediante la aplicación de otros métodos de valoración de activos (*Santos et al., 2002: 424*).

5. El valor de la deuda

Para hallar el valor actual de la deuda del activo subyacente, en este caso de la empresa Adolfo Domínguez, se ha tomado el valor del pasivo exigible según el balance de situación a 28 de febrero de 2011, esto es **46.086.615 € (X).**

6. El cálculo de la volatilidad

Dado que el tiempo hasta la liquidación de la *call* es de 1.806 días, es preciso hallar la volatilidad de la rentabilidad continua diaria de la acción de Adolfo Domínguez para ese mismo período de tiempo. Por lo tanto se ha calculado la volatilidad como la desviación estándar de las rentabilidades continuas basadas en el precio de cierre, desde el 8 de marzo de 2008 hasta el 28 de febrero de 2011 (los 1.086 días anteriores a la fecha de valoración que se pretende obtener). En el anexo I se muestran las rentabilidades continuas diarias para el período analizado, aunque en la Figura 9 se puede observar una muestra de ellas.

Fecha	Precio cierre	Rentabilidad discreta	Rentabilidad continua
10/03/2008	17,35		
11/03/2008	17,89	3,1124%	3,0649%
12/03/2008	17,94	0,2795%	0,2791%
...	...	...	...
25/02/2011	9,16	0,0000%	0,0000%
28/02/2011	9,40	2,6201%	2,5864%

Figura 9: Rentabilidad diaria acción Adolfo Domínguez. (Fuente: Elaboración propia).

La volatilidad de la acción de Adolfo Domínguez para el período 8/03/2008 a 28/02/2011, consistirá en hallar la desviación típica de la rentabilidad continua de la muestra, que es 0,0284571. Debemos tener en cuenta que este valor es diario, y por lo tanto deberemos anualizarlo, multiplicándolo por la raíz cuadrada de 254, que es el número medio de sesiones bursátiles de los años 2008, 2009, 2010 y 2011. Así pues la volatilidad de la acción es de **0,4535318 (s)**.

En la Figura 10 se muestra la formulación para su cálculo mediante hoja de cálculo.

	A	B	C	D
1	**Fecha**	**Precio cierre**	**Rentabilidad discreta**	**Rentabilidad continua**
2	10/03/2008	17,35		
3	11/03/2008	17,89	=B3/B2-1	=LN(B3/B2)
4	...	...	...	...
752	25/02/2011	9,16	=B752/B751-1	=LN(B752/B751)
753	28/02/2011	9,40	=B753/B752-1	=LN(B753/B752)
754				
755	desv. Diaria	=DESVEST(D3:D753)		
756	desv. Anual	=B755*RAIZ(254)		

Figura 10: Cálculo de la rentabilidad diaria acción a través de hoja de cálculo. (Fuente: Elaboración propia).

7. El cálculo de la rentabilidad del activo sin riesgo

Al igual que para el cálculo de la volatilidad deberemos hallar la rentabilidad del activo sin riesgo para el mismo período de la opción *call*, es decir de 2 años y 356 días. A fecha de febrero de 2011 el activo sin riesgo más parecido en plazo seria los Bonos del Estado a 3 años, con un tipo marginal medio de **3,297% (r)**.

8. El cálculo del valor de la empresa

Una vez calculados todos los datos necesarios para la aplicación del método de Black-Scholes, ya estamos en condiciones de hallar el Valor de la Empresa (C0), resolviendo la expresión:

$$C_0 = S_0 \cdot N(d_1) - X \cdot e^{-r \cdot T} \cdot N(d_2)$$

donde:
Valor actual de la acción o del activo subyacente, $\mathbf{S_0 = 172.199.148€}$,
Precio del ejercicio, **X = 46.086.615€,**
Tasa de interés libre de riesgo, **r = 3,297%,**
Tiempo hasta la liquidación de la *call*, **T = 1.086 días,**
Desviación estándar esperada de la acción, **s = 0,45353,**

y siendo:

$$d_1 = \frac{\mathrm{Ln}\left(\frac{S_0}{X}\right) + \left(r + \frac{s^2}{2}\right)T}{s \cdot \sqrt{T}} = \frac{\mathrm{Ln}\left(\frac{172,2}{46,1}\right) + \left(3,297\% + \frac{45,353\%^2}{2}\right)2,9765}{45,353\% \cdot \sqrt{2,9765}} = \mathbf{2,2013}$$

$$d_2 = d_1 - s \cdot \sqrt{T} = 2,2013 - 45,353\% \cdot \sqrt{2,9765} = \mathbf{1,4188}$$

Por lo tanto:

$$C_0 = 172,2 \cdot N(2,2013) - 46,1 \cdot e^{-3,297\% \cdot 2,9765} \cdot N(1,4188) = \mathbf{131.291.785€}$$

Una vez calculado el valor de la *call* solo faltará dividirlo por el número de acciones en circulación (9.146.768 acciones) para obtener el valor fundamental de las acciones de Adolfo Domínguez según el modelo de teoría de opciones de Black-Scholes, que no es otro que 14,35€.

En la Figura 11 se muestra la parametrización para el cálculo del valor de la empresa mediante hoja de cálculo.

	A	B	C	D	E	F	G
1	S_0 =	172.199.148 €					
2	X =	46.086.615 €					
3	r =	3,297%					
4	T =	2,9765					
5	s =	0,4535					
6							
7	d1 =	(LN(B1/B2)+(B3+(B5^2/2))*B4)/(B5*RAIZ(B4))					
8	d2 =	B7-(B5*RAIZ(B4))					
9	C_0 =	B1*DISTR.NORM.ESTAND(B7)-B2*EXP(-B3*B4)*DISTR.NORM.ESTAND(B8)					

Figura 11: Cálculo del valor de la empresa mediante hoja de cálculo. (Fuente: Elaboración propia).

9. Conclusiones

Existen pocas aportaciones (Maya et al., 2002) o casos prácticos de valoración de empresas usando el modelo de teoría de opciones de Black-Scholes (Black et al., 1971, 1973), siendo la mayoría de las mismas aportaciones y explicaciones teóricas (Espitia et al., 2003; Alemany et al., 2011: 40-44; Santo et al., 2002: 418-421).

El objetivo de este caso de estudio ha sido demostrar que dicho modelo de valoración de empresas, si bien pudiera parecer complejo debido a la abundante notación matemática, no lo es tanto si se aplica algún tipo de herramienta informática, tal como una simple hoja de cálculo.

De hecho, su aparente complejidad matemática ha hecho que poco se haya usado a lo largo de los últimos años. Precisamente la simplicidad de la notación matemática del modelo de valoración por comparables ha hecho que se haya abusado del mismo. No obstante, la actual situación económica y financiera de abundante incertidumbre, hace necesario que se usen modelos de valoración más complejos, sofisticados y precisos.

Este trabajo pretende contribuir a aproximar este complejo modelo de valoración al lector, y mostrarle que dicha complejidad puede gestionarse.

Referencias bibliográficas

AECA (1994) *Principios de valoración de empresas* (Documento de la AECA), Asociación Española de Contabilidad y Administración de Empresas.

AECA (1995) *Métodos prácticos de valoración de empresas*, Documentos sobre valoración de empresas, núm. 3.

AECA (2005) *Serie valoración de empresas*, Documento valoración de Pymes, núm. 7.

ALEMANY, F.; ALVAREZ, C.; ARASA, M.; CASANOVAS, M.; GARRIGA, M.; LOPEZ, J.; MAÑOSA, A.; MONLLAU, T.; RIPOLL, E.; SANTANDREU, P.; TORRES, J. (2011): *Guia pràctica de valoració d'empreses*, ACCID y Profit editorial, 1.ª edición, Barcelona.

ANGELIEN, K. (1993) «*Case studies on real options» Financial Management,* octubre, Vol. 22 – 3.

ANGENIEUX, G. (1976) *Las fusiones y la valoración de las empresas*, Ediciones Ice. Madrid.

BARNAY, A.; CALBA, G. (1988) *Como valorar una empresa*, Francisco Casanovas Editor.

BELIAKOV, G.; PRADERA, A.; CALVO, T. (2007) *Aggregation functions: A guide for practitioners*, Springer-Verlag, Berlin.

BLACK, F.; SCHOLES, M. (1971) *«The Valuation of Option Contracts and a Test of Market Efficiency» The Journal of Finance,* diciembre, Vol. 27 – 2.

BLACK, F.; SCHOLES, M. (1973) *«The Pricing of options and Corporate Liabilities» The Journal of Political Economy,* mayo-junio, Vol. 81 – 3.

CARLSSON, C.; FEDRIZZI, M.; FULLER, R. (2003) *Fuzzy logic in management*, Springer, Heidelberg.

CASANOVAS RAMON, M.; SANTANDREU GRÀCIA, P. (2009) «Metodologies per a la valoració d'empreses hoteleres», *Valoració d'Empreses. Bases conceptuals i aplicacions pràctiques,* ACCID y Profit editorial, 1.ª edición, Barcelona.

COOPELAND, T.E.; KOLLER, T.; MURRIN, J. (2000) *Valuation: measuring and managing the value of companies*, Mc. Kinsey and Co., New York.

DELOITTE, S.L. (2011) *Informe de auditoría de Cuentas Anuales Adolfo Domínguez S.A. 29 de febrero de 2011,* Madrid.

ESPITIA, M.; PASTOR, G. (2003) *Las opciones reales y su influencia en la valoración de empresas,* Universidad de Zaragoza.

FABREGAT, J. (2009) «Introducció als mètodes de valoració d'empreses», *Valoració d'Empreses. Bases conceptuals i aplicacions pràctiques,* ACCID y Profit editorial, 1.ª edición, Barcelona.

FERNÁNDEZ, P. (2001) *Valoración de empresas*, Ed. Gestión 2000.

LABATUT SERER, G. (2009) «La valoració de l'empresa mitjançant el mètode comparatiu o per múltiples», *Valoració d'Empreses. Bases conceptuals i aplicacions pràctiques,* ACCID y Profit editorial, 1.ª edición, Barcelona.

LYNCH, P. (1991) *Un paso por delante de la Bolsa*, Editorial Verlag Norbert Bartl, 2.ª edición, Alemania.

MARÍN, S. (2009) *«La reforma contable: ¿Cómo afecta a la valoración de empresas?» Valoración de Empresas*, Ed. Profit.

MARTÍNEZ ABASCAL, E. (2005) *Nota técnica de valoración de empresas,* IESE – Universidad de Navarra, 2.ª edición, Navarra.

MARTÍNEZ ABASCAL, E. (2007) *Finanzas operativas (I). Análisis y diagnóstico, Nota técnica FN-530,* IESE – Universidad de Navarra, Navarra.

MASCAREÑAS PÉREZ IÑIGO, J. (2005) *Fusiones y adquisiciones de empresas,* McGRAW-HILL. 4.ª edición, Madrid.

MAYA, C.; HERÁNDEZ, J.; GALLEGO, O. (2012) «*La valoración de*

proyectos de energía eólica en Colombia bajo el enfoque de opciones reales» Caud.admon.ser.organ, enero-junio.

ROJO-RAMÍREZ, A. (2007) *Valoración de empresas y gestión basada en valor*, Thomson Editores, Spain.

SANTOS PEÑAS, J.; MUÑOZ ALAMILLOS, A.; HERRERO DE EGAÑA Y ESPINOSA DE LOS MONTEROS, A.; MUÑOZ CABANES, A. (2002) *La bolsa: funcionamiento, análisis y estrategias de inversión,* Ediciones Académicas, S.A, 1.ª edición, Madrid.

TORRA, V.; NARUKAWA, Y. (2007) *Modelling decisions: Information fusion and aggregation operators*, Springer, Berlin.