Análisis Económico, vol. XXXVI, núm. 92, mayo-agosto de 2021, pp. 127-144, ISSN: 0185-3937, e- ISSN: 2448-6655

Mejores estrategias de cobertura en acciones del MexDer durante el primer año de la COVID-19

Best hedging strategies in MexDer stocks during the first year of COVID-19

Recibido: 11/febrero/2021; aceptado: 19/abril/2021; publicado: 03/mayo/2021

Héctor Alonso Olivares Aguayo[*]
Analaura Medina Conde[**]

https://doi.org/10.24275/uam/azc/dcsh/ae/2021v36n92/Olivares

RESUMEN

Los derivados son instrumentos financieros que proporcionan ventajas competitivas y las opciones financieras proporcionan un margen de protección como seguro financiero. El objetivo del trabajo es determinar la mejor estrategia de cobertura de riesgos con opciones financieras americanas sobre las acciones: AMX-L, CEMEX-CPO, GMEXICO-B, TLEVISA-CPO y WALMEX-V que cotizan en el MexDer, se analizan cincuenta estrategias durante el primer año de la pandemia COVID-19. Como principal limitación se asume volatilidad constante mediante el modelo de Cox-Ross-Rubinstein, por lo que para futuras investigaciones se recomienda romper este supuesto considerando modelos más robustos. Los resultados muestran que independientemente si sube, baja o se mantiene el precio de la acción a la fecha de vencimiento del contrato es posible obtener ganancias durante la pandemia.
Palabras clave: Cox-Ross-Rubinstein; inversión; opciones financieras.
Clasificación JEL: G13; G17; G32.

ABSTRACT

Derivatives are financial instruments that provide competitive advantages and financial options provide a margin of protection such as financial insurance. The objective of the paper is to determine the best risk hedging strategy with American financial options on the shares: AMX-L, CEMEX-CPO, GMEXICO-B, TLEVISA-CPO and WALMEX-V that are listed on the MexDer, fifty strategies are analyzed during the first year of the COVID-19 pandemic. The main limitation is constant volatility using the Cox-Ross-Rubinstein model, future research it is recommended to break this assumption by considering more robust models. The results show that regardless of whether the share price rises, falls, or remains at the expiration date of the contract, it is possible to obtain profits during the pandemic.
Keywords: Cox-Ross-Rubinstein; investment; financial options.
JEL Classification: G13; G17; G32.

[*] Universidad La Salle México. Correo electrónico: hectoralonso.olivares@lasalle.mx
[**] Universidad Autónoma de Tlaxcala, México.

INTRODUCCIÓN

Hernández (2016), afirma que los instrumentos de opciones financieras inician cuando los agricultores ofrecían al mismo tiempo sus cosechas, lo que disminuía considerablemente los precios, y en los tiempos de escasez aumentaban cuantiosamente, esto complicaba el transporte y el almacenamiento. Para hacer frente a este problema, surgen los contratos a plazo que pretendían cubrir el riesgo por la extrema volatilidad de los mercados agrarios. En la actualidad, las opciones financieras, a decir de Bernedo y Azañero (2003), pueden utilizarse para la estabilización del tipo de cambio y como un instrumento efectivo para la acumulación de reservas internacionales.

Cortés (2016) define las opciones financieras como un contrato temporal emitido sobre un subyacente que otorga un derecho al comprador del contrato y una obligación a su contraparte o vendedor, por tener el derecho quien adquiere el contrato paga una prima. En este sentido para Cardero y Galindo (2002), según el precio pactado una opción financiera otorga a un inversionista el derecho, más no una obligación de vender o comprar un activo subyacente, por ello a decir de Mesén (2008) estos son instrumentos de especulación o cobertura y son negociados en mercados organizados y no organizados. Thomas y Cano (2018) afirman que estos instrumentos financieros son de uso generalizado en el mundo desarrollado y permiten la cobertura o minimización del riesgo asociado a un activo. A decir de Mesén (2008) esta cobertura de los riesgos ante cambios en los precios de determinados productos físicos y financieros es la finalidad original de los derivados.

En este contexto, el objetivo del presente trabajo es determinar la mejor estrategia de cobertura de riesgos con opciones financieras americanas sobre las acciones: AMX-L, CEMEX-CPO, GMEXICO-B, TLEVISA-CPO y WALMEX-V que cotizan en el MexDer durante el primer año de la pandemia COVID-19 (31/12/2019-31/12/2020), bajo la hipótesis de que el uso de estas estrategias permite generar ganancias, independientemente si sube, baja o se mantiene el precio de la acción en tiempos de COVID-19.

La estructura del documento se describe a continuación. En la sección I se realiza la revisión de literatura, en la sección II se analizan los materiales y los métodos, en la sección III se presentan los resultados, y al final vienen las conclusiones.

I. REVISIÓN DE LITERATURA

El Banco de México (Banxico, 2018) afirma que el volumen que tienen los derivados en México es de 43.32 billones de pesos, de los cuales, 4.40 billones corresponden a opciones financieras. Sin embargo, este mercado ha ido a la baja, aunque tiene despuntes.

Algunas investigaciones teóricas posteriores al modelo seminal de Cox et al. (1979) se pueden apreciar en Barone y Whaley (1987) quienes se aproximan al precio del *call* y *put* del tipo americano considerando *commodities* como subyacente, posteriormente Villeneuve y Zanette (2002) proponen dos métodos numéricos para el precio de una opción del tipo americana sobre dos acciones. Mientras que investigaciones más robustas que consideran modelos estocásticos se pueden apreciar en Martínez et al. (2012) y Climent (2014).

Algunas investigaciones sobre cobertura en un entorno de movimiento browniano fraccional se pueden apreciar en Stoyanov, et al. (2019), quienes presentan un nuevo marco para los mercados fraccionarios de *Hermite*. Teniendo en cuenta los mercados *Hermite* puros y mixtos, presentan una estrategia de arbitraje específica sobre la tasa de aceleración del volumen de transacciones de la cobertura de la cartera a medida que cambian los precios de los activos de riesgo, lo cual permite transformar los mercados de *Hermite* con oportunidades de arbitraje en mercados sin oportunidades de arbitraje dentro de la clase de negociación de estrategias Markov. Por su parte Kim, *et al*., (2020) desarrollan dos métodos diferentes para calibrar la volatilidad implícita fraccionaria, donde se obtiene un resultado empírico en el exponente de Hurst. Mostrando que el desempeño de las estrategias de cobertura depende de las circunstancias del mercado (alcista o bajista).

Respecto al análisis de sensibilidad Siu y Elliott (2019), muestran que el proceso del coeficiente de cobertura delta obtenido a partir de flujos estocásticos es un proceso de cartera de autofinanciamiento que minimiza el riesgo. La investigación considera tanto las griegas de primer orden como de segundo orden. Mientras que Goudenege, *et al*., (2019) abordan el problema de valorar un tipo particular de anualidad variable llamada GMWB cuando se consideran modelos estocásticos avanzados. Proponen un modelo de volatilidad estocástica (modelo de Heston) y un modelo de Black-Scholes con tipo de interés estocástico (modelo Hull-White). Para este propósito, consideran cuatro métodos numéricos: un método híbrido árbol-diferencia finita, un método híbrido árbol-Monte Carlo, un esquema de diferencias finitas ADI y un método estándar Monte Carlo. Los resultados numéricos muestran la sensibilidad de la prima de no arbitraje a los supuestos económicos y contractuales, así como las diferentes características de los métodos numéricos propuestos. Mientras que El-Khatib y Hatemi (2020), tratan el cálculo de las sensibilidades de precios de segundo orden para un mercado en crisis, los cuáles se derivan explícitamente, esperando que las fórmulas obtenidas mejoren la precisión de la estrategia de cobertura durante una crisis financiera.

En cuanto a las opciones financieras sobre canastas de acciones Hanbali y Linders (2019) derivan una ecuación diferencial parcial. Para el precio derivado de la canasta comonotónica de tipo europeo, junto con un autofinanciamiento único de estrategia de cobertura muestran cómo utilizar los resultados del mercado comonotónico para aproximar los precios de los derivados de la canasta de tipo estadounidense para una canasta con acciones correlacionadas. La metodología genera precios de opciones financieras de la canasta estadounidense que están en línea con los precios obtenidos a través del enfoque estándar de mínimos cuadrados Monte-Carlo. Así mismo, Safdari (2019) señala que las opciones financieras de canasta son productos atractivos que requerían un método de fijación de precios confiable para tener todas las características beneficiosas de una opción financiera de canasta; presenta el método de partición de unidad de función de base radial para la valuación de opciones financieras de canasta en las que el precio de los activos subyacentes sigue el modelo de difusión de salto de Merton. Los ejemplos numéricos con dos y tres activos subyacentes muestran que el esquema propuesto es preciso, tiene capacidad de adaptación local y es eficiente en comparación con métodos alternativos para precios de opciones financieras precisos.

En finanzas la medida tradicional de riesgo de mercado es el Valor en Riesgo (VaR), un estudio relevante sobre opciones financieras para cobertura de riesgos se puede apreciar en Gao, *et al*., (2019) quienes consideran la exposición al riesgo de acciones imperfectamente líquidas al invertir en opciones financieras de venta, en un mercado incompleto. Determinan un precio de ejercicio óptimo para la opción financiera de venta donde se minimiza el VaR del portafolio con una estrategia de cobertura óptima. Los resultados empíricos muestran que el riesgo de la estrategia de cobertura con ajuste de liquidez difiere de la estrategia de cobertura.

Finalmente Lai (2019) se centra en el impacto y efecto debido a la discretización temporal en la ecuación diferencial parcial de precios (PDE) para las opciones financieras europeas; primero considera la discretización en diferencias finitas de la ecuación diferencial parcial del modelo de Black-Scholes y su modificación por negociación discreta. Posteriormente, comenta que el comercio discreto conduce a un reequilibrio de tiempo en una estrategia discreta que solo cancela los riesgos en promedio mediante el uso de una analogía discreta del proceso estocástico del activo subyacente. En ambos casos se utilizan términos de orden superior en la expansión de la serie de Taylor y se derivan los términos de fuente de corrección respectivos.

En 1994 se crea la Bolsa de Derivados de México, MexDer (2019), afirma que la Bolsa Mexicana de Valores (BMV) e Indeval crearon el mercado de derivados, y la bolsa de opciones y futuros se denomina MexDer, Mercado Mexicano de Derivados, S.A. de C.V. Posteriormente se crea Asigna, que es la Cámara de Compensación, que es la contraparte, y por ello el garante de los deberes financieros que resultan del ejercicio de los contratos derivados.

Guerrero (2006), afirma que MexDer surge en México como una posibilidad de aumentar su producción y contender en contexto de igualdad con las compañías extranjeras y como una necesidad del sector empresarial, que demandaba contar con instrumentos financieros de cobertura de riesgos para salvaguardarse de las fluctuaciones de tasas de interés, tipos de cambio y precios.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Modelo Binomial para la valuación de opciones financieras americanas.

En general dicho modelo tiene como objetivo encontrar el precio de la prima de la opción financiera que tiene que pagarle el inversionista que adquiere la posición larga en dicha opción a su contraparte en el contrato realizado, dado el valor del activo subyacente S_0 en este momento o bien en el período 0; dicho valor puede bajar y tener como valor S_d o subir y tomar el valor S_a; en el período 1 con probabilidad θ o π respectivamente; para el período 2 se tienen entonces tres posibles valores para el activo subyacente ya que cuando baja con probabilidad θ el valor S_a, se tiene el mismo valor que cuando sube con probabilidad π el valor S_d, por lo que en el último período de la vigencia del contrato; es decir en el período n-ésimo se tendrán $n+1$ posibles valores del activo subyacente.

Ahora bien para aplicar el algoritmo de regresión al diagrama de árbol ya encontrado se le tiene que restar a todos los posibles valores del subyacente el precio de ejercicio X pactado por el tenedor del contrato; es decir se calcula el valor intrínseco de la opción financiera de compra $I_C = Max\{S_T - X, 0\}$ y dichos valores van a subir con probabilidad θ y bajar con probabilidad π; en donde de igual manera se tienen n períodos para encontrar el valor de la prima que tiene que pagar el poseedor de dicha opción financiera.

Es importante destacar que para las opciones financieras de venta se tiene que tomar su valor intrínseco $I_P = Max\{X - S_T, 0\}$ correspondiente y el cálculo es de manera análoga que el de las opciones financieras de compra.

Dicho procedimiento es válido para las opciones financieras de compra tanto europeas como americanas y las de venta europeas; para las de venta americanas se utiliza un procedimiento similar.

Evaluación neutral al riesgo.

Sea la esperanza del precio del activo subyacente a tiempo T dada por:

$$E(X_T) = Xe^{iT} = Xa\pi + Xd(1-\pi)$$

Donde X_T es la ganancia que tiene el inversionista al realizar el contrato de opciones financieras.
Sea la varianza del precio del activo subyacente a tiempo T la ecuación $var(X_T) = \sigma^2 T$,

$$\sigma^2 T = (a-d)^2 \pi(1-\pi)$$

Entonces,

$$e^{iT} = a\pi + d(1-\pi) \tag{1}$$

$$\sigma^2 T = (a-d)^2 \pi(1-\pi) \tag{2}$$

De (1) tenemos que,

$$\pi = \frac{e^{iT} - d}{a - d} \Rightarrow (1 - \pi) = \frac{a - e^{iT}}{a - d} = \theta$$

Haciendo $u = e^{iT}$ entonces $\sigma^2 T = (u - d)(a - u)$

Agregando la restricción $ad = 1$ propuesta por Cox et al. (1979) al sistema para que tenga solución; ya que se tiene como incógnitas a $\pi, a\ y\ d$ entonces se tiene el siguiente sistema de 3 x 3:

$$u = a\pi + d(1 - \pi) \tag{3}$$

$$\sigma^2 T = (u - d)(a - u) \tag{4}$$

$$ad = 1 \tag{5}$$

Se demuestra que los valores de $a = e^{\sigma\sqrt{T}}$, $d = e^{-\sigma\sqrt{T}}$ y $\pi = \frac{u-d}{a-d}$ son soluciones del sistema.

Al generalizar este resultado para n períodos se tiene que $a = e^{\sigma\sqrt{\delta T}}$ y $d = e^{-\sigma\sqrt{\delta T}}$ya que $\delta = \frac{1}{n}$, $0 < d \leq e^{i\delta T} \leq a$

A continuación, en la Gráfica 1 y 2 se presentan los diagramas de árbol binomial (Un árbol que representa como el precio de un activo puede evolucionar a través del modelo CRR) para el cálculo de los precios de las opciones financieras americanas de compra y venta respectivamente.

Gráfica 1
Árbol binomial mediante el modelo CRR para el cálculo de la prima de la opción financiera americana de compra (C)

Periodo	1	2	…	$n-1$	n	n	$n-1$	…	2	1	
					$S_{a\ldots a} = S_1$	$\max\{S_1 - X, 0\}$					
				$S_{a\ldots a}$			$V_{a\ldots a}$				
		S_{aa}			$S_{a\ldots ad} = S_2$	$\max\{S_2 - X, 0\}$			V_{aa}		
	S_a				.	.	.			V_a	
S_0		S_{ad}			.	.	.		V_{ad}		C
	S_d				.	.	.			V_d	
		S_{dd}			$S_{d\ldots da} = S_n$	$\max\{S_n - X, 0\}$			V_{dd}		
				$S_{d\ldots d}$			$V_{d\ldots d}$				
					$S_{d\ldots d} = S_{n+1}$	$\max\{S_{n+1} - X, 0\}$					

Fuente: Elaboración propia.

Donde:
S_a: Aumento de S_0 con probabilidad π
S_d: Decremento de S_0 con probabilidad θ
n: Número de periodos
X: Precio de ejercicio pactado en el contrato
$V_{a\ldots a}$= $[\max\{S_1 - X, 0\}\pi + \max\{S_2 - X, 0\}\theta]e^{-i\delta T}$

$V_{d\dots d}$= [max$\{S_n - X, 0\}\pi$ + max$\{S_{n+1} - X, 0\}\theta]e^{-i\delta T}$
V_{aa}= $[V_{aaa}\pi + V_{aad}\theta]e^{-(n-2)i\delta T}$
V_{ad}= $[V_{aad}\pi + V_{add}\theta]e^{-(n-2)i\delta T}$
V_{dd}= $[V_{add}\pi + V_{ddd}\theta]e^{-(n-2)i\delta T}$
V_a= $[V_{aa}\pi + V_{ad}\theta]e^{-(n-1)i\delta T}$
V_d= $[V_{ad}\pi + V_{dd}\theta]e^{-(n-1)i\delta T}$
C= $[V_a\pi + V_d\theta]e^{-iT}$

Gráfica 2
Árbol binomial mediante el modelo CRR para el cálculo de la prima de la opción financiera americana de venta (P)

Periodo	1	2	…	$n-1$	n	n	$n-1$	…	2	1	
					$S_{a\dots a}= S_1$	max$\{X - S_1, 0\}$					
				$S_{a\dots a}$			$L_{a\dots a}$				
		S_{aa}			$S_{a\dots ad}= S_2$	max$\{X - S_2, 0\}$			L_{aa}		
	S_a				.	.	.			L_a	
S_0		S_{ad}			.	.	.		L_{ad}		P
	S_d				.	.	.			L_d	
		S_{dd}			$S_{d\dots da}= S_n$	max$\{X - S_n, 0\}$			L_{dd}		
				$S_{d\dots d}$			$L_{d\dots d}$				
					$S_{d\dots d}= S_{n+1}$	max$\{X - S_{n+1}, 0\}$					

Fuente: Elaboración propia.

Donde:
$L_{a\dots a}$= max{[max$\{X - S_1, 0\}\pi$+max$\{X - S_2, 0\}\theta]e^{-i\delta T}$,max{ $X - S_{a\dots a}$,0}}
$L_{d\dots d}$= max{[max$\{X - S_n, 0\}\pi$+max$\{X - S_{n+1}, 0\}\theta]e^{-i\delta T}$,max{ $X - S_{d\dots d}$,0}}
L_{aa}= max{$[L_{aaa}\pi + L_{aad}\theta]e^{-i\delta T}$, max{ $X - S_{aa}, 0$}}
L_{ad} = max{$[L_{aad}\pi + L_{add}\theta]e^{-i\delta T}$, max{ $X - S_{ad}, 0$}}
L_{dd}= max{$[L_{add}\pi + L_{ddd}\theta]e^{-i\delta T}$, max{ $X - S_{dd}, 0$}}
L_a= max{$[L_{aa}\pi + L_{ad}\theta]e^{-i\delta T}$, max{ $X - S_a, 0$}}
L_d= max{$[L_{ad}\pi + L_{dd}\theta]e^{-i\delta T}$, max{ $X - S_d, 0$}}
P = max{$[L_a\pi + L_d\theta]e^{-i\delta T}$, max{ $X - S_0, 0$}}

Asimismo, las ganancias de las opciones financieras americanas de compra y venta se determinan matemáticamente, como sigue:

$$G_C = Max\{S_T - X, 0\} - C \tag{6}$$

$$G_P = Max\{X - S_T, 0\} - P \tag{7}$$

Donde:
C: Prima de la opción financiera americana de compra *call*.
P: Prima de la opción financiera americana de venta *put*.

X: Precio de ejercicio de la opción financiera americana de compra *call*.
S_0: Valor del activo subyacente al inicio del contrato.
T: Tiempo de vencimiento del contrato de la opción financiera americana.
S_T: Valor del subyacente al final del contrato de la opción financiera americana.
i: Tasa de interés nacional "libre de riesgo".
σ: Volatilidad del rendimiento del subyacente.
G_c: Ganancia de la opción financiera americana de compra *call*.
G_p: Ganancia de la opción financiera americana de venta *put*.

Posiciones de las opciones financieras

Hay dos tipos de opciones financieras que son las de compra (*call)* y las de venta (*put*), ambas tienen la posición larga y la posición corta.

Posición larga: La opción financiera de compra larga le otorga al poseedor de la opción el derecho de comprar el activo subyacente a un precio de ejercicio en una fecha determinada. Dicho derecho se le otorga por el pago de la prima al estipular el contrato; obligando al vendedor del activo subyacente a venderlo. Mientras que, la opción financiera de venta larga le otorga al poseedor de la opción el derecho de vender el activo subyacente a un precio de ejercicio en una fecha determinada. Dicho derecho se le otorga por el pago de la prima; obligando al comprador del activo subyacente a comprarlo.

Posición corta: La opción financiera de compra corta es la contraparte de la opción financiera de compra larga, esta contraparte tiene la obligación de vender el activo subyacente a un cierto precio en una fecha determinada al poseedor de la opción financiera de compra larga, debido a que recibe de éste una prima. Por otro lado, la opción financiera de venta corta es la contraparte de la opción financiera de venta larga, esta contraparte tiene la obligación de comprar el activo subyacente a un cierto precio en una fecha determinada al poseedor de la opción financiera de venta larga debido a que recibe de éste una prima.

Estrategias con opciones financieras

Estas estrategias sirven para proporcionar cobertura de una mejor manera al comprar o vender opciones financieras o por las posibles combinaciones de las posiciones de al menos dos de éstas, de acuerdo con la expectativa que tenga el inversionista.

Bear y Bull Spreads

Si se combinan un *call* largo con un *call* corto, pero con distintos precios de ejercicio, se genera un *BEAR CALL SPREAD* (sólo gana en un mercado a la baja) o *BULL CALL SPREAD* (sólo gana en un mercado al alza). Además, es posible estructurar estos resultados utilizando sólo *puts*, para tal caso las estrategias resultantes se llamarán *BEAR PUT SPREAD* o *BULL PUT SPREAD*. Por el diferencial en primas es posible que una alternativa sea más barata que la otra.

Straddles

Si se compran tanto un *put* como un *call*, ambos con el mismo precio de ejercicio, se requiere un desembolso relativamente considerable al inicio, la suma de ambas primas, pero se obtiene una estrategia singularmente conveniente: se gana tanto al alza como a la baja, siempre y cuando el desplazamiento observado en el mercado sea considerable (cambios drásticos en el precio del activo subyacente).

Strangles

El requerimiento forzoso con los *STRADDLES* de que los precios de ejercicio sean iguales obliga a que normalmente una de las dos opciones financieras, el *call* o el *put*, resulte relativamente demasiado cara, encareciendo el *STRADDLE*, o demasiado barata, encareciendo el máximo ingreso posible con el *SHORT STRADDLE*. En consecuencia, se aplica la misma lógica, pero utilizando precios de ejercicio distintos, es decir, construyendo *STRANGLES*.

Butterflies

Si se combinan un *call* largo con cierto precio de ejercicio (X_1), dos *call* cortos con otro precio de ejercicio (X_2) y otro *call* largo con un precio de ejercicio (X_3), donde los tres precios de ejercicio son equidistantes. La estrategia resultante se conoce como *BUTTERFLY*.

III. RESULTADOS

En esta investigación se analizaron 50 estrategias de cobertura de riesgos para las principales opciones financieras americanas sobre acciones (AMX-L, CEMEX-CPO, GMEXICO-B, TLEVISA-CPO y WALMEX-V) del MexDer, se trabajó con la tasa de interés nacional libre de riesgo TIIE en base a la información publicada por Banxico, la volatilidad es histórica anual extraída del vector de precios. En cuanto a la periodicidad si bien MexDer estipula que estos tipos de contratos pueden comercializarse cada 3 meses hasta un año, en este estudio, con base en el mercado se considera periodicidad anual; el periodo de valuación de cada opción financiera americana corresponde del 31/12/2019 al 31/12/2020 o bien el primer año desde la llegada del COVID-19 al mundo. A continuación, se muestra su clasificación por sector y subsector económico y los valores usados en cada variable para la obtención de los resultados para cada opción financiera americana analizada.

Cuadro 1
Distribución económica de las acciones

Acción	Sector económico	Subsector económico
AMX-L	Servicios de telecomunicaciones	Telecomunicaciones
CEMEX-CPO	Minerales no metálicos	Fabricación de cemento y productos de concreto
GMEXICO-B	Minería	Minería de minerales metálicos y no metálicos
TLEVISA-CPO	Servicios de telecomunicaciones	Medios de comunicación
WALMEX-V	Comercio	Tienda de mercancías diversas

Fuente: Elaboración propia con información de la BMV (2021).

En el Cuadro 1 se observa que la distribución de las acciones estudiadas en esta investigación por sector económico es la siguiente: Servicios de telecomunicaciones (2), Minerales no metálicos (1), Minería (1) y Comercio (1).

Cuadro 2
Valores para la conformación de estrategias de cobertura de riesgos

Variable	AMX-L	CEMEX-CPO	GMEXICO-B	TLEVISA-CPO	WALMEX–V
σ	0.23	0.33	0.30	0.34	0.24
i	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
S_0	$15.10	$7.08	$51.86	$44.37	$54.15
S_T	$14.49	$10.27	$84.12	$32.74	$55.98
X_1	$14.00	$7.00	$52.00	$44.00	$54.00
C_{X_1}	$2.61	$1.20	$8.04	$7.74	$7.24
P_{X_1}	$0.50	$0.61	$4.40	$4.17	$3.16
X_2	$15.00	$8.00	$53.00	$45.00	$55.00
C_{X_2}	$2.01	$0.78	$7.56	$7.26	$6.71
P_{X_1}	$0.82	$1.11	$4.84	$4.62	$3.56
X_3	$16.00	$9.00	$54.00	$46.00	$56.00
C_{X_3}	$1.51	$0.49	$7.09	$6.81	$6.21
P_{X_2}	$1.25	$1.75	$5.31	$5.09	$3.98

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 3
Pérdidas o ganancias de las estrategias con opciones americanas sobre cada acción

Estrategia	AMX-L	CEMEX-CPO	GMEXICO-B	TLEVISA-CPO	WALMEX–V
STRADDLE	($2.32)	$0.38	**$18.72**	$0.38	($9.28)
SHORT STRADDLE	**$2.32**	($0.38)	($18.72)	($0.38)	$9.28
STRANGLE	($2.01)	$0.17	$18.63	$0.29	($9.37)
SHORT STRANGLE	$2.01	($0.17)	($18.63)	($0.29)	**$9.37**
BUTTERFLY	$0.31	($0.21)	($0.10)	($0.10)	($0.08)
SHORT BUTTERFLY	($0.31)	$0.21	$0.10	$0.10	$0.08
BULL CALL SPREAD	($0.50)	**$0.71**	$0.54	($0.45)	$0.48
BEAR CALL SPREAD	$0.50	($0.71)	($0.54)	$0.45	($0.48)
BULL PUT SPREAD	($0.57)	$0.64	$0.47	($0.53)	$0.41
BEAR PUT SPREAD	$0.57	($0.64)	($0.47)	**$0.53**	($0.41)

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 4
Pérdidas o ganancias de las estrategias por lote de opciones americanas sobre cada acción

Estrategia	**AMX-L**	**CEMEX-CPO**	**GMEXICO-B**	**TLEVISA-CPO**	**WALMEX–V**
STRADDLE	($231.98)	$37.92	**$1,872.40**	$38.36	($928.49)
SHORT STRADDLE	**$231.98**	($37.92)	($1,872.40)	($38.36)	$928.49
STRANGLE	($200.57)	$17.14	$1,862.83	$28.68	($936.57)
SHORT STRANGLE	$200.57	($17.14)	($1,862.83)	($28.68)	**$936.57**
BUTTERFLY	$31.41	($20.78)	($9.57)	($9.68)	($8.08)
SHORT BUTTERFLY	($31.41)	$20.78	$9.57	$9.68	$8.08
BULL CALL SPREAD	($50.03)	**$71.00**	$53.86	($45.49)	$48.12
BEAR CALL SPREAD	$50.03	($71.00)	($53.86)	$45.49	($48.12)
BULL PUT SPREAD	($57.31)	$63.72	$46.58	($52.77)	$40.84
BEAR PUT SPREAD	$57.31	($63.72)	($46.58)	**$52.77**	($40.84)

Fuente: Elaboración propia.

El Cuadro 2 muestra los valores de entrada para la conformación de las estrategias con opciones americanas sobre cada tipo de acción; mientras que los Cuadros 3 y 4 reflejan las pérdidas o ganancias de forma individual o por lote de opciones, respectivamente. AMX-L tuvo poca variación por lo que su mayor ganancia la obtuvo con el *SHORT STRADDLE*, CEMEX-CPO tuvo una tendencia al alza teniendo la mayor ganancia con el *BULL CALL SPREAD*, GMEXICO-B tuvo alta volatilidad alcista reflejando su mayor ganancia mediante el *STRADDLE*, TLEVISA-CPO muestra tendencia a la baja con mayor ganancia mediante el *BEAR PUT SPREAD*. Por último, se observa que WALMEX-V presentó baja volatilidad obteniendo la mejor ganancia con el *SHORT STRANGLE*.

Los resultados resumen se muestran en el Cuadro 5.

Cuadro 5
Resumen de mejores estrategias por acción

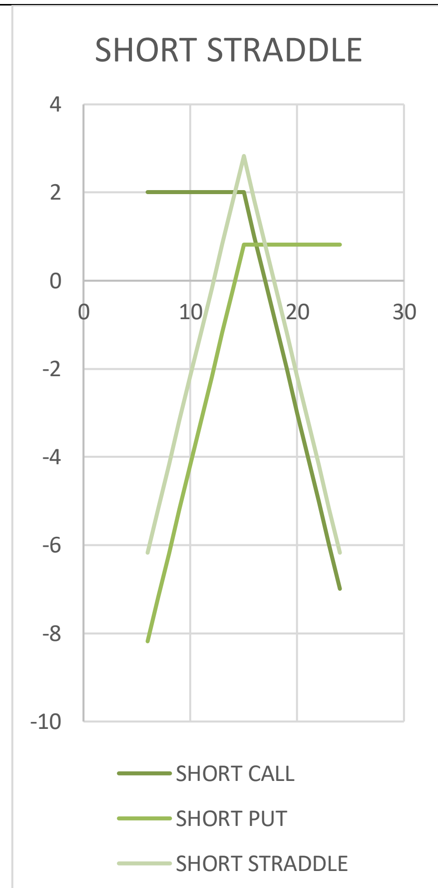
Acción	**Mejor Estrategia**	**Interpretación**	**Ganancia Final**
AMX-L	*SHORT STRADDLE*	Baja volatilidad	**$231.98**
CEMEX-CPO	*BULL CALL SPREAD*	Tendencia a la alza	**$70.99**
GMEXICO-B	*STRADDLE*	Alta volatilidad	**$1872.40**
TLEVISA-CPO	*BEAR PUT SPREAD*	Tendencia a la baja	**$52.76**
WALMEX-V	*SHORT STRANGLE*	Baja volatilidad	**$936.56**

Fuente: Elaboración propia.

El Cuadro 5 muestra que después de haber analizado cincuenta contratos de opciones financieras americanas sobre las acciones: AMX-L, CEMEX-CPO, GMEXICO-B, TLEVISA-CPO y WALMEX-V, en el periodo de inversión correspondiente al primer año de la pandemia COVID-19. GMEXICO-B obtuvo la mayor ganancia con una estrategia de alta volatilidad, mientras que la menor la obtuvo TLEVISA-CPO con una estrategia de tendencia a la baja. Las acciones más estables y con ganancias fueron AMX-L y WALMEX-V, mientras que CEMEX-CPO mostró ganancia con alza en el precio de su acción. Lo anterior se puede apreciar gráficamente a continuación.

Gráfica 3
***Short Straddle* AMX-L**

MERCADO	*SHORT CALL*	*SHORT PUT*	*SHORT STRADDLE*
$24.00	-$6.99	$0.82	-$6.17
$23.00	-$5.99	$0.82	-$5.17
$22.00	-$4.99	$0.82	-$4.17
$21.00	-$3.99	$0.82	-$3.17
$20.00	-$2.99	$0.82	-$2.17
$19.00	-$1.99	$0.82	-$1.17
$18.00	-$0.99	$0.82	-$0.17
$17.00	$0.01	$0.82	$0.83
$16.00	$1.01	$0.82	$1.83
$15.00	$2.01	$0.82	$2.83
$14.00	$2.01	-$0.18	$1.83
$13.00	$2.01	-$1.18	$0.83
$12.00	$2.01	-$2.18	-$0.17
$11.00	$2.01	-$3.18	-$1.17
$10.00	$2.01	-$4.18	-$2.17
$9.00	$2.01	-$5.18	-$3.17
$8.00	$2.01	-$6.18	-$4.17
$7.00	$2.01	-$7.18	-$5.17
$6.00	$2.01	-$8.18	-$6.17
$14.49	**$2.01**	**$0.31**	**$2.32**

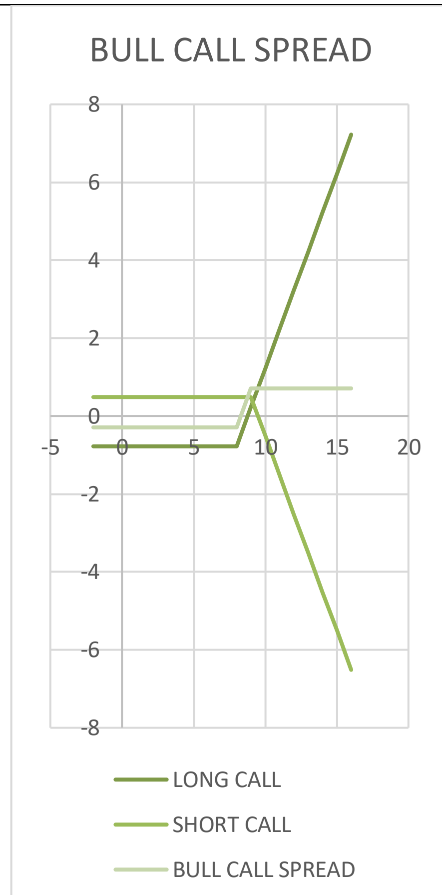


Fuente: Elaboración propia.

En la Gráfica 3 se aprecia el estado de resultados para la elaboración de la estrategia *SHORT STRADDLE* para AMX-L del sector servicios de telecomunicaciones, la cual al inicio del contrato (31/12/2019) el subyacente tenía un valor inicial de $15.1 y al final del contrato (31/12/2020) de $14.49 (marcado en negritas).

Gráfica 4
***Bull Call Spread* CEMEX-CPO**

MERCADO	*LONG CALL*	*SHORT CALL*	*BULL CALL SPREAD*
-$2.00	-$0.78	$0.49	-$0.29
-$1.00	-$0.78	$0.49	-$0.29
$0.00	-$0.78	$0.49	-$0.29
$1.00	-$0.78	$0.49	-$0.29
$2.00	-$0.78	$0.49	-$0.29
$3.00	-$0.78	$0.49	-$0.29
$4.00	-$0.78	$0.49	-$0.29
$5.00	-$0.78	$0.49	-$0.29
$6.00	-$0.78	$0.49	-$0.29
$7.00	-$0.78	$0.49	-$0.29
$8.00	-$0.78	$0.49	-$0.29
$9.00	$0.22	$0.49	$0.71
$10.00	$1.22	-$0.51	$0.71
$11.00	$2.22	-$1.51	$0.71
$12.00	$3.22	-$2.51	$0.71
$13.00	$4.22	-$3.51	$0.71
$14.00	$5.22	-$4.51	$0.71
$15.00	$6.22	-$5.51	$0.71
$16.00	$7.22	-$6.51	$0.71
$10.27	**$1.49**	**-$0.78**	**$0.71**

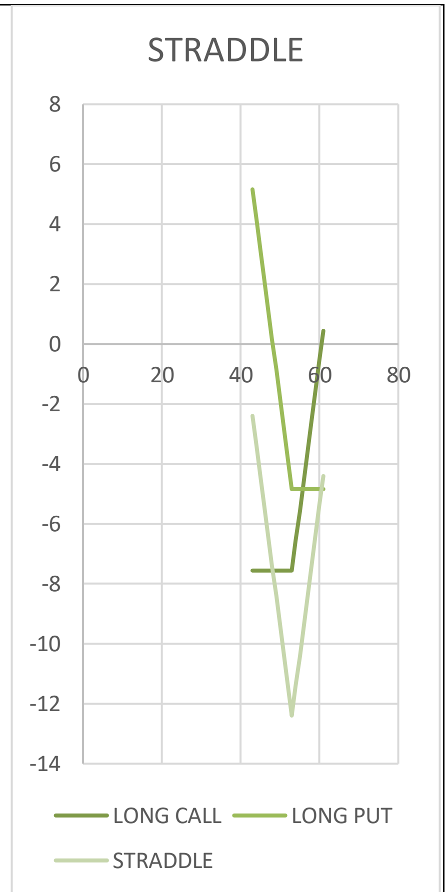


Fuente: Elaboración propia.

En la Gráfica 4 se aprecia el estado de resultados para la elaboración de la estrategia *BULL CALL SPREAD* para CEMEX-CPO del sector minerales no metálicos, la cual al inicio del contrato (31/12/2019) el subyacente tenía un valor inicial de $7.08 y al final del contrato (31/12/2020) de $10.27 (marcado en negritas).

Gráfica 5
***Straddle* GEMEXICO-B**

MERCADO	*LONG CALL*	*LONG PUT*	*STRADDLE*
$43.00	-$7.56	$5.16	-$2.40
$44.00	-$7.56	$4.16	-$3.40
$45.00	-$7.56	$3.16	-$4.40
$46.00	-$7.56	$2.16	-$5.40
$47.00	-$7.56	$1.16	-$6.40
$48.00	-$7.56	$0.16	-$7.40
$49.00	-$7.56	-$0.84	-$8.40
$50.00	-$7.56	-$1.84	-$9.40
$51.00	-$7.56	-$2.84	-$10.40
$52.00	-$7.56	-$3.84	-$11.40
$53.00	-$7.56	-$4.84	-$12.40
$54.00	-$6.56	-$4.84	-$11.40
$55.00	-$5.56	-$4.84	-$10.40
$56.00	-$4.56	-$4.84	-$9.40
$57.00	-$3.56	-$4.84	-$8.40
$58.00	-$2.56	-$4.84	-$7.40
$59.00	-$1.56	-$4.84	-$6.40
$60.00	-$0.56	-$4.84	-$5.40
$61.00	$0.44	-$4.84	-$4.40
$84.12	**$23.56**	**-$4.84**	**$18.72**

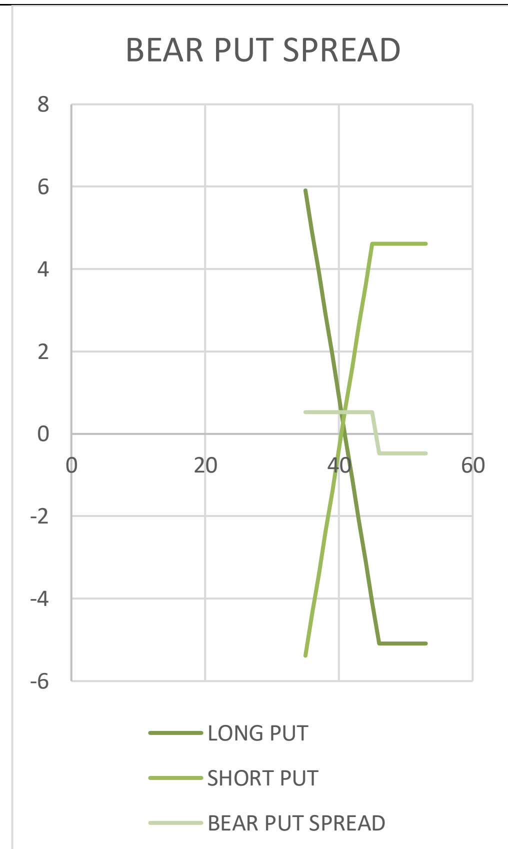


Fuente: Elaboración propia.

En la Gráfica 5 se aprecia el estado de resultados para la elaboración de la estrategia *STRADDLE* para GMEXICO-B del sector minería, la cual al inicio del contrato (31/12/2019) el subyacente tenía un valor inicial de $51.86 y al final del contrato (31/12/2020) de $84.12 (marcado en negritas).

Gráfica 6
***Bear Put Spread* TLEVISA-CPO**

MERCADO	*LONG PUT*	*SHORT PUT*	*BEAR PUT SPREAD*
$35.00	$5.91	-$5.38	$0.53
$36.00	$4.91	-$4.38	$0.53
$37.00	$3.91	-$3.38	$0.53
$38.00	$2.91	-$2.38	$0.53
$39.00	$1.91	-$1.38	$0.53
$40.00	$0.91	-$0.38	$0.53
$41.00	-$0.09	$0.62	$0.53
$42.00	-$1.09	$1.62	$0.53
$43.00	-$2.09	$2.62	$0.53
$44.00	-$3.09	$3.62	$0.53
$45.00	-$4.09	$4.62	$0.53
$46.00	-$5.09	$4.62	-$0.47
$47.00	-$5.09	$4.62	-$0.47
$48.00	-$5.09	$4.62	-$0.47
$49.00	-$5.09	$4.62	-$0.47
$50.00	-$5.09	$4.62	-$0.47
$51.00	-$5.09	$4.62	-$0.47
$52.00	-$5.09	$4.62	-$0.47
$53.00	-$5.09	$4.62	-$0.47
$32.74	**$8.17**	**-$7.64**	**$0.53**

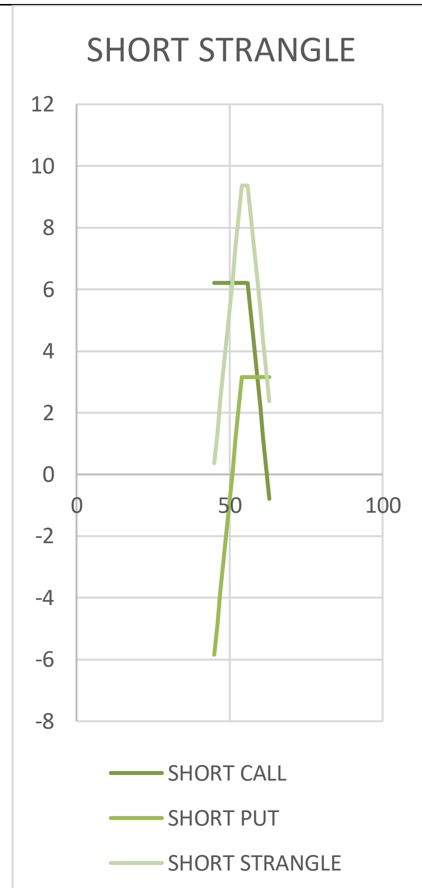


Fuente: Elaboración propia.

En la Gráfica 6 se aprecia el estado de resultados para la elaboración de la estrategia *BEAR PUT SPREAD* para TLEVISA-CPO del sector servicios de telecomunicaciones, la cual al inicio del contrato (31/12/2019) el subyacente tenía un valor inicial de $44.37 y al final del contrato (31/12/2020) de $32.74 (marcado en negritas).

Gráfica 7
***Short Strangle* WALMEX-V**

MERCADO	*SHORT CALL*	*SHORT PUT*	*SHORT STRANGLE*
$45.00	$6.21	-$5.84	$0.37
$46.00	$6.21	-$4.84	$1.37
$47.00	$6.21	-$3.84	$2.37
$48.00	$6.21	-$2.84	$3.37
$49.00	$6.21	-$1.84	$4.37
$50.00	$6.21	-$0.84	$5.37
$51.00	$6.21	$0.16	$6.37
$52.00	$6.21	$1.16	$7.37
$53.00	$6.21	$2.16	$8.37
$54.00	$6.21	$3.16	$9.37
$55.00	$6.21	$3.16	$9.37
$56.00	$6.21	$3.16	$9.37
$57.00	$5.21	$3.16	$8.37
$58.00	$4.21	$3.16	$7.37
$59.00	$3.21	$3.16	$6.37
$60.00	$2.21	$3.16	$5.37
$61.00	$1.21	$3.16	$4.37
$62.00	$0.21	$3.16	$3.37
$63.00	-$0.79	$3.16	$2.37
$55.98	**$6.21**	**$3.16**	**$9.37**



Fuente: Elaboración propia.

En la Gráfica 7 se aprecia el estado de resultados para la elaboración de la estrategia *SHORT STRANGLE* para WALMEX-V del sector comercio, la cual al inicio del contrato (31/12/2019) el subyacente tenía un valor inicial de $54.15 y al final del contrato (31/12/2020) de $55.98 (marcado en negritas).

CONCLUSIONES

Dentro del conjunto de instrumentos derivados que son especulativos con base en la premisa de a mayor riesgo mayor rendimiento, las opciones financieras parecen ser el instrumento que proporciona mayor seguridad, pues al realizar diversas combinaciones de éstas se pueden crear estrategias de cobertura de riesgos. Es importante destacar que estos tipos de contratos cuando se encuentran en mercados organizados como el MexDer tienen una Cámara de Compensación que se convierte en el garante de todas las obligaciones financieras que resultan de la operación de los contratos derivados, que constituye una inversión de la BMV e Indeval. Esta investigación analiza las principales empresas referentes a este tipo de contratos.

Este trabajo tiene como limitaciones que asume volatilidad constante en el modelo CRR por lo que para futuras investigaciones se recomienda romper este supuesto y realizar estrategias de cobertura de riesgos con opciones financieras, este tipo de estrategias le brindan al inversionista protección y la seguridad de estar cubierto de mejor manera ante una eventualidad "crisis financiera o pandémica" que afecte al mercado de derivados en caso de que su expectativa no se cumpla.

A pesar de que los modelos CRR (discreto) y Black Scholes (continuo) asumen volatilidad constante, en la práctica son los modelos más comunes con los que se trabaja en el MexDer. Destacando la sencillez de su uso e implementación al asumir el supuesto de rendimientos gaussianos. Además de ser modelos de bajo costo, sin ser necesario el uso de software sofisticado, el cual sí lo es para modelos más robustos.

Después de haber analizado cincuenta contratos de opciones financieras americanas sobre las acciones: AMX-L, CEMEX-CPO, GMEXICO-B, TLEVISA-CPO y WALMEX-V durante el periodo 31/12/2019-31/12/2020. La principal aportación de este trabajo es que empíricamente se ha mostrado que a pesar de la crisis COVID-19, es posible obtener ganancias a través de los contratos de opciones financieras americanas sobre las acciones analizadas de la BMV, independientemente si sube, baja o se mantiene el precio de la acción. Por lo cual se comprobó la hipótesis y se alcanzó el objetivo planteado.

REFERENCIAS

Banxico (2018). Volumen de Operaciones Derivadas. Banco de México. [En línea]. http://www.Banxico.org.mx/mercados/operaciones-derivadas-volumen.html. Fecha de consulta: 5 de junio de 2019.

Barone-Adesi, G. and Whaley, R. (1987). Efficient analytic approximation of American options values. *The Journal of Finance*, 42(2): 301-320. https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1987.tb02569.x

Bernedo, M., y Azañero, S. (2003). La banca central y los derivados financieros: El caso de las opciones de divisas. *Revista Estudios Económicos, Banco Central de Reserva del Perú*. 9(1), 113-148.

BMV (2021). Sector económico de las emisoras. [En línea]. Disponible en: https://www.bmv.com.mx/es/emisoras/perfil/. Fecha de consulta: 31/01/2021

Cardero, M. E. y Galindo, L. (2002). Sistema Financiero Internacional: los temas a debate. En G. Mántey y N. Levy-Orlik (Eds.), *Globalización financiera e integración monetaria. Una perspectiva desde los países en desarrollo* (pp. 20), México: Porrúa.

Climent Hernández, J. A. (2014). La ecuación de segundo grado en la estimación de parámetros de la martingala y la valuación de opciones americanas a través de la programación dinámica estocástica. *Estocástica: Finanzas y Riesgo*, 4(2): 155-190.

Cortés, L. J. (2016). Fundamentos sobre opciones financieras: Una revisión desde una perspectiva matemática. Universidad Politécnica de Valencia. https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/68275/Cort%C3%A9s%3BNavarro%20%20Fundamentos%20sobre%20opciones%20financieras%3A%20Una%20revisi%C3%B3n%20desde%20una%20perspectiva%20matem....pdf?sequence=1. Fecha de consulta: 5 de julio de 2019.

Cox J., Ross S., and Rubinstein M. (1979). Option Pricing: A Simplified Approach, *Journal of Financial Economics*, 7(3), 229-263 https://doi.org/10.1016/0304-405X(79)90015-1

El-Khatib, Y., and Hatemi, J., A. (2020). The second order price sensitivities for markets in a crisis, *Journal of King Saud University-Science*, 32(1), 131-135. https://doi.org/10.1016/j.jksus.2018.03.016

Gao, R., Li, Y., Bai, Y., Hong, S. (2019). Bayesian Inference for Optimal Risk Hedging Strategy Using Put Options with Stock Liquidity, *IEEE*, 7(1), 146046-146056. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2946260

Goudenege, L., Molent, A., Zannete, A. (2019). Pricing and hedging GMWB in the Heston and in the Black-Scholes with stochastic interest rate models, C*omputational Management Science,* 16(1), 217-248. https://doi.org/10.1007/s10287-018-0304-2

Guerrero, H. (2006). Análisis de la información que publica la Bolsa Mexicana de Valores: El caso de las empresas listadas en el Mercado Mexicano de Derivados. *Mercados y Negocios*. 13(7), 1-8.

Hanbali, H., y Linders, D. (2019). American-type basket option pricing: a simple two-dimensional partial differential equation, *Quantitative Finance*. 19(10), 1689-1704. https://doi.org/10.1080 / 14697688.2019.1588987

Hernández, B. (2016). Opciones y Acciones Financieras. Comercio y Economía. [En línea]. Disponible en: https://www.acta.es/medios/articulos/comercio_y_economia/037001.pdf. Fecha de consulta: 15 de julio de 2019.

Kim, S., Kim, H., and Kim, J. (2020). ELS pricing and hedging in a fractional Brownian motion environment. *Chaos Solitons & Fractals*, 142: 110453. https://doi.org/10.1016/j.chaos.2020.110453.

Lai, C., H. (2019). Modification terms to the Black-Scholes model in a realistic hedging strategy with discrete temporal steps, *International Journal of Computer Mathematics,* 96(11), 2201-2208. https://doi.org/10.1080/00207160.2018.1542135

Martínez Palacios, M. T. V., Sánchez Daza, A. y Venegas Martínez, F. (2012). Valuación de opciones americanas: un enfoque de control óptimo estocástico en un horizonte finito con fecha final aleatoria. *Análisis Económico*, 64(XXVII): 165-183.

Mesén, F. (2008). Los instrumentos financieros derivados: concepto, operación y algunas estrategias de negociación. *Revista de Ciencias Económicas*, 26(2), 243-256.

MexDer (2019). La Bolsa de Derivados. Mercado Mexicano de Derivados. [En línea]. Disponible en: http://www.mexder.com.mx/wb3/wb/MEX/antecedentes. Fecha de consulta: 30 de agosto de 2019.

Safdari, V. (2019). Radial Basis Function Approximation Method for Pricing of Basket Options Under Jump Diffusion Model, *Numerical Mathematics and Advanced Applications ENUMATH 2017, 126*(1), 103-112. https://doi.org/10.1007/978-3-319-96415-7_7

Siu, T., and Elliott, R. (2019). Hedging Options in a doubly Markov-Modulated Financial Market Via Stochastic Flows, *International Journal of Theoretical and Applied Finance,* 22(8), 1-15. https://doi.org/10.1142/S021902491950047X

Stoyanov, S., Rachev, S., Mittnik, S., and Fabozzi, F. (2019). Pricing Derivatives in Hermite Markets, *International Journal of Theoretical and Applied Finance*, 22(6), 35-52. https://doi.org/10.1142/S0219024919500316

Thomas, D. M. y Cano, M. (2018). El mercado de derivados financieros en la Argentina.

KPMG. [En línea]. Disponible en: https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/ar/pdf/kpmg-informe-especial-derivados-financieros-en-el-mercado-argentino-2018.pdf. Fecha de consulta: 19 de agosto de 2019.

Villeneuve, S. and Zanette, A. (2002). Parabolic A.D.I. methods for pricing American options on two stocks. *Mathematics of Operations Research*, 27: 121-149.https://doi.org/10.1287/moor.27.1.121.341