

## Decisiones de inversión bursátil en periodos de alta volatilidad. Un análisis de sensibilidad mediante el enfoque “Risk Metrics”

Rodolfo Santiago Morgado<sup>1</sup>  
Eduardo Adolfo Pérez Gómez<sup>2</sup>  
Aristides Antonio Guillén Aguilar<sup>3</sup>

### 1. Introducción

En un escenario económico y financiero, el caso de la crisis del Medio Oriente que ha impactado en las bolsas internacionales, es factor de análisis y por supuesto de preocupación para los mercados financieros dado que es complejo considerar óptimas decisiones de inversión por la alta volatilidad del mercado y por los diversos riesgos que enfrentan los agentes, de manera especial las adversidades que se presentan por el riesgo de mercado.

Es significativo para los inversionistas saber cómo obtendrán un portafolio de inversión correctamente diversificado y una cartera eficiente en periodos que muestran alta evidencia de volatilidad como lo ha sido la crisis del Medio Oriente. Por tal motivo, conviene preguntarnos ¿cuál es la metodología indicada para lograr este objetivo?

En cierto sentido cualquier persona con valor adquisitivo quisiera saber la respuesta, y la propuesta que se propone esta tesis parece encontrarla, por el hecho de determinar un detallado análisis del Valor en Riesgo -riskmetrics- con apoyo de las técnicas econométricas en el sentido estricto de las series de tiempo.

Por lo anterior muchos sabemos que el cálculo del Valor en Riesgo quedó en entredicho en la crisis hipotecaria del verano del 2007, la cual evidentemente impactó a la economía real de todo el mundo con la caída de Lehman Brothers. Ello quiere decir que el cálculo del Valor en Riesgo que implementaron bancos, aseguradoras, casas de bolsa y fondos de inversión, tal vez no fue el correcto, debido a que no se captó la máxima pérdida esperada en que pudieran incurrir, situación que no previó a estas instituciones de la quiebra.

La respuesta a que la metodología del cálculo del Valor en Riesgo con el apoyo de análisis del tipo técnico y fundamental no funcionó, es simple: en los mercados financieros no existía información simétrica, es decir, los mercados no eran eficientes, y ello evidentemente porque se titularizaron las hipotecas riesgosas, aparte de una ineficaz regulación gubernamental en los productos estructurados que detonaron la crisis. En este sentido no se sabía en donde estaba el riesgo, o bien, qué instituciones lo poseían en sus activos y en sus hojas de balance, por lo que las instituciones al darse cuenta que los contemplaban, cayeron en default.

Básicamente la técnica del Valor en Riesgo no fue como tal, tan eficiente, incluso hasta para la Reserva Federal, que bien, la imponía como medida regulatoria a las instituciones financieras. Esta falta de eficiencia se criticó y hasta cierto punto ha ido buscando crear nuevas líneas de investigación en este sentido. Una de ellas y para que Wall Street estuviera tranquilo fue el cálculo de las hipotecas en el contexto de los precios. Otra ha sido el cálculo de la distribución de la cartera considerando nuevos axiomas basados en el lema de Ito.

Siendo así, nuestra propuesta es simple y consiste en el mismo cálculo del Valor en Riesgo que propuso JP Morgan, pero con el apoyo y con sólidos argumentos de un análisis econométrico de series de tiempo que contempla modelos dinámicos, de manera especial un modelo de Vectores Autorregresivos, el cual aterriza en un análisis de cointegración tomando en cuenta que lo que busca un inversionista es encontrar el equilibrio de su portafolio de inversión en el largo plazo, básicamente para que sus rendimientos sean atractivos y también con el fin de mitigar los diversos riesgos de mercado.

En este tenor, el objetivo general de esta tesis es asimilar un eficiente portafolio de inversión, obtenido de la alta volatilidad en los mercados pronunciada en la crisis del Medio Oriente. El primer objetivo particular es determinar en un modelo lineal y con el método de Backward, las acciones que compondrán el portafolio principalmente por su significancia estadística.

En esta línea el planteamiento de la presente tesis corresponde a la siguiente hipótesis: **los portafolios de inversión que muestran alta volatilidad en los mercados financieros en tiempos de crisis financiera y**

<sup>1</sup> Licenciados en Economía con un Posgrado en la Especialidad en Economía Monetaria y Financiera de la UNAM. morgado\_economia@hotmail.com

<sup>2</sup> Licenciados en Economía con un Posgrado en la Especialidad en Economía Monetaria y Financiera de la UNAM. eapg.rack@yahoo.com.mx

<sup>3</sup> Licenciados en Economía con un Posgrado en la Especialidad en Economía Monetaria y Financiera de la UNAM. aristide\_22@yahoo.com

**económica se diluyen con la correcta implementación del cálculo del Valor en Riesgo, apoyándose a su vez con las técnicas econométricas.**

El artículo se enfoca en detallar los datos y la metodología econométrica que se realizará para la conformación del portafolio de inversión, el cual bajo los argumentos de las técnicas econométricas dará paso a la implementación de la máxima pérdida esperada del portafolio en el sentido del Valor en Riesgo que propone el banco de inversiones JP Morgan. Finalmente se abordarán las significativas conclusiones de esta tesis y sus respectivas recomendaciones.

## **2. Desarrollo del artículo**

**Inestabilidad financiera del Medio Oriente y su impacto en un portafolio de inversión; un análisis econométrico**

### **2.1 Datos y Metodología**

En el presente apartado se desarrolla el modelo de regresión lineal, con el cual se verá el desarrollo que tienen los activos financieros en el desempeño del Futuro WTI. El análisis cuantitativo es a través de la econometría<sup>4</sup>, con base en un modelo lineal, el cual para nuestros fines de análisis interesa la interpretación de los coeficientes, y con base en estas mismas variables convertir el modelo en uno de tipo dinámico, para luego, observar cointegración en el largo plazo. En esta última interpretación se visualiza el impulso que hay en nuestras variables de estudio y la respuesta en el Futuro (WTI).

El período de análisis comprende del 1 de diciembre de 2010 al 4 de marzo de 2011, comprendiendo exactamente 67 datos. Son series de tiempo con frecuencia diaria, en donde se implementaron logaritmos en todas las variables, básicamente con el fin de implementar la forma funcional (log-log), en el sentido de que es la forma que detalla la elasticidad de las variables independientes, por lo que indica que por cada punto porcentual de la variable explicativa hace que crezca o decrezca la variable dependiente. El objetivo de usar logaritmos básicamente fue con el fin de suavizar las series de análisis y con el fin de interpretar elasticidades en el modelo dinámico, entre los activos financieros y el Futuro WTI. El paquete estadístico que se utiliza es el software econométrico denominado E-Views 5.0, en el cual se realizó la regresión y se verificaron las pruebas de hipótesis relevantes a un nivel de significancia del 5 por ciento. Las variables que se utilizaron se obtuvieron del portal en internet Yahoo Finance, y son las siguientes:

- Futuro del Petróleo (WTI)
- Índice de Precios al Consumidor (IPC ^MXX)
- Precio de la acción ALFA-A (ALFAA.MX)
- Precio de la acción AMERICA MOVIL-L (AMXL:MX)
- Precio de la acción ARA.MX (CONSORCIO ARA)
- Precio de las acción TV AZTECA CPO (AZTECACPO.MX)
- Precio de las acción GRUPO BIMBO-A (BIMBOA.MX)
- Precio de las acción CEMEX-CPO (CEMEXCPO.MX)
- Precio de las acción CONTROLADORA CPO (COMERCIUBC.MX)
- Precio de las acción ELEKTRA (ELEKTRA.MX)
- Precio de la acción FOMENTO ECONOM UTS (FEMSAUBD.MX)
- Precio de las acción GRUPO CARSO-A1 (GCARSOA1.MX)
- Precio de las acción GRUPO FINANC-O (GFINBURO.MX)
- Precio de las acción GRUPO FIN BANORTE-O (GFNORTE.MX)
- Precio de las acción GRUPO MODELO-C (GMODELOC.MX)
- Precio de las acción GRUMA-B (GRUMAB.MX)
- Precio de las acción EMPRESAS ICA (ICA.MX)
- Precio de las acción KIMBERLY-CLARK-A (KIMBERA.MX)
- Precio de las acción Industrias MEXICHEM (MEXCHEM.MX)
- Precio de las acción TELMEX-L (TELMEXL.MX)
- Precio de las acción GRUPO TELEVISIA-CPO (TLEVISACPO.MX)

<sup>4</sup> Samuelson, Koopmans y Stone (1954, p.p.143) señalan que la econometría es el análisis cuantitativo de fenómenos económicos reales basados en el desarrollo simultáneo de la teoría y la observación.

- Precio de las acción WAL-MART-V (WALMEXV.MX)

Estas variables son representativas en el análisis de la volatilidad en los Futuros internacionales del petróleo. Se eligió utilizar la variable Futuro del WTI como dependiente, bajo el criterio para este análisis de que su incremento o desaceleración, depende de las fluctuaciones de las variables explicativas.

Asimismo se eligieron utilizar como variables independientes al IPC y a los activos que componen la Bolsa Mexicana de Valores más representativos, es decir, los activos financieros que captaban, en mayor medida, evidencia de volatilidad; ello al emplear el cálculo de las Betas para demostrar el comportamiento de los rendimientos en un marco de volatilidad semanal (véase cuadro 12 en anexos).

La técnica que se emplea es con el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO). Al cumplirse los supuestos básicos junto con las propiedades de los estimadores se genera el mejor estimador lineal insesgado, el cual se conoce como el Teorema de Gauss-Markov. Las variables de estudio se expresan en la regresión que se realiza, a través del siguiente modelo lineal:

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_{t-1} + U_t \quad (5.1)$$

De esta regresión lineal, se busca obtener los activos estadísticamente significativos con el método de Backward, y de ahí pasar al análisis de un modelo de Vectores Autorregresivos (VAR)<sup>5</sup>, con el único fin de verificar que las variables sean significativas y mantengan una relación dinámica. Al emplear la técnica de Vectores Autorregresivos, se tratan algunas variables como endógenas y otras como exógenas o predeterminadas. A la vez se tiene que considerar que es un modelo de ecuaciones simultáneas o estructurales, lo cual está en relación al análisis del Futuro WTI y el shock que mantiene con las acciones que se encontraron significativas en el modelo lineal.

Los Vectores Autorregresivos (VAR) permiten la dinámica de variables transversal. Cada variable no sólo se relaciona con su propio pasado, sino también con el de las demás variables en el sistema. Por ejemplo, en el VAR de dos variables, tenemos dos ecuaciones, una para cada variable ( $y_1$  y  $y_2$ ). Ello se expresa así:

$$y_{1,t} = \theta_{11} y_{1,t-1} + \theta_{12} y_{2,t-1} + u_{1,t} \quad (5.2)$$

$$y_{2,t} = \theta_{21} y_{1,t-1} + \theta_{22} y_{2,t-1} + u_{2,t} \quad (5.3)$$

Este VAR se apoya con el problema de determinar el número de rezagos apropiados en el modelo dinámico, por lo que propone utilizar el método de Akaike (AIC) –y otros–.

Una vez determinada la longitud de los rezagos, se verifica su estructura dinámica de largo plazo con el test de cointegración en el sentido de Johansen. Por tanto, el análisis de cointegración de Johansen (1988) está en relación a analizar las restricciones impuestas por la cointegración de las series de un modelo dinámico no restringido. El planteamiento de Johansen en este análisis considera un modelo VAR de orden de integración (p).

$$Y_t = A_1 y_{t-1} + \dots + A_p y_{t-p} + \beta x_t + u_t \quad (5.4)$$

En el método de Johansen los coeficientes, al indicar si las series son del mismo orden de integración, significan que encuentran cointegración en el largo plazo. Este orden de integración lo verificamos con el test de Dickey Fuller, el cual se usa para comprobar si una serie es o no estacionaria. Así, si en el proceso de modelación de una serie  $Y_t$  observamos que es un proceso estocástico, se utilizan las diferencias para estabilizar la serie y es necesario decidir sobre el número de diferencias que necesita la serie.

Finalmente para corroborar la interpretación de las variables se analiza la descomposición de la varianza que permite medir en diferentes horizontes del tiempo el porcentaje de volatilidad que registra una variable por los choques de las demás, sin descartar que los coeficientes individuales estimados en los modelos VAR son difíciles de interpretar, por lo que se procede a estimar la llamada función de impulso-respuesta (FIR) con base en la metodología de Cholesky el cual depende de la ordenación de la variables y estudia la respuesta de la variable dependiente en el sistema VAR ante “shocks” en los términos de error. De esta manera el interés de emplear las técnicas econométricas es con base en obtener lo siguiente:

- La serie original.

<sup>5</sup> Es fundamental no confundir el término Vectores Autorregresivos (VAR) con la metodología del Valor en Riesgo (VaR). Nótese que el VAR es un modelo dinámico de series de tiempo y el VaR es un modelo estadístico que mide la máxima pérdida esperada de un portafolio de inversión dado. Lo que se busca en esta tesitura es optimizar el VaR con técnicas econométricas que contemplan el VAR.

- La ecuación de cointegración
- La serie pronosticada a corto plazo para corroborar que el modelo dinámico este bien especificado. Una vez especificado el modelo pasaremos a calibrar el Valor en Riesgo del portafolio de inversión.

## 2.2 Estimación

En la elaboración del modelo lineal se proponen activos significativos de la Bolsa Mexicana de Valores (BMV) que se relacionan con nuestra variable de estudio que determinamos en la Crisis del Medio Oriente -el Futuro WTI-. En este contexto se incluyeron en el modelo de regresión el IPC y las acciones más significativas que lo componen, sin embargo no todas resultaron ser significativas en conjunto, por lo que se concluyó que no era posible conformar en este sentido, un portafolio de inversión.

Bajo este panorama, entonces, se aplicó el método de Backward, o dicho de otra manera, el método de eliminación hacia atrás. Ello en principio con el fin de evitar multicolinealidad<sup>6</sup>, en donde se fueron dejando aún lado las variables explicativas con el p-value más alto y hasta donde la R<sup>2</sup> ajustada<sup>7</sup> dejará de subir.

Una vez concluido este proceso de eliminación y considerando las variables significativas para el análisis<sup>8</sup>, se conforman los activos que requerimos para la elaboración de nuestro portafolio, claro que falta analizarlos en el modelo de Vectores Autorregresivos. En este sentido el modelo lineal que se presenta en la regresión, es el siguiente:

$$\begin{aligned} \text{Ecuación (6.1), Modelo Lineal} \\ \text{FUTURO WTI} = & .2949 \beta_0 - 0.729 \text{ IPC} - 0.7690 \text{ AMOVIL} + 0.3030 \text{ COMERCI} - \\ & (6.3555) \quad (-4.393) \quad (-4.199) \quad (7.045) \\ & 0.6168 \text{ INBURSA} - 0.422 \text{ ICA} + 0.8122 \text{ WALMEX} - 0.890 \text{ GMODELO} \\ & (-3.669) \quad (-4.888) \quad (6.1142) \quad (-2.148) \end{aligned}$$

Después de este análisis representativo del impacto que genera la volatilidad de los precios del petróleo en la Bolsa Mexicana de Valores, se procede con la siguiente estimación, en la cual es indispensable conocer las características estadísticas de las series de tiempo involucradas. El siguiente paso, fue determinar que las series sean estacionarias, lo cual se corroboró con la prueba de Dickey-Fuller aumentada. En este sentido, las series mantienen un orden de integración I(p), en el que para el análisis realizado se determina que las series al diferenciarlas y evaluarlas mantengan en el sentido de Johansen este orden de integración.

A continuación en el cuadro 2 se aprecia el comportamiento de cada una de las variables, que mantiene un orden de integración en I(1) y en I(2), por lo que se puede esperar que las series estén cointegradas:

<sup>6</sup> En el contexto de no tener problemas de multicolinealidad, significa que las variables independientes no deben estar correlacionadas, básicamente para que los estimadores sean lineales.

<sup>7</sup> La R<sup>2</sup> mide la proporción total de la variación de Y explicada por la combinación lineal de regresoras, una mejor R<sup>2</sup> muestra un modelo apto para el análisis.

<sup>8</sup> Para la significancia de la probabilidad de las variables, el criterio indica que en la hipótesis nula la variable no es significativa ( $\beta = 0$ ) y la hipótesis alternativa nos señala que la variable es significativa si ( $\beta$  es diferente de 0). Lo que buscamos es que se apruebe la hipótesis alternativa, es decir, que p-value sea menor a ( $\alpha$ ) en un nivel de significancia del 5 por ciento.

**Cuadro 2**  
**Estadísticas básicas de las variables y prueba de raíz unitaria Dickey Fuller<sup>9</sup>**

	WTI	IPC	AMOVIL	COMERCI	INBURSA	ICA	WALMEX	GMODELO
Mean	4.594163	10.53552	3.55576	2.713632	3.967621	3.436274	3.551972	1.457171
Median	4.581185	10.54	3.558771	2.74663	3.979121	3.449035	3.553632	1.456553
Maximum	4.761233	10.56	3.592644	2.838493	3.996364	3.497416	3.582963	1.46902
Minimum	4.506896	10.5	3.518388	2.598979	3.908015	3.29287	3.511545	1.436414
Std. Dev.	0.071035	0.015694	0.017255	0.072604	0.025912	0.047679	0.018057	0.008042
Skewness	0.930139	-0.274896	-0.376178	-0.340062	-1.115268	-1.311845	-0.401105	-0.490522
Kurtosis	2.99004	2.30466	2.482458	1.66369	2.936757	4.334857	2.374969	2.474406
Jarque-Bera	9.661219	2.193607	2.327943	6.276487	13.90052	24.19145	2.887159	3.458027
Probability	0.007982	0.333937	0.312244	0.043359	0.000958	0.000006	0.236081	0.177459
Sum	307.809	705.88	238.2359	181.8134	265.8306	230.2304	237.9821	97.63046
Sum Sq. Dev.	0.333037	0.016257	0.019651	0.347908	0.044314	0.150037	0.021521	0.004269
Observations	67	67	67	67	67	67	67	67
Dickey Fuller I(0) Test static	-1.914	-2.14	-2.25	-1.143	-1.775	-3.255	-2.893	-1.219
5% significancia	-2.906	-2.906	-2.906	-2.906	-2.907	-2.906	-2.906	-2.906
Probabilidad	0.324	0.229	0.191	0.693	0.389	0.02	0.051	0.661
Dickey Fuller I(1) Test static	-10.857	-8.146	-9.946	-7.587	-9.759	-6.778	-7.433	-6.912
5% significancia	-2.906	-2.906	-2.906	-2.906	-2.907	-2.906	-2.907	-2.906
Probabilidad	0	0	0	0	0	0	0	0
Dickey Fuller I(2) Test static	-11.135	-6.361	-16.089	-8.456	-10.797	-9.834	-11.041	-11.641
5% significancia	-2.908	-2.911	-2.907	-2.908	-2.909	-2.908	-2.908	-2.907
Probabilidad	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia basada en datos de Yahoo Finance y del modelo elaborado en el software econométrico denominado E-views

Ahora se procede a la elaboración del modelo VAR, para verificar que las variables son significativas y mantienen una relación dinámica. Como se mencionó en la metodología se toma el criterio de Akaike para observar la longitud de los rezagos (véase cuadro 16 en anexos).

De esta forma, tiene sentido realizar el modelo VAR con base en el criterio de Akaike -y otros- el cual indica 5 rezagos. En este escenario el modelo de Vectores Autorregresivos proporcionará la ecuación de cointegración para determinar que las series cointegren en el largo plazo (véase salida del VAR en anexos, cuadro 17).

### 2.3 Resultados

En el sentido de realizar el modelo de Vectores Autorregresivos (VAR) para el Futuro WTI se espera que las series encuentren el equilibrio en el largo plazo. Bajo esta perspectiva se incurre en test de Johansen para identificar las posibles relaciones de cointegración entre las distintas variables que incorpora dicho modelo. En el cuadro 3 se presentan los resultados estadísticos del Test de Johansen<sup>10</sup>, tanto de los autovalores de la matriz asociada a las relaciones de cointegración (Eisgenvalue), como de los valores del estadístico (Trace Statistics) y sus correspondientes valores críticos al 5 por ciento de significancia.

<sup>9</sup> La hipótesis nula y alternativa de la prueba ADF, es la siguiente:

Ho: No estacionaria

Ha: Estacionaria

La hipótesis nula dice que la serie es no estacionaria si el valor del estadístico de las pruebas es menor, en términos absolutos, que el valor crítico al 5 por ciento de significancia.

<sup>10</sup> Los coeficientes deben ser significativos con p-value menor al 5 por ciento de significancia y la t estadística mayor a 2.

Cuadro 3

Evaluación de la prueba de Johansen				
Sample (adjusted): 4 67				
Included observations: 64 after adjustments				
Trend assumption: Linear deterministic trend				
Series: WTI IPC AMOVIL COMERCI INBURSA ICA WALMEX GMODELO				
Lags interval (in first differences): 1 to 2				
Unrestricted Cointegration Rank Test (Trace)				
Hypothesized		Trace	0.05	
No. of CE(s)	Eigenvalue	Statistic	Critical Value	Prob. **
None *	0.571615	190.9616	159.5297	0.0003
At most 1 *	0.472789	136.7067	125.6154	0.0088
At most 2	0.36685	95.73684	95.75366	0.0501
At most 3	0.310464	66.4858	69.81889	0.0896
At most 4	0.235761	42.69464	47.85613	0.1402
At most 5	0.212842	25.48665	29.79707	0.1448
At most 6	0.120407	10.16978	15.49471	0.2679
At most 7	0.030143	1.958805	3.841466	0.1616
Trace test indicates 2 cointegrating eqn(s) at the 0.05 level				
* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level				
**MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values				

Fuente: Elaboración propia basada en datos de Yahoo Finance y del modelo elaborado en el software econométrico denominado E-views.

Como se esperaba en este análisis, el test de Johansen indica que existe cointegración para los activos que componen la Bolsa Mexicana de Valores en relación al Futuro WTI. A continuación se muestra la ecuación de cointegración de largo plazo.

#### Ecuación (7.1), Cointegración

$$\text{COINTEGRACIÓN (WTI)} = + \text{IPC} * 1.999 - \text{AMOVIL} * 0.138 - \text{COMERCI} * 0.24777 + \text{INBURSA} * 0.9684 - \text{ICA} * 0.5564 - \text{WALMEX} * 1.134 + \text{GMODELO} * 4.901$$

Al llevar a cabo este análisis de cointegración podemos asimilar que las variables encuentran el equilibrio en el largo plazo -que bien lo definimos a 4 meses o más, debido a que el periodo analizado es de cerca de 4 meses-, ya que las series sufren choques por variaciones en el Futuro del precio internacional del petróleo.

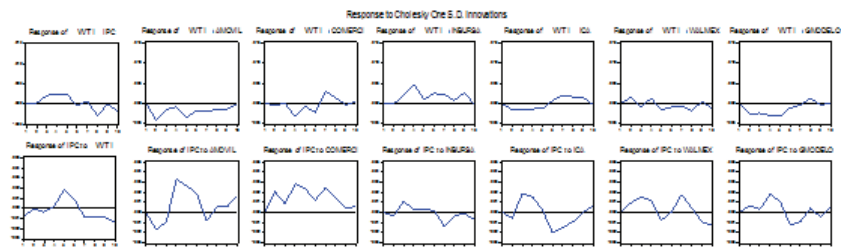
Esta es una excelente medida para los inversionistas dado que mitigan el riesgo de las fluctuaciones de las acciones en el mercado financiero sufrida por la volatilidad del Futuro del petróleo, por lo que también en el largo plazo, los ahorradores observarán que el rendimiento de su portafolio empleando estos activos, es el correcto.

#### 2.4 Análisis Impulso-Respuesta de los activos

Ahora bien, del propio modelo de Vectores Autorregresivos (VAR), se toma en cuenta el análisis de impuso-respuesta (FIR), con el objetivo de analizar el impulso que hay en las variables de estudio y la respuesta en los niveles del precio del Futuro WTI.

En una primera instancia este análisis es significativo para adentrarnos en la interpretación que buscamos en los activos financieros que componen el índice de la bolsa mexicana de valores, con respecto al WTI. En una segunda instancia es también fundamental analizar que los activos encuentren o no el equilibrio en el largo plazo con respecto al IPC, básicamente porque se espera que este se incremente.

Gráfica 4



Fuente: Elaboración propia basada en datos de Yahoo Finance y del modelo elaborado en el software econométrico denominado E-views

Como se puede observar, lo que interpretamos es que el equilibrio en el largo plazo, de las acciones respecto al Futuro WTI se va a dar, pero el equilibrio de las acciones con el IPC es probable que no se lleve a cabo, y esto nos lleva a pensar en la volatilidad, pero en mayor medida en que no queremos ir a la par del IPC, -a menos que vaya a la alza y eso lo brindan los momentos del mercado-. Lo que queremos es alinearlos con los excelentes rendimientos del Futuro del petróleo debido a que serán los mejores resultados de inversión para el largo plazo, contemplando el supuesto de que los mercados financieros descontarán los impactos negativos de la crisis del Medio Oriente, principalmente por ser un acontecimiento que ya absorbieron las bolsas internacionales.

### 2.5 Interpretación de la descomposición de la varianza en los activos financieros

Ahora bien, se puede observar la descomposición de la varianza que permite medir en diferentes horizontes del tiempo el porcentaje de volatilidad que registra una variable por los choques de las demás.

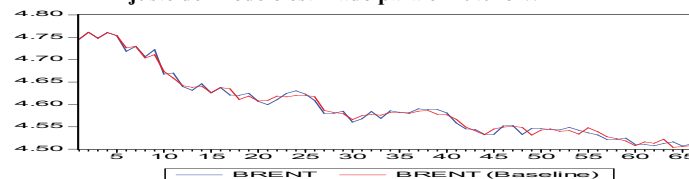
**Gráfica 5, Descomposición de la varianza para el WTI**

Variance Decomposition of WTI:									
Period	S.E.	WTI	IPC	AMOVIL	COMERCI	INBURSA	ICA	WALMEX	GMODELO
1	0.012061	100	0	0	0	0	0	0	0
2	0.013511	84.51298	0.046878	9.079855	0.122454	0.006634	1.247804	1.180029	3.803371
3	0.014621	77.93559	2.099759	8.726953	0.104618	1.789318	2.039413	1.340772	5.963574
4	0.016486	63.79982	3.769902	7.153362	3.901982	9.59601	2.278275	1.665792	7.834856
5	0.017477	56.93073	5.095869	10.35122	3.638616	8.915027	2.507793	2.352646	10.2081
6	0.018047	54.34877	4.816523	10.67906	5.031561	10.20518	2.512726	2.469668	9.936514
7	0.018801	51.42309	4.573894	10.89807	7.377155	10.74186	3.403773	2.394629	9.187525
8	0.019617	49.95584	6.334471	10.60878	7.288248	10.0246	3.822874	3.10499	8.860191
9	0.019928	48.49411	6.13918	10.76466	7.091484	11.55562	4.268732	3.068183	8.618036
10	0.020067	47.89909	6.870452	10.61658	7.036344	11.42762	4.242159	3.398259	8.509494

Fuente: Elaboración propia basada en datos de Yahoo Finance y del modelo elaborado en el software econométrico denominado E-views

Estos resultados significan que en los últimos días del periodo analizado -marzo- la volatilidad va a estar presente -se mantiene casi igual para los últimos meses- por lo que dada la significancia estadística de nuestros activos en el modelo lineal, y sobre todo porque encuentran el equilibrio en el largo plazo, tenemos la confianza de que seremos adversos a la volatilidad, al mismo tiempo que no dejaremos de contemplar el cálculo del Valor en Riesgo considerando la metodología Riskmetrics; básicamente la implementación del Riskmetrics es para corroborar que bajo incertidumbre los activos son adversos al riesgo de mercado. Finalmente se verifica que el modelo este especificado correctamente y se lleva a cabo un pronóstico del término WTI de corto plazo, para la cual juntamos la ecuación de corto y la de largo plazo respectivamente, de tal forma que corroboramos un buen ajuste en los precios internacionales del petróleo, debido a que se capta la tendencia histórica de las series y además lo hace con buena precisión. De ahí se puede señalar que el modelo tiene un buen proceso generador de información, durante el periodo de estudio (véase gráfica 6).

**Gráfica 6**  
**Ajuste del modelo estimado para el Futuro WTI**



Fuente: Elaboración propia basada en datos de Yahoo y del modelo elaborado en el software econométrico denominado E-views.

## 2.6 Conformación del Portafolio de inversión en tiempos de alta volatilidad

Finalmente hemos llegado al objetivo general que propusimos, es decir, armaremos el portafolio de inversión. Recordemos brevemente que los activos fueron seleccionados por el análisis econométrico que empleamos.

A continuación se presenta la cartera con sus respectivas acciones seleccionadas, así como el porcentaje de inversión que se realizará en cada una de ellas.

**Cuadro 4, Criterio del porcentaje de la Cartera<sup>11</sup>**

	Cartera	
	%	Betas
Amovil	0.0917	0.22
Comerci	0.2417	0.58
Inbursa	0.3292	0.79
ICA	0.0667	0.16
Walmex	0.1958	0.47
Gmodelo	0.0750	0.18
Sumatoria	1.0000	2.4

Fuente: Elaboración propia

Se calculó la Beta de cada uno de los activos, observando la disminución del riesgo como efecto de la diversificación. La  $\beta$  de la cartera se obtuvo de la fórmula:  $\beta = \sum_{i=1}^n x_i \beta_i$  donde  $x_i$  son las ponderaciones que se le asignaron a las acciones de la cartera, en otras palabras, el porcentaje se va a invertir en esa acción de la cartera.

Cabe señalar que  $\sum_{i=1}^n x_i \beta_i = 1$

**Cuadro 5, Cartera del portafolio de inversión**

	Cartera del Portafolio			Beta del portafolio
	%	Betas	Beta * %	
Amovil	0.0917	0.22	0.02017	0.53658
Comerci	0.2417	0.58	0.14017	
Inbursa	0.3292	0.79	0.26004	
ICA	0.0667	0.16	0.01067	
Walmex	0.1958	0.47	0.09204	
Gmodelo	0.0750	0.18	0.01350	
Sumatoria	1.0000	2.4	0.53658	

Fuente: Elaboración propia

Una vez que se determinó la cartera ya diversificada, se hará el supuesto de una inversión inicial de un millón de pesos, mismo que mantendrá durante el año 2011, dado que el Valor en Riesgo se evaluará con precios de principios de ese año. Cabe indicar que el precio de las acciones que integran las carteras es del 9 de marzo de 2011. Ello quiere decir que los datos que se incluían en el modelo dinámico fueron hasta el 4 de marzo, y de ahí se conformó la cartera a partir del 9 de marzo.

Por tanto la cartera quedó integrada por el siguiente número de acciones:

**Cuadro 6, Cartera con número de títulos<sup>12</sup>**

	Cartera			
	%	importe	precio	n. de títulos
Amovil	0.0916557	91,655.70	33.79	2,712.51
Comerci	0.24165556	241,655.56	17.3	13,968.53
Inbursa	0.32916557	329,166.56	51.98	6,332.56
ICA	0.06655557	66,555.57	26.12	2,548.07
Walmex	0.19583333	195,833.33	35.79	5,471.73
Gmodelo	0.075	75,000	71.99	1,041.81
Sumatoria		999,866.83		32,075.22

Fuente: Elaboración propia

<sup>11</sup> Se tomó el criterio de repartir proporcionalmente el porcentaje de acuerdo a la sumatoria del número de activos entre ellos.

<sup>12</sup> La columna que corresponde al número de títulos se obtuvo de la división del importe total invertido entre el precio de compra de cada acción. Considérese que los títulos disponibles por estas empresas se pueden verificar en el portal de internet de la Bolsa Mexicana de Valores.



Para la estimación de la volatilidad y la predicción se hizo uso de la técnica de los promedios móviles exponenciales y del factor de decaimiento explicado en el marco teórico. Así, para un conjunto dado de T rendimientos, la fórmula usada para calcular los promedios móviles exponenciales fue:

$$\sigma = \sqrt{(1-\lambda) \sum_{t=1}^T \lambda^{t-1} (r_t - \bar{r})^2} \quad (8.1)$$

Según la metodología de predicción de Riskmetrics, un día de predicción de la volatilidad está dado por la expresión:

$$\sigma_{1,t+1} = \sqrt{\lambda \sigma_{1,t}^2 + (1-\lambda)r_{1,t}^2} \quad (8.2)$$

Siendo así, los resultados de estos cálculos de volatilidad para la cartera fueron los siguientes:

**Cuadro 7, Volatilidad de la cartera**

	Cartera Covarianzas					
	America Movil	COMERCI	INBURSA	GMODELO	ICA	WALMEX
America Movil	0.363531254					
COMERCI	-0.267602094	1.21854631				
INBURSA	0.621318735	-0.7458963	1.75683529			
GMODELO	0.53361575	-0.17034556	1.22138603	2.03088305		
ICA	0.719404589	-1.35232947	1.61619263	1.26710457	2.67726964	
WALMEX	0.072816953	-0.02535162	0.26466371	-0.0911139	-0.00643201	0.46346545
Correlaciones						
	America Movil	COMERCI	INBURSA	GMODELO	ICA	WALMEX
America Movil	1					
COMERCI	-0.402066241	1				
INBURSA	0.777459991	-0.5097907	1			
GMODELO	0.621038896	-0.10828476	0.6466138	1		
ICA	0.729216136	-0.74871311	0.74521492	0.54340539	1	
WALMEX	0.177399724	-0.03373463	0.29330549	-0.09391468	-0.0057742	1
Volatilidad de la cartera						
	porcentaje	volatilidad w.g				
America Movil	0.092	0.00903983	0.00082865			
COMERCI	0.242	0.01731023	0.0041833			
INBURSA	0.329	0.01613496	0.00531109			
GMODELO	0.075	0.01175716	0.00088179			
ICA	0.067	0.00981859	0.00065457			
WALMEX	0.196	0.01313261	0.0025718			
Volatilidad del portafolio			0.01443121			

Fuente: Elaboración propia

Como una forma de comprobar los supuestos teóricos de carteras eficientes, a continuación se evalúan los montos de las carteras a precios del 15 de abril de 2011. Así manteniendo el mismo número de títulos se presenta el nuevo valor de la cartera.

**Cuadro 8, Nuevo valor de la Cartera**

	Cartera Eficiente			
	%	importe	precio al 15 de abril de 2011	n. de títulos
Amovil	0.0916557	92,225.17	34	2,712.51
Comerci	0.24165556	275,180.03	19.7	13,968.53
Inbursa	0.32916557	379,953.83	60	6,332.56
ICa	0.06655557	70,046.42	27.49	2,548.07
Walmex	0.19583333	191,510.66	35	5,471.73
Gmodelo	0.075	77,614.95	74.5	1,041.81
Sumatoria		1,086,531.06		32,075.22

Fuente: Elaboración propia

A pesar de que el día 15 de abril el IPC cayó en 1.77 por ciento ubicándose en 36 mil 332 puntos, en el cuadro 8 se puede apreciar que nuestra estrategia econométrica para la selección de activos va acorde a un portafolio eficiente, dado que hemos obtenido una ganancia de \$86 mil 654 pesos del periodo que conformamos la cartera hasta el último día que esta tesis se redactó -15 de abril de 2011-. Ello quiere decir, que de acuerdo al periodo analizado en el modelo econométrico estamos encontrando rendimientos en el largo plazo.

En este panorama por un lado todavía debemos seguir en el camino del largo plazo para incrementar en mayor medida los rendimientos, debido a que los resultados del análisis de cointegración señalan que los beneficios serán eficientes en el largo plazo, momento en que los activos se re establezcan con los nuevos niveles en el Futuro del

petróleo. Pero por otro lado podemos intuir que el periodo que analizamos compone sólo 67 días de cotizaciones en la BMV, por lo que nuestra definición de largo plazo sólo sería para los siguientes 2 meses.

En este sentido si la cartera se conformó a principios de abril de 2011, entonces en junio de ese mismo año debemos quedarnos con los rendimientos obtenidos y re hacer un nuevo análisis econométrico para conformar una nueva cartera de inversión.

Una vez obteniendo este significativo resultado para el inversionista, pasamos al sistema Riskmetrics, el cual adopta un enfoque programático para modelar el riesgo. Las varianzas son modeladas utilizando un pronóstico exponencial. Formalmente el pronóstico para el periodo  $t$  es un promedio ponderado del pronóstico previo, utilizando la ponderación  $1$  y la última innovación al cuadrado. Entonces se debe utilizar la ponderación  $(1 - \lambda)$ , en donde, como se puntualizó en el marco teórico el parámetro  $\lambda$  es el factor de decaimiento o deterioro y debe ser menor que la unidad.

Para el cálculo del VaR de cada una de las acciones se utilizó la fórmula siguiente:

$$VaR_i = \sigma * \alpha * M \sqrt{t/252} \quad (8.3)$$

Los datos para la cartera son:

Cuadro 9, Datos de la cartera

Datos de la Cartera	
VM de la cartera	1,086,531.06
Horizonte de tiempo para el VaR (t=1)	0.0039
Horizonte de tiempo para el VaR (t=5)	0.0088
Volatilidad de la cartera	0.014431211
Nivel de confianza $\alpha$	1.65

Fuente: Elaboración propia

Básicamente en el cuadro 10 se observa que de acuerdo a los cálculos realizados, la cartera presenta un riesgo mínimo, tanto para una, como para las cinco semanas estimadas posteriores al 9 de marzo de 2011, es decir, esta cartera presenta un mínimo Valor en Riesgo.

Cuadro 10, VaR de la cartera

G/MODELO	riesgo	$\alpha$	valor medio	interceptos por todas la		raíz de t	entre 252 (días hábiles de		VaR la máxima pérdida esperada
				ecuaciones	t (semanas)		labóral)	VaR la máxima pérdida esperada	
America Movil	0.00903983	-0.002775	0.000585067	-9.9085E-08	1	1	0.003968254	-7.57479E-11	
COMERCI	0.01731023	0.003845	0.000354847	-6.37505E-08	2	1.414213562	0.005611959	-3.57765E-10	
INBURSA	0.01613496	0.00888	-0.000218594	-3.13198E-08	3	1.732050808	0.006873217	1.62331E-10	
KCA	0.00981859	0.001213	0.002912822	3.46916E-08	4	2	0.007936508	-2.4857E-10	
WALMEX	0.01313261	-0.003389	-0.000769712	3.42571E-08	5	2.236067977	0.008873286	3.07828E-10	
					6	2.449489743	0.009720197	3.32986E-10	
<b>Datos de la Cartera</b>									
VM de la carter									
Horizonte de ti									
Horizonte de ti									
Volatilidad de l									
Nivel de confiar									

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, en esta última parte se estima el coeficiente de fallas y precisión, el cual sirve para comprender la imprecisión del VaR estimado. El coeficiente de fallas determina el nivel de imprecisión de un modelo como un promedio simple de las desviaciones del VaR respecto a la trayectoria realmente observada de los rendimientos y su fórmula es:

$$Coeficiente\ de\ imprecisión = \sqrt{\sum_{i=1}^n (VaR_i - Re.n.Observ._i)^2} \quad (8.4)$$

**Cuadro 11. Coeficiente de imprecisión**

t semanas	VaR	rendimiento observado	VaR- Rend	$\chi^2/252$
1	-7.57E-11	9.64047E-05		
2	-3.57765E-10	8.17185E-05		
3	1.62331E-10	0.000299644		
4	-2.4857E-10	0.000260337		
5	3.07828E-10	0.000172466		
6	3.32986E-10	0.000138231		
Sumatoria	1.21062E-10	0.001048801	-0.0010488	1.09998E-06
			Coeficiente de imprecisión	0.0000000043650095230369

Fuente: Elaboración propia

Evidentemente el cuadro 11, indica que la aparente cartera riesgosa obtenida en tiempos de alta volatilidad por la crisis del Medio Oriente -que impacto en los mercados financieros-, tiene una mínima imprecisión del VaR estimado, por lo que se establece que es una cartera eficaz para invertir con un bajo nivel de riesgo financiero.

### 3. Conclusiones y recomendaciones

La volatilidad es un fenómeno que siempre va estar presente, sin embargo, en tiempos de crisis, toma fuerza y se acrecienta afectando los objetivos de inversión de un inversionista. Por tanto se determina que el cálculo del Valor en Riesgo apoyado con estrategias econométricas colabora en encontrar el mejor camino para invertir e indagar en una planeación de largo plazo, que bien, es la mejor alternativa de inversión.

El objetivo que propusimos se cumplió, dado que conformamos el portafolio de inversión calculando el Valor en Riesgo con el respaldo de las herramientas econométricas. En este contexto, se determina que fue fundamental identificar al Futuro del petróleo como almacén y punto de partida para identificar el modelo de regresión lineal que nos llevará a conformar el portafolio de inversión.

De misma forma el hallazgo de esta variable, pero ahora bajo el escenario de un modelo dinámico, fue significativo para determinar que nuestro portafolio de inversión se ubica en un enfoque de largo plazo, dado que la convergencia de los activos financieros fue rápida en torno al Futuro del petróleo, lo cual nos llevo a concluir cointegración en los activos que conforman un óptimo portafolio de inversión; y a la vez un portafolio representativo de un mínimo riesgo, ya que así lo determinó el cálculo realizado con la metodología Riskmetrics.

Por lo tanto con el profundo análisis de varianzas identificamos la volatilidad, y en el contexto de la crisis del Medio Oriente ubicamos a la variable WTI, por lo que logramos con base en la volatilidad y el Futuro WTI conformar un óptimo portafolio de inversión asimilando equilibrio en el largo plazo, al mismo tiempo que la máxima pérdida esperada del portafolio resultó ser mínima. Siendo así, se corrobora la hipótesis de esta tesis, que plantea que los portafolios de inversión que muestran alta volatilidad en periodos de crisis financieras pueden generar rendimientos y ser diluidos con la correcta implementación del cálculo del Valor en Riesgo y con la implementación de técnicas econométricas.

### 4. Bibliografía

- Bolsa Mexicana de Valores (2010), “*Reportes financieros -varias empresas- del cuarto trimestre del 2010*”. México: Estados financieros, último trimestre 2010.
- CNN Expansión, (2009). “*Artículos consultados*”. México: Publicados en la Word Wide Web CNN Expansión.com
- Damodar, Gujarati. (2004). “*Econometría. 4ª ED*”. México: McGraw-Hill, p.p. 58, 59, 60, 61.
- Jorion, Philippe (2000), “*El nuevo paradigma para el control de derivados; Valor en Riesgo*”, México: MEXDER,, Editorial, Limusa Noriega, p.p. 1,24,25.
- JP Morgan, (1994). “*Documento Técnico*”. Estados Unidos, New York: WEB Report [www.riskmetrics.com](http://www.riskmetrics.com).
- Loria, Eduardo, (2007), “*Econometría con aplicaciones*”. Pearson, Prentice. Hall, p.p. 170, 171, 172, 188, 189, 190, 191, 192.
- Messuti Jorge, Álvarez Victor y Graffi Hugo, (1994), “*Selección de inversiones; Introducción a la teoría de la cartera*”. Argentina: Ediciones Macchi, p.p.301,306 y 329.

-Reuters, (2007-2011); “*Varios artículos consultados*”. México/Internacional: Consulta a través de la Word Wide Web, [www.reuters.com](http://www.reuters.com).

-Samuelson P.A; Koopmans T.C. y Stone J.R.N. (1954). “*Report of the evaluative comitee for econometrica*”. Estados Unidos: Econometrica, vol. 22, p.p. 141, 144, 145, 146.

-Venegas Francisco, (2006). “*Riesgos financieros y económicos*”. México: Editorial Cengage Learning p. 861.

-Yahoo Finance, (2008-2011) “*Anuario bursátil, varios años*” México: En la Woeld Wide Web: [www.yahoo.com.mx](http://www.yahoo.com.mx)

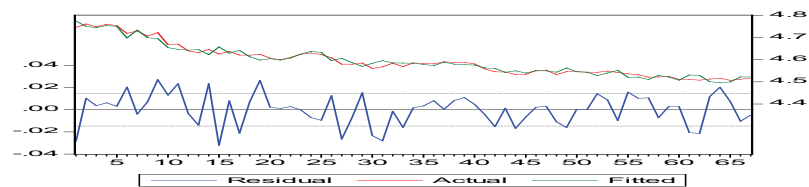
## 5.Anexos

### Modelo Económico, Cuadro 13

Regresión lineal del modelo estimado				
Dependent Variable: WTI				
Method: Least Squares				
Sample: 1 67				
Included observations: 67				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	16.50093	1.559897	10.57822	0
IPC	-0.729363	0.166012	-4.393427	0
AMOVIL	-0.769009	0.183135	-4.199137	0.0001
COMERCI	0.303053	0.043016	7.045105	0
INBURSA	-0.616863	0.168089	-3.669851	0.0005
ICA	-0.422095	0.087784	-4.808367	0
WALMEX	0.812217	0.132841	6.114212	0
GMODELO	-0.890469	0.414515	-2.14822	0.0358
R-squared	0.961782	Mean dependent var	4.594163	
Adjusted R-squared	0.957248	S.D. dependent var	0.071035	
S.E. of regression	0.014688	Akaike info criterion	-5.491959	
Sum squared resid	0.012728	Schwarz criterion	-5.228712	
Log likelihood	191.9806	F-statistic	212.1104	
Durbin-Watson stat	1.908592	Prob(F-statistic)	0	

Fuente: Elaboración propia basada en datos de Yahoo y del modelo elaborado en el software econométrico denominado E-views.

**Gráfica 7**  
**Ajuste del Modelo Estimado**  
**Periodo enero-marzo 2011**



Fuente: Elaboración propia basada en datos de Yahoo Finance y del modelo elaborado en el software econométrico denominado E-views.

$R^2 = .9617$	White Cross= .738 (.685)	White No Cross= .738 (.685)	SCLM (1) = .018 (.982)	ARCH LM = .147 (.702)
$R^2_{adjusted} = .957$	DW = 1.90	J-B = 1.44 (.484)	Ramsey = .846 (.361)	

Cuadro 14

Matriz de correlaciones del modelo lineal							
	IPC	WALMEX	INBURSA	ICA	GMODELO	COMERCI	AMOVIL
IPC	1	0.33364382	0.71480857	0.5828159	0.40540504	-0.40693802	0.58035892
WALMEX	0.33364382	1	0.40217295	0.2773412	0.53325108	-0.2746419	0.38026581
INBURSA	0.71480857	0.40217295	1	0.8138144	0.4764322	-0.52457121	0.7877569
ICA	0.5828159	0.2773412	0.8138144	1	0.64454071	-0.70417014	0.70371325
GMODELO	0.40540504	0.53325108	0.4764322	0.64454071	1	-0.72444405	0.47664085
COMERCI	-0.40693802	-0.2746419	-0.52457121	-0.70417014	-0.72444405	1	-0.37473555
AMOVIL	0.58035892	0.38026581	0.7877569	0.70371325	0.47664085	-0.37473555	1

Fuente: Elaboración propia basada en datos de Yahoo y del modelo elaborado en el software econométrico denominado E-views.

Cuadro 15

Matriz de covarianzas del modelo lineal							
	IPC	WALMEX	INBURSA	ICA	GMODELO	COMERCI	AMOVIL
IPC	0.00024264	9.31E-05	0.00028635	0.00042961	5.04E-05	-0.00045677	0.00015482
WALMEX	9.31E-05	0.00032121	0.00018537	0.00023522	7.63E-05	-0.00035469	0.00011672
INBURSA	0.00028635	0.00018537	0.0006614	0.00099042	9.78E-05	-0.00097215	0.00034696
ICA	0.00042961	0.00023522	0.00099042	0.00223936	0.00024346	-0.00240124	0.00057031
GMODELO	5.04E-05	7.63E-05	9.78E-05	0.00024346	6.37E-05	-0.0004167	6.52E-05
COMERCI	-0.00045677	-0.00035469	-0.00097215	-0.00240124	-0.0004167	0.00519266	-0.00046246
AMOVIL	0.00015482	0.00011672	0.00034696	0.00057031	6.52E-05	-0.00046246	0.0002933

Fuente: Elaboración propia basada en datos de Yahoo y del modelo elaborado en el software econométrico denominado E-views.

Cuadro 16

Criterio de selección de rezagos							
VAR Lag Order Selection Criteria							
Endogenous variables: WT I IPC AMOVIL COMERCI INBURSA ICA WALMEX GMODELO							
Exogenous variables: C							
Sample: 1 67							
Included observations: 62							
Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ	
0	1381.431	NA	7.93E-30	-44.30423	-44.02976	-44.19647	
1	1730.062	596.046	8.29e-34*	-53.48587	-51.01564*	-52.51599*	
2	1782.015	75.4158	1.35E-33	-53.09726	-48.43128	-51.26528	
3	1846.108	76.49861	1.77E-33	-53.10027	-46.23855	-50.40618	
4	1949.311	96.54415*	8.99E-34	-54.36486	-45.30739	-50.80867	
5	2036.66	59.17197	1.36E-33	-55.11806*	-43.86483	-50.69976	
* indicates lag order selected by the criterion							
LR: sequential modified LR test statistic (each test at 5% level)							
FPE: Final prediction error							
AIC: Akaike information criterion							
SC: Schwarz information criterion							
HQ: Hannan-Quinn information criterion							

Fuente: Elaboración propia basada en datos de Yahoo Finance y del modelo elaborado en el software econométrico denominado E-views.

