

**MODELO ARCH PARA EL ANÁLISIS DE LA VOLATILIDAD EN
EL MERCADO DE RENTA FIJA Y RENTA VARIABLE
COLOMBIANO POR MEDIO DEL I – TES E IGBC (2003 – 2006).**

PRESENTADO POR:

YERSSON ARMANDO BAUTISTA GARCIA.

JHOAN FABIAN PORRAS RIOS.

ASESOR: PEDRO QUINTERO.

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BUCARAMANGA

FACULTAD DE INGENIERIA FINANCIERA

LINEA DE INVERSIONES

BUCARAMANGA, 2007



OBJETIVO GENERAL

Comparar la volatilidad entre opciones de renta fija y renta variable del mercado de capitales Colombiano, aplicándose un modelo de heteroscedasticidad condicional (arch) durante el periodo entre el año 2003 y 2006.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Describir el comportamiento histórico del IGBC como del I – TES, observando su variabilidad en el tiempo.
- Realizar un análisis de series de tiempo al IGBC como al I – TES, aplicando las estadísticas de estacionariedad y normalidad.
- Introducir la teoría de modelos ARCH Y GARCH, en cada uno de los índices, para determinar un patrón de comportamiento que permita establecer el nivel de volatilidad existente en cada uno de ellos. Validando los supuestos del modelo econométrico y sus resultados.
- Desarrollo de los elementos empleados para la construcción de los diferentes modelos ARCH Y GARCH, incluyendo las pruebas necesarias para su correcta eficiencia. (normalidad, estacionariedad, efecto arch, errores ruido blanco, entre otras)

ANALISIS HISTORICO

Mercado de renta fija.

⑩ ITES

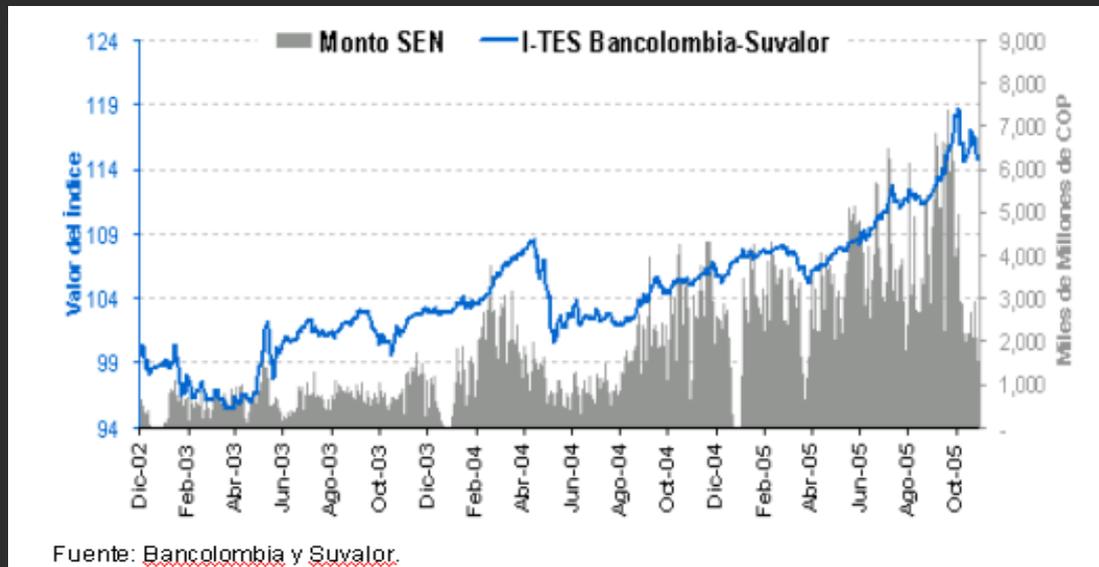
- ⑩ Tes tasa fija en pesos con vencimiento 9-11-07
- ⑩ Tes tasa fija en pesos con vencimiento 12-02-10
- ⑩ Tes tasa fija en pesos con vencimiento 12-09-2014

Mercado de renta variable.

⑩ IGBC

- ⑩ Acciones de bavaria
- ⑩ Acciones de coltejer
- ⑩ Acciones de colsanitas

Comportamiento histórico del I-TES (2002 – 2006).



Para finales del año 2003, La volatilidad disminuyó gracias a la tranquilidad que el alza de los precios en noviembre imprimió al mercado. El I-TES dejó la valorización en lo corrido del año en 4,21%. Para finales del 2004, el índice tuvo una variación positiva en lo corrido de 2004 de 3,20%.

En cuanto al año 2005, El índice I-TES se ha valorizado 7,2%. En cuanto la canasta, para noviembre del mismo año, en la parte corta de la curva de rendimientos se destaca el incremento de 2,3% en la participación de los títulos con vencimiento abril de 2006, a 15,9%.

Comportamiento histórico del IGBC (2001 – 2006).



Claramente se puede observar un aumento prolongado en el comportamiento a lo largo del tiempo, donde se puede deducir un crecimiento estable desde el 2001 hasta mediados del año 2006. Se puede observar por medio del grafico una tendencia positiva pronunciada durante el periodo analizado, presentándose muy poca inestabilidad, solo una fluctuación considerable en los meses de febrero a abril del 2003 y en el mes de febrero del 2005. En ambos casos se presenta un alza. Posteriormente se empieza a describir una tendencia alcista pero con una relativa volatilidad en su comportamiento, encontrándose así una baja en su crecimiento durante el año 2006, pero donde nuevamente retomo la senda de crecimiento ya para el 2007.

EXPECTATIVAS DEL MODELO

- ◆ Diferencia entre mercado de renta fija y variable.
- ◆ Constancia en parametros.
- ◆ Riesgo y movimiento a lo largo del tiempo.

Engle expectativas:

- ◆ Varianza desigual en el tiempo.
- ◆ información del pasado respecto, valor medio de su rentabilidad y su volatilidad.
- ◆ Por medio de este trabajo se buscara identificar dichos argumentos relacionados con la utilización de un modelo arch para series de tiempo como lo son las financieras.

ANALISIS DE SERIES DE TIEMPO

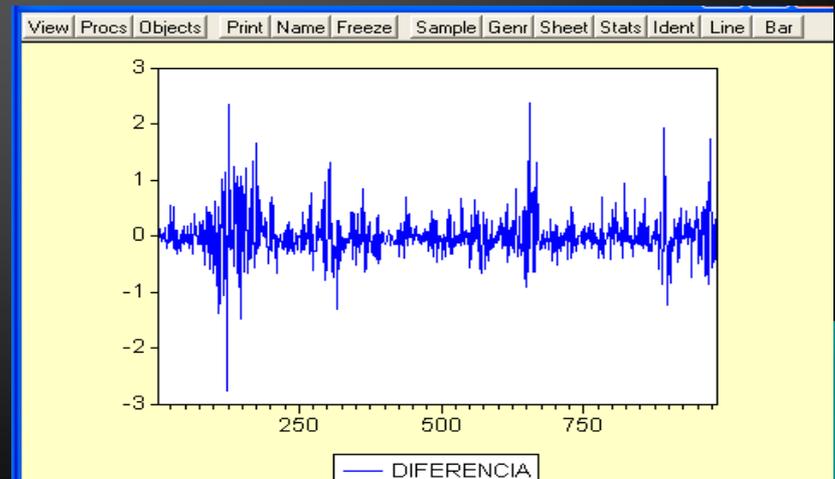
Mercado de renta fija. I -TES.

Pruebas de estacionariedad (método grafico).



Como se puede observar el valor del I - TES ha ido en descenso durante el periodo estudiado, lo que parece indicar que su media será muy distinta de cero, con lo que se puede inferir inicialmente que la serie no se comporta como una serie estacionaria.

Por otro lado, si se muestra el comportamiento de la serie en primera diferencia, se puede observar una relativa calma en las variaciones hasta finales del 2003, desde allí las variaciones se vuelven inestables frecuentemente, teniendo varias importantes para los últimos días del año del 2005 desde el mes de octubre aproximadamente:



Prueba de estacionariedad (raiz unitaria).

Valores del I - tes

View Procs Objects Print Name Freeze Sample Genr Sheet Stats Ident Line Bar

Augmented Dickey-Fuller Unit Root Test on ITES

Null Hypothesis: ITES has a unit root
Exogenous: Constant
Lag Length: 1 (Automatic based on SIC, MAXLAG=21)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-1.362251	0.6019
Test critical values: 1% level	-3.436803	
5% level	-2.864277	
10% level	-2.568280	

Primera diferencia del I - tes

View Procs Objects Print Name Freeze Sample Genr Sheet Stats Ident Line Bar

Augmented Dickey-Fuller Unit Root Test on DIFERENCIA

Null Hypothesis: DIFERENCIA has a unit root
Exogenous: Constant
Lag Length: 0 (Automatic based on SIC, MAXLAG=21)

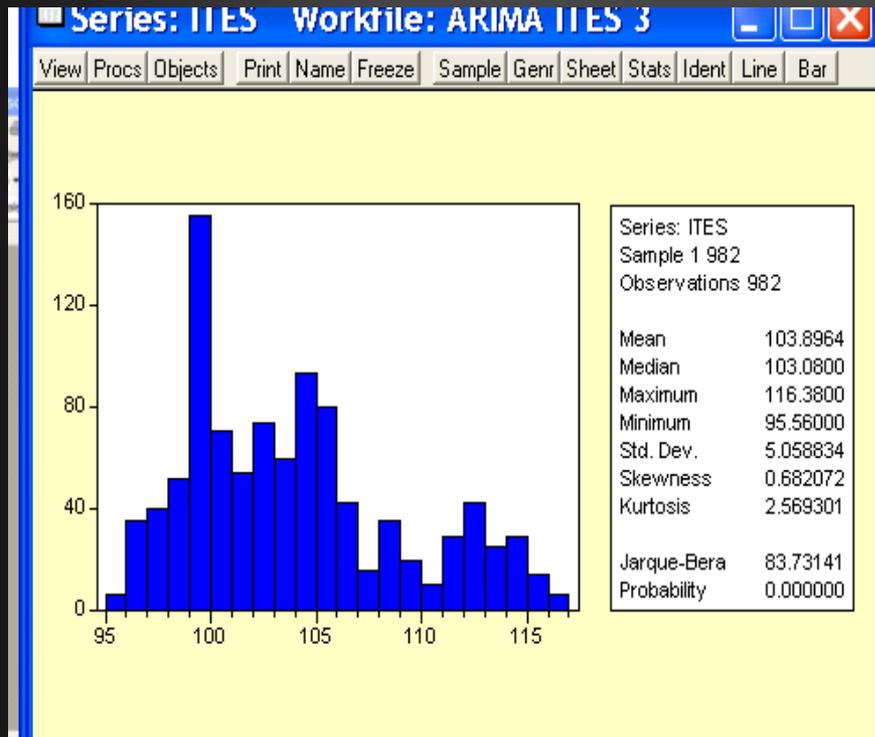
	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-25.42178	0.0000
Test critical values: 1% level	-3.436803	
5% level	-2.864277	
10% level	-2.568280	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Como se puede ver en el cuadro el tau estadístico de -1,36 es menor que el crítico al 1%, 5% y 10%, es decir, la variable al 91%, 95% o al 99%, es no estacionaria. .

Se cuenta con un tau estadístico de -25,42, el cual es mayor que el crítico al 1%, 5% y 10%, es decir, la variable en rendimientos al 91%, 95% o al 99%, ya es estacionaria.

Prueba de normalidad (jarque – bera)



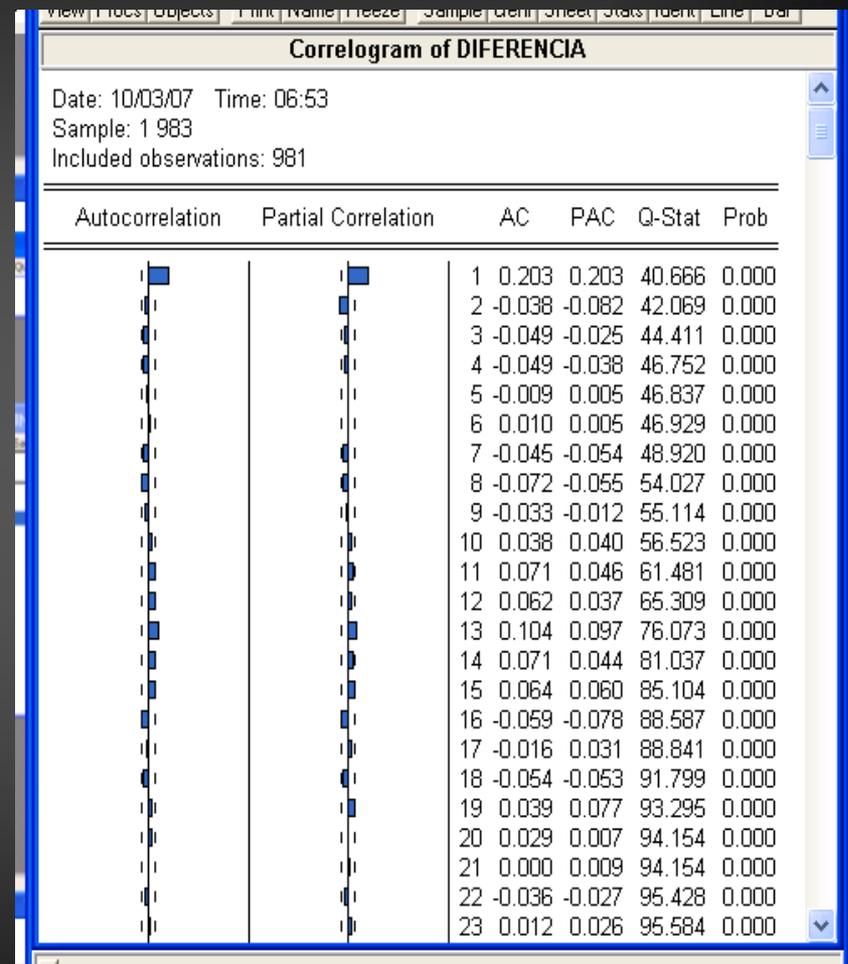
El histograma considera una simetría en los valores de esta variable, donde parece ser que no están distribuidos normalmente, de allí que por medio del estadístico jarque – bera se puede aclarar con mayor exactitud, donde si este es menor que el critico (distribución X_2 con 2 grados de libertad) entonces no se puede rechazar la hipótesis de normalidad en los datos, es decir:

Ho = asimetría: 0 y curtosis: 3
H1 = no hay normalidad.

Para este caso, el calculado es de $83,73 > 5,99$, es decir la serie no esta distribuida normalmente, por ende la serie es no estacionaria

MODELO ARIMA

Después de tener la serie estacionaria con una diferencia, se procede a calcular los procesos autoregresivos y promedios móviles. De allí que se mira el correlograma en primera diferencia así:



La autocorrelacion nos permite ver cuantos promedios móviles son necesarios mientras que la autocorrelacion parcial permite mostrar los procesos autorregresivos que se deberían tener en cuenta, en definitiva el modelo Arima es el siguiente:

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	103.0241	2.676080	38.49814	0.0000
D(ITES)	0.500700	0.001999	250.4901	0.0000
AR(1)	1.193182	0.031417	37.97914	0.0000
AR(2)	-0.196521	0.031463	-6.246064	0.0000
MA(1)	1.005303	0.009535	105.4354	0.0000
R-squared	0.998625	Mean dependent var	103.8895	
Adjusted R-squared	0.998619	S.D. dependent var	5.065049	
S.E. of regression	0.188223	Akaike info criterion	-0.497282	
Sum squared resid	34.50687	Schwarz criterion	-0.472325	
Log likelihood	248.4193	F-statistic	176808.0	
Durbin-Watson stat	1.945179	Prob(F-statistic)	0.000000	
Inverted AR Roots	1.00	.20		
Inverted MA Roots	-1.01			
Estimated MA process is noninvertible				

Contraste de heteroscedasticidad

También se puede analizar si la varianza o dispersión de la serie permanece constante en el tiempo por medio del test arch lm. Donde a partir del modelo arima establecido se realiza una regresión del residuo al cuadrado con su retardo como variable explicativa, pudiéndose comprobar si la varianza del error cambia en el tiempo. Lo que se pretende con este test es evidenciar la presencia de comportamientos ARCH mediante la determinación de autocorrelación de los residuos al cuadrado. De allí que se tiene:

Ho = homoscedasticidad
H1 = heteroscedasticidad

Si $nR^2 > X^2_{\alpha}$ se rechaza la hipótesis nula, lo que implica existencia de heteroscedasticidad. En este caso, el estadístico es de 52,12 mayor que el crítico es 5,99 (con 2 grados de libertad), lo cual rechaza la hipótesis nula y con ello se concluye que la serie presenta un efecto ARCH.

Equation: ARIMA2 Workfile: ARIMA ...

View Procs Objects Print Name Freeze Estimate Forecast Stats Resids

ARCH Test:

F-statistic	54.94294	Probability	0.000000
Obs*R-squared	52.12141	Probability	0.000000

Test Equation:
Dependent Variable: RESID^2
Method: Least Squares
Date: 10/03/07 Time: 21:29
Sample(adjusted): 5 982
Included observations: 978 after adjusting endpoints

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.027155	0.003619	7.502751	0.0000
RESID^2(-1)	0.230856	0.031145	7.412351	0.0000

R-squared	0.053294	Mean dependent var	0.035283
Adjusted R-squared	0.052324	S.D. dependent var	0.110804
S.E. of regression	0.107867	Akaike info criterion	-1.613799
Sum squared resid	11.35597	Schwarz criterion	-1.603808
Log likelihood	791.1478	F-statistic	54.94294
Durbin-Watson stat	2.109614	Prob(F-statistic)	0.000000

MODELOS ARCH Y GARCH

▪ Modelo arch(1)

▪ Modelo arch(2)

Equation: ARCH1 Workfile: AKIMA I...

View Procs Objects Print Name Freeze Estimate Forecast Stats Resids

Dependent Variable: ITES
 Method: ML - ARCH (Marquardt)
 Date: 10/03/07 Time: 21:28
 Sample(adjusted): 4 982
 Included observations: 979 after adjusting endpoints
 Convergence achieved after 85 iterations
 MA backcast: 3, Variance backcast: ON

	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	80.26940	46.05808	1.742786	0.0814
D(ITES)	0.499029	0.000680	733.9778	0.0000
AR(1)	1.208003	0.021871	55.23232	0.0000
AR(2)	-0.209090	0.021728	-9.623293	0.0000
MA(1)	0.997003	0.000970	1027.952	0.0000

Variance Equation

	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	0.022205	0.000525	42.27362	0.0000
ARCH(1)	0.465189	0.055913	8.319876	0.0000

R-squared	0.998605	Mean dependent var	103.8895
Adjusted R-squared	0.998596	S.D. dependent var	5.065049
S.E. of regression	0.189780	Akaike info criterion	-0.619759
Sum squared resid	35.00791	Schwarz criterion	-0.584820
Log likelihood	310.3720	F-statistic	115944.1
Durbin-Watson stat	1.971184	Prob(F-statistic)	0.000000

Inverted AR Roots	1.00	.21
Inverted MA Roots	-1.00	

View Procs Objects Print Name Freeze Estimate Forecast Stats Resids

Dependent Variable: ITES
 Method: ML - ARCH (Marquardt)
 Date: 10/03/07 Time: 21:30
 Sample(adjusted): 4 982
 Included observations: 979 after adjusting endpoints
 Convergence achieved after 115 iterations
 MA backcast: 3, Variance backcast: ON

	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	85.70399	15.20888	5.635127	0.0000
D(ITES)	0.515431	0.002879	179.0065	0.0000
AR(1)	1.008277	0.018856	53.47134	0.0000
AR(2)	-0.009839	0.018938	-0.519553	0.6034
MA(1)	0.887371	0.017133	51.79275	0.0000

Variance Equation

	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	0.009126	0.000528	17.29112	0.0000
ARCH(1)	0.435755	0.054705	7.965580	0.0000
ARCH(2)	0.657276	0.054535	12.05235	0.0000

R-squared	0.998414	Mean dependent var	103.8895
Adjusted R-squared	0.998403	S.D. dependent var	5.065049
S.E. of regression	0.202413	Akaike info criterion	-0.745727
Sum squared resid	39.78284	Schwarz criterion	-0.705796
Log likelihood	373.0332	F-statistic	87345.89
Durbin-Watson stat	1.552106	Prob(F-statistic)	0.000000

Modelo arch(3)

View Procs Objects Print Name Freeze Estimate Forecast Stats Resids

Dependent Variable: ITES
 Method: ML - ARCH (Marquardt)
 Date: 10/03/07 Time: 21:31
 Sample(adjusted): 4 982
 Included observations: 979 after adjusting endpoints
 Convergence achieved after 27 iterations
 MA backcast: 3, Variance backcast: ON

	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	303.4300	316.9619	0.957308	0.3384
D(ITES)	0.501266	0.000705	710.6248	0.0000
AR(1)	1.154244	0.025184	45.83260	0.0000
AR(2)	-0.154152	0.025100	-6.141595	0.0000
MA(1)	0.996557	0.001011	985.3555	0.0000

Variance Equation

	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	0.006694	0.000545	12.29253	0.0000
ARCH(1)	0.196853	0.040246	4.891221	0.0000
ARCH(2)	0.378123	0.047406	7.976268	0.0000
ARCH(3)	0.374485	0.038193	9.805026	0.0000

R-squared	0.998603	Mean dependent var	103.8895
Adjusted R-squared	0.998592	S.D. dependent var	5.065049
S.E. of regression	0.190062	Akaike info criterion	-0.980598
Sum squared resid	35.03977	Schwarz criterion	-0.935676
Log likelihood	489.0026	F-statistic	86700.13
Durbin-Watson stat	1.869986	Prob(F-statistic)	0.000000

Inverted AR Roots 1.00 .15
 Estimated AR process is nonstationary
 Inverted MA Roots -1.00

Modelo garch(1,1)

View Procs Objects Print Name Freeze Estimate Forecast Stats Resids

Dependent Variable: ITES
 Method: ML - ARCH (Marquardt)
 Date: 10/03/07 Time: 21:32
 Sample(adjusted): 4 982
 Included observations: 979 after adjusting endpoints
 Convergence achieved after 27 iterations
 MA backcast: 3, Variance backcast: ON

	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	99.29022	2.220753	44.71015	0.0000
D(ITES)	0.500104	0.000743	672.8049	0.0000
AR(1)	1.162552	0.035694	32.56967	0.0000
AR(2)	-0.165987	0.035645	-4.656655	0.0000
MA(1)	0.996844	0.000771	1292.421	0.0000

Variance Equation

	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	0.001011	0.000187	5.394543	0.0000
ARCH(1)	0.287043	0.033909	8.465112	0.0000
GARCH(1)	0.716483	0.025884	27.68097	0.0000

R-squared	0.998608	Mean dependent var	103.8895
Adjusted R-squared	0.998598	S.D. dependent var	5.065049
S.E. of regression	0.189629	Akaike info criterion	-1.031995
Sum squared resid	34.91623	Schwarz criterion	-0.992065
Log likelihood	513.1618	F-statistic	99539.46
Durbin-Watson stat	1.889833	Prob(F-statistic)	0.000000

Inverted AR Roots 1.00 .17
 Inverted MA Roots -1.00

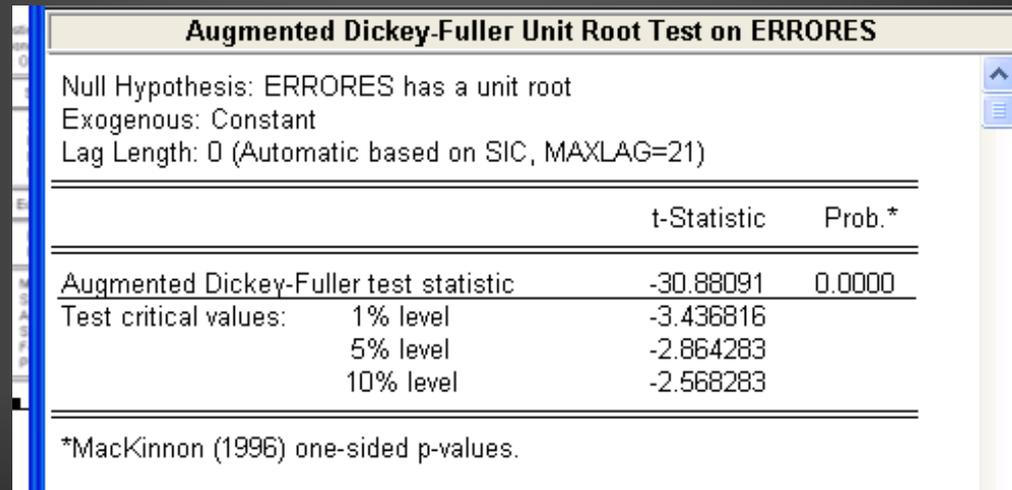
▪ Modelo garch(1,2)

Equation: GARCH2 Workfile: ARIMA...									
View	Procs	Objects	Print	Name	Freeze	Estimate	Forecast	Stats	Resids
Dependent Variable: ITES									
Method: ML - ARCH (Marquardt)									
Date: 10/03/07 Time: 21:32									
Sample(adjusted): 4 982									
Included observations: 979 after adjusting endpoints									
Convergence achieved after 100 iterations									
MA backcast: OFF (Roots of MA process too large), Variance backcast: ON									
	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.					
C	102.6746	2.190450	46.87375	0.0000					
D(ITES)	0.500815	0.003470	144.3456	0.0000					
AR(1)	1.184331	0.000918	1290.155	0.0000					
AR(2)	-0.188440	0.002501	-75.34178	0.0000					
MA(1)	1.012886	0.017433	58.10067	0.0000					
Variance Equation									
C	0.070164	0.002082	33.70211	0.0000					
ARCH(1)	-0.001499	0.002606	-0.575095	0.5652					
GARCH(1)	-0.027568	0.015880	-1.736014	0.0826					
GARCH(2)	-0.949317	0.009746	-97.40435	0.0000					
R-squared	0.998637	Mean dependent var	103.8895						
Adjusted R-squared	0.998626	S.D. dependent var	5.065049						
S.E. of regression	0.187769	Akaike info criterion	-0.500977						
Sum squared resid	34.19956	Schwarz criterion	-0.456055						
Log likelihood	254.2285	F-statistic	88833.15						
Durbin-Watson stat	1.925106	Prob(F-statistic)	0.000000						

Al igual que los modelos ARCH se puede elegir el más adecuado por medio del coeficiente de determinación, o por medio del criterio de información de Akaike, siempre y cuando las significancias sean aceptables. Para este estudio solo el modelo ARCH(1) y el modelo GARCH (1,1) poseen un coeficiente de determinación mas alto (0,9980), sin embargo al comparar los criterios de akaike, se puede concluir que el modelo mas eficiente es el ARCH (1), ya que posee un $0,61 < 1,03$. Además cuenta con la significancia de cada proceso autorregresivo y de cada promedio móvil; razón por la cual se toma dicho modelo para obtener los betas necesarios para la estimación de la volatilidad.

Errores ruido blanco.

Finalmente, para verificar la eficiencia del modelo ARCH se procede al análisis de estacionariedad de los errores del modelo, donde al estar estacionarios, es decir que sean “ruido blanco”, el modelo quedara correctamente especificado, siendo un buen estimador del comportamiento no solo de la variable I – TES, sino que también del mercado en general de renta fija.



Augmented Dickey-Fuller Unit Root Test on ERRORES

Null Hypothesis: ERRORES has a unit root
Exogenous: Constant
Lag Length: 0 (Automatic based on SIC, MAXLAG=21)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-30.88091	0.0000
Test critical values:		
1% level	-3.436816	
5% level	-2.864283	
10% level	-2.568283	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Como se puede ver en el cuadro el tau estadístico de -30,88 es mayor que el crítico al 1%, 5% y 10%, es decir, los errores al 91%, 95% o al 99%, son estacionarios

Finalmente, se procede a estimar la volatilidad incondicional del I – TES, tomando los coeficientes del modelo ARCH (1), definido de la siguiente manera:

$$\text{RENTABILIDAD DEL I - TES} = -0,0000589 + u_t$$
$$t = (-0,4946)$$

Ahora si se obtienen los residuos de la regresión anterior y se reemplaza el modelo ARCH(1), es decir:

$$\hat{u}_t^2 = B_0 + B_1 (\hat{u}_{t-1}^2) + e_t$$



$$\hat{u}_t^2 = 0,022205 + 0,455189 (\hat{u}_{t-1}^2) + e_t$$

Se podría enunciar que la volatilidad en el periodo actual esta relacionada con su valor del periodo anterior más un término de error con ruido blanco (e_t)

Teniéndose estimados los coeficientes del modelo ARCH, se procede a la estimación de la volatilidad incondicional definiendo la raíz de su varianza así:

$$\sigma^2 = B_0 / 1 - B_1$$



$$\sqrt{\sigma^2}$$

Para este caso, por medio del modelo seleccionado ARCH (1) sería:

$$\sigma^2 = 0,022205 / 1 - (0,455189)$$



$$\sigma^2 = 0,040757253$$



$$\sqrt{\sigma^2} = 0,738113135 = 73,81\%$$

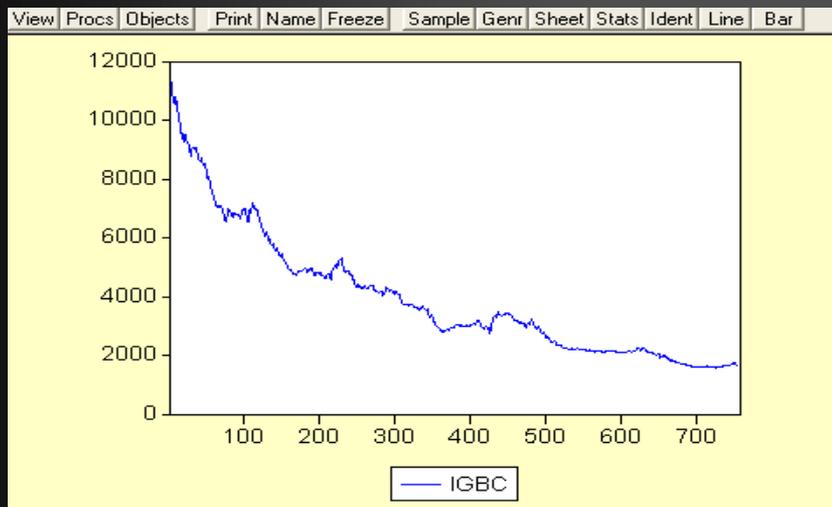
Finalmente se puede deducir como el I -TES tiene una volatilidad incondicional del 73,81%, donde el valor estimado de las ponderaciones es 0,022205; y 0,455189 respectivamente. El grueso de la información viene ligeramente de la predicción de un día anterior (0,455189). La información nueva casi no produce un cambio significativo (0,022205).

Después de haberse realizado todo el análisis para el I - TES (mercado de renta fija), se procede a realizar el mismo procedimiento al IGBC (mercado de renta variable).

ANALISIS DE SERIES DE TIEMPO

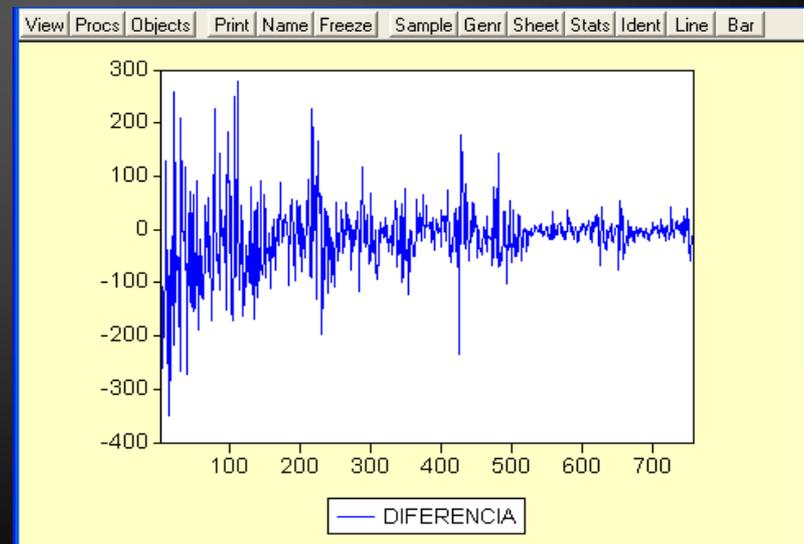
Mercado de renta variable. IGBC.

■ Pruebas de estacionariedad (método grafico).



Como se puede observar el valor del IGBC ha ido en descenso durante el periodo estudiado, lo que parece indicar que su media será muy distinta de cero, con lo que se puede inferir inicialmente que la serie no se comporta como una serie estacionaria.

Por otro lado, si se muestra el comportamiento de la serie en primera diferencia, se puede observar una relativa calma en las variaciones hasta finales del 2003, desde allí las variaciones se vuelven inestables frecuentemente, en especial, desde finales del 2004 hasta terminar el periodo analizado:



Prueba de estacionariedad (raiz unitaria).

Valores del Igbc

Augmented Dickey-Fuller Unit Root Test on IGBC			
Null Hypothesis: IGBC has a unit root			
Exogenous: Constant			
Lag Length: 1 (Automatic based on SIC, MAXLAG=19)			
	t-Statistic	Prob.*	
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-6.181689	0.0000	
Test critical values:	1% level	-3.438796	
	5% level	-2.865158	
	10% level	-2.568752	
*MacKinnon (1996) one-sided p-values.			

En el cuadro el tau estadístico de -6,181689, es mayor que el crítico al 1%, 5% y 10%, es decir, la variable al 91%, 95% o al 99%, es estacionaria

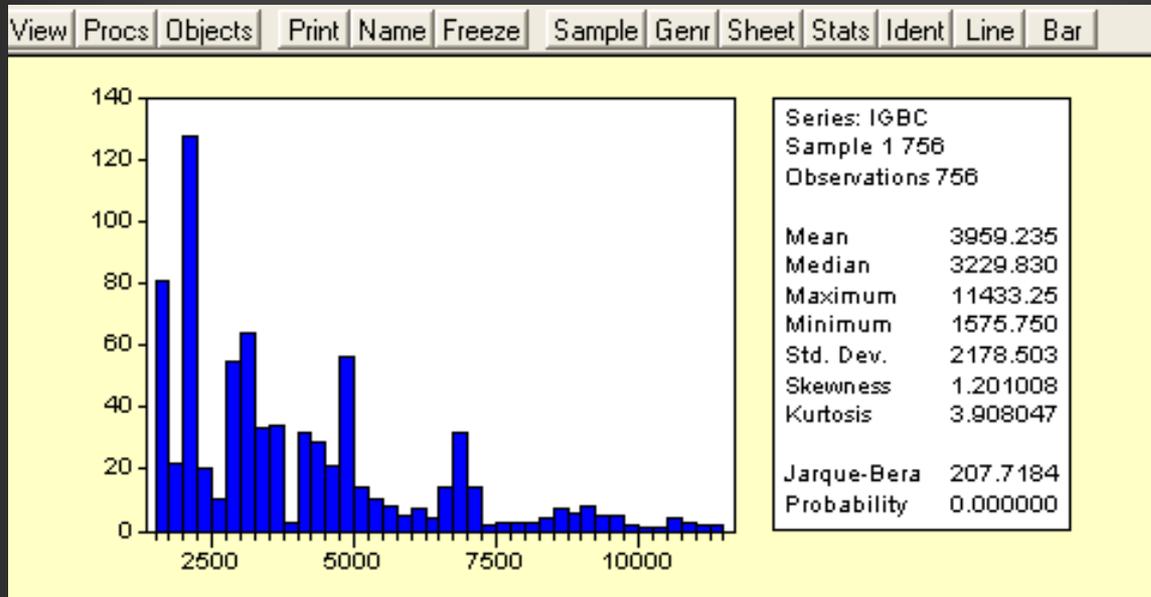
Primera diferencia del Igbc

Augmented Dickey-Fuller Unit Root Test on DIFERENCIA		
Null Hypothesis: DIFERENCIA has a unit root		
Exogenous: Constant		
Lag Length: 0 (Automatic based on SIC, MAXLAG=19)		
	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-21.22255	0.0000
Test critical values:	1% level	-3.438796
	5% level	-2.865158
	10% level	-2.568752
*MacKinnon (1996) one-sided p-values.		
Augmented Dickey-Fuller Test Equation		
Dependent Variable: D(DIFERENCIA)		
Method: Least Squares		
Date: 10/03/07 Time: 06:49		

Ahora se cuenta con un tau estadístico de -21,22, el cual es mayor que el crítico al 1%, 5% y 10%, es decir, la variable en primera diferencia al 91%, 95% o al 99%, ya es estacionaria.



▪ Prueba de normalidad (jarque – bera)



Para este caso, el calculado es de $207,71 > 5,99$, es decir la serie no esta distribuida normalmente, por ende la serie es no estacionaria

MODELO ARIMA

La autocorrelacion nos permite ver cuantos promedios móviles son necesarios mientras que la autocorrelacion parcial permite mostrar los procesos autorregresivos que se deberían tener en cuenta, en definitiva el modelo Arima es el siguiente:

Equation: ARIMA Workfile: ARIMA I...									
View	Procs	Objects	Print	Name	Freeze	Estimate	Forecast	Stats	Resids
Dependent Variable: IGBC									
Method: Least Squares									
Date: 10/03/07 Time: 22:51									
Sample(adjusted): 12 756									
Included observations: 745 after adjusting endpoints									
Convergence achieved after 32 iterations									
Backcast: OFF (Roots of MA process too large)									
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.					
C	3637.530	120.2634	30.24635	0.0000					
D(IGBC)	0.464259	0.028989	16.01499	0.0000					
AR(10)	0.928006	0.002251	412.2553	0.0000					
MA(1)	1.010412	0.042285	23.89506	0.0000					
R-squared	0.996893	Mean dependent var	3856.677						
Adjusted R-squared	0.996880	S.D. dependent var	2022.572						
S.E. of regression	112.9757	Akaike info criterion	12.29758						
Sum squared resid	9457765.	Schwarz criterion	12.32235						
Log likelihood	-4576.848	F-statistic	79238.79						
Durbin-Watson stat	0.110010	Prob(F-statistic)	0.000000						
Inverted AR Roots	.99	.80 -.58i	.80+.58i	.31+.94i					
	.31 -.94i	-.31+.94i	-.31 -.94i	-.80 -.58i					
	-.80+.58i	-.99							
Inverted MA Roots	-1.01	Estimated MA process is noninvertible							

Contraste de heteroscedasticidad

De allí que se tiene:

H_0 = homoscedasticidad

H_1 = heteroscedasticidad

En este caso, el estadístico es de 442,29 mayor que el crítico es 5,99 (con 2 grados de libertad), lo cual rechaza la hipótesis nula y con ello se concluye que la serie presenta un efecto ARCH

Equation: ARIMA WORKFILE: ARIMA 1...

View Procs Objects Print Name Freeze Estimate Forecast Stats Resids

ARCH Test:

F-statistic	1087.734	Probability	0.000000
Obs*R-squared	442.2905	Probability	0.000000

Test Equation:
Dependent Variable: RESID^2
Method: Least Squares
Date: 10/03/07 Time: 22:52
Sample(adjusted): 13 756
Included observations: 744 after adjusting endpoints

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	2879.107	571.2643	5.039886	0.0000
RESID^2(-1)	0.769914	0.023344	32.98081	0.0000

R-squared 0.594476 Mean dependent var 12653.89
Adjusted R-squared 0.593930 S.D. dependent var 20904.17
S.E. of regression 13320.90 Akaike info criterion 21.83474
Sum squared resid 1.32E+11 Schwarz criterion 21.84714
Log likelihood -8120.523 F-statistic 1087.734
Durbin-Watson stat 1.912400 Prob(F-statistic) 0.000000

MODELOS ARCH Y GARCH

▪Modelo arch(1)

▪Modelo arch(2)

Equation: ARCH1 WORKFILE: ANIMA 1...

View Procs Objects Print Name Freeze Estimate Forecast Stats Resids

Dependent Variable: IGBC
 Method: ML - ARCH (Marquardt)
 Date: 10/03/07 Time: 22:45
 Sample(adjusted): 12 756
 Included observations: 745 after adjusting endpoints
 Failure to improve Likelihood after 6 iterations
 MA backcast: 11, Variance backcast: ON

	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
D(IGBC)	1.844661	0.623014	2.960866	0.0031
C	3162.962	8283.650	0.381832	0.7026
AR(10)	0.929291	0.128291	7.243607	0.0000
MA(1)	0.910769	0.231372	3.936388	0.0001

Variance Equation				
C	2565690.	203625.5	12.60005	0.0000
ARCH(1)	-2.159934	1.945632	-1.110145	0.2669

R-squared	0.991651	Mean dependent var	3856.677
Adjusted R-squared	0.991595	S.D. dependent var	2022.572
S.E. of regression	185.4296	Akaike info criterion	16.59302
Sum squared resid	25409880	Schwarz criterion	16.63017
Log likelihood	-6174.899	F-statistic	17555.45
Durbin-Watson stat	2.261744	Prob(F-statistic)	0.000000

View Procs Objects Print Name Freeze Estimate Forecast Stats Resids

Dependent Variable: IGBC
 Method: ML - ARCH (Marquardt)
 Date: 10/03/07 Time: 22:45
 Sample(adjusted): 12 756
 Included observations: 745 after adjusting endpoints
 Failure to improve Likelihood after 12 iterations
 MA backcast: 11, Variance backcast: ON

	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	3556.962	36285.33	0.098028	0.9219
D(IGBC)	0.168853	1.317448	0.128167	0.8980
AR(10)	0.984069	0.192772	5.104838	0.0000
MA(1)	0.560949	1.621287	0.345990	0.7294

Variance Equation				
C	2733021.	234624.8	11.64848	0.0000
ARCH(1)	-1.759521	5.481258	-0.321007	0.7482
ARCH(2)	-1.752554	4.010616	-0.436979	0.6621

R-squared	0.992971	Mean dependent var	3856.677
Adjusted R-squared	0.992913	S.D. dependent var	2022.572
S.E. of regression	170.2640	Akaike info criterion	16.64716
Sum squared resid	21394504	Schwarz criterion	16.69050
Log likelihood	-6194.066	F-statistic	17374.82
Durbin-Watson stat	0.132308	Prob(F-statistic)	0.000000

▪ Modelo arch(3)

View Procs Objects Print Name Freeze Estimate Forecast Stats Resids				
Dependent Variable: IGBC				
Method: ML - ARCH (Marquardt)				
Date: 10/03/07 Time: 22:44				
Sample(adjusted): 12 756				
Included observations: 745 after adjusting endpoints				
Convergence achieved after 86 iterations				
MA backcast: 11, Variance backcast: ON				
	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	5457.535	318.0950	17.15693	0.0000
D(IGBC)	-0.438175	0.112355	-3.899909	0.0001
AR(10)	0.749234	0.032487	23.06284	0.0000
MA(1)	0.992238	0.002396	414.1537	0.0000
Variance Equation				
	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	2863139.	259000.4	11.05458	0.0000
ARCH(1)	-2.612262	1.682788	-1.552342	0.1206
ARCH(2)	-4.725535	1.235513	-3.824754	0.0001
ARCH(3)	-2.510076	1.699036	-1.477354	0.1396
R-squared	0.969027	Mean dependent var	3856.677	
Adjusted R-squared	0.968733	S.D. dependent var	2022.572	
S.E. of regression	357.6427	Akaike info criterion	16.14868	
Sum squared resid	94268431	Schwarz criterion	16.19822	
Log likelihood	-6007.382	F-statistic	3293.973	
Durbin-Watson stat	0.477027	Prob(F-statistic)	0.000000	

▪ Modelo garch(1,1)

Equation: GARCH1 Workfile: ARIMA... View Procs Objects Print Name Freeze Estimate Forecast Stats Resids				
Dependent Variable: IGBC				
Method: ML - ARCH (Marquardt)				
Date: 10/03/07 Time: 22:44				
Sample(adjusted): 12 756				
Included observations: 745 after adjusting endpoints				
Convergence achieved after 60 iterations				
MA backcast: 11, Variance backcast: ON				
	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	3808.549	151.3677	25.16092	0.0000
D(IGBC)	0.171519	0.137803	1.244669	0.2133
AR(10)	0.734154	0.021393	34.31738	0.0000
MA(1)	0.993054	0.001304	761.6919	0.0000
Variance Equation				
	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	2537807.	201738.2	12.57970	0.0000
ARCH(1)	-0.868243	0.188868	-4.597102	0.0000
GARCH(1)	-0.987491	0.001904	-518.7317	0.0000
R-squared	0.985505	Mean dependent var	3856.677	
Adjusted R-squared	0.985387	S.D. dependent var	2022.572	
S.E. of regression	244.4971	Akaike info criterion	15.76647	
Sum squared resid	44116787	Schwarz criterion	15.80982	
Log likelihood	-5866.011	F-statistic	8362.596	
Durbin-Watson stat	0.151524	Prob(F-statistic)	0.000000	

▪ Modelo garch(1,2)

	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	3776.762	137.8988	27.38793	0.0000
D(IGBC)	-0.137433	0.238233	-0.576884	0.5640
AR(10)	0.634212	0.018826	33.68807	0.0000
MA(1)	0.965472	0.032951	29.30057	0.0000

Variance Equation				
	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	2516117.	240994.9	10.44054	0.0000
ARCH(1)	-0.487143	0.123692	-3.938365	0.0001
GARCH(1)	-1.000256	0.000324	-3089.728	0.0000
GARCH(2)	-1.001275	0.000365	-2745.614	0.0000

R-squared	0.970184	Mean dependent var	3856.677
Adjusted R-squared	0.969901	S.D. dependent var	2022.572
S.E. of regression	350.8990	Akaike info criterion	15.36496
Sum squared resid	90746881	Schwarz criterion	15.41450
Log likelihood	-5715.449	F-statistic	3425.886
Durbin-Watson stat	0.160295	Prob(F-statistic)	0.000000

Para este caso, el modelo seleccionado GARCH (1,1) sería:

$$\text{RENTABILIDAD DEL IGBC} = -0,002477 + u_t$$
$$t = (-5,4612)$$

Ahora si se obtienen los residuos de la regresión anterior y se reemplaza el modelo GARCH(1,1), es decir:

$$\sigma^2 = 2537807 / 1 - (-0,868243) - (-0,987491)$$



$$\sigma^2 = 888670,6535$$



$$\sqrt{\sigma^2} = 942,693298 = 94269,32\%$$

Finalmente se puede deducir como los valores del IGBC tienen una volatilidad incondicional del 94269,32%, donde el valor estimado de las ponderaciones es 2537807, -0,868243, -0,987491 respectivamente. El grueso de la información viene claramente de la predicción del periodo anterior (-0,8682). La información nueva la cambia sustancialmente (2537807) y la varianza media a largo plazo tiene un efecto muy significativo (-0,987491).

Comparaciones de las opciones.

Después de haberse analizado por separado tanto el I - TES, como el IGBC, se pudo deducir que la mayor volatilidad incondicional la posee el mercado de renta variable, es decir el IGBC:

Volatilidad incondicional.

Valor del I - TES: **73,81%**

Valor del IGBC: **94269,32%**

Generalizando, los resultados anteriores podrían permitir una vista global en cuanto a los mercados se refiere, ya que se estaría comprobando que el mercado de renta variable posee mayor volatilidad incondicional que el mercado de renta fija, cumpliendo con las expectativas inicialmente colocadas en discusión.

CONCLUSIONES

- ◆ Después de aplicar la teoría de modelos para el análisis de volatilidad estocástica como fue el caso de los modelos arch y garch presentados en este estudio, se pudo entender la utilización de dichas herramientas financieras a la hora de poder ayudar a la visualización de una mejor alternativa de inversión entre varias opciones.
- ◆ Gracias al análisis como series de tiempo del IGBC Y EL I - TES se pudo relacionar conceptos como el de estacionariedad con rentabilidad de las opciones de inversión. Ya que la relación siempre se apoyo en el concepto de volatilidad.
- ◆ Como resultado de los modelos aplicados a las series de tiempo cabe resaltar la conclusión de la volatilidad inversamente proporcional, es decir, tanto para el I - TES como para el IGBC, al haber alta volatilidad en un periodo, en el siguiente dicha volatilidad tendería a ser menor o menos fuerte, mas no habría una acumulación de volatilidad (debido al signo en los modelos garch).

- ◆ Como resultado de este trabajo se puede concluir que para el IGBC, El grueso de la información viene claramente de la predicción del periodo anterior, la información nueva la cambia sustancialmente; y la varianza media a largo plazo tiene un efecto muy significativo (modelo garch). Por parte del I – TES, El grueso de la información viene ligeramente de la predicción de un día anterior, y la información nueva casi no produce un cambio significativo (modelo arch). Lo anteriormente mencionado verifica la clave de estos modelos 8 como lo exponía Ingle en su artículo), donde se considera la información pasada de la variable y su volatilidad observada como factor altamente explicativo de su comportamiento presente y, por extensión lógica, de su futuro predecible.

- ◆ Continuando con las expectativas elaboradas inicialmente en este trabajo, se puede argumentar que:
- ◆ 1) Se pudo comprobar tal como lo indicaba el análisis histórico de las series de tiempo, como existe una mayor volatilidad en el mercado de renta variable con relación al mercado de renta fija, basándonos en sus representantes, IGBC e I – TES.
- ◆ 2) Gracias a la aplicación de los modelos Arch para el I –tes y el modelo GARCH para el IGBC, se pudo verificar una diferencia importante en cuanto volatilidad se refiere entre el mercado de renta fija y el mercado de renta variable, siendo este último, históricamente mas volátil.
- ◆ 3) El presente trabajo, verifico como el riesgo sistemático de los activos financieros fue variable y determinante básico entre el periodo comprendido entre el 2003 y 2006 tanto para el I –TES como para el IGBC (Expectativa de Engle).

- ◆ 4) Como lo argumentaba Engle en su artículo, este trabajo mostró como la experiencia empírica lleva a contrastar períodos de amplia varianza de error seguidos de otros de varianza más pequeña. Es decir, el valor de la dispersión del error respecto a su media cambia en el pasado, por lo que es lógico pensar que un modelo que atiende en la predicción a los valores de dicha varianza en el pasado servirá para realizar estimaciones más precisas. Lo anterior se pudo comprobar por medio del modelo ARCH y GARCH realizados tanto al I – TES como al IGBC.
- ◆ Complementos a este trabajo teniendo en cuenta mayor cantidad de opciones de cada uno de los mercados de inversión, podrían extender los resultados relevantes que aquí se obtuvieron, llegando a generalizar con mayor precisión el comportamiento de cada uno de los mercados en cuanto su volatilidad se refiere.