

ESTIMACIÓN DEL COSTO DEL PATRIMONIO MEDIANTE LA TEORÍA DE
FIJACIÓN DE PRECIOS DE ARBITRAJE (APT) APLICADO A EL BANCO DE
BOGOTÀ ENTIDAD BANCARIA DEL SISTEMA FINANCIERO COLOMBIANO.

Proyecto de Investigación

DIANA ISABEL SAAVEDRA RODRIGUEZ
LINA MARGARITA SANTISTEBAN ROJAS

Asesor

EDINSON TORRADO

Tutor

EDINSON TORRADO

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BUCARAMANGA

FACULTAD INGENIERIA FINANCIERA

BUCARAMANGA

2003

TABLA DE CONTENIDO

	Págs.
INTRODUCCION	4
1. TEORIA DE LOS MODELOS DE FIJACIÓN DE PRECIOS DE ACTIVO	7
1.1 CALCULO DEL COSTO DE PATRIMONIO POR MEDIO DEL CAPM	7
2. INTERPRETACIÓN DE VARIABLES Y RECOLECCIÓN DE DATOS	11
2.1 TIPOS DE VARIABLES	12
2.1.1 INFLACIÓN	12
2.1.2 PRODUCTO INTERNO BRUTO PIB	12
2.1.3 TASA DE INTERES DTF	13
2.1.4 INDICE GENERAL DE LA BOLSA DE COLOMBIA IGBC	14
2.1.5 TASA TES (TÍTULOS DE TESORERÍA):	14
2.1.6 TASA REPRESENTATIVA DEL MERCADO (TRM) , DEVALUACIÓN	15
2.2 MUESTRA Y TIPOS DE DATOS	16
3.FORMULACIÓN DEL MODELO APT	17
3.1 COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES EXPLICATIVAS	18
3.1.1 Comportamiento General de la Inflación	18
3.1.2 Comportamiento General de la Tasa Interbancaria y la Tasa de Interés DTF	19
3.1.3 Comportamiento de la Tasas TES y de la Tasa Representativa del Mercado	21
3.1.4 Comportamiento del Índice General de la Bolsa de Valores de Colombia IGBC	23

4. ANALISIS ECONOMETRICO DEL MODELO.	24
4.1 TEORIA DE LOS MODELOS ECONOMETRICOS	24
4.2 REPLANTEAMIENTO DEL MODELO	25
4.3 REGRESIONES DEL MODELO APT	27
4.3.1 REGRESIÓN BASE DEL MODELO APT	27
4.3.2 REGRESIÓN DEL MODELO APT INCLUYENDO LA TASA TES	31
4.3.3 REGRESIÓN DEL MODELO APT EXCLUYENDO LAS VARIABLES IPC Y TES	40
4.3.4 APLICACIÓN DEL MODELO RESULTANTE APT	44
5. CONCLUSIONES	46
6. RECOMENDACIONES	48
BIBLIOGRAFIA	49
GLOSARIO	51

INTRODUCCION

Las Teorías financieras conocidas actualmente tiene su origen en los trabajos realizados por distintos autores desde el siglo XX, entre los más importantes están la teoría de Markowitz, el modelo CAPM, los modelos multifactoriales y el modelo de fijación de precios de arbitraje (APT por su sigla en inglés). Fue así como a mediados de la década de los sesenta se dio origen al modelo que hoy se conoce como: CAPM (Capital Asset Pricing Model) . Dicho modelo tiene por objeto definir el retorno esperado de una inversión teniendo en cuenta la cantidad de riesgo sistémico que se asume de acuerdo al coeficiente beta de la misma. El éxito de esta aplicación se debe a su sencilla formulación matemática, así como la simplicidad de su estructura conceptual.

Debido a la simplicidad del CAPM algunos autores expresaron su inconformidad argumentando que el modelo no consideraba rigurosamente otras variables que también influyen sobre los precios de los activos. De igual modo Stephen Ross y J Shanken implementaron desarrollos en este mismo sentido apelando a un mayor grado de formalización en términos de variables dando origen al modelo APT que se encuentra fundamentado en la estadística convencional para la medición del riesgo, como las medidas de tendencia central (desviación estándar, varianza, covarianza y coeficientes de correlación) y las distribuciones normales de probabilidad.

El modelo de Fijación de precios de arbitraje (también conocido como APM Arbitrage Pricing Model) se sustenta en los argumentos de arbitraje para postular que el rendimiento esperado de un valor es influenciado por una variedad de factores, de manera opuesta al solo índice de mercado del CAPM. El APM

considera que existen varios factores que determinan la tasa de retorno de un valor y no solo uno como en el caso del CAPM. En Colombia el método generalmente utilizado para el cálculo del Costo del Capital Propio es el CAPM¹ y el Banco de Bogotá no ha sido la excepción, que para el año 2002 el departamento de Planeación y Análisis Financiero estimó el costo de capital propio utilizando dicho método.

El objetivo de la investigación es hacer una prueba que corrobore la teoría del arbitraje e identifique los diferentes factores relevantes para la estimación del Costo de capital de los recursos propios para el banco de Bogotá, de manera que se pueda contrastar con los resultados obtenidos en sus cálculos de capital propio por medio del modelo CAPM, permitiendo analizar y sensibilizar la relación entre las posibles variables explicativas otorgando validez al modelo resultante.

Es de gran importancia que las inversiones puedan contar con instrumentos más precisos para efectuar pronóstico y análisis más confiables de los rendimientos esperados de los activos financieros o para el cálculo del Costo de capital propio, que es un indicador de fundamental importancia en el proceso de toma de decisiones. Por medio del Modelo de arbitraje se trata de explicar y determinar cuál es la prima de riesgo que el mercado paga ante la exposición a distintos factores de riesgo. En este caso se utilizaron variables macroeconómicas que originan riesgos ante los cambios no anticipados en variables tales como nivel de actividad, rendimientos de bonos, tasas de interés, entre otras.

Una de las alternativas para estudiar estos aspectos es el APT, sin embargo el modelo exige que se deban recurrir a técnicas econométricas para detectar cuáles son las mejores variables. Una de las ventajas de este modelo es que otorga a quienes lo apliquen, la posibilidad de elegir cualquier factor siempre y cuando explique las variaciones del rendimiento del activo a estimar. Una de las

¹ Revista Dinero. EVA del sector financiero, edición No. 185, Página 72

limitaciones de la aplicación de esta teoría es establecer cuales son los factores que tiene el mas alto poder explicativo para el modelo planteado, lo cual se convierte en un proceso de selección de las variables macroeconómicas, que consiste en encontrar la mejor combinación de las variables explicativas teniendo en cuenta la restricción en términos de disponibilidad de las bases de datos, la estadística de las series de tiempo y su facilidad de interpretación.

El modelo APT puede ser herramienta confiable en la estimación de rentabilidades esperadas o precios de activos financieros, aunque su planteamiento, formulación y validación se convierten en un proceso de selección que exige análisis detallado y tiempo, sus resultados pueden ser mas amplios y mas detallados que otros.

1. TEORIA DE LOS MODELOS DE FIJACIÓN DE PRECIOS DE ACTIVO

El CAPM y el APT son modelos que miden el riesgo de un activo financiero por medio de su beta (o de sus betas) y de un factor sistemático o factores sistemáticos. El CAPM fue desarrollado por William Sharpe en la década de los 60 la cual esta basada en la lógica elemental y los principios económicos simples; es un modelo sencillo y elegante, pero estas cualidades no ofrecen garantía que será útil para explicar patrones observados de riesgo y rendimiento ² Un Modelo Alternativo para el CAPM fue desarrollado por Stephen Ross en 1976. El modelo se sustenta puramente en los argumentos de arbitraje y por lo tanto, es llamado modelo de la teoría del arbitraje de Precios (APT por su sigla en ingles). Postula que el rendimiento esperado de un valor es influenciado por una variedad de factores, de manera opuesta al solo índice de mercado del CAPM. ³

1.1 CALCULO DEL COSTO DE PATRIMONIO POR MEDIO DEL CAPM

La gerencia de Planeación y Análisis Financiero del Banco de Bogotá ha estimado el Costo del Patrimonio por medio del CAPM ante la dificultad de encontrar los distintos valores que conforman la relación rentabilidad riesgo en el mercado colombiano procediendo a estimar dicha ecuación con información del mercado americano, tal como lo realizan las diferentes firmas de banca de inversión al evaluar las inversiones en países como Colombia.

² Frank J. Fabozzi, Franco Modigliani, Mercados e Instituciones Financieras, Prentice Hall, Modelos de riesgo / rendimiento y cómo se fijan los precios de los activos, p. 286

³ Frank J. Fabozzi, Franco Modigliani, Mercados e Instituciones Financieras, Prentice Hall, Modelos de riesgo / rendimiento y cómo se fijan los precios de los activos, p. 290

Para determinar la tasa libre de riesgo (Rf) tomaron el promedio diario de los títulos de tesorería de Estados Unidos a 30 años, para el periodo comprendido entre octubre del 2000 y octubre del 2001. A este promedio de tasa libre de riesgo se le descontó la inflación de Estados Unidos para febrero de 2002 fue de 1.1%, con el fin de obtener la tasa real libre de riesgo. Para la estimación del beta (β) tomaron el beta promedio del sector bancario de Estados Unidos ⁴. El calculo de los betas del mercado colombiano es bastante difícil dado que no existe un mercado de capitales desarrollado. La prima de riesgo (PRM) del mercado fue tomada de los cálculos hechos por Ibbotson Associates Inc ⁵, una empresa de investigaciones de inversiones con base en Chicago, el premium promedio es de 7.5% para le periodo comprendido desde el año 1926 hasta 1996, usando el indicador S&P 500. También adicionan el Spread Riesgo país que corresponde al promedio diario del spread de los bonos de deuda externa con plazo a 27 años, que es la diferencia en la tasa de retorno de los bonos de deuda de largo plazo del gobierno y la tasa de retorno de los bonos del tesoro de Estados Unidos.

De esta manera, el costo de capital es calculado reemplazando los valores de estas variables en la formula del CAPM, así:

$$R_j(\text{US}) = R_f + \beta * (\text{PRM}) + \text{PRP}$$

$$R_j(\text{US}) = 0.0407 + 0.67*(0.075) + 0.06723$$

$$R_j(\text{US}) = 15.818\%$$

⁴ Después de consultar diferentes fuentes se decidió adoptar el cálculo para este indicador elaborado por New York Stern University.

⁵ Según Ibbotson, Associates Inc, una empresa de investigaciones de inversiones con base en Chicago el Premium promedio es de 7.5% para el periodo comprendido desde el año 1926 hasta 1996, usando el indicador S&P de 500 acciones.

Esta sería la rentabilidad obtenida para un inversionista en dólares. La misma rentabilidad para pesos colombianos, se obtuvo al ajustar dicha tasa por la inflación de Colombia, que se asumió de 7.0% de acuerdo con las proyecciones elaboradas por el Banco de Bogotá para este indicador.

$$R_j(\text{COL}) = ((1 + R_j(\text{us}) * (1 + \text{inflación})) - 1$$

$$R_j(\text{COL}) = ((1 + 15.818\%) * (1 + 7\%)) - 1$$

$$R_j(\text{COL}) = 23.93\%$$

Es así como se estima el Costo de Capital de Banco de Bogotá tomando como rentabilidad mínima esperada los títulos del tesoro de Estados Unidos más la prima de riesgo del mercado por el Beta que es la medida de riesgo por la cual el Banco considera que debe ser compensado. El objetivo de la investigación es plantear una metodología alternativa para calcular el costo de los recursos propios para este mismo Banco por medio del APT o APM (Arbitrage Pricing Model).

Según esta teoría la rentabilidad de un activo financiero depende de las influencias exógenas de una serie de factores macroeconómicos que no pueden ser eliminados mediante diversificación. El modelo no especifica cuáles son los factores macroeconómicos o porque son económicamente relevantes sino que indica que puede existir una relación entre ellos y los rendimientos de los activos financieros. La ecuación general de un modelo multifactorial o APT presenta la siguiente estructura⁶ :

$$E(R_i) = R_f + \beta_1 * R_1 + \beta_2 * R_2 + \dots + \beta_n * R_n$$

⁶ Artículo El Costo de Capital . Juan Mascareñas. El cálculo del costo de capital medio ponderado, p. 22

De esta manera se obtendrá una rentabilidad para el accionista que pueda identificar un número razonable de factores macroeconómicos, medir la prima de riesgo esperada en cada factor y medir la sensibilidad del rendimiento del activo con relación a cada factor. Una vez definidos los factores se procedió al cálculo del modelo de regresión multivariante a través del cual se obtuvieron los betas de cada factor y así se estimó el valor del rendimiento esperado del Costo de Capital, es decir un costo de oportunidad para los accionistas.

2. INTERPRETACIÓN DE VARIABLES Y RECOLECCIÓN DE DATOS

El modelo APT no especifica las variables macroeconómicas que deben explicar el modelo, pero señala algunas variables comúnmente utilizadas : el nivel de actividad industrial, la tasa de interés y la inflación .

Para estimar el costo del patrimonio para los accionistas del Banco de Bogotá es fundamental encontrar las variables macroeconómicas que lo afectan y comprender la dinámica de éstas, sobre todo en el actual comportamiento de la globalización financiera. Si bien los economistas y los analistas financieros concluyen día a día que tanto los factores macroeconómicos, macroeconómicos como los cualitativos referentes a la situación de violencia de nuestro país afectan cualquier actividad económica realizada en Colombia, son pocos los estudios empíricos que han sido analizados para definir la contribución de dichos factores en la rentabilidad mínima exigida por el inversionista.

Para los autores, variables cuantificables de la economía Colombiana que pueden afectar y explicar el costo del patrimonio para los accionistas del Banco de Bogotá fueron las analizadas en el modelo econométrico el cual calculó las relaciones entre estas variables con la rentabilidad esperada del costo de capital. Las variables más relevantes en la economía Colombiana que fueron tenidas en cuenta son: DTF (Deposito a Terminio Fijo), Inflación, Tasa Interbancaria, IBB (Índice Bolsa de Bogotá) para el periodo comprendido entre octubre 2000 y julio 2001, IGBC (Índice General de la Bolsa de Colombia) para el periodo comprendido entre julio 2001 y octubre 2002, Tasa TES, PIB (Producto Interno Bruto) y TRM (Tasa Representativa del Mercado).

Para entendimiento más profundo de estas variables se consultó bibliografía que explica claramente la definición de dichos términos. Finalizando la búsqueda se concluyeron las definiciones mas correctas para el mercado Colombiano, las cuales están definidas por el Banco de la República y han sido extractadas de la Biblioteca Virtual del mismo banco y para entendimiento del lector se resumen así:

2.1 TIPOS DE VARIABLES

2.1.1 INFLACIÓN

Cuando se habla de inflación se habla de un aumento en el nivel general de precios a través del tiempo, es decir, en general, gran cantidad de bienes y servicios aumentan su precio. En Colombia, la inflación se mide a través del índice de precios al consumidor (IPC), cuyo cálculo realiza el DANE. El Banco de la República, por mandato constitucional, es el encargado de mantener el índice de inflación en niveles aceptables, con el fin de garantizar un adecuado desempeño de la actividad económica. El Banco de la República tiene a su cargo esta función por ser el responsable de la política monetaria en el país (tiene entre sus funciones la de controlar la cantidad de dinero que se encuentra en circulación en la economía) ⁷.

2.1.2 PRODUCTO INTERNO BRUTO PIB

PIB es el valor total de los bienes y servicios producidos en un país durante un cierto periodo de tiempo (generalmente un trimestre o un año); es decir, el total de lo que se produce con los recursos que se han utilizado en la economía, valorando cada bien final o servicio al precio que se maneja comúnmente en el mercado. Para el cálculo del PIB sólo se tiene en cuenta la producción que se realiza en el país, dentro de las fronteras geográficas de la nación, sin importar si ésta producción fue realizada por personas o empresas nacionales o extranjeras.

⁷ BANCO DE LA REPÚBLICA, Biblioteca Virtual Luis Ángel Arango: www.lablaa.org/ayudadetareas/economia/econo103.htm

Este indicador es calculado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), y es fundamental para evaluar el crecimiento, la evolución y la estructura de la economía colombiana y la capacidad de ésta para usar eficientemente los recursos disponibles para la producción ⁸.

2.1.3 TASA DE INTERES DTF

DTF son las iniciales de **depósitos a término fijo**. La DTF es una tasa o porcentaje muy utilizada, principalmente en el sistema financiero. Se calcula como el promedio ponderado de las diferentes tasas de interés de captación utilizadas por los bancos, corporaciones financieras, corporaciones de ahorro y vivienda y compañías de financiamiento comercial para calcular los intereses que reconocerán a los certificados de depósito a término (CDT) con duración de 90 días. Un CDT es un certificado de depósito a término. Este certificado se recibe al realizar depósitos de dinero por un periodo de tiempo fijo en bancos comerciales, corporaciones de ahorro y vivienda, corporaciones financieras y compañías de financiamiento comercial. Los recursos depositados se deben mantener en la entidad financiera por treinta días o más. Antes de ese tiempo, el dinero no se puede retirar de la entidad en la cual se hizo el depósito. Los CDT más comunes son a 30, 60, 90, 180 y 360 días. Los intereses que este depósito recibe dependen de la cantidad de dinero depositada, del tiempo del depósito y de las condiciones del mercado en el momento del depósito; es decir, del nivel de las tasas de interés en el mercado. La tasa DTF es calculada por el Banco de la República semanalmente con información recolectada, hasta el día anterior, por la Superintendencia Bancaria. La DTF tiene vigencia de una semana.⁹

⁸ BANCO DE LA REPÚBLICA, Biblioteca Virtual Luis Ángel Arango: www.lablaa.org/ayudadetareas/economia/econo45.htm

⁹ BANCO DE LA REPÚBLICA, Biblioteca Virtual Luis Ángel Arango: www.lablaa.org/ayudadetareas/economia/econo96.htm

2.1.4 INDICE GENERAL DE LA BOLSA DE COLOMBIA IGBC

El índice de la Bolsa nacional mide de manera agregada la variación de los precios de las acciones más representativas del mercado. El objetivo principal es representar las variaciones del conjunto de acciones más transadas de una manera fiel, de tal forma que cumpla el requisito de replicabilidad, es decir que a partir del mismo se pueda conformar un portafolio con las acciones del índice, base fundamental para la construcción de productos derivados, es decir, refleja las fluctuaciones que, por efectos de oferta y demanda o por factores externos del mercado, sufren los precios de las acciones. Es el instrumento más representativo, ágil y oportuno para evaluar la evolución y tendencia del mercado accionario. Cualquier variación de su nivel es el fiel sinónimo del comportamiento de este segmento del mercado, explicando con su aumento las tendencias alcistas en los precios de las acciones y, en forma contraria, con su reducción la tendencia hacia la baja de los mismos¹⁰

2.1.5 TASA TES (TÍTULOS DE TESORERÍA):

Los TES son Títulos de deuda pública emitidos por la Tesorería General de la Nación que son subastados por el Banco de la República. Se caracterizan por ser una de las mayores fuentes de financiación del Gobierno¹¹.

Como son títulos representativos de una deuda que da a quien los posee el derecho a recibir un interés fijo por un período preestablecido, al ser utilizado como variable del Modelo APT, esta tasa corresponde a la Tasa libre de Riesgo en Colombia.

¹⁰ BOLSA DE VALORES DE COLOMBIA: www.bvc.com.co/Normatividad/manual.doc

¹¹ SUPERINTENDENCIA DE VALORES, [supervalores: www.supervalores.gov.co](http://supervalores.gov.co)

2.1.6 TASA REPRESENTATIVA DEL MERCADO (TRM) , DEVALUACIÓN

La tasa representativa del mercado (TRM) es el valor oficial de la tasa de cambio. Ésta se calcula de acuerdo con la información de las operaciones de compra y venta de divisas efectuadas en los bancos comerciales y corporaciones financieras de Bogotá, Cali, Medellín y Barranquilla.

Así como las cosas tienen un valor, las monedas de los países (pesos, dólares, reales, libras esterlinas, etc.) también tienen un valor determinado. El cambio de valor de una moneda, dependiendo de si éste aumenta o disminuye en comparación con otras monedas extranjeras, se denomina revaluación o devaluación respectivamente. La revaluación ocurre cuando una moneda de un país aumenta su valor en comparación con otras monedas extranjeras, mientras que la devaluación ocurre cuando la moneda de un país reduce su valor en comparación con otras monedas extranjeras.

La devaluación de una moneda puede tener muchas causas, sin embargo, ésta generalmente sucede porque no hay demanda de la moneda local o hay mayor demanda que oferta de la moneda extranjera. Lo anterior puede ocurrir por falta de confianza en la economía local, en su estabilidad, en la misma moneda, etc.

En países que tienen un mercado de cambio controlado, la devaluación es una decisión que es tomada por el gobierno como consecuencia de, o para enfrentar una situación económica determinada. Sin embargo, la moneda de un país cuyo tipo de cambio es totalmente libre se devalúa cuando en dicho mercado hay una demanda superior a la oferta de divisas extranjeras. Bajo este régimen cambiario, a la devaluación se le conoce como depreciación.

Estos cambios de valor en las monedas tienen grandes consecuencias para la economía, pues para los países o las empresas que tienen deudas en monedas extranjeras (dólares por ejemplo), el valor de su deuda en caso de una devaluación, aunque dicha deuda sea la misma (en la moneda extranjera), tal

valor no va a ser el mismo (en la moneda local), porque las empresas y los países necesitarán obtener más recursos en la moneda local para pagar el mismo valor de la deuda contraída inicialmente en una moneda extranjera, razón por la cual dicha deuda será más costosa ¹².

2.2 MUESTRA Y TIPOS DE DATOS

La serie de tiempo que fue utilizada para la realización del modelo econométrico estuvo constituida por datos de dos años comprendidos entre las fechas de Octubre 2000 a Octubre 2002 ¹³, fecha de la cual conocemos del Banco de Bogotá el cálculo del Costo del Patrimonio hallado por medio del Modelo CAPM con el objetivo inicial de comparar los dos resultados. La temporalidad de los datos es mensual por lo tanto se dificultó la utilización de los datos correspondientes al producto interno bruto (PIB) ya que su mínima expresión de tiempo es trimestral y debido a que las variaciones de los datos son muy atípicas el programa econométrico lo rechazaría como variable que no explica el modelo. Así mismo, se tuvo en consideración el tipo de variable al que corresponde el PIB, es decir del sector real, la cual no sería compatible con las demás variables monetarias que explicarían el modelo.

En la recolección de datos se presentó una limitación, ya que Colombia carece de facilidad de acceder a la información histórica sobre las variables que manejaron los autores como significativas para la validación del modelo.

¹² La definición dada por los autores sobre TRM y devaluación ha sido extraída en su totalidad de la Biblioteca Luis Ángel Arango, su definición esta dada por el Banco de la República. Los autores consideran que toda la definición es importante para el entendimiento del lector.

¹³ La base de datos utilizada para la realización del modelo corresponden a datos encontrados en el portal virtual de Confinsura: www.confinsura.com, en el portal virtual del Grupo Aval: www.infofinanciera.com, y otras suministradas directamente por el Ministerio de Hacienda y Crédito Público.

3.FORMULACIÓN DEL MODELO APT

Para comprender cómo fueron aplicados al modelo los datos, se retomó a la ecuación general de un modelo multifactorial o APT ¹⁴:

$$E(R_i) = R_f + \beta_1*(E(F_1)- R_f) + \beta_2*(E(F_2)-R_f) \dots + \beta_n (E(F_n)-R_f)$$

E(R_i)= Rentabilidad esperada de la activo financiero i

R_f = Rentabilidad del activo sin riesgo

E(F₁)=Cambio en el factor económico F₁

E(F_n)=Cambio en el factor económico F_n

β₁= Coeficiente beta o sensibilidad del rendimiento de la acción a cambios en el factor F₁

β_n= Coeficiente beta o sensibilidad del rendimiento de la acción a cambios en el factor F_n

Obsérvese ahora que, al hablar de términos como por ejemplo el E(F₁), se habla de un cambio ¹⁵, que en este caso fueron las rentabilidades o variaciones de los datos de las variables.

Con relación al diferencial **(E(F₁)- R_f)** se entiende como la prima de riesgo asociada al factor F₁ . Por lo tanto se halló una prima de riesgo para cada factor en

¹⁴ FERNANDEZ, Pablo, Manual de Valoración de empresas

¹⁵ Ibid., p. 74.

particular, que en este caso fue la variación o rentabilidad de cada uno de los factores menos la rentabilidad del activo sin riesgo, es decir la tasa TES.

A continuación se muestran las graficas que representan el comportamiento de cada una de las variables durante el periodo de Octubre 2000 a Octubre 2002. Entiéndase que cada valor graficado corresponde a la rentabilidad que tuvo cada una de las variables respecto al año inmediatamente anterior, es decir el $E(F_1)$ de cada variable que explica el modelo.

3.1 COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES EXPLICATIVAS

3.1.1 Comportamiento General de la Inflación ¹⁶

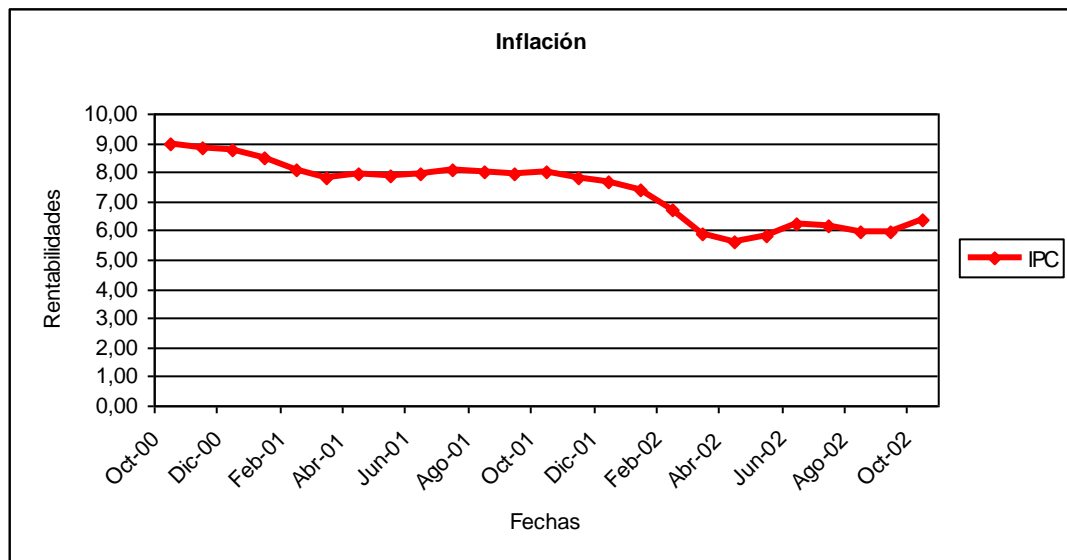


Gráfico No. 1

“La inflación medida como la variación del Índice de Precios al Consumidor (IPC) en el mes de marzo del 2000 se situó en 9.7%, inferior en 3.8 puntos porcentuales al registro de Marzo de 1999” ¹⁷. De igual manera se registró la misma tendencia

¹⁶ Gráfico construido por los autores, basados en los datos correspondientes al IPC consultados en el portal virtual de Corfinsura: www.corfinsura.com

¹⁷ BANCO DE LA REPÚBLICA. Unidad de programación e inflación Subgerencia de Estudios Económicos. Informe sobre Inflación. Marzo de 2000. p. 11

en el año 2002 con respecto al año 2001 con 5.9% en el primer trimestre y 7.82% respectivamente marcando una diferencia de 1.9 entre estos dos años.

“La inflación que permaneció alrededor del 8% durante buena parte del 2001 retomo una tendencia decreciente a partir del cuarto trimestre del año anterior. Se debe reconocer que los resultados obtenidos en el años 2002 comparados con el 2000 se comparan favorablemente en el cumplimiento de las metas fijadas por el Banco de la República”¹⁸.

3.1.2 Comportamiento General de la Tasa Interbancaria y la Tasa de Interés DTF¹⁹

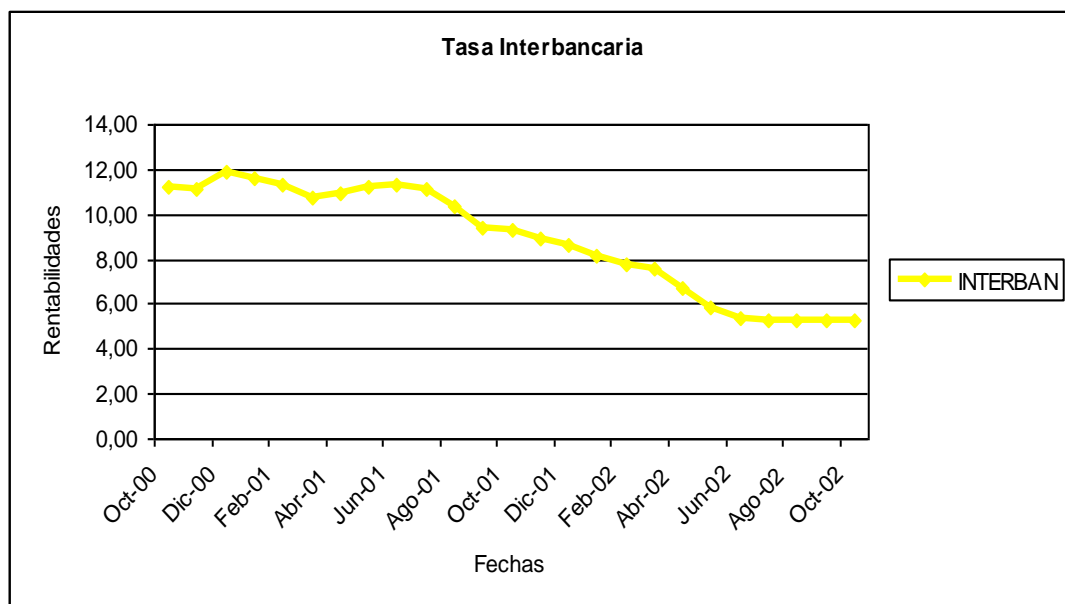


Grafico No. 2

¹⁸ BANCO DE LA REPÚBLICA. Unidad de programación e inflación Subgerencia de Estudios Económicos. Informe sobre Inflación. Marzo de 2002. p. 15

¹⁹ Gráfico construido por los autores, basados en los datos correspondientes la DTF y la Tasa Interbancaria fueron consultados en el portal virtual del Grupo Aval: www.infofinanciera.com y del portal virtual de Corfinsura: www.corfinsura.com; respectivamente.

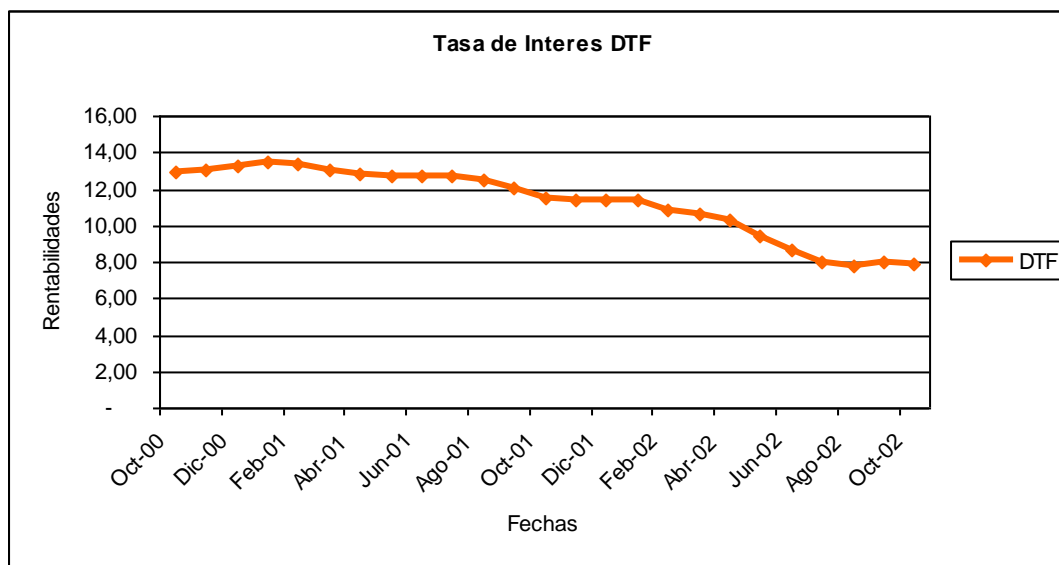


Gráfico No. 3

En estas gráficas se puede ver claramente que durante el primer trimestre de 2002, la tasa interbancaria continuó disminuyendo como consecuencia de la reducción de las tasas de intervención del Banco de la República. En marzo, la tasa interbancaria promedio se ubicó en 7.6%, el menor valor observado desde enero de 2000. Adicionalmente, el nivel de la tasa se situó 0.9 puntos porcentuales por debajo del alcanzado a finales de diciembre de 2001. A pesar de la importante reducción de la tasa nominal, la tasa real se incrementó porque la inflación se redujo más rápidamente. Durante los tres primeros meses del año 2002 las tasa de interés nominales del sistema financiero también disminuyeron. La tasa de captación promedio, medida por la DTF, finalizó en 10.6%, 0.8 puntos porcentuales por debajo del valor registrado en diciembre del 2001²⁰.

²⁰ BANCO DE LA REPÚBLICA. Unidad de programación e inflación Subgerencia de Estudios Económicos. Informe sobre Inflación. Marzo de 2002. p. 30

3.1.3 Comportamiento de la Tasas TES y de la Tasa Representativa del Mercado²¹

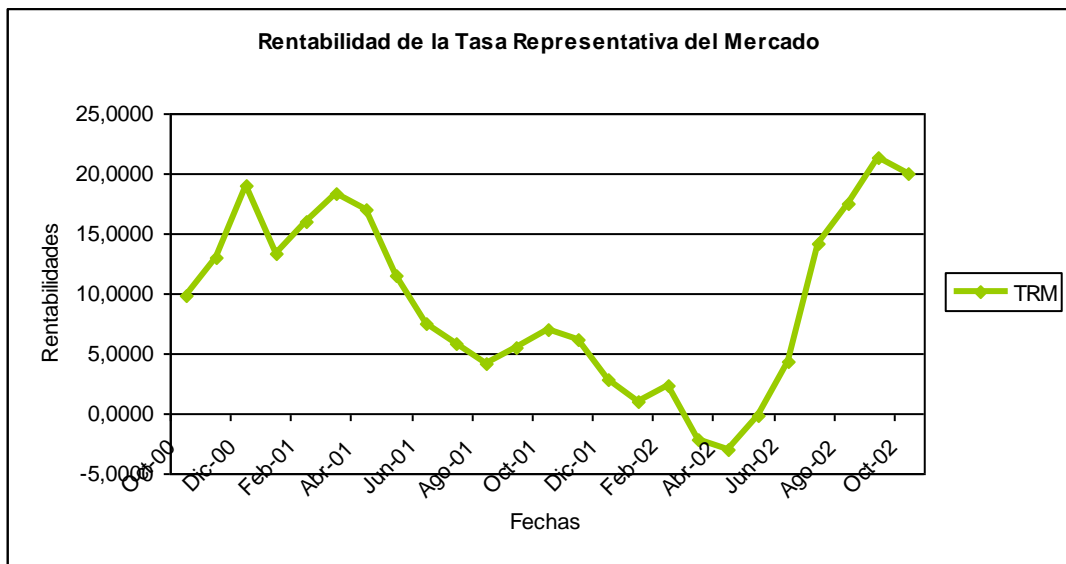
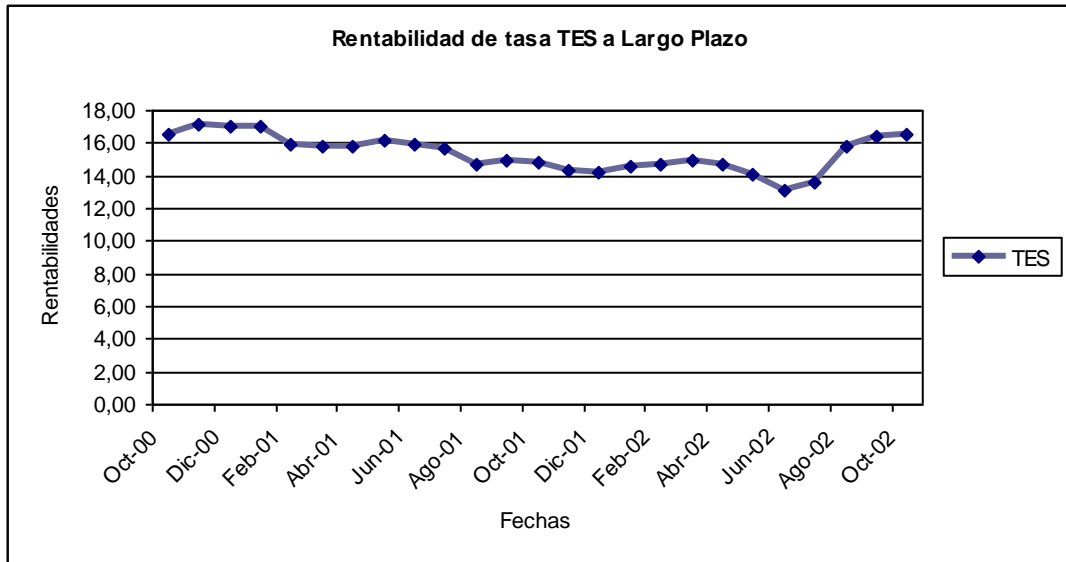


Gráfico No. 4

Gráfico No. 5

²¹ Gráfico construido por los autores, basados en los datos correspondientes a la TES y la TRM suministrados por el Ministerio de Hacienda y crédito público consultados en el portal virtual de Corfinsura: www.infofinanciera.com; respectivamente

El deterioro del riesgo país producto de la incertidumbre por la situación en América Latina efecto de la situación en Brasil y Argentina se transmitió a el mercado de deuda pública colombiana, en el que los altos niveles de rentabilidad alcanzados hasta junio habían conducido a importantes niveles de sobrecompra en TES durante el año 2002.

Estas posiciones se hicieron insostenibles ante el acelerado deterioro de los precios en el mes de agosto, precipitando un proceso de liquidación que pronunció aun mas el alza de las tasas en septiembre.

Así, además del nerviosismo originado por la situación brasileña, el mercado secundario de TES experimentó una alta iliquidez, especialmente entre agentes como fiduciarias y comisionistas, a quienes el Banco de la República habilitó cupos especiales de acceso a recursos ²².

Uno de los aspectos más relevantes de la evolución de la rentabilidad de los TES en 2002 fue su alta y particular correlación con el precio del dólar. En los momentos de mayor dificultad para el mercado de deuda, muchos portafolios en dólares fueron reestructurados, migración que aceleró el proceso de devaluación. De igual forma, hacia el fin de la crisis de los TES la menor volatilidad de la cotización del dólar fue definitiva en la estabilización de las tasas ²³.

²² BANCO DE BOGOTÁ. Tesorería Integrada. Informe creadores de mercado de deuda pública. Diciembre de 2002 p.1

²³ BANCO DE BOGOTÁ. Tesorería Integrada. Informe creadores de mercado de deuda pública. Diciembre de 2002 p. 8

3.1.4 Comportamiento del Índice General de la Bolsa de Valores de Colombia IGBC²⁴

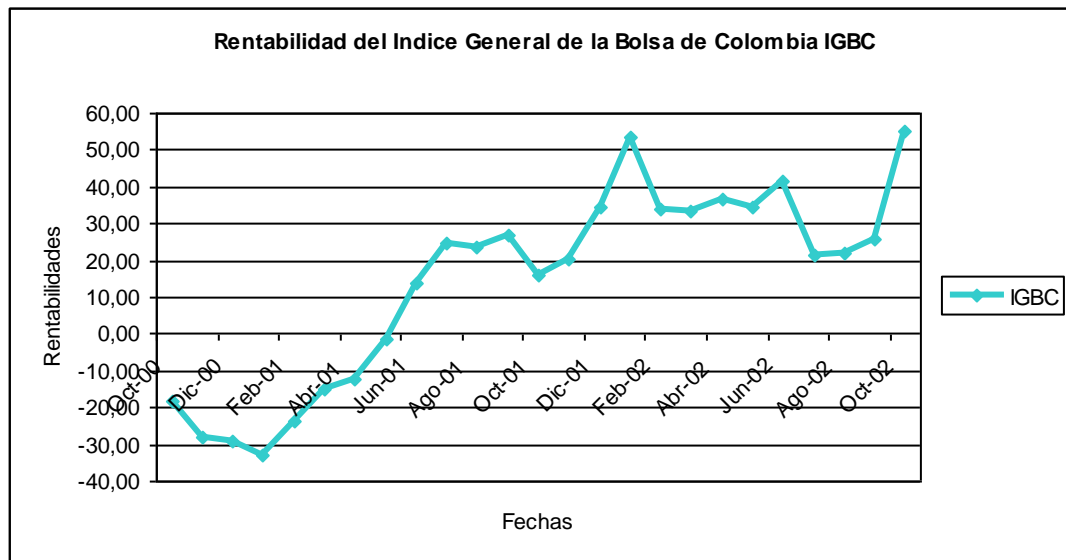


Grafico No. 6

El índice que comenzó el 3 de junio de 2001 con una base de 1000 puntos, a julio de 2002 una variación de 21%. Durante el primer trimestre del 2002 el IGBC se mantuvo estable debido a la ausencia de inversionistas y al bajo volumen de negociación. Tras este comportamiento se encuentran factores tales como: la apreciación del precio frente al dólar, la estabilidad presentada por el mercado de renta fija, los bajos volúmenes transados y la gran volatilidad en los precios de las acciones debido a la expectativa de unos resultados corporativos y proyectos de dividendos mixtos en el primer trimestre del año ²⁵. Se puede concluir que el incremento durante el tercer trimestre del 2002 se debió principalmente a la volatilidad presentada en las rentabilidades de los TES.

²⁴ Gráfico construido por los autores, basados en los datos correspondientes al IGBC consultados en el portal virtual de Corfinsura: www.corfinsura.com

²⁵ BANCO DE LA REPÚBLICA. Unidad de programación e inflación Subgerencia de Estudios Económicos. Informe sobre Inflación. Marzo de 2002. p. 37

4. ANALISIS ECONOMETRICO DEL MODELO.

4.1 TEORIA DE LOS MODELOS ECONOMETRICOS

La regresión y la correlación son las dos herramientas estadísticas mas poderosas y versátiles que se pueden utilizar para resolver problemas econométricos. Muchos estudios se basan en la creencia de que se puede identificar y cuantificar alguna relación funcional entre dos o mas variables, es decir que una variable depende de la otra. Se puede decir que Y depende de X en donde Y y X son dos variables cualquiera. Esto se puede escribir así²⁶:

$$Y \text{ está en función de } X \quad Y = f(X)$$

Debido a que Y depende de X, Y es la **variable dependiente**, y X es la **variable independiente**. Es importante identificar cuál es la variable dependiente y cuál es la variable independiente del modelo de regresión, lo cual depende de la lógica y del enfoque que el análisis esté demandando.²⁷

Es necesario diferenciar entre la regresión simple y la regresión múltiple. En la regresión simple, se establece que Y es una función de sólo una variable

²⁶ WEBSTER, Allen L. Estadística aplicada a los negocios y la economía, Mc Graw Hill, Regresión simple y correlación, p.324

²⁷ Ibid., p. 325

independiente. En un modelo de regresión múltiple Y está en función de dos o más variables independientes el cual se puede explicar así:

Y está en función de varias variables independientes $Y = f(X_1, X_2, X_3, X_n)$

Este modelo se considera más completo ya que utiliza más variables explicativas, eso es precisamente lo que el modelo APT hace permitiendo incorporar más variables independientes.

$$E(R_i) = R_f + \beta_1 * (E(F_1) - R_f) + \beta_2 * (E(F_2) - R_f) \dots + \beta_n (E(F_n) - R_f)$$

Por lo tanto en este modelo la variable independiente es la rentabilidad esperada del activo financiero ($E(R_i)$) y las variables independientes son las primas de riesgo de cada factor en particular, es decir ($E(F_n) - R_f$)

Por lo tanto β_1 es la cantidad por la cual $E(R_i)$ cambiará si ($E(F_1) - R_f$) cambia en una unidad asumiendo que todas las otras variables independientes se mantienen constantes.

4.2 REPLANTEAMIENTO DEL MODELO

En el caso de esta investigación la rentabilidad esperada del activo financiero que se pretendía hallar por medio de una regresión múltiple que involucrara diversas variables, era necesario tener acceso a los datos históricos de la variable dependiente, es decir, la rentabilidad del patrimonio. Debido a la dificultad de acceso a dicha información no se tuvo disponibilidad de los mismos, para efectos de la validación del modelo se replanteó tomar la rentabilidad de la acción del Banco de Bogotá como variable dependiente del modelo ya que para los accionistas también es importante la valoración de sus activos a precio de mercado, es decir sus acciones.

La estimación de los betas se hizo por medio de un modelo econométrico que consiste en hacer un análisis de regresión que relaciona una variable dependiente con una o más variables independientes o explicatorias. Como las relaciones entre variables macroeconómicas son generalmente inexactas, se debe tener en cuenta un término de error y una constante. Económicamente la constante recoge todos los demás factores posibles que pueden explicar el modelo pero que no fueron especificados como variables independientes. Esta constante según la base teórica del modelo APT debería ser la tasa libre de riesgo o R_f y la calcula el modelo econométrico E-Views.

El replanteamiento de la ecuación es el siguiente:

$$E(R_{bb}) = R_f + \beta_1*(E(F_1)-R_f) + \beta_2*(E(F_2)-R_f) + \beta_3*(E(F_3)-R_f) + \beta_4*(E(F_4)-R_f) + \beta_5*(E(F_5)-R_f) + \beta_6*(E(F_6)-R_f)$$

En donde:

$E(R_{bb})$ = Rentabilidad esperada de la acción del Banco de Bogotá

R_f = Rentabilidad del activo sin riesgo o constante

$E(F_1)$ = IGBC

$E(F_2)$ = DTF

$E(F_3)$ = Inflación

$E(F_4)$ = Tasa Interbancaria

$E(F_5)$ = Tasa Representativa del Mercado TRM

β_1 = Coeficiente beta o sensibilidad del rendimiento de la acción a cambios en el IGBC

β_2 = Coeficiente beta o sensibilidad del rendimiento de la acción a cambios en la DTF

β_3 = Coeficiente beta o sensibilidad del rendimiento de la acción a cambios en la Inflación

β_4 = *Coefficiente beta o sensibilidad del rendimiento de la acción a cambios en la Tasa Interbancaria*

β_5 = *Coefficiente beta o sensibilidad del rendimiento de la acción a cambios en la Tasa Representativa del Mercado TRM*

4.3 REGRESIONES DEL MODELO APT

Para entender un poco la relación de cada factor de riesgo tiene con el precio de la acción, se analizó el modelo econométrico de la siguiente manera:

4.3.1 REGRESIÓN BASE DEL MODELO APT

Se corrió la regresión como si todas las variables fueran explicatorias del modelo, de esta manera la regresión arrojó los siguientes resultados:

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DTF	35,46866	10,54622000	3,363163	0.0033
IGBC	1,42232	0.250094	5,687128	0.0000
INTERBANCARIA	-41,52407	8,01711800	-5,179427	0.0001
TRM	-2,98230	0.952170	-3,132103	0.0055
IPC	10,7184	6,54192600	1,638423	0.1178
Constante	-12,1241	39,68992000	0.305470	0.7633
R-squared	0.963088	Mean dependent var		43,689610
Adjusted R-squared	0.953374	S.D. dependent var		78,916910
S.E. of regression	17,04053	Akaike info		8,714630

		critério	
Sum squared resid	5.517,21500	Schwarz criterion	9,007160
Log likelihood	-102,93290	F-statistic	99,147320
Durbin-Watson stat	1,64707	Prob(F-statistic)	0.000000

Tabla No. 1

En la tabla No. 1 se puede ver que la constante resultante es del -12.1241, lo cual para el caso del modelo APT sería el rendimiento libre de riesgo o Rf, resultado que representa una inconsistencia ya que no es válido que esta tasa de este tipo sea negativa.

Sin embargo a este modelo se le aplicaron las siguientes pruebas para corroborar que los datos no presentaran problemas de multicolinealidad, de heterocedasticidad o de autocorrelación serial. Para esto se realizaron las siguientes pruebas estadísticas :

El coeficiente de Determinación que es la medida de Bondad de ajuste del modelo que nos indica que las variables independientes explican el modelo en el 96.3088%, el 3.6912% restante está explicado por la constante del modelo.(Tabla No 1)

Para saber si presentaba multicolinealidad, se analizó la matriz de correlaciones en la cual se puede ver la relación no solo entre variables explicativas con la dependiente sino entre las independientes también.

	ACCION	DTF	IGBC	INTERBANCARIA	IPC	TRM
ACCION	1	0.167196	0.918299	-0.427784	0.115513	0.644826
DTF	-	1	-	0.948726	-	-

	0.167196		0.320232		0.794127	0.436516
IGBC	0.918299	-	1	-0.517009	0.002280	0.472192
INTERBANCARIA	0.427784	0.948726	0.517009	1	0.699905	0.224436
IPC	0.115513	0.794127	0.002280	0.699905	1	0.388586
TRM	0.644826	0.436516	0.472192	-0.224436	0.388586	1

Tabla No. 2

En la tabla No. 2 se puede observar que existe una correlación muy alta entre las variables explicativas DTF y la tasa Interbancaria que es de 94.87% las cuales fueron comparadas con el Coeficiente de Determinación (96.3088%) para corroborar que el modelo no presentara multicolinealidad. No se presentó multicolinealidad ya que ninguna de la correlaciones entre variables superó el Coeficiente de Determinación.

Para determinar si existen problemas de heterocedasticidad se realizó la siguiente prueba: se tomó la muestra de datos y se determinó cual de las variables explicativas tiene mayor correlación con la variable dependiente, en este caso el IGBC con un 91.8299%. Se procedió a ordenar la base de datos de manera ascendente según el IGBC y se eliminaron los datos correspondientes a 1/5 de los datos ubicados en la mitad quedando organizados de la siguiente manera.

FECHA	Acción	IPC	TRM	DTF	IGBC	INTERBAN
1	-64,92	-8,50	-3,64	-3,53	-50,16	-5,36
2	-60,82	-8,25	1,97	-3,77	-45,88	-5,09
3	-60,29	-8,29	-4,16	-4,05	-45,21	-5,96
4	-57,45	-7,81	0,13	-2,48	-39,47	-4,52
5	-57,91	-7,51	-6,68	-3,62	-35,01	-5,27

6	-47,70	-7,97	2,57	-2,74	-30,64	-5,04
7	-50,68	-7,77	1,33	-2,92	-28,25	-4,85
8	-32,26	-8,36	-4,71	-3,52	-17,66	-5,01
9	-4,64	-7,96	-8,41	-3,20	-2,16	-4,59
10	83,40	-6,83	-7,80	-3,30	1,07	-5,55

Tabla No. 3

FECHA	Acción	IPC	TRM	DTF	IGBC	INTERBAN
1	47,36	-10,39	4,90	-8,41	9,53	-11,10
2	81,65	-6,93	-9,48	-2,85	12,05	-5,48
3	125,71	-9,01	-17,01	-4,23	18,28	-7,32
4	120,84	-7,95	-12,33	-3,76	19,46	-6,85
5	124,10	-8,19	-14,20	-4,61	20,33	-8,17
6	127,07	-6,54	-11,41	-2,77	20,53	-5,61
7	172,83	-9,05	-17,74	-4,43	22,09	-8,00
8	122,68	-6,89	-8,79	-4,48	28,42	-7,78
9	70,88	-10,10	3,60	-8,60	38,49	-11,23
10	159,33	-7,18	-13,48	-3,16	38,91	-6,43

Tabla No. 4

Una vez organizados en estas dos tablas, se corrió la regresión con la tabla No.3 donde se encuentran los menores datos y se observaron los resultados obtenidos en la suma de cuadrados de los residuos el cual vamos a determinar $SSR_1=2100,897$. Seguido a esto se corrió la regresión con la tabla No. 4 de los datos mayores y se observó el mismo resultado obtenido que fue denominado $SSR_2=899,8014$; estos dos resultados son divididos de la siguiente manera:

$$\frac{SSR_2}{SSR_1} = 0,428294$$

Para determinar que no existían problemas de heterocedasticidad este resultado tenía que pasar la prueba del F estadístico el cual se buscó en la tabla determinando los grados de libertad los cuales se hallaron restando al numero total de datos de la muestra el numero de datos que fueron eliminados, menos el numero de parámetros multiplicado por dos y todo lo anterior dividido en dos; así:

$$\frac{n - c - 2k}{2} = 4$$

Los grados de libertad fueron 4 y con un alfa de 5% que en la tabla corresponde a un F estadístico de 6.39, el cual es mayor que el 0.428294 lo que concluyó en que se descartan problemas de heterocedasticidad.

Ahora para analizar que no hayan problemas de autocorrelación se utilizó la prueba de Durbin Watson para cinco parámetros y una muestra de 25 datos, lo cual es de 0.95 (tabla Durbin Watson).

El Durbin Watson calculado de este Modelo es de 1.64707 (véase en la tabla No.1), mayor que 0.95, por lo tanto no existe evidencia de una correlación serial positiva entre las variables.

Debido al problema presentado con la constante se decidió aplicar a un nuevo modelo en el cual se tuviera en cuenta la tasa TES como una variable explicatoria del modelo para comparar los resultados con el primer modelo y ver qué tan incidente es esta variable en la constante que resulto en este mismo.

4.3.2 REGRESIÓN DEL MODELO APT INCLUYENDO LA TASA TES

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.

DTF	32,463380	1.290.422	2,5157190	0.0216
IGBC	1,379147	0.275214	50,1117400	0.0001
INTERBANCARIA	-38,277550	1.121.818	-3,4121000	0.0031
IPC	8,197138	8.950.736	0.915806	0.3719
TES	-3,797832	8.960.589	-0.423837	0.6767
TRM	-3,008532	0.975383	-3,0844630	0.0064
Constante	34,67931	1.176.463	0.294776	0.7715
R-squared	0.963453	Mean dependent var		43,6896
Adjusted R-squared	0.951270	S.D. dependent var		78,9169
S.E. of regression	17,42077	Akaike info criterion		8,7847
Sum squared resid	5462,70	Schwarz criterion		9,1260
Log likelihood	-102,8087	F-statistic		79,0853
Durbin-Watson stat	1,567702	Prob(F-statistic)		0.000000

Tabla No. 5

En la tabla No.5 se muestra una constante de 34.67931, lo que demostró que al incluir la tasa TES como variable explicativa del modelo, surgen otros factores que afectan la constante de manera positiva al pasar de -12.1241 a 34.67931 y por lo tanto la TES está afectando negativamente el comportamiento de la rentabilidad de la acción, lo cual se comprobó por medio del Beta o Coefficient que para esta variable es de -3.797832.

El resultado de la constante concluye igualmente que posee un T estadístico muy bajo de tan solo 0.294776 y una probabilidad de rechazo de un 77.15%, por lo cual la constante no es explicatoria del modelo.

A este modelo también se le aplicaron las siguientes pruebas para corroborar que los datos no presentaran problemas de multicolinealidad, de heterocedasticidad o de autocorrelación serial. Para esto se realizaron las siguientes pruebas estadísticas :

El coeficiente de Determinación nos indica que las variables independientes explican el modelo en el 96.3453 %, es decir que el 3.6547 % restante esta explicado por la constante del modelo.

Para saber si presentaba multicolinealidad, se analizó la matriz de correlaciones en la cual se puede ver la relación no solo entre variables explicativas con la dependiente sino entre las independientes también.

	ACCION	DTF	IGBC	INTERBANCARIA	IPC	TES	TRM
ACCION	1	0.167196	0.918299	-0.427784	0.115513	0.790474	0.644826
DTF	0.167196	1	0.320232	0.948726	0.794127	0.153778	0.436516
IGBC	0.918299	0.320232	1	-0.517009	0.002280	0.688746	0.472192
INTERBANCARIA	0.427784	0.948726	0.517009	1	0.699905	0.102288	0.224436
IPC	0.115513	0.794127	0.002280	0.699905	1	0.517741	0.388586
TES	0.790474	0.153778	0.688746	0.102288	0.517741	1	0.539503
TRM	0.644826	0.436516	0.472192	-0.224436	0.388586	0.539503	1

Tabla No. 6

En la tabla 6 se puede observar que existe una correlación muy alta entre las variables explicativas DTF y la tasa Interbancaria que es de 94.8726% las cuales fueron comparadas con el Coeficiente de Determinación (96.3453%) para corroborar que el modelo no presentara multicolinealidad. No se presentó multicolinealidad ya que ninguna de la correlaciones entre variables superó el Coeficiente de Determinación. A continuación se presentan la gráficas correspondientes a la relación que tiene cada una de las variaciones de las variables con la rentabilidad de la acción del Banco de Bogotá ²⁸, estas graficas representan gráficamente la tabla de correlaciones.

ACCION BANCO DE BOGOTÁ vs INFLACIÓN ²⁹

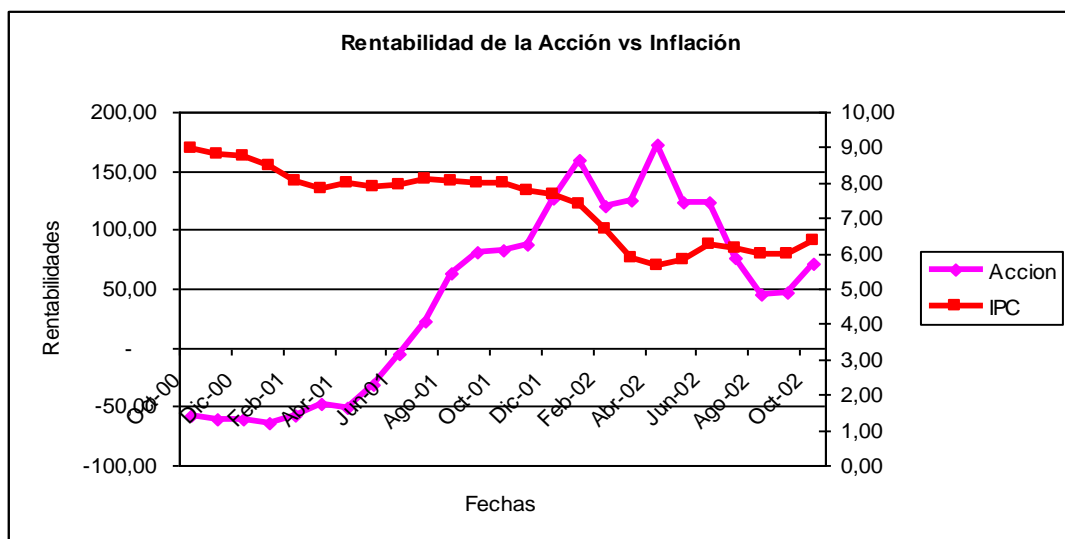


Gráfico No. 7

²⁸ Las rentabilidades de la acción del Banco de Bogotá fueron halladas por los autores, basados en los datos correspondientes al precio de la acción consultados en el portal virtual: www.supervalores.gov.co

²⁹ Todos los gráficos correspondientes a la comparación del precio de la acción del Banco de Bogotá con las demás variables fueron construidos por los autores de este proyecto basados en bases de datos consultadas.

ACCION BANCO DE BOGOTÁ vs INTERBANCARIA

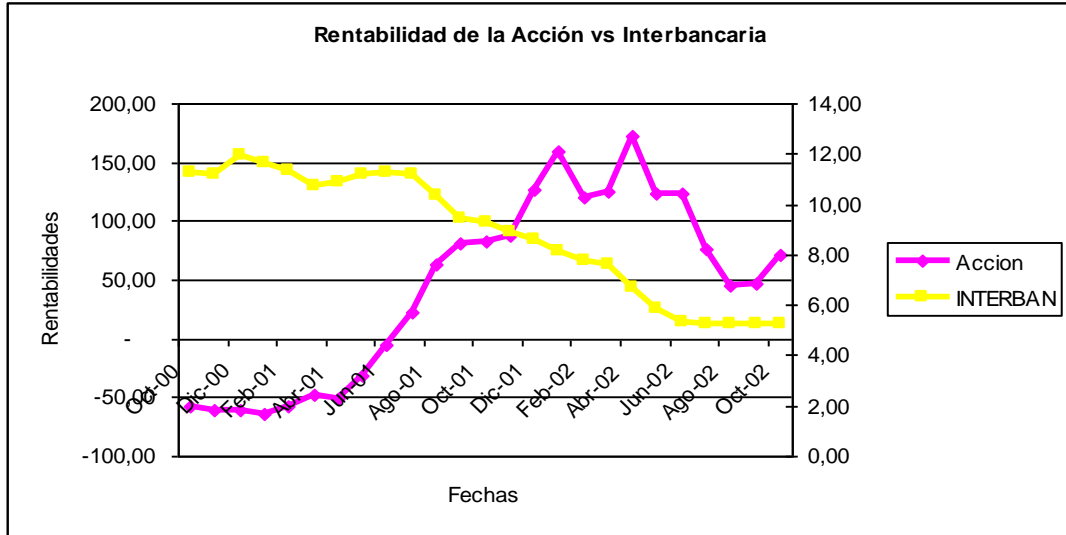


Grafico No. 8

ACCION BANCO DE BOGOTÁ vs TASA DE INTERES DTF

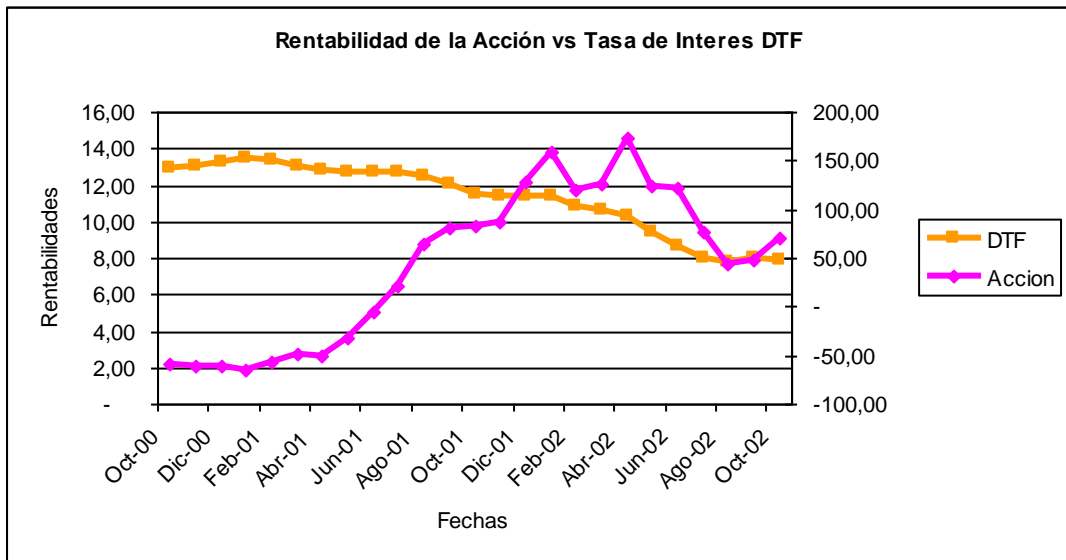


Grafico No. 9

ACCION BANCO DE BOGOTÁ vs RENDIMIENTO TES

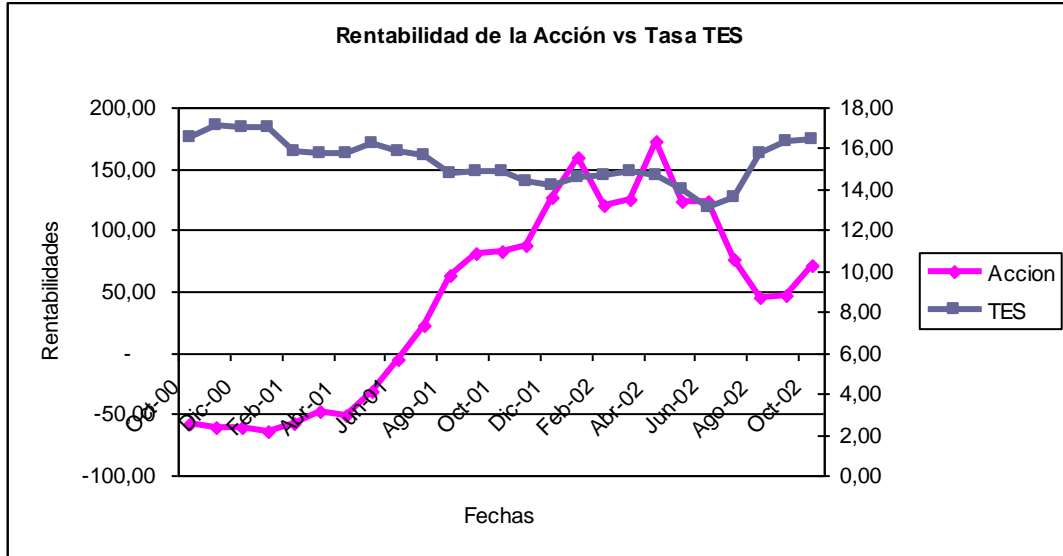
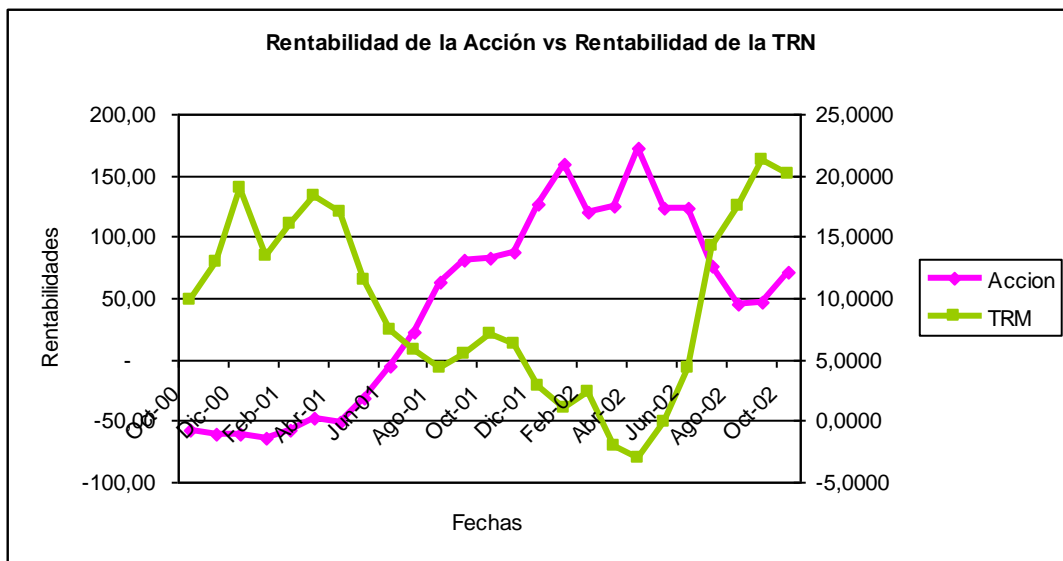


Grafico No. 10

ACCION BANCO DE BOGOTÁ vs RENTABILIDAD DE LA TRM



ACCION BANCO DE BOGOTÁ vs RENTABILIDAD DEL IGBC

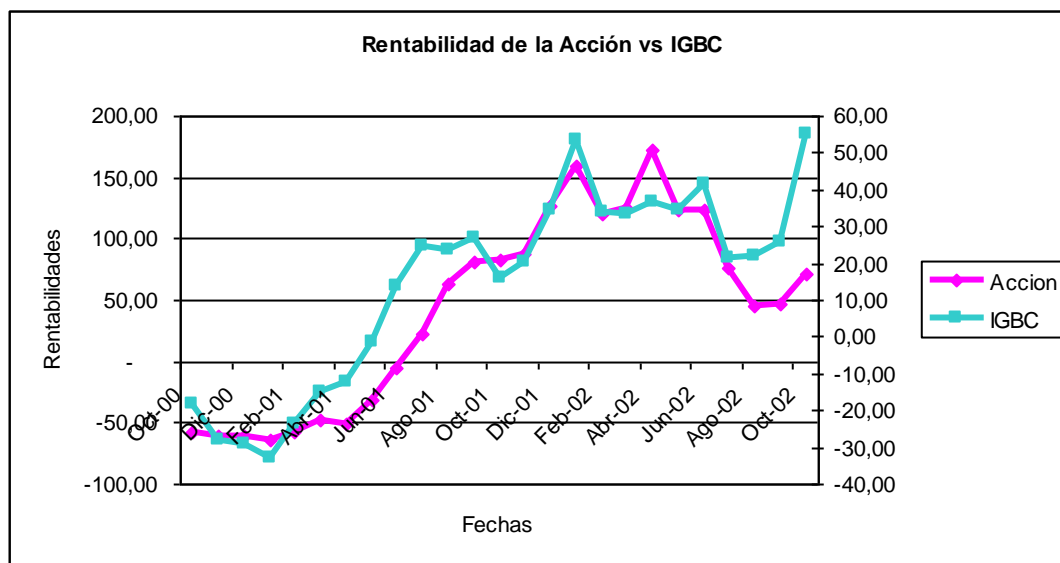


Grafico No. 12

Para determinar si existen problemas de heterocedasticidad se realizó la siguiente prueba: se tomó la muestra de datos y se determinó cual de las variables explicativas tiene mayor correlación con la variable dependiente, en este caso el IGBC con un 91.8299%. Se procedió a ordenar la base de datos de manera ascendente según el IGBC y se eliminaron los datos correspondientes a 1/5 de los datos ubicados en la mitad quedando organizados de la siguiente manera.

FECHA	Acción	TES	IPC	TRM	DTF	IGBC	INTERBAN
1	-64,92	17,00	-8,50	-3,64	-3,53	-50,16	-5,36
2	-60,82	17,00	-8,25	1,97	-3,77	-45,88	-5,09
3	-60,29	17,11	-8,29	-4,16	-4,05	-45,21	-5,96
4	-57,45	15,87	-7,81	0,13	-2,48	-39,47	-4,52

5	-57,91	16,50	-7,51	-6,68	-3,62	-35,01	-5,27
6	-47,70	15,79	-7,97	2,57	-2,74	-30,64	-5,04
7	-50,68	15,74	-7,77	1,33	-2,92	-28,25	-4,85
8	-32,26	16,22	-8,36	-4,71	-3,52	-17,66	-5,01
9	-4,64	15,88	-7,96	-8,41	-3,20	-2,16	-4,59
10	83,40	14,83	-6,83	-7,80	-3,30	1,07	-5,55

Tabla No. 7

FECHA	Acción	TES	IPC	TRM	DTF	IGBC	INTERBAN
1	47,36	16,36	-10,39	4,90	-8,41	9,53	-11,10
2	81,65	14,90	-6,93	-9,48	-2,85	12,05	-5,48
3	125,71	14,90	-9,01	-17,01	-4,23	18,28	-7,32
4	120,84	14,65	-7,95	-12,33	-3,76	19,46	-6,85
5	124,10	14,03	-8,19	-14,20	-4,61	20,33	-8,17
6	127,07	14,19	-6,54	-11,41	-2,77	20,53	-5,61
7	172,83	14,70	-9,05	-17,74	-4,43	22,09	-8,00
8	122,68	13,14	-6,89	-8,79	-4,48	28,42	-7,78
9	70,88	16,47	-10,10	3,60	-8,60	38,49	-11,23
10	159,33	14,55	-7,18	-13,48	-3,16	38,91	-6,43

Tabla No. 8

Una vez organizados en estas dos tablas, se corrió la regresión con la tabla No.7 donde se encuentran los menores datos y se observaron los resultados obtenidos en la suma de cuadrados de los residuos el cual vamos a determinar $SSR_1=1630.940$. Seguido a esto se corrió la regresión con la tabla No.8 de los datos mayores y se observó el mismo resultado obtenido que fue denominado $SSR_2= 872.6446$; estos dos resultados son divididos de la siguiente manera:

$$\frac{SSR_2}{SSR_1} = 0,535056$$

Para determinar que no existían problemas de heterocedasticidad este resultado tenía que pasar la prueba del F estadístico el cual se buscó en la tabla determinando los grados de libertad los cuales se hallaron restando al número total de datos de la muestra el número de datos que fueron eliminados, menos el número de parámetros multiplicado por dos y todo lo anterior dividido en dos; así:

$$\frac{n - c - 2k}{2} = 3$$

Los grados de libertad fueron 3 y con un alfa de 5% que en la tabla corresponde a un F estadístico de 9.28, el cual es mayor que 0.535056 lo que concluyó en que se descartan problemas de heterocedasticidad.

Ahora para analizar que no hayan problemas de autocorrelación se utilizó la prueba de Durbin Watson para seis parámetros y una muestra de 25 datos, lo cual es de 0.8680 (tabla Durbin Watson).

El Durbin Watson calculado de este Modelo es de 1.567702 (véase en la tabla No.5) , mayor que 0.8680, por lo tanto no existe evidencia de una correlación serial positiva entre las variables.

El motivo por el cual los autores decidieron incluir la TES como otra variable fue el de comparar los resultados con el primer modelo y determinar que tan incidente es esta variable en el modelo. Con este último modelo, se encontraron resultados contradictorios, los autores suponen que estos se deben a el comportamiento que tuvieron los TES durante el año 2002. Mas adelante se analizan estos resultados.

Ahora bien, fueron comparados dos modelos, por lo tanto fue necesario confirmar si el modelo APT servía para calcular el Costo del Patrimonio de los accionistas

del Banco de Bogotá. Para esto fue necesario realizar otro modelo en el cual se eliminaron las variables que descarta el modelo, ya que poseen alta probabilidad de rechazo.

4.3.3 REGRESIÓN DEL MODELO APT EXCLUYENDO LAS VARIABLES IPC Y TES

Retomando a la tabla 5 se observó que las variables que el modelo determina que poseen alta probabilidad de rechazo son el IPC y la TES con 37.19% y 67.67% respectivamente. Las variables fueron eliminadas del modelo y se prosiguió a correr el modelo sin ellas. Los resultados fueron los siguientes

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
IGBC	1,62722	0.225514	7,21562	0.0000
DTF	43,63751	9.676.691	4,50955	0.0002
INTERBANCARIA	-42,46937	8.326.255	-5,10066	0.0001
TRM	-2,37083	0.912125	-2,59923	0.0172
Constante	-66,53647	22,630830	-2,94008	0.0081
R-squared	0.957873	Mean dependent var		43,68961
Adjusted R-squared	0.949447	S.D. dependent var		78,91691
S.E. of regression	17,7436	Akaike info criterion		8,76679
Sum squared resid	6.296,7190	Schwarz criterion		9,01056
Log likelihood	-104,5848	F-statistic		113,68810

Durbin-Watson				
stat	1,46247	Prob(F-statistic)		0.000000

Tabla No. 9

La tabla No. 9 confirma que el modelo no se puede aplicar ya que excluyendo las variables IPC y TES rechazadas anteriormente por el modelo, da como resultado una constante de -66.53647, es decir, según este modelo la Tasa Libre de Riesgo en Colombia para el Banco de Bogotá es de -66.53647%, resultado que no es lógico interpretar como la constante tasa libre de riesgo o Rf que la Teoría del Modelo APT plantea.

Nuevamente se aplicaron las pruebas para corroborar que los datos no presentaran problemas de multicolinealidad, de heterocedasticidad o de autocorrelación serial. Para esto se realizaron las siguientes pruebas estadísticas :

El coeficiente de Determinación nos indica que las variables independientes explican el modelo en el 95.7873 %, es decir que el 4.2127% restante esta explicado por la constante del modelo.

Para saber si presentaba multicolinealidad, se analizo la matriz de correlaciones en la cual se puede ver la relación no solo entre variables explicativas con la dependiente sino entre las independientes también.

	ACCION	DTF	IGBC	INTERBANCARIA	TRM
ACCION	1	0.167196	0.918299	-0.427784	0.644826
DTF	0.167196	1	0.320232	0.948726	0.436516
IGBC			1	-0.517009	

	0.918299	0.320232			0.472192
INTERBANCARIA	-	-	-		-
	0.427784	0.948726	0.517009	1	0.224436
TRM	-	-	-		
	0.644826	0.436516	0.472192	-0.224436	1

Tabla No. 10

En la tabla No 10 puede observar que existe una correlación muy alta entre las variables explicativas DTF y la tasa Interbancaria que es de 94.8726% las cuales fueron comparadas con el Coeficiente de Determinación (95.7873%) para corroborar que el modelo no presentara multicolinealidad. No se presentó multicolinealidad ya que ninguna de la correlaciones entre variables superó el Coeficiente de Determinación.

Para determinar si existen problemas de heterocedasticidad se realizó la siguiente prueba: se tomó la muestra de datos y se determinó cual de las variables explicativas tiene mayor correlación con la variable dependiente, en este caso el IGBC con un 91.8299%. Se procedió a ordenar la base de datos de manera ascendente según el IGBC y se eliminaron los datos correspondientes a 1/5 de los datos ubicados en la mitad quedando organizados de la siguiente manera.

FECHA	Acción	TRM	DTF	IGBC	INTERBAN
1	-64,92	-3,64	-3,53	-50,16	-5,36
2	-60,82	1,97	-3,77	-45,88	-5,09
3	-60,29	-4,16	-4,05	-45,21	-5,96
4	-57,45	0,13	-2,48	-39,47	-4,52
5	-57,91	-6,68	-3,62	-35,01	-5,27
6	-47,70	2,57	-2,74	-30,64	-5,04
7	-50,68	1,33	-2,92	-28,25	-4,85
8	-32,26	-4,71	-3,52	-17,66	-5,01

9	-4,64	-8,41	-3,20	-2,16	-4,59
10	83,40	-7,80	-3,30	1,07	-5,55

Tabla No. 11

FECHA	Acción	TRM	DTF	IGBC	INTERBAN
1	47,36	4,90	-8,41	9,53	-11,10
2	81,65	-9,48	-2,85	12,05	-5,48
3	125,71	-17,01	-4,23	18,28	-7,32
4	120,84	-12,33	-3,76	19,46	-6,85
5	124,10	-14,20	-4,61	20,33	-8,17
6	127,07	-11,41	-2,77	20,53	-5,61
7	172,83	-17,74	-4,43	22,09	-8,00
8	122,68	-8,79	-4,48	28,42	-7,78
9	70,88	3,60	-8,60	38,49	-11,23
10	159,33	-13,48	-3,16	38,91	-6,43

Tabla No. 12

Una vez organizados en estas dos tablas, se corrió la regresión con la tabla No.11 donde se encuentran los menores datos y se observaron los resultados obtenidos en la suma de cuadrados de los errores el cual vamos a determinar $SSR_1=2630.59$. Seguido a esto se corrió la regresión con la tabla No.12 de los datos mayores y se observó el mismo resultado obtenido que fue denominado $SSR_2= 1080.711$; estos dos resultados son divididos de la siguiente manera:

$$\frac{SSR_2}{SSR_1} = 0,4108$$

Para determinar que no existían problemas de heterocedasticidad este resultado tenía que pasar la prueba del F estadístico el cual se buscó en la tabla

determinando los grados de libertad los cuales se hallaron restando al numero total de datos de la muestra el numero de datos que fueron eliminados, menos el numero de parámetros multiplicado por dos y todo lo anterior dividido en dos; así:

$$\frac{n - c - 2k}{2} = 5$$

Los grados de libertad fueron 5 y con un alfa de 5% que en la tabla corresponde a un F estadístico de 5.05, el cual es mayor que 0.4108 lo que concluyó en que se descartan problemas de heterocedasticidad

Ahora para analizar que no hayan problemas de autocorrelación se utilizó la prueba de Durbin Watson para cuatro parámetros y una muestra de 25 datos, lo cual es de 1.04 (tabla Durbin Watson).

El Durbin Watson calculado de este Modelo es de 1.46247 (véase en la tabla No.9) mayor que 1.04, por lo tanto no existe evidencia de una correlación serial positiva entre las variables.

4.3.4 APLICACIÓN DEL MODELO RESULTANTE APT

Una vez obtenidos los resultados del último modelo, se procedió a la estimación de la rentabilidad esperada de las acciones del Banco de Bogotá con las siguientes coeficientes betas:

$$E(R_{bb}) = (-66,53647) + 1,62722*(E(F_1)-R_f) + 43,63751*(E(F_2)-R_f) + (-42,46937*(E(F_3)-R_f)) + (-2,37083*(E(F_4)-R_f))$$

En donde:

$E(R_{bb})$ = Rentabilidad esperada de la acción del Banco de Bogotá

R_f = Rentabilidad del activo sin riesgo o constante resultante

$E(F_1)$ = IGBC

$E(F_2)$ = DTF

$E(F_3)$ = Tasa Interbancaria

$E(F_4)$ = Tasa Representativa del Mercado TRM

β_1 = Coeficiente beta o sensibilidad del rendimiento de la acción a cambios en el IGBC

β_2 = Coeficiente beta o sensibilidad del rendimiento de la acción a cambios en la DTF

β_3 = Coeficiente beta o sensibilidad del rendimiento de la acción a cambios en la interbancaria

β_4 = Coeficiente beta o sensibilidad del rendimiento de la acción a cambios en la TRM

Obteniendo una rentabilidad esperada para el periodo de octubre 2002 de :

$$E(R_{bb}) = (-66,53647) + 1,62722*(38.49\% + 66.53647\%) + 43,63751*(-8.6\% + 66.53647\%) + (-42,46937*(-11.23\% + 66.53647\%) + (-2,37083*(3.6\% + 66.53647\%)) = 288.7\%$$

Esta es la rentabilidad esperada para los accionistas del Banco de Bogotá tomando el Índice General de la Bolsa de Colombia, la DTF, la tasa Interbancaria y la Tasa representativa del mercado como factores de riesgo relevantes.

5. CONCLUSIONES

A pesar del atractivo teórico, el APM o APT no parece tener mucho porvenir sobre todo en cuanto a las técnicas de valoración de empresas se refiere. Su complejidad estadística es grande, los factores de riesgo sistemático son difíciles de identificar y los problemas de estimación de los betas se multiplican en función del número de factores considerados. Si en la práctica ya resulta difícil introducir el CAPM para calcular el costo de los activos financieros, lo es aún más si se desea introducir modelos multifactoriales como se analizó en el desarrollo de esta investigación.

En Colombia una Tasa Libre de Riesgo no se puede considerar como exenta de riesgo totalmente, sino como una tasa en la que se corre el menor riesgo del mercado. La crisis de los TES del año 2002 reitera que aún conociendo que los títulos de deuda pública de un país son seguros, no lo son para Colombia un país en donde cualquier actividad económica conlleva riesgo.

En Colombia es necesario conocer los riesgos y medirlos, a lo que en este momento va encaminada la reglamentación que ha hecho la Superintendencia Bancaria de Colombia, igualmente es necesario que haya transparencia en la información que se le da al mercado sobre la composición de los portafolios del sector financiero y sus filiales.

La creciente crisis de TES del 2002 demostró que al gobierno colombiano le falta supervisión para anticipar problemas de este tipo, pero también es necesario diseñar mecanismos de cobertura para este tipo de papeles.

En la recolección de datos se encontraron limitaciones, con lo que se puede concluir que en Colombia el calculo de el Costo de Patrimonio por medio del modelo APT para una empresa es una tarea ardua debido a que no es sencillo encontrar las bases de datos necesarias para correr el modelo econométrico, por lo cual la empresa tendría que disponer de mucho tiempo y capital humano.

Es necesario que en Colombia se implemente una cultura de administración de riesgo dando una visión mas amplia en el manejo de modelos ya estructurados por economistas y matemáticos desde hace muchos años, para que de esta manera los matemáticos, economistas e ingenieros financieros emprendan la búsqueda de una nuevo modelo que sea realmente aplicable a la economía colombiana.

6. RECOMENDACIONES

Después de obtener los resultados y las conclusiones que surgieron en el desarrollo de esta investigación, los autores recomiendan que para validar el modelo APT en Colombia deberían incluirse mas variables del mercado colombiano y del mercado americano.

Una buena opción es plantear el modelo APT de la misma manera que la gerencia de planeación y análisis financiero del Banco de Bogotá plantea el modelo CAPM para la estimación del costo del patrimonio, tomando información del mercado americano debido a la dificultad de encontrar los valores que establecen la relación rentabilidad riesgo en el mercado colombiano. Una vez estimada dicha rentabilidad esperada en dólares, se hace la estimación de la misma rentabilidad en pesos colombianos aplicando la tasa de inflación colombiana.

De esta manera se espera que los resultados del modelo sean más exactos para su validación y utilización para hallar el costo del patrimonio.

BIBLIOGRAFIA

- Ⓢ ROSS Stephen. Finanzas Corporativas. Editorial McGraw-Hill Año 2000.
- Ⓢ FABOZZI Frank J. Mercados e Instituciones Financieras. Editorial Prentice Hall.
- Ⓢ GARCIA SERNA, Oscar León. Valoración de empresas y EVA Ⓢ. Año 2003
- Ⓢ BERNAL, Cesar Augusto. Metodología de la investigación para administración y economía. Editorial Prentice Hall. Año 2000
- Ⓢ GUJARATI, Damodar. Econometría. Análisis de Regresión Múltiple. Editorial McGraw-Hill. Año 1997. Página 213
- Ⓢ WEBSTER, Allen L. Estadística Aplicada a los negocios y a la economía. Editorial McGraw-Hill. Tercera Edición. Año 2000.
- Ⓢ BANCO DE LA REPÚBLICA. Unidad de programación e inflación Subgerencia de Estudios Económicos. Informe sobre Inflación. Marzo de 2000.

- Ⓢ Revista Mensual Banco de la República. (Hemeroteca UNAB)
- Ⓢ Informe Banco de Bogotá, Costo del Patrimonio Octubre 2002
- Ⓢ MASCAREÑAS , Juan. EL costo del Capital. Universidad Complutense de Madrid. Abril 2002
- Ⓢ FERNANDEZ, Pablo. Manual de Valoración de Empresas.
- Ⓢ Revista Dinero. Edición 160 y 185
- Ⓢ Superintendencia Bancaria. www.superbancaria.gov.co
- Ⓢ Superintendencia de Valores: www.supervalores.gov.co
- Ⓢ Bolsa de Valores de Colombia : www.bvc.com.co
- Ⓢ InfoFinanciera: www.infofinanciera.com
- Ⓢ Valoramos: www.valoramos.com
- Ⓢ Ministerio de Hacienda: www.minhacienda.gov.co
- Ⓢ Biblioteca Virtual Banco de la republica: www.banrep.gov.co
- Ⓢ Corfinsura: www.corfinsura.com
- Ⓢ Corfivalle: www.corfivalle.com
- Ⓢ Suvalor: www.suvalor.com

GLOSARIO

Este glosario fue construido por los autores basados en definiciones textuales tomados de fuentes, textos y portales virtuales citados en la bibliografía.

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD: partiendo del punto de equilibrio, el analista puede maniobrar sobre las variables que lo componen, con el objeto de programar las utilidades convenidas.

APT: teoría desarrollada por Stephen Ross, es la teoría de fijación de precios de Arbitraje (APT por su sigla en ingles).

AUTOCORRELACION: ocurre cuando los términos de error no son independientes

BETA: coeficiente que mide la volatilidad relativa a una acción. Corresponde a la covarianza de la relación entre la acción y el resto del mercado. Beta mayor que uno (1) significa que varía más que el mercado. Tiene mayor riesgo.

COEFICIENTE DE DETERMINACION: es el que mide mide la fuerza de la relación entre Y y las variables independientes.

CAPM: modelo que busca proyectar el precio justo de un activo teniendo en cuenta el rendimiento esperado para esa inversión en particular y su nivel de riesgo.

CORRELACIÓN: mide el nivel de asociación entre dos títulos valores o entre un título valor y el mercado. Hay correlación positiva cuando el comportamiento de los dos títulos que se asocian es al alza; y cuando no hay ninguna relación entre el comportamiento de ambos títulos o acciones, es porque la correlación es cero (0).

COSTO DE PATRIMONIO: costo de los recursos propios de los accionistas de una empresa

CRISIS FINANCIERA: manifestaciones de depresión, pánico, incertidumbre, desconfianza y falta de fe y demanda en el sistema financiero.

DESVIACION ESTANDAR: es la raíz cuadrada de la varianza. Es una medida importante de la dispersión de los datos.

DIVERSIFICACIÓN DEL RIESGO: maniobra que pretende disminuir el riesgo total de un portafolio ya existente o recién creado, a través de la adquisición de diversos títulos valores emitidos por diferentes empresas, los cuales tengan variados comportamientos y riesgos.

DURBIN WATSON: prueba estadística que permite detectar problemas de autocorrelación.

DTF : es un indicador que recoge el promedio semanal de la tasa de captación de los certificados de depósito a término (CDT's) a 90 días de los bancos, corporaciones financieras, de ahorro y vivienda y compañías de financiamiento comercial y es calculado por el Banco de la República. Hay para 180 y 360 días también.

HETEROCEDASTICIDAD: las varianzas en los valores **Y** son diferentes en todos los valores de **X**

HOMOCEDASTICIDAD: las varianzas en los valores **Y** son las mismas en todos los valores de **X**.

MULTICOLINEALIDAD: se presenta cuando existe alta correlación entre dos o mas variables independientes de un modelo.

REGRESION MULTIPLE: modelo que permite incorporar mas variables independientes para predecir el valor de una variable.

RENDIMIENTO : es la ganancia en dinero, bienes o servicio que una persona o empresa obtienen de sus actividades industriales, agrícolas, profesionales, o de transacciones mercantiles o civiles.

RENTABILIDAD : es la relación entre la utilidad proporcionada por un título y el capital invertido.

RIESGO : es el grado de variabilidad o contingencia del retorno de una inversión. En términos generales se puede esperar que, a mayor riesgo, mayor rentabilidad de la inversión. Existen varias clases de riesgos: de mercado, solvencia, jurídico , de liquides, de tasa de cambio, riesgo de tasa de interés.

RIESGO DE MERCADO: es el riesgo generado por cambios en las condiciones generales del mercado frente a las de la inversión.

RIESGO PAIS: riesgo general presentado por un país que tiene en cuenta sus aspectos macroeconómicos, sociales y culturales, entre otros.

SERIES DE TIEMPO: recolección de datos para alguna variable o conjunto de variables durante varios periodos.

SPREAD: margen adicional de interés que se cobra sobre un título de referencia. Para cualquier bono soberano, el título de referencia es la tasa de interés de los bonos del tesoro de Estados Unidos y su spread son los puntos adicionales que se deben pagar con el fin de que el papel sea atractivo. Dicho spread se incrementa cuando el riesgo del emisor aumenta.

ESTÁNDAR & POOR 500: índice de precios de las 500 compañías más grandes y más representativas de los Estados Unidos.

TASA DE INTERES INTERBANCARIA : es el precio de las operaciones realizadas en moneda doméstica por los intermediarios financieros para solucionar problemas de liquidez de muy corto plazo. Dicha tasa de interés se pacta para operaciones de un día.

TASA DE INTERÉS LIBRE DE RIESGO: no presenta ningún riesgo para los inversionistas. Un ejemplo de ella es la que otorgan en Colombia los Títulos de Tesorería (TES) del Gobierno o la de los Bonos del Tesoro de Estados Unidos.

TASA REPRESENTATIVA DEL MERCADO: es el valor del dólar y lo calcula diariamente el Banco de la República, tomando el promedio del precio de las

operaciones de compra y venta de los dólares, realizadas por entidades financieras en las principales ciudades del país.

TES (TÍTULOS DE TESORERÍA): títulos de deuda pública emitidos por la Tesorería General de la Nación (en pesos, en UVR's - Unidades de Valor Real Constante - o en pesos ligados a la TRM) que son subastados por el Banco de la República. Se caracterizan por ser una de las mayores fuentes de financiación del Gobierno.

VARIABLE DEPENDIENTE: es la variable que se desea explicar o predecir; también se le denomina regresando o variable respuesta

VARIABLE INDEPENDIENTE: es la variable independiente, también se le denomina variable explicativa o regresor.

VARIANZA: el promedio de las observaciones respecto a su media elevadas al cuadrado.