

**RELACIÓN ENTRE LAS VARIABLES MACROECÓMICAS Y LAS ACCIONES DEL ÍNDICE
COLCAP.**

Presentado por:

Roobilson Rojas Rey

CESA – Colegio de Estudios Superiores de Administración

Maestría en Finanzas Corporativas

Bogotá

2018

**RELACIÓN ENTRE LAS VARIABLES MACROECONÓMICAS Y LAS ACCIONES DEL ÍNDICE
COLCAP.**

Presentado por:

Roobilson Rojas Rey

Director:

Roberto Santillán Salgado

CESA – Colegio de Estudios Superiores de Administración

Maestría en Finanzas Corporativas

Bogotá

2018

Contenido

| | |
|--|-----------|
| 1. Introducción..... | 6 |
| 1.1 Hipótesis: | 8 |
| 1.2 Objetivo General: | 8 |
| 1.3 Objetivos Específicos: | 8 |
| 2. Descripción de los Factores | 8 |
| 2.1 Índice COLCAP | 8 |
| 2.2 Tasa representativa del mercado..... | 8 |
| 2.3 Índice de precios al consumidor | 9 |
| 2.4 El petróleo WTI..... | 9 |
| 2.5 Petróleo Brent..... | 9 |
| 2.6 Tasa de desempleo..... | 9 |
| 2.7 Producción de Petróleo | 10 |
| 2.8 Tasa de intervención..... | 10 |
| 2.9 Índice de producción industrial | 10 |
| 2.10 Comportamiento histórico de los factores: | 11 |
| 3. Estado del Arte..... | 14 |
| 3.1 The arbitrage pricing Theory: is it testable? (Shanken, 1982)..... | 14 |
| 3.2 International Arbitrage Pricing Theory (Solnik, 1983) | 15 |
| 3.3 Arbitrage Pricing Theory and Utility Stock Returns (Dorothy H. Bower, 1984)..... | 15 |
| 3.4 Stock Returns and Inflation: A Long – Horizon Perspective (Richardson, 1993)..... | 16 |
| 3.5 Selecting Macroeconomic Variables as Explanatory Factors of Emerging Stock Market Returns. (Bilson, 2000)..... | 16 |
| 3.6 Teoría de la asignación de precio por arbitraje aplicada al mercado accionario chileno (Kristjanpoller, y otros, 2011) | 17 |
| 4. Marco Teórico | 18 |
| 4.1 Índice Colcap. | 18 |
| 4.2 Calculo Participación Colcap. | 20 |
| 4.3 Participación máxima de un emisor en el índice. | 20 |
| 4.4 Modelo APT. | 20 |
| 4.5 Regresión Lineal Múltiple..... | 21 |
| 5. Metodología:..... | 23 |
| Primer etapa Metodológica | 23 |
| 5.1 Composición Colcap por sector..... | 25 |
| 5.2 Variables Independientes y variable dependiente..... | 26 |
| 5.3 Índice de correlación de Pearson | 26 |
| 5.4 Matrix Plot entre el Colcap, la inflación y la TRM. | 29 |
| 5.5 Regresión lineal múltiple con todas las variables independientes. | 29 |
| 5.6 Regresión Lineal Múltiple entre Colcap, Trm y la inflación. | 30 |
| 5.7 Regresión Lineal Múltiple entre Colcap, Trm, Inflación, Tasa de intervención e índice de Producción Industrial..... | 31 |
| 5.8 Comparación Colcap Real vs Colcap modelo | 33 |
| 5.9 Regresión lineal Múltiple entre Colcap, Trm, Inflación, WTI, Desempleo y Producción de Petróleo..... | 34 |
| 6. Modelo APT | 35 |

| | |
|-----------------------------------|-----------|
| 7. Modelo CAPM vs APT..... | 37 |
| 8. Conclusiones..... | 38 |
| 9. Bibliografía: | 41 |

Índice de ilustraciones

| | |
|--|----|
| Ilustración 1, Comportamiento índice Colcap. Fuente BVC. | 11 |
| Ilustración 2, Comportamiento del índice Inflación, Fuente DANE..... | 11 |
| Ilustración 3, Comportamiento TRM, Fuente Banrep..... | 12 |
| Ilustración 4, Comportamiento Precio petróleo BRENT, Fuente AIE..... | 12 |
| Ilustración 5, Comportamiento Tasa desempleo, Fuente DANE. | 13 |
| Ilustración 6, Comportamiento Índice de Producción Industrial, Fuente Dane. | 13 |
| Ilustración 7, Variable dependiente e independientes..... | 14 |
| Ilustración 8, Diagrama de Dispersión entre Tasa de intervención y Colcap | 27 |
| Ilustración 9, Diagrama de Dispersión entre Tasa de colocación y Colcap. | 28 |
| Ilustración 10, Diagrama de dispersión entre la Producción de Petróleo y el Colcap. | 28 |
| Ilustración 11, Matrix Plot. | 29 |
| Ilustración 12, Grafico de Residuales | 33 |
| Ilustración 13, Grafico comparando el Colcap Real VS Colcap Modelado..... | 34 |
| Ilustración 14, Normalización variables Y | 36 |

Índice de tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1, Metodologías guía, elaboración propia. | 18 |
| Tabla 2, Composición Colcap, Fuente BVC. | 25 |
| Tabla 3, Relación de variables | 26 |
| Tabla 4, Índice Pearson | 27 |
| Tabla 5, Regresión 1..... | 30 |
| Tabla 6, Regresión 2..... | 31 |
| Tabla 7, Regresión 3..... | 32 |
| Tabla 8, Regresión 4,..... | 35 |
| Tabla 9, Modelo APT, Elaboración propia. | 37 |
| Tabla 10, Comparación modelo Capm y APT. | 38 |

1. Introducción.

El rendimiento de los mercados financieros depende de factores Sistemáticos como: variables económicas, monetarias, políticas y sociales, e igualmente de factores No sistemáticos que afectan específicamente el tipo negocio, industria o empresa.

Este trabajo se enfocará en determinar las principales variables económicas del riesgo sistemático que influyen en el comportamiento del mercado accionario en Colombia, cuya principal referencia es el índice COLCAP, el cual agrupa a las 20 acciones más transadas del mercado.

Desde la conformación del índice COLCAP en el año 2008 éste ha venido presentado variaciones significativas y en la misma vía factores macroeconómicos como la Inflación, el PIB, la Tasa de cambio, el Desempleo, el Precio y la Producción de Petróleo entre otras, han presentado comportamientos iguales o inversos al COLCAP.

Lo anterior lleva a plantear la siguiente pregunta: *¿existe relación entre las variables macroeconómicas y el índice COLCAP en Colombia?*

Por la naturaleza de las variables se puede prever la existencia de una relación, la cuestión es, si es directa y matemáticamente demostrable, algunos estudios con similar enfoque han obtenido resultados que comprueban la existencia de relación directa en el corto y mediano plazo, sin embargo, las economías tienen características propias que permiten o no una explicación a través de factores macroeconómicos. Para el caso de estudio se determinará la relación a través del índice Pearson y aplicando regresiones lineales múltiples con coeficiente de determinación mayor a 0,7 bajo un nivel de confianza del 95 %.

Una vez identificadas las variables se construirá el modelo APT (Arbitrage Pricing Theory) para las acciones que componen el índice validando su ajuste y comparándolo con el modelo CAPM. (Capital Assets Pricing Model).

El desarrollo de este trabajo se realizará en 8 capítulos. En el primer se introduce al prólogo, a la pregunta de investigación y a los objetivos. En el segundo se describe el concepto de la variable dependiente (COLCAP) y las variables independientes (TRM, Inflación, Desempleo, WTI, Brent, Producción de petróleo, Índice de producción industrial, Tasa de intervención, entre otras.) incluyendo el comportamiento histórico de cada una, construyendo una base de datos entre (enero 2008 - diciembre de 2017).

En el tercer capítulo se menciona el Estado del Arte del tema de investigación, los estudios relacionados con la regresión lineal múltiple y el modelo (APT), para darle contexto a la metodología de trabajo.

En el cuarto capítulo se trabaja el Marco Teórico, el cálculo del índice y su canasta, los componentes del modelo (APT) y los supuestos empleados para la regresión lineal múltiple.

En el quinto capítulo se revisa la metodología de cálculo de participación de la canasta del COLCAP y se realizan diferentes regresiones lineales múltiples, determinando que variables independientes presentan una correlación mayor a 0.7.

En el capítulo sexto se construye el modelo APT utilizando como rango de tiempo (enero 2014 a diciembre 2017) periodo en el cual todas las acciones que componen el COLCAP actual cotizan en el mercado. Utilizando aquellas variables independientes de mayor correlación.

En el séptimo capítulo se calcula el modelo CAPM y se compara con los resultados del modelo APT.

Finalmente, en el último capítulo se realizan las conclusiones determinantes del trabajo, respondiendo a la pregunta de investigación y sobre los modelos mencionados.

La incertidumbre que rodea los mercados es una constante, esta investigación no pretende eliminarla ni suplirla, está enfocada a determinar qué factores explican su comportamiento y la viabilidad de emplear modelo (APT) a las acciones del COLCAP.

1.1 Hipótesis:

Existe una correlación entre las variables macroeconómicas y el índice COLCAP en Colombia.

1.2 Objetivo General:

Determinar las variables macroeconómicas que influyen en el valor del índice de las acciones más transadas en Colombia.

1.3 Objetivos Específicos:

- a. Determinar ecuación mediante regresión lineal múltiple entre los factores macroeconómicos y el índice COLCAP.
- b. Construir modelo APT (Arbitrage Pricing Theory) con variables macroeconómicas de mayor correlación.
- c. Comparar el modelo APT con el modelo CAPM.

2. Descripción de los Factores

2.1 Índice COLCAP (Colcap, 2016): Es un índice de capitalización que refleja las variaciones de los precios de las acciones más líquidas de la Bolsa de Valores (BVC), donde la participación de cada acción en el índice está determinada por el correspondiente valor de la capitalización bursátil ajustada (flotante de la compañía multiplicando por el último precio).

2.2 Tasa representativa del mercado (Republica): Es la cantidad de pesos colombianos por un dólar de los Estados Unidos (antes del 27 de noviembre de 1991 la tasa de cambio del mercado colombiano estaba dada por el valor de un certificado de cambio). La TRM se calcula con base en las operaciones de compra y venta de divisas entre intermediarios financieros que transan en el mercado cambiario colombiano. Con cumplimiento el mismo día cuando se realiza la negociación de las divisas. Actualmente la Superintendencia Financiera de Colombia es la que calcula y certifica diariamente la TRM con base en las operaciones registradas el día hábil inmediatamente anterior.

Metodología de cálculo de la tasa de cambio representativa del mercado (Republica):

- a. Se deberán incluir únicamente las negociaciones directas de moneda legal colombiana a cambio de dólares de Estados Unidos de América. Las operaciones con monedas diferentes no se incluirán aun cuando se haya hecho la respectiva conversión.
- b. Se deberán incluir, por lo menos las operaciones realizadas en las ciudades de Bogotá, Barranquilla, Cali y Medellín.
- c. No harán parte del cálculo las operaciones de ventanilla ni las de derivados. A partir del 1 de febrero de 2016 no se incluirán dentro del cálculo las demás operaciones negociadas por montos inferiores a cinco mil dólares de los Estados Unidos de América (US\$5.000)

2.3 Índice de precios al consumidor (Estadística): El IPC es un indicador que mide la variación de precios de una canasta de bienes y servicios representativos del consumo de los hogares del país. Los resultados son analizados por grupos, subgrupos y clases de gastos, gastos básicos y niveles de ingreso.

2.4 El petróleo WTI (West Texas Intermediate o Texas Light Sweet) es un petróleo que contiene el promedio de características del petróleo extraído en campos occidentales de Texas (USA). Debido a su poco contenido de azufre, es catalogado como petróleo dulce y en relación a su densidad, el petróleo WTI es catalogado como liviano. Esto lo hace del WTI un petróleo de alta calidad e ideal para la producción de naftas. El precio del petróleo WTI es utilizado como referencia principalmente en el mercado norteamericano. (Económica).

2.5 Petróleo Brent: (zoniaeconomica.com) Es la producción de crudo sin refinar en el territorio colombiano.

2.6 Tasa de desempleo: Es la relación porcentual entre el número de personas que integran la fuerza laboral (PEA)

Está compuesta por:

- a. Tasa de desempleo abierto
- b. Tasa de desempleo oculto

PEA: Es la fuerza laboral y está conformada por las personas en edad de trabajar que trabajan o están buscando empleo. (Departamento Administrativo Nacional de Estadística)

2.7 Producción de Petróleo: Es la producción de crudo sin refinar en el territorio colombiano.

2.8 Tasa de intervención (Banco de la República): Es el mecanismo de intervención de política monetaria usado por el Banco de República para afectar la cantidad de dinero que circula en la economía, consiste en modificar la tasa de interés mínima que cobra a las entidades financieras por los préstamos que les hace o la tasa de interés máxima que paga por recibirles dinero sobrante. Estas operaciones, también conocidas como OMA (operaciones de mercado abierto) se hacen a plazos muy cortos (a 1, 7 y 14 días). Los préstamos se otorgan en sesiones denominadas “subastas de expansión” y los recursos sobrantes se reciben en sesiones denominadas “subastas de contracción”.

2.9 Índice de producción industrial: (Estadística, 2010) Es un índice de volumen cuya finalidad es medir la evolución en el corto plazo del valor añadido en las ramas industriales. El objetivo de éste es medir los cambios que se producen en el volumen.

2.10 Comportamiento histórico de los factores:

Ilustración 1, Comportamiento índice Colcap. Fuente BVC.

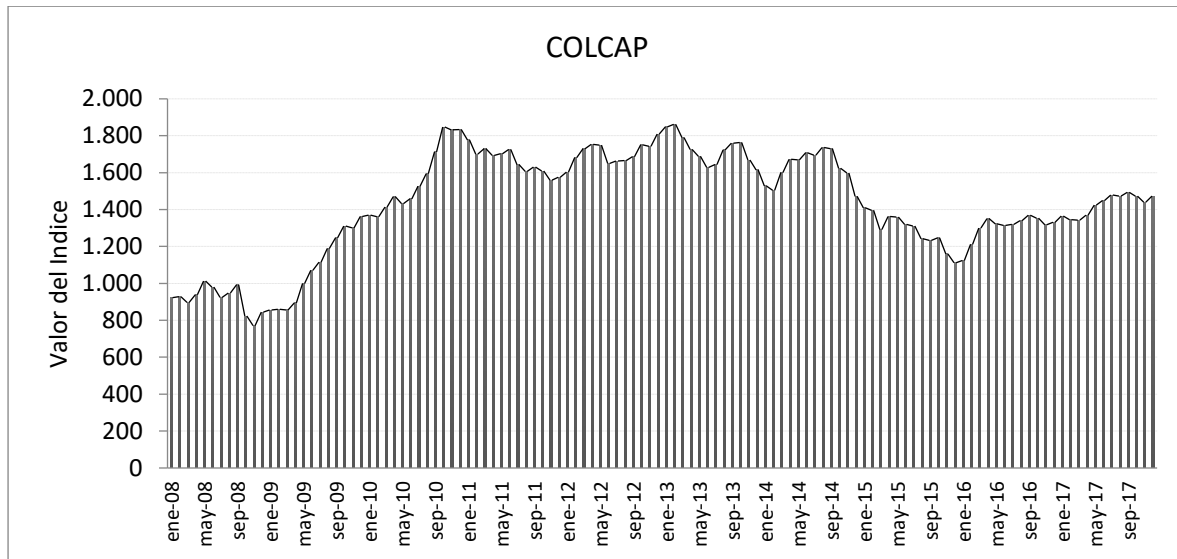


Ilustración 2, Comportamiento del índice Inflación, Fuente DANE.

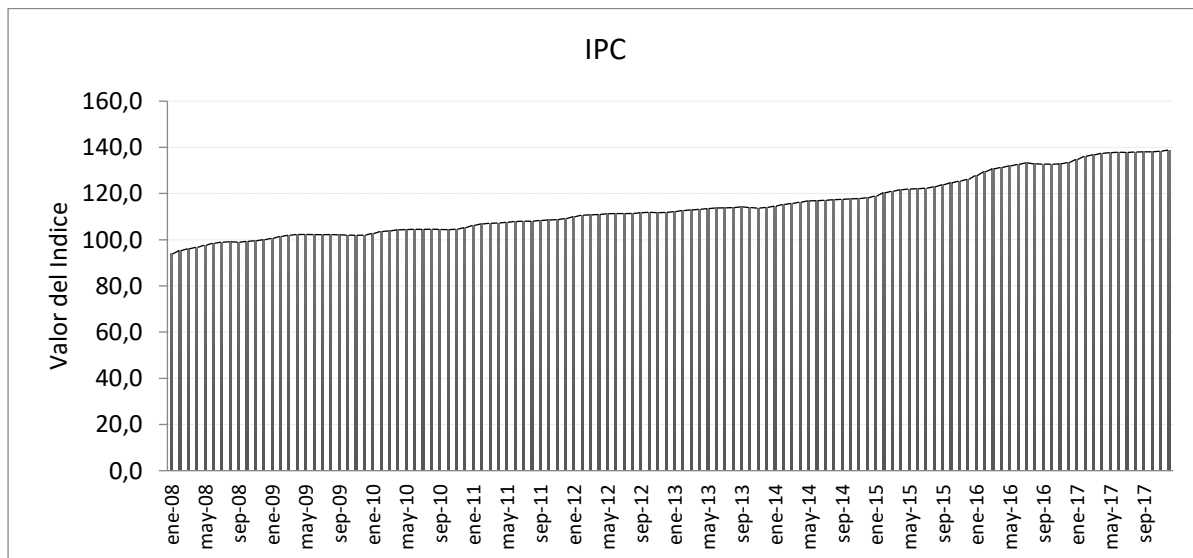


Ilustración 3, Comportamiento TRM, Fuente Banrep.

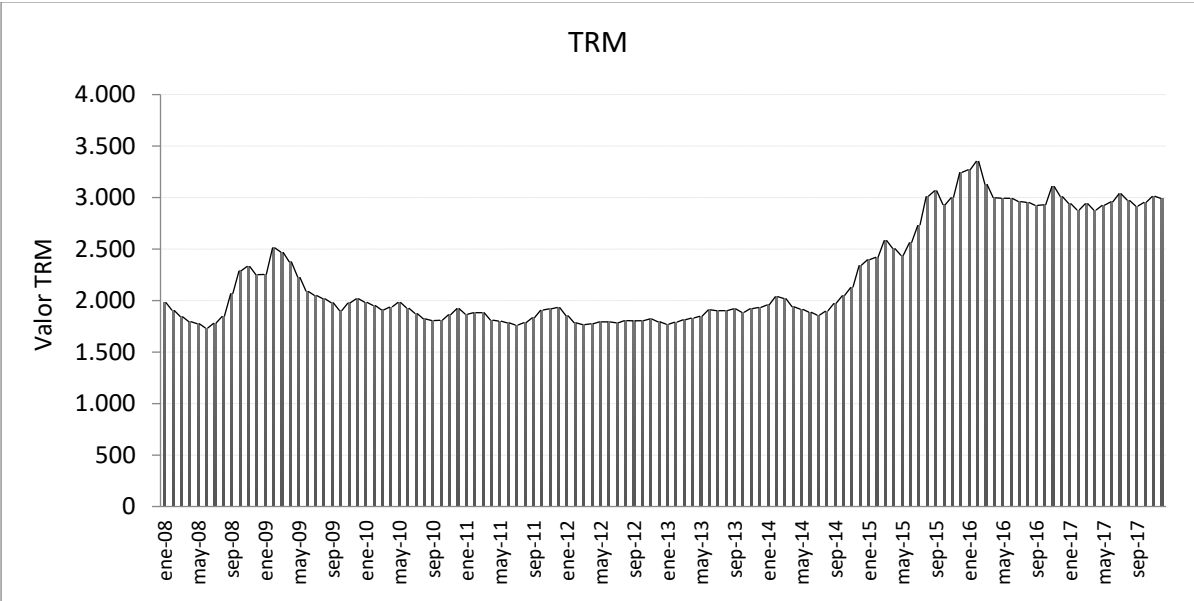


Ilustración 4, Comportamiento Precio petróleo BRENT, Fuente AIE.

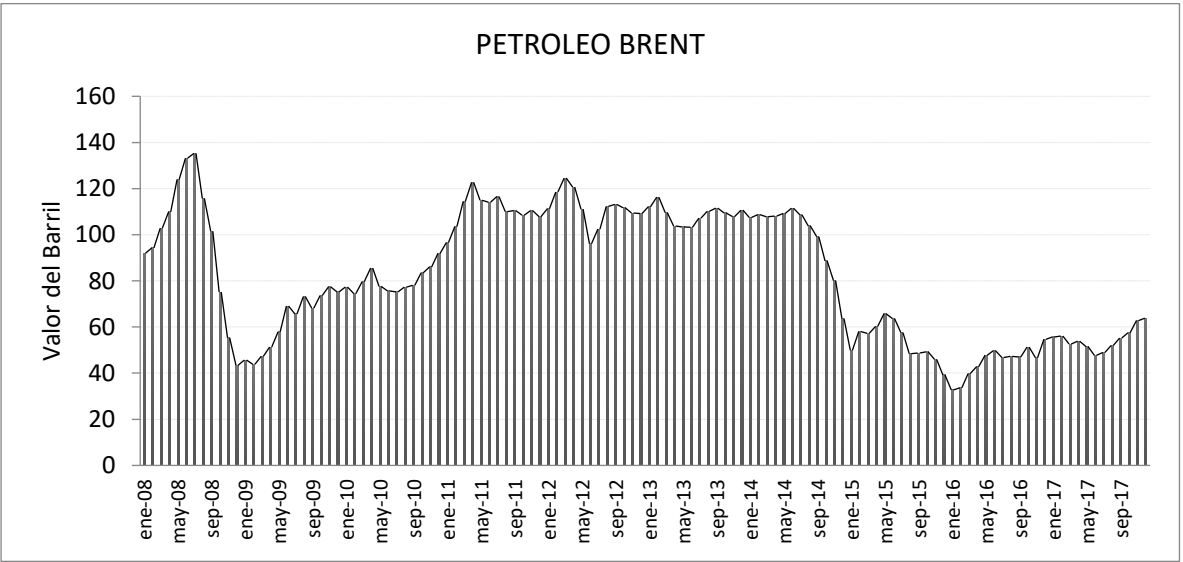


Ilustración 5, Comportamiento Tasa desempleo, Fuente DANE.

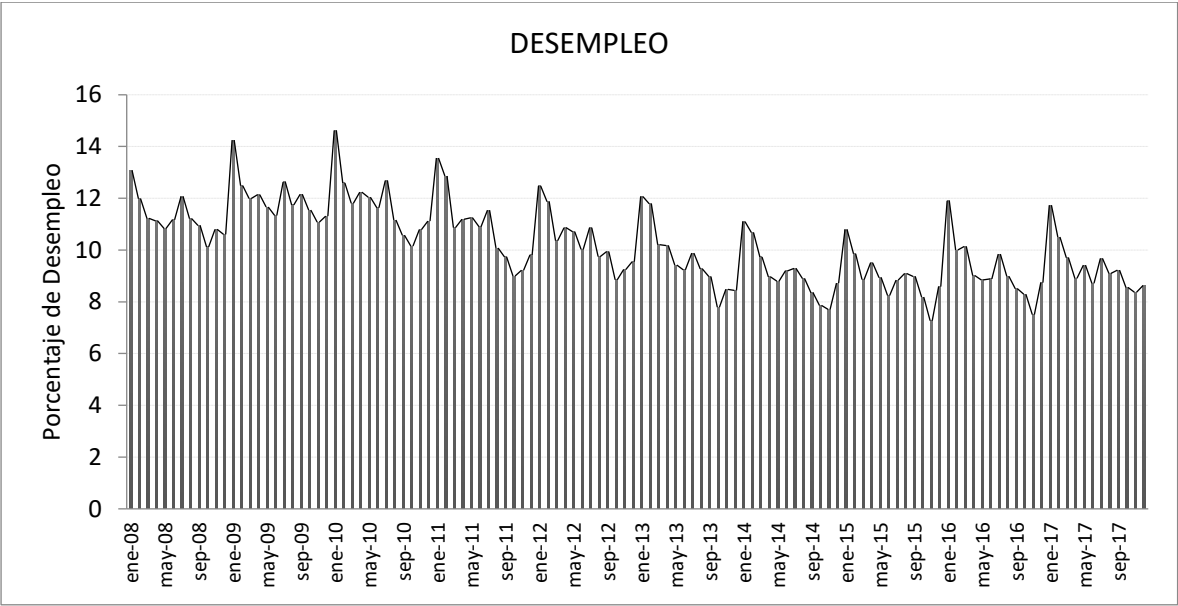


Ilustración 6, Comportamiento Índice de Producción Industrial, Fuente Dane.

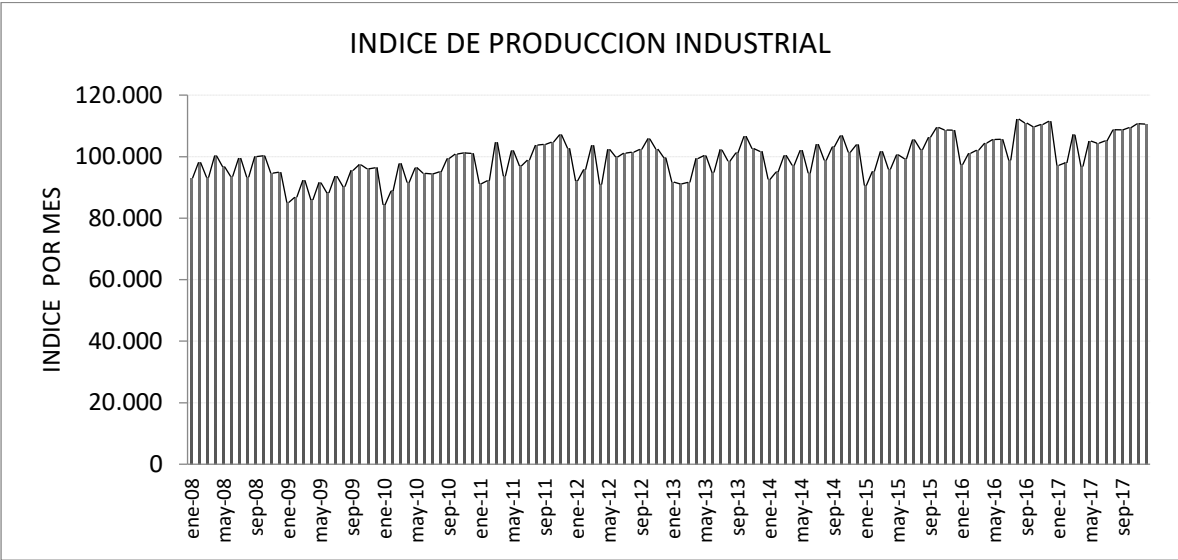
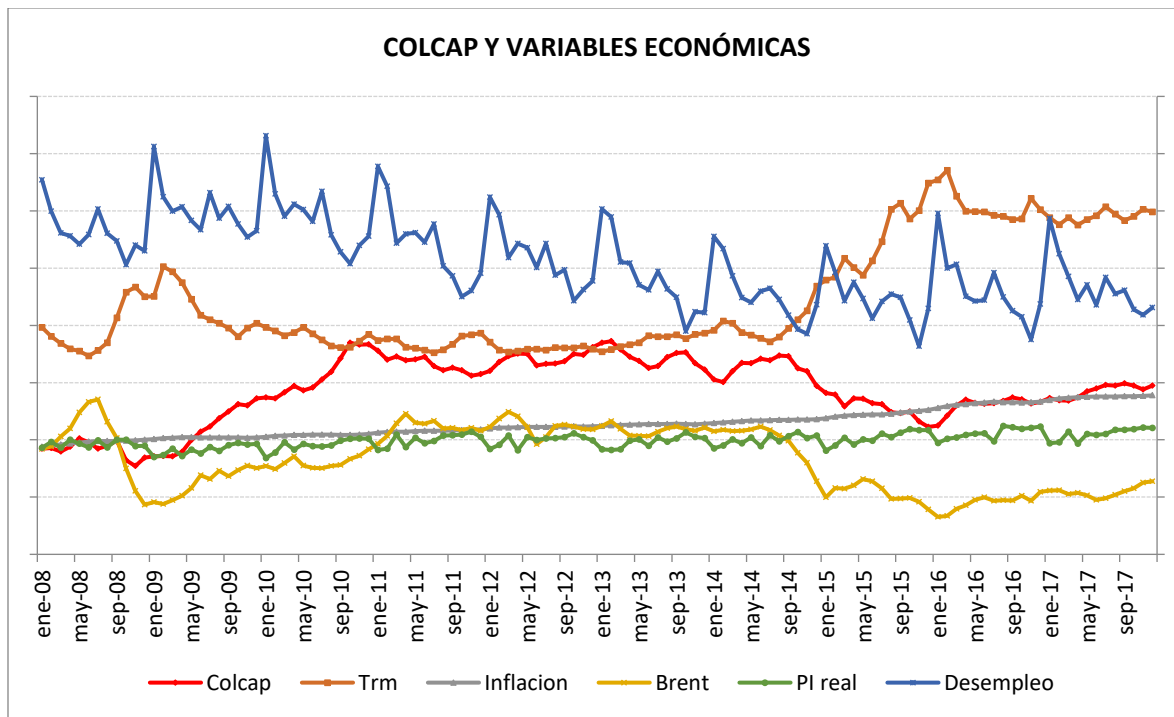


Ilustración 7, Variable dependiente e independientes



3. Estado del Arte.

Algunos estudios relacionados con la determinación de las variables macroeconómicas como:

3.1 The arbitrage pricing Theory: is it testable? (Shanken, 1982)

Jay Shanken desafía la teoría APT bajo la razón de formulación inadecuada del modelo y defiende que el modelo de precios de los activos CAPM ha sido durante los últimos años la principal herramienta para analizar el costo y determinar así el retorno exigido para estos activos.

$$E(R_i) = R_f + [E(R_m) - R_f] \beta$$

La teoría de precios de arbitraje (APT) ha sido formulada como una alternativa aún mejor que el modelo CAPM sin embargo para algunos autores este modelo es considerado como reduccionista de la seguridad y equilibrio de los mercados.

La teoría APT se fundamenta en considerar una cartera de arbitraje sin riesgo y toma un subconjunto del universo de los activos implicando una relación lineal de riesgo retorno exacta lo cual es improbable. Lo que quiere decir que, si un conjunto grande de factores influye en el retorno esperado, este debe ser igual a la combinación lineal entre vectores.

3.2 International Arbitrage Pricing Theory (Solnik, 1983)

La teoría internacional de precio de arbitraje ha sido objeto de una intensa controversia debido a las fuentes de incertidumbre y a las imperfecciones del mercado, algunos modelos suponen que los inversores consumen el mismo bien.

3.3 Arbitrage Pricing Theory and Utility Stock Returns (Dorothy H. Bower, 1984)

El modelo CAPM (Capital Asset Pricing Model) es el principal recurso a la hora de estimar el retorno de los activos, sin embargo en la investigación de (Dorothy H. Bower, 1984) el modelo APT conduce a diferentes y mejores estimaciones que el CAPM en cuanto al rendimiento de las utilidades y sugiere no adoptar un único factor de riesgo e incluir otro modelo como el APT, el cual contiene múltiples factores que proporcionan una mejor indicación de riesgo de los activos.

El modelo APT sigue su desarrollo con base en el supuesto multifactor de relación lineal entre la sensibilidad de un activo a estos factores y al retorno esperado del principal.

Dorothy H. Bower, “advirtió que el modelo APT no puede explicar todo sobre el retorno esperado [...]” (Dorothy H. Bower, 1984), pag. 4.

En la estimación del retorno según el estudio de Dorothy entre CAPM y APT los dos modelos deben sugerir diferentes opciones políticas para empresas de dos grupos de servicios públicos: Electricidad y Gas natural.

En los dos modelos se producen resultados muy diferentes en el mismo periodo de tiempo

analizado, CAPM indica que los reguladores deben proporcionar a las empresas de electricidad un retorno superior al 1% sobre las empresas de gas natural, en contraste el APT sugiere que son las empresas de Gas las que tienen que proporcionar un retorno superior al 2% frente a las de electricidad.

3.4 Stock Returns and Inflation: A Long – Horizon Perspective (Richardson, 1993)

Manifiesta que existe una correlación negativa entre los rendimientos de las acciones y la inflación a corto plazo, caso contrario con la inflación a largo plazo la cual si presenta un apoyo fuerte de relación entre las rentabilidades nominales de las acciones.

3.5 Selecting Macroeconomic Variables as Explanatory Factors of Emerging Stock Market Returns. (Bilson, 2000)

Estudia si las variables macroeconómicas explican el retorno de la renta variable en los mercados emergentes.

Los mercados emergentes son más previsibles que los desarrollados, presentan mayor auto correlación frente a la economía, es decir, mientras los mercados estén segmentados hay una coincidencia significativa en el proceso de generación a través de la economía.

Pese a la bondad del modelo CAPM existen limitantes en la aplicabilidad para los países emergentes ya que el principal supuesto de éste es la perfecta integración global y su exposición a un solo precio, lo cual no es viable por las diferentes condiciones económicas de los países como lo concluye [Bekaert y Harvey (1995)].

Existen algunas teorías que proponen los vínculos entre las variables económicas y los rendimientos de mercado de capitales [Homa y Jaffe (1971); Mandelker y Tandon (1985); Boudoukh y Richardson (1993)].

El modelo internacional APT por sus siglas en inglés (arbitraje pricing theory) desarrollado en la década de los setenta por Stephen Ross fue usado por [Ferson y Hearvey (1994)] quienes

identificaron factores de riesgo globales aplicados a dieciocho mercados entre 1970 y 1989. Ellos encuentran que la inflación esperada a largo plazo y el factor del petróleo es capaz de explicar en promedio el 36% de la variación de la renta variable. Algunos otros factores como el PIB Mundial y el tipo de cambio mundial también tienen significancia en los rendimientos de los mercados.

En la misma vía, los modelos multifactores de Merton [(1973); Ross (1976); Chen, Roll y Ross (1986); Jorion (1991); Ely y Robinson (1997)] examinan la relación entre los rendimientos trimestrales de las existencias de la producción industrial, la inflación, la oferta monetaria y el PIB. Encontrando una relación de cointegración lo que significa que en el largo plazo puede existir una relación entre estas variables y los rendimientos de las acciones.

Ejemplo de estudio Bailey y Chung (1995) examinaron el mercado de valores mexicano encontrando que el tipo de cambio frente al dólar estadounidense y el margen de retorno entre la deuda de Estados Unidos y México son capaces de explicar gran parte de la proporción de la variación de los rendimientos patrimoniales de México.

(Bilson, 2000) Concluye que en cuanto más variables se consideren en el modelo, el poder explicativo de la variación de la renta variable mejora.

3.6 Teoría de la asignación de precio por arbitraje aplicada al mercado accionario chileno (Kristjanpoller, y otros, 2011)

Werner Kristjanpoller afirma que los retornos de las acciones del mercado chileno en el periodo (1996 – 2006) pudieron modelarse conforme a la teoría de Precios por Arbitraje y optó por este teniendo en cuenta que el modelo CAPM carece de representatividad estadística.

En esta investigación los retornos de las acciones presentan sensibilidad estadísticamente significativa al índice mensual de actividad económica, al índice de precios al consumidor y al precio del cobre, la relación frente al índice de actividad económica y el precio es positiva, lo contrario respecto a la inflación.

De otro lado las variaciones del índice de mercado accionario, las tasas de interés en el corto y largo plazo y el precio del petróleo para Chile no son relevantes a la hora de estimar el retorno de las acciones.

Tabla 1, Metodologías guía, elaboración propia.

| Año | Título | Resumen | Metodología | Resultado | Variable Macroeconomica |
|------|---|---|---|---|--|
| 1993 | Stock Returns and Inflation: A Long-Horizon Perspective | Investigación dirigida a identificar la relación entre la inflación y el precio de las acciones, se comparó con inflación a 1 año y a cinco años. | Se revisa si existe una correlación serial inducida. [we regress one year stock returns on one year inflation and five year stock returns on five year inflation.] $R_{t+1} = \alpha_1 + \beta_1 \pi_{t+1} + \epsilon_t \quad (1)$ $\sum_{i=1}^5 R_{t+i} = \alpha_5 + \beta_5 \sum_{i=1}^5 \pi_{t+i} + \epsilon_t \quad (5)$ R = retorno de las acciones, π_t = tasa de inflación | Existe una relación positiva entre el rendimiento de las acciones y la inflación. | Inflación |
| 2011 | Teoría de la aplicación del precio por arbitraje aplicada al mercado accionario chileno | La teoría de precios por arbitraje establece que el retorno esperado de un portafolio de activos esta relacionado con factores que caracterizan la economía y se puede asociar a variables macroeconomicas. | $r_i = E_i + \sum_{j=1}^k b_{ij} \delta_j + e_i$ | Se concluye que las variaciones sorpresivas del índice mensual de actividad económica, el índice IPP y el precio del cobre son estadísticamente significativas en la estimación de los retornos accionarios | Índice Producción industrial. Inflación IPC Tasa de int. Corto plazo (90 días) Tasa de int. Largo plazo (8 a 10 años) Variación precio cobre Variación precio petróleo WTI. |

4. Marco Teórico

4.1 Índice Colcap.

De acuerdo a la definición técnica por parte de la Bolsa de Valores de Colombia, (Colcap, 2016) ... El COLCAP es un índice de capitalización que refleja las variaciones de los precios de las acciones más líquidas de la Bolsa de Valores de Colombia (BVC), donde la participación de cada acción en el índice está determinada por el correspondiente valor de la capitalización bursátil ajustada (flotante de la compañía multiplicado por el último precio).

Formula:

$$I(t) = E \sum_{i=1}^n W_i P_i(t)$$

Donde, $I(t)$ = Valor del índice en el instante t .

E = Factor de enlace mediante el cual se da continuidad al índice cuando se presenta un rebalanceo o recomposición de la canasta o en caso de darse eventos corporativos que lleven a variaciones en el índice.

t = Instante en el cual se calcula el valor del índice.

n = número de acciones en el índice en el instante t .

W_i = Ponderador de la acción i en el instante t

P_i = Precio de la acción i en el instante t .

Valor base: El valor base con el que inicio el COLCAP en la apertura del 15 de enero de 2008 fue de 1.000 puntos.

Recomposición: consiste en la selección de las acciones que conformaran la canasta de acciones del índice durante el siguiente año. En el proceso de recomposición se determina, igualmente, la participación en el índice de cada acción seleccionada para el siguiente trimestre. La recomposición del COLCAP se realizará, después del cierre del mercado, el último día hábil del mes de octubre y estará vigente entre el primer día hábil de noviembre del año y el último día hábil de octubre del año siguiente.

Número de acciones que componen el índice: La canasta del índice COLCAP estará compuesta por mínimo 20 acciones de 20 emisores diferentes. Un emisor podrá tener más de una especie en la canasta, siempre y cuando estas cumplan con las condiciones de liquidez. Participación máxima de una acción en el índice: La participación máxima que puede tener una acción en el índice en la fecha de cálculo de la canasta informativa es de 20%. Para tal efecto, en el proceso de cálculo de las participaciones, los excedentes serán repartidos a prorrata entre las acciones restantes del índice que tengan una participación inferior a 20%.

4.2 Calculo Participación Colcap.

$$I(t) = \frac{\sum_{i=1}^n W_i P_i(t)}{\sum_{i=1}^n W_i P_i(t)}$$

Donde, W_i = Ponderador de la acción i en el instante t .

P_i = Precio de la acción i en el instante t .

t = Instante en el cual se calcula el valor del índice.

$i = 1, 2, \dots, n$ acciones que componen el índice.

n = número de acciones del índice en el instante t

4.3 Participación máxima de un emisor en el índice.

La participación máxima que puede tener un emisor en el índice en la fecha de cálculo de la canasta informativa es de 20%. En tal caso que un emisor tenga una participación superior a ese monto se deberá:

- a. Reportar los excedentes de forma proporcional al peso de las acciones de los emisores que sobrepasan el límite.
- b. Repartir los excedentes a prorrata entre las acciones de los emisores restantes del índice que tenga una participación menor el 20% en el índice.

Los anteriores pasos deberán realizarse hasta que ningún emisor supere el 20% de participación en el índice.

4.4 Modelo APT.

Fundamenta el retorno esperado de un activo financiero puede ser modelado como una función lineal de factores macroeconómicos, los cuales tendrán sensibilidades determinadas por un coeficiente Beta.

Modelo:

$$E_r = 1 + R_f + \lambda_1 \lambda \beta_1 + \lambda_2 \lambda \beta_2 + \lambda_3 \lambda \beta_3 + \dots \lambda_n \lambda \beta_n + \varepsilon$$

Donde, r_f = es el retorno de un activo libre de riesgo

λ_1 = Factor macroeconómico

λ_2 = Factor macroeconómico 2

β = Sensibilidad del factor económico

4.5 Regresión Lineal Múltiple.

Bajo la guía de Rosales y Bonilla: “El objetivo fundamental del análisis de regresión es el estudio de la dependencia de una variable, llamada explicada, de una o más variables llamadas explicativas. El análisis de regresión se apoya en el concepto matemático de función, en el que se tiene una variable dependiente (variable explicada) y un conjunto de variables independientes (variables explicativas) con el fin de estimar los coeficientes o parámetros de dicha función y efectuar predicciones (encontrar el valor esperado de la variable dependiente cuando se construyen escenarios reflejados en los valores que toman las variables independientes [...].” (Rosales, y otros, 2006), pág. 32.

Procedimiento econométrico:

- a. Especificación: corresponde a la etapa en que el investigador define la forma funcional del modelo que desea utilizar para explicar la variable dependiente siguiendo los lineamientos de la teoría económica.
- b. Estimación: Donde se calculan los valores numéricos de los coeficientes del modelo.
- c. Verificación: Corroborar la validez teórica y estadística del modelo (buen ajuste, alta relevancia y dependencia)
- d. Predicción: En esta etapa puede pronosticarse resultados para los diversos valores de las variables independientes y el coeficiente determinado en la función lineal.

4.6 Supuestos del modelo de regresión:

Estos caracterizan los resultados obtenidos de la regresión (coeficientes, pruebas de hipótesis, intervalos de confianza, predicción, etc.)

(Rosales, y otros, 2006) Relacionan los siguientes supuestos:

Supuesto 1: El modelo de regresión es lineal en los parámetros:

$$Y_i = \beta_1 + \beta_2 X_i + u_i$$

Supuesto 2: Los valores de X son fijos en muestreos repetitivos. Técnicamente esto consiste en que X se supone no estocástica.

Supuesto 3: El valor medio de la perturbación u_i es igual a cero.

$$E[u_i/X_i] = 0$$

Los factores que no están incluidos en el modelo, no afectan el valor de la media de Y.

Supuesto 4: Homoscedasticidad o varianza constante de u_i Dado el valor de X, la varianza de u_i es constante para todas las observaciones. Esto es, las varianzas condicionales de u_i son idénticas.

Supuesto 5: No autocorrelación entre las perturbaciones. Dados dos valores cualquiera de X, por ejemplo X_i y X_j ($i \neq j$), la correlación entre u_i y u_j para todo $i \neq j$ es cero.

Supuesto 6: La covarianza entre u_i y x_i es cero, o $E[u_i, X_i] = 0$.

Supuesto 7: El número de observaciones n debe ser mayor que el número de parámetros por estimar.

Supuesto 8: Variabilidad de los valores de X. Se requiere que no todos los valores de X en una muestra dada sean iguales. Así la $\text{Var}[x]$ es número finito positivo.

Supuesto 9: El modelo de regresión está correctamente especificado. La omisión de variables importantes del modelo o la escogencia de una forma funcional equivocada afectan la validez de la interpretación de la regresión estimada.

Supuesto 10: No hay correlación lineal perfecta entre las variables explicativas.

Intervalos de confianza: En estadística es común efectuar inferencias basadas en estimaciones puntuales y en intervalos. Estos últimos son menos riesgosos debido a que se encuentran dentro de un rango con cierto margen de confiabilidad.

Si por ejemplo α es 0,05, la interpretación del intervalo de confianza es dado un nivel de confianza del 95% (en 95 de cada 100 casos)

Prueba de hipótesis: En los modelos de regresión se debe probar la hipótesis para evaluar la validez estadística de los resultados. Existen diversas pruebas que se pueden realizar, la de dependencia y relevancia con las más importantes.

Prueba de relevancia: La prueba de relevancia evalúa estadísticamente que tan significativo es un parámetro en el modelo, de tal manera identificar que si la variable X (Independiente) aporte información relevante al modelo de regresión.

Prueba de dependencia: valida si en el modelo las variables independientes explican estadísticamente en su conjunto la variable dependiente.

5. Metodología:

Primer etapa Metodológica

Se recolecta la información de las variables en los organismos oficiales como el Banco de la

Republica, Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), Ministerios y Bancos de datos.

Teniendo en cuenta que no todos los datos son publicados en la misma serie de tiempo, algunos son de divulgación diaria, mensual y trimestralmente, de manera que se agruparán datos de manera mensual, llevando a promediar las variables diarias y para el caso de las publicaciones trimestrales se fija el valor de la publicación para los tres meses que corresponden al trimestre.

Segunda etapa metodológica

Por medio del aplicativo Minitab se calcula el índice Pearson entre la variable dependiente y las diferentes variables independientes. Y posteriormente se corren regresiones lineales con las variables de mayor correlación.

Tercera etapa metodológica

Una vez identificadas las variables que en su conjunto explican el comportamiento del índice, son usadas en la construcción del modelo APT esta vez para cada una de las acciones que componen el índice. En este proceso se realizan 25 regresiones, una para cada acción, hallando el coeficiente resultante entre la acción y las cuatro variables macroeconómicas.

Cuarta etapa metodológica

Para el cálculo del CAPM, se toma la tasa de intereses de los cdt a 30 días como tasa libre de riesgo, la rentabilidad del mercado se toma del Colcap, y el beta para cada acción es calculado de la variación del precio de cada acción frente al Colcap. Todo esto en el periodo (enero 2014 a diciembre 2017).

5.1 Composición Colcap por sector

Tabla 2, Composición Colcap, Fuente BVC.

| # | DESCRIPCIÓN | PARTICIPACIÓN | SECTOR |
|----|--|---------------|------------|
| 1 | BANCOLOMBIA S.A. | 13.9% | Financiero |
| 2 | GRUPO INVERSIONES SURAMERICANA | 9.1% | Financiero |
| 3 | ECOPETROL S.A. | 7.2% | Industria |
| 4 | BANCOLOMBIA S.A. | 6.9% | Financiero |
| 5 | GRUPO NUTRESA S.A. | 6.8% | Industria |
| 6 | INTERCONEXION ELECTRICA S.A. E.S.P. | 6.3% | Energia |
| 7 | GRUPO ARGOS S.A. | 6.2% | Industria |
| 8 | GRUPO AVAL ACCIONES Y VALORES S.A. | 5.5% | Financiero |
| 9 | CEMENTOS ARGOS S.A. | 4.9% | Industria |
| 10 | GRUPO INVERSIONES SURAMERICANA | 4.7% | Financiero |
| 11 | EMPRESA DE ENERGIA DE BOGOTA S.A. E.S.P. | 4.3% | Servicios |
| 12 | GRUPO ARGOS S.A. | 4.1% | Industria |
| 13 | BANCO DAVIVIENDA S.A. | 3.2% | Financiero |
| 14 | ALMACENES EXITO S.A. | 3.0% | Retail |
| 15 | BANCO DE BOGOTA S.A. | 2.8% | Financiero |
| 16 | CORPORACION FINANCIERA COLOMBIANA S.A. | 2.6% | Financiero |
| 17 | CEMENTOS ARGOS S.A. | 2.2% | Industria |
| 18 | CEMEX LATAM HOLDING | 2.0% | Industria |
| 19 | CELSIA S.A. E.S.P. | 1.9% | Servicios |
| 20 | AVIANCA HOLDINGS S.A. | 1.1% | Servicios |
| 21 | CANACOL ENERGY LTD | 0.6% | Energia |
| 22 | CONSTRUCTORA CONCRETO S.A. | 0.3% | Industria |
| 23 | BOLSA DE VALORES DE COLOMBIA S.A. | 0.2% | Financiero |
| 24 | EMPRESA DE TELECOMUNICACIONES DE BOGOTA S.A. | 0.2% | Servicios |

La composición del índice está fuertemente inducida por el sector financiero, con el 49 % de participación, seguido de la industria con el 33,5 %. Lo anterior sugiere incorporar variables financieras independientes como: la tasa de intervención, captación y colocación, para el sector financiero. En lo referente al sector industrial el PIB y el índice de producción industrial también se incorporan.

5.2 Variables Independientes y variable dependiente.

Tabla 3, Relación de variables

| VARIABLE DEPENDIENTE Y CONJUNTO DE INDEPENDIENTES | |
|---|---|
| Y | COLCAP |
| X ₁ | TRM |
| X ₂ | INFLACION |
| X ₃ | BRENT |
| X ₄ | DESEMPLEO |
| X ₅ | PROD DE PETROLEO |
| X ₆ | PI REAL |
| X ₇ | VENTA PI REAL |
| X ₈ | TASA DE COLOCACION |
| X ₉ | CONSUMO TOTAL |
| X ₁₀ | CONSUMO DE HOGARES |
| X ₁₁ | ALIMENTOS Y BEBIDAS NO ALCOHÓLICAS |
| X ₁₂ | BEBIDAS ALCOHÓLICAS, TABACO Y ESTUPEFACIENTES |
| X ₁₃ | PRENDAS DE VESTIR Y CALZADO |
| X ₁₄ | ALQUILER DE VIVIENDA, AGUA, ELECTRICIDAD, GAS Y OTROS COMBUSTIBLES |
| X ₁₅ | TASA DE INTERVENCION |
| X ₁₆ | TRANSPORTE |
| X ₁₇ | COMUNICACIONES |
| X ₁₈ | RECREACIÓN Y CULTURA |
| X ₁₉ | EDUCACIÓN |
| X ₂₀ | RESTAURANTES Y HOTELES |
| X ₂₁ | BIENES Y SERVICIOS DIVERSOS |
| X ₂₂ | MUEBLES, ARTÍCULOS PARA EL HOGAR Y PARA LA CONSERVACIÓN ORDINARIA DEL HOGAR |
| X ₂₃ | SALUD |

El PIB como principal indicador de crecimiento de las economías fue tenido en cuenta a nivel global y en subcategorías.

5.3 Índice de correlación de Pearson

Para determinar el grado de relación lineal entre las variables se calcula el índice de correlación de Pearson obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 4, Índice Pearson

| Variable | Índice Pearson | P- Value |
|----------------------|----------------|----------|
| Tasa de intervencion | -0.776 | 0.0000 |
| Tasa de colocacion | -0.713 | 0.0000 |
| Trm | -0.378 | 0.0000 |
| Desempleo | -0.242 | 0.0080 |
| Inflacion | 0.165 | 0.0730 |
| Venta PI Real | 0.171 | 0.0610 |
| PI real | 0.204 | 0.0250 |
| Consumo total | 0.299 | 0.0010 |
| Brent | 0.497 | 0.0000 |
| Prod de Petroleo | 0.714 | 0.0000 |

Tres de las variables presentan relación lineal frente al Colcap. La tasa de intervención y la de colocación tienen relación lineal negativa, a diferencia la producción de petróleo relación lineal positiva. Las demás variables no presentan relación lineal significativa pero están relacionadas.

A continuación sigue diagrama de dispersión demostrando la relación antes mencionada.

Ilustración 8, Diagrama de Dispersión entre Tasa de intervención y Colcap

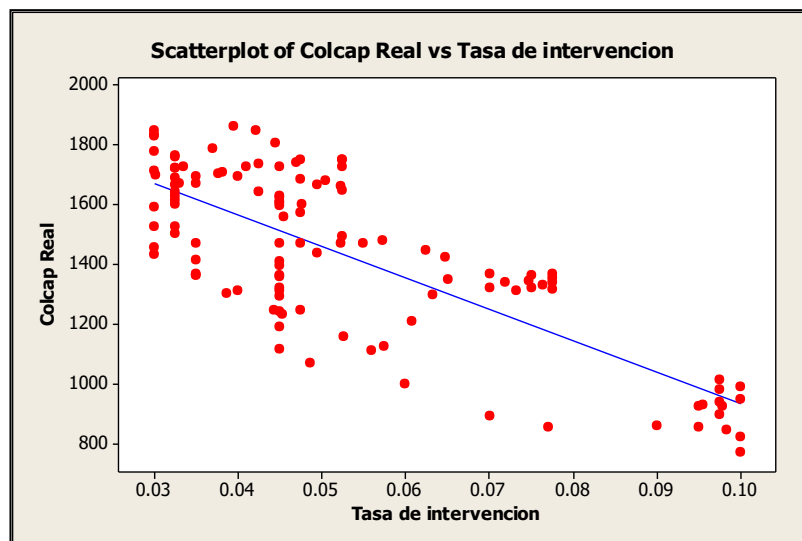


Ilustración 9, Diagrama de Dispersión entre Tasa de colocación y Colcap.

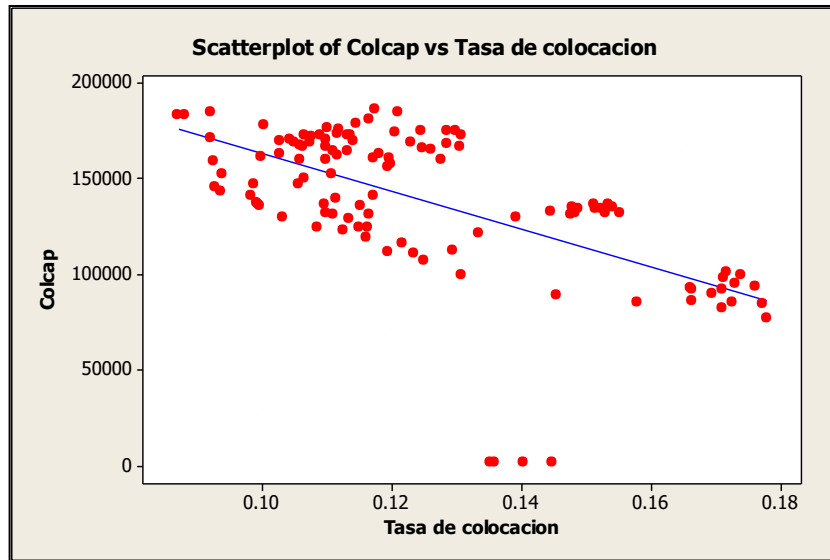
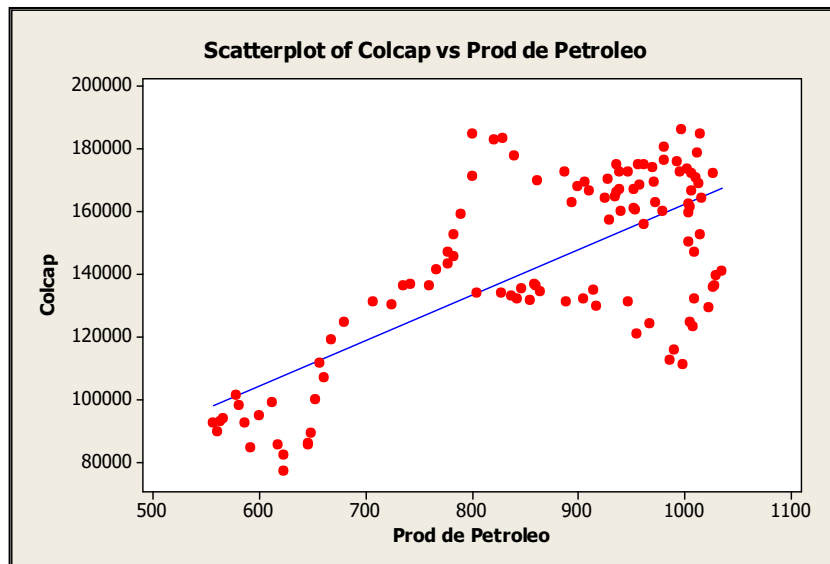


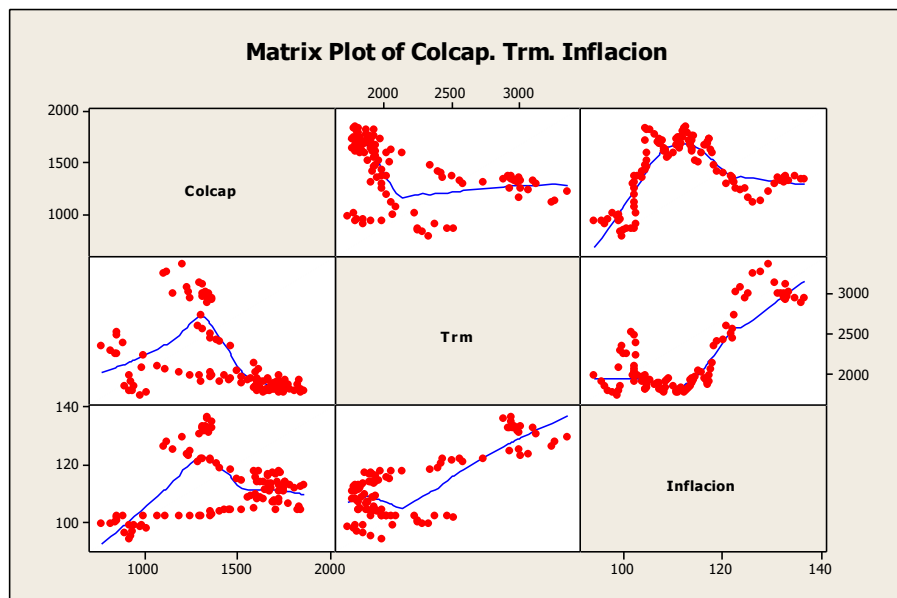
Ilustración 10, Diagrama de dispersión entre la Producción de Petróleo y el Colcap.



5.4 Matrix Plot entre el Colcap, la inflación y la TRM.

En la matrix plot se ratifica la relación positiva que existe entre la inflación y el índice, entendiendo que al subir la independiente (Inflación), la dependiente seguirá el sentido de variación. Caso contrario la variable independiente (TRM) tiene relación negativa frente a Y, de acuerdo a la ilustración 11.

Ilustración 11, Matrix Plot.



De acuerdo al índice Pearson y a la matrix plot podemos confirmar la relación entre el Colcap y ciertas variables económicas, aunque estas fueron comparadas individualmente, ahora con ayuda de la regresión revisaremos la correlación de un conjunto de estas frente a Y.

5.5 Regresión lineal múltiple con todas las variables independientes.

Con el fin de determinar el conjunto de variables que explican a Y se realiza regresión lineal con las 24 variables macroeconómicas, seleccionando las más significativas para la variable dependiente (Colcap) tabla 5.

Tabla 5, Regresión 1

| Estadísticas de la regresión | |
|--|-------|
| Coefficiente de correlación múltiple | 0.97 |
| Coefficiente de determinación R ² | 0.94 |
| R ² ajustado | 0.93 |
| Error típico | 78.92 |
| Observaciones | 111 |

| ANÁLISIS DE VARIANZA | | | | | |
|----------------------|--------------------|-------------------|---------------------------|----|--------------------|
| | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Promedio de los cuadrados | F | Valor crítico de F |
| Regresión | 16 | 9,033,231 | 564,577 | 91 | 0 |
| Residuos | 94 | 585,468 | 6,228 | | |
| Total | 110 | 9,618,699 | | | |

| | Coefficientes | Error típico | Estadístico t | Probabilidad | Inferior 95% | Superior 95% | Inferior 95,0% | Superior 95,0% |
|-------------------------------------|---------------|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------|----------------|----------------|
| Intercepción | -3,348.9 | 1,622.1 | -2.06 | 0.04 | -6,569.71 | -128.12 | -6,569.71 | -128.12 |
| Trm | -0.6 | 0.1 | -8.30 | 0.00 | -0.69 | -0.42 | -0.69 | -0.42 |
| Inflacion | 25.8 | 9.4 | 2.74 | 0.01 | 7.10 | 44.55 | 7.10 | 44.55 |
| WTI | -0.6 | 0.9 | -0.69 | 0.49 | -2.30 | 1.11 | -2.30 | 1.11 |
| Desempleo | 19.9 | 12.1 | 1.65 | 0.10 | -4.09 | 43.89 | -4.09 | 43.89 |
| Prod de Petroleo | 0.2 | 0.3 | 0.57 | 0.57 | -0.39 | 0.69 | -0.39 | 0.69 |
| PI real | 1.5 | 3.8 | 0.40 | 0.69 | -6.11 | 9.15 | -6.11 | 9.15 |
| Venta PI Real | 4.9 | 3.2 | 1.55 | 0.12 | -1.38 | 11.19 | -1.38 | 11.19 |
| Tasa de intervencion | -293.3 | 3,272.5 | -0.09 | 0.93 | -6,790.83 | 6,204.30 | -6,790.83 | 6,204.30 |
| Tasa de colocacion | -3,146.9 | 2,453.1 | -1.28 | 0.20 | -8,017.49 | 1,723.74 | -8,017.49 | 1,723.74 |
| Consumo total | 0.0 | 0.0 | -0.75 | 0.46 | -0.11 | 0.05 | -0.11 | 0.05 |
| Consumo de Hogares2 | 0.0 | 0.1 | -0.69 | 0.49 | -0.18 | 0.09 | -0.18 | 0.09 |
| Alimentos y Bebidas No Alcohólicas | 0.1 | 0.2 | 0.53 | 0.60 | -0.22 | 0.38 | -0.22 | 0.38 |
| Beb Alcohólicas, Tabaco y Estupe. | -0.3 | 0.4 | -0.79 | 0.43 | -1.02 | 0.44 | -1.02 | 0.44 |
| Prendas de Vestir y Calzado | 0.3 | 0.1 | 3.25 | 0.00 | 0.13 | 0.55 | 0.13 | 0.55 |
| Alquiler de Viv, Agua, Elect y Gas. | 0.5 | 0.2 | 1.99 | 0.05 | 0.00 | 0.92 | 0.00 | 0.92 |
| Muebles, Artículos para el Hogar | -0.2 | 0.4 | -0.56 | 0.58 | -0.95 | 0.53 | -0.95 | 0.53 |

Nótese como las variables con probabilidad mayor a 0.05 están señaladas en color rojo, las cuales indican un p-value con poca representatividad en la explicación de la variable dependiente, además los coeficientes son bajos lo que indica que esas variables no explican el comportamiento del Colcap.

5.6 Regresión Lineal Múltiple entre Colcap, Trm y la inflación.

La tasa de intervención y colocación en el resultado de la regresión 1 muestra que no explican el Colcap, sin embargo de acuerdo al índice Pearson existe correlación por lo tanto se revisan estas dos variables exclusivamente frente al Colcap, obteniendo un mayor coeficiente de determinación, no obstante está por debajo de 0,7 como se muestra en la tabla 6.

Tabla 6, Regresión 2

| <i>Estadísticas de la regresión</i> | |
|--|--------|
| Coefficiente de correlación múltiple | 0.81 |
| Coefficiente de determinación R ² | 0.66 |
| R ² ajustado | 0.65 |
| Error típico | 175.27 |
| Observaciones | 111 |

ANÁLISIS DE VARIANZA

| | <i>Grados de libertad</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i> | <i>Valor crítico de F</i> |
|-----------|---------------------------|--------------------------|----------------------------------|----------|---------------------------|
| Regresión | 2 | 6,300,927 | 3,150,463 | 103 | 0 |
| Residuos | 108 | 3,317,772 | 30,720 | | |
| Total | 110 | 9,618,699 | | | |

| | <i>Coefficientes</i> | <i>Error típico</i> | <i>Estadístico t</i> | <i>Probabilidad</i> | <i>Inferior 95%</i> | <i>Superior 95%</i> | <i>Inferior 95,0%</i> | <i>Superior 95,0%</i> |
|----------------------|----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|
| Intercepción | 1,135.34 | 226.26 | 5.02 | 0.00 | 686.85 | 1,583.83 | 686.85 | 1,583.83 |
| Tasa de intervencion | -24,809.38 | 3,739.83 | -6.63 | 0.00 | -32,222.36 | -17,396.39 | -32,222.36 | -17,396.39 |
| Tasa de colocacion | 12,842.64 | 3,328.28 | 3.86 | 0.00 | 6,245.41 | 19,439.86 | 6,245.41 | 19,439.86 |

Por lo tanto, la tasa de intervención y colocación no son suficientes independientes para explicar al dependiente y deben incluirse más variables para mejorar el coeficiente de determinación.

5.7 Regresión Lineal Múltiple entre Colcap, Trm, Inflación, Tasa de intervención e índice de Producción Industrial.

En un tercer conjunto de variables obtenemos un mejor coeficiente de determinación (89,2), con una probabilidad del 95%, según lo muestra la regresión 3.

Tabla 7, Regresión 3

| Estadísticas de la regresión | |
|--|----------|
| Coefficiente de correlación múltiple | 0.94 |
| Coefficiente de determinación R ² | 0.892 |
| R ² ajustado | 0.888 |
| Error típico | 9,506.14 |
| Observaciones | 120.00 |

ANÁLISIS DE VARIANZA

| | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Promedio de los cuadrados | F | Valor crítico de F |
|-----------|--------------------|-------------------|---------------------------|-----|--------------------|
| Regresión | 4 | 85,951,669,026 | 21,487,917,256 | 238 | 0 |
| Residuos | 115 | 10,392,167,463 | 90,366,674 | | |
| Total | 119 | 96,343,836,489 | | | |

| | Coefficientes | Error típico | Estadístico t | Probabilidad | Inferior 95% | Superior 95% | Inferior 95.0% | Superior 95.0% |
|----------------------|---------------|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------|----------------|----------------|
| Intercepción | 19,688.285 | 15,004.570 | 1.312 | 0.192 | -10,032.880 | 49,409.449 | -10,032.880 | 49,409.449 |
| Trm | -0.590 | 0.036 | -16.176 | 0.000 | -0.662 | -0.518 | -0.662 | -0.518 |
| Inflacion | 2.083 | 0.154 | 13.486 | 0.000 | 1.777 | 2.389 | 1.777 | 2.389 |
| PI real | 0.482 | 0.181 | 2.659 | 0.009 | 0.123 | 0.842 | 0.123 | 0.842 |
| Tasa de intervencion | -597,014.722 | 50,686.010 | -11.779 | 0.000 | -697,413.953 | -496,615.492 | -697,413.953 | -496,615.492 |

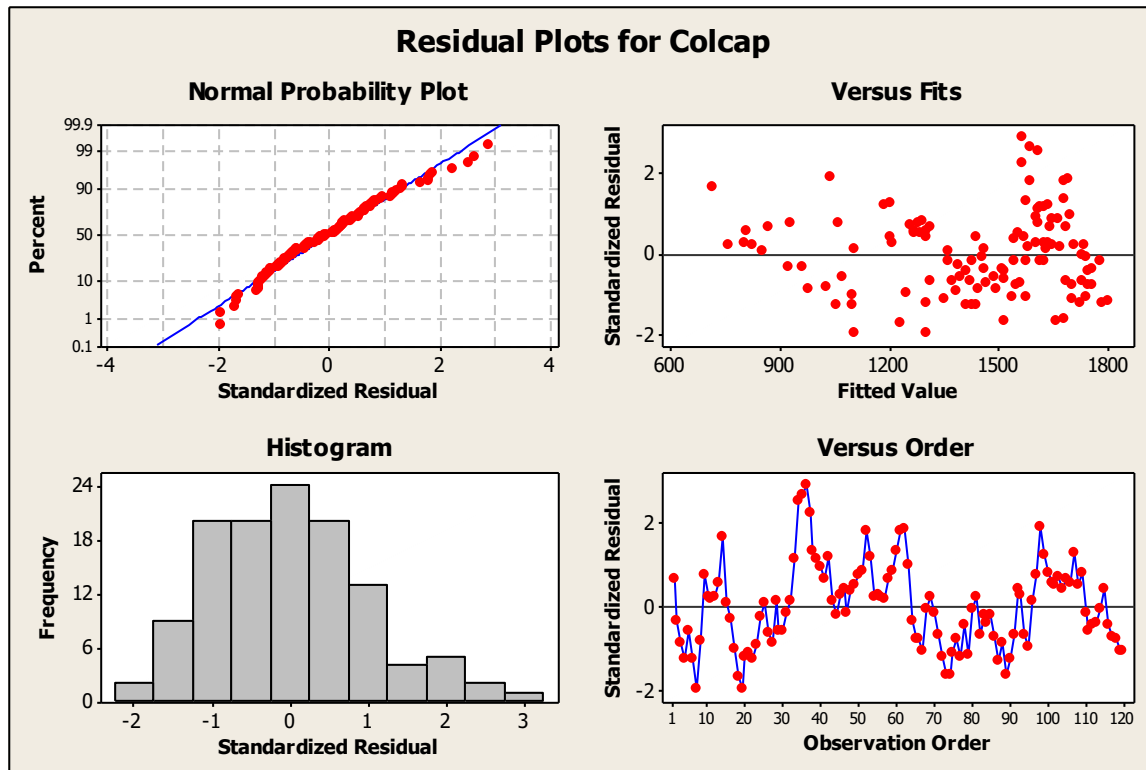
Nótese como al incorporar la variable PI (Producción Industrial) y la TRM el coeficiente R^2 se incrementa de 0,65 a 0,89. Es decir, en su conjunto estas variables económicas explican durante el periodo (enero 2008 – diciembre 2017) el comportamiento de Y. Pese a existir una constante, ésta no es significativa para la función de manera que puede o no incorporarse:

$$Colcap = 197 - 0,59 Trm + 20,8 Inflación - 5.970,1 Tasa de intervención + 4,82 P.I.$$

Cabe señalar que se vincularon variables independientes relacionadas con el tipo de actividad de las compañías que componen el índice Colcap, por ello se mantiene la variable independiente (tasa de intervención) de acuerdo a la participación del sector financiero dentro del índice (49 %).

Complementando la regresión se analizan los datos residuales en la ilustración 12. Confirmando la presunción de normalidad y la varianza constante.

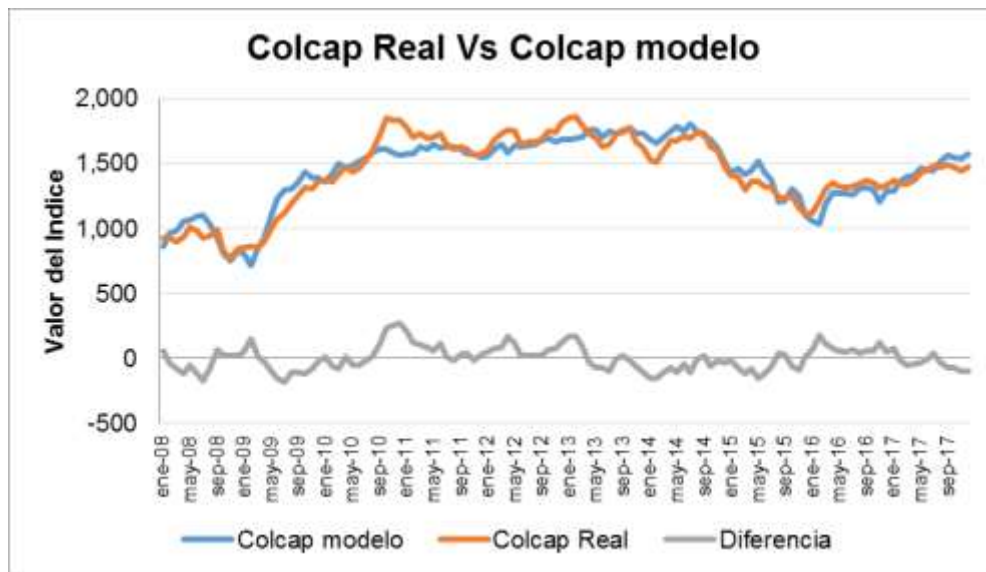
Ilustración 122, Grafico de Residuales



5.8 Comparación Colcap Real vs Colcap modelo

Comparando el valor real del índice al que se obtiene despejando la ecuación de la regresión 3 se demuestra un pronóstico con una desviación promedio de 0.4 %. El resultado de ambos resultados se encuentra en la ilustración 12.

Ilustración 13, Grafico comparando el Colcap Real VS Colcap Modelado.



5.9 Regresión lineal Múltiple entre Colcap, Trm, Inflación, WTI, Desempleo y Producción de Petróleo.

Modificando la producción industrial y la tasa de intervención tenidos en cuenta en la regresión 3, se incorporó la producción y el precio del petróleo, y la tasa de desempleo, esto con el fin descartar algún otro conjunto de variables que tenga relación con Y. En la regresión 4 se halló significancia de los independiente frente a Y, incluso con coeficiente de determinación de 0,85, estableciendo valido el siguiente modelo sin intercepto:

$$\text{Colcap} = -0,788 \text{ Trm} + 21,987 \text{ Inflación} - 2,6 \text{ WTI} + 21,55 \text{ Desempleo} + 0,844 \text{ Prod Petroleo}$$

Tabla 8, Regresión 4,

| Estadísticas de la regresión | |
|--|---------|
| Coefficiente de correlación múltiple | 0.924 |
| Coefficiente de determinación R ² | 0.853 |
| R ² ajustado | 0.846 |
| Error típico | 116.023 |
| Observaciones | 111 |

ANÁLISIS DE VARIANZA

| | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Prom de los cuadrados | F | Valor crítico de F |
|-----------|--------------------|-------------------|-----------------------|-----|--------------------|
| Regresión | 5 | 8,205,268 | 1,641,054 | 122 | 0 |
| Residuos | 105 | 1,413,431 | 13,461 | | |
| Total | 110 | 9,618,699 | | | |

| | Coefficientes | Error típico | Estadístico t | Probabilidad | Inferior 95% | Superior 95% | Inferior 95,0% | Superior 95,0% |
|------------------|---------------|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------|----------------|----------------|
| Intercepción | -85.575 | 294.902 | -0.290 | 0.772 | -670.311 | 499.162 | -670.311 | 499.162 |
| Trm | -0.788 | 0.079 | -9.985 | 0.000 | -0.945 | -0.632 | -0.945 | -0.632 |
| Inflacion | 21.987 | 2.894 | 7.598 | 0.000 | 16.249 | 27.724 | 16.249 | 27.724 |
| WTI | -2.600 | 0.965 | -2.694 | 0.008 | -4.514 | -0.686 | -4.514 | -0.686 |
| Desempleo | 21.556 | 10.165 | 2.121 | 0.036 | 1.400 | 41.711 | 1.400 | 41.711 |
| Prod de Petroleo | 0.844 | 0.141 | 5.999 | 0.000 | 0.565 | 1.123 | 0.565 | 1.123 |

Pese a que la regresión 4 muestra p value menor a 0.05 y alto grado de correlación entre las variables, la combinación de la regresión 3 se ajusta con mayor coeficiente.

6. Modelo APT

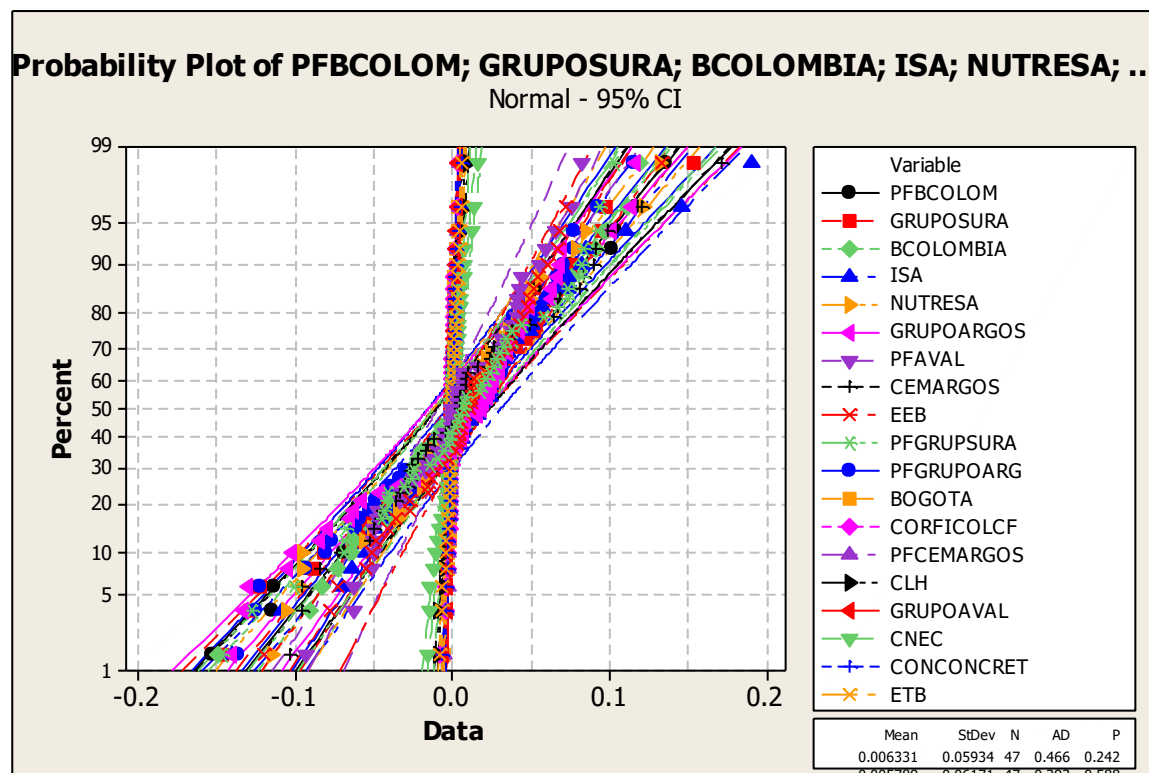
En la conformación del modelo APT se toma como intervalo de tiempo (enero 2014 a diciembre de 2017), periodo en el cual todas las acciones de la canasta del Colcap cotizan en el mercado. Las variables incluidas para el modelo fueron las mismas de la regresión 3. (TRM, IPC, IP y TASA DE INTERVENCIÓN). El objetivo es establecer un modelo único con estas variables las cuales demostraron en su conjunto explicar el índice colcap, aplicándolo a cada acción que compone el índice.

Se realizan regresiones tomando como X la variación de las variables independientes (TRM, IPC, IP y TASA DE INTERVENCIÓN) y como Y la variación en el precio de cada una de las acciones que componen el índice, determinando así un coeficiente para cada acción de cada una

de las variables independientes.

En este proceso se normalizaron las variaciones de Y, como se muestra en la ilustración 14.

Ilustración 14, Normalización variables Y



Una vez obtenidos los coeficientes de cada acción, calculamos la variación del precio promedio de las acciones, con el fin de usarlo como variable Y en la regresión que nos arrojará el modelo APT.

$$\Delta \text{Precio de la acción} = -0.01884 \text{ Trm} - 0.001181 \text{ IPC} + 0.01549 \text{ Tasa Int} + 0.11833 \text{ P.I.}$$

Ahora hallamos la variación que tendría cada acción multiplicando cada coeficiente por el del modelo obtenido, como se muestra en la tabla 9.

Tabla 9, Modelo APT, Elaboración propia.

| Nemotecnico | Variación porcentual Precio promedio | Coefficiente TRM | Coefficiente IPC | Coefficiente Tasa intervención | Coefficiente I.P | Alpha |
|-----------------|--------------------------------------|------------------|------------------|--------------------------------|------------------|---------|
| MODEL APT ----> | | -0.019% | -0.001% | 0.015% | 0.118% | |
| PFBCOLOM | 0.025% | -0.475 | -0.060 | -0.209 | 0.016 | -0.017% |
| ECOPETROL | -0.015% | -0.824 | 1.260 | -0.560 | 0.048 | 0.026% |
| GRUPOSURA | 0.018% | -0.711 | 0.113 | -0.061 | 0.047 | -0.001% |
| BCOLOMBIA | 0.024% | -0.480 | -0.452 | -0.222 | 0.065 | -0.010% |
| ISA | 0.046% | -0.504 | 3.994 | -0.144 | 0.421 | 0.007% |
| NUTRESA | 0.005% | -0.607 | 0.061 | 0.005 | 0.144 | 0.023% |
| GRUPOARGOS | 0.007% | -0.721 | 2.017 | -0.112 | 0.040 | 0.007% |
| PFAVAL | 0.001% | -0.544 | -2.038 | -0.059 | 0.081 | 0.020% |
| CEMARGOS | 0.017% | -0.601 | 1.338 | 0.160 | 0.062 | 0.003% |
| EEB | 0.028% | -0.269 | 1.773 | -0.142 | 0.282 | 0.006% |
| PFGRUPSURA | 0.011% | -0.562 | 0.754 | -0.112 | 0.133 | 0.012% |
| PFGRUPOARG | -0.003% | -0.639 | 1.925 | -0.068 | -0.009 | 0.010% |
| EXITO | -0.061% | -0.042 | -0.065 | 0.001 | 0.003 | 0.062% |
| PFDVWVDA | 0.024% | -0.035 | 0.117 | -0.004 | 0.005 | -0.023% |
| BOGOTA | -0.006% | -0.024 | -0.075 | -0.007 | 0.003 | 0.007% |
| CORFICOLCF | -0.031% | -0.012 | -0.168 | 0.010 | 0.003 | 0.032% |
| PFCEMARGOS | 0.005% | -0.022 | 0.101 | 0.008 | 0.012 | -0.003% |
| CELSIA | -0.018% | -0.021 | 0.187 | -0.006 | 0.006 | 0.019% |
| CLH | -0.030% | -0.015 | 0.122 | 0.001 | 0.009 | 0.032% |
| PROMIGAS | 0.053% | -0.014 | -0.287 | -0.011 | 0.003 | -0.052% |
| PFAVH | -0.005% | -0.027 | -0.601 | 0.007 | -0.005 | 0.006% |
| GRUPOAVAL | 0.000% | -0.024 | -0.098 | 0.000 | 0.007 | 0.001% |
| CNEC | -0.022% | -0.046 | 0.161 | -0.006 | -0.021 | 0.020% |
| CONCRET | -0.031% | -0.021 | -0.164 | -0.002 | -0.005 | 0.031% |
| ETB | 0.005% | -0.014 | 0.134 | 0.010 | 0.005 | -0.004% |

De acuerdo al modelo, la variación de la acción en el periodo revisado se muestra en la columna de amarillo.

7. Modelo CAPM vs APT

Aplicando el modelo CAPM a cada acción determinamos la variación de la rentabilidad para compararlo con el modelo APT.

Siguiendo la metodología del CAPM se calcularon sus elementos de la siguiente manera:

Tasa libre de riesgo: Tasa de interés diaria de los Cdts a 30 días.

Beta: Se halla el coeficiente entre la variación del precio de cada acción respecto a la variación del índice Colcap. Para el periodo de (enero 2014 a diciembre 2017).

Rendimiento de mercado: Se tomó la rentabilidad promedio del índice Colcap, entendiendo este como referencia de mercado.

En la Tabla 10 encontramos los elementos del CAPM asignados para la valoración de los activos.

Tabla 10, Comparación modelo Capm y APT.

| Nemotecnico | βeta | T. libre de riesgo promedio diaria (CDT a 30 días) | Tasa rentabilidad promedio diaria colcap | CAPM | APT | Variacion promedio precio de la accion | Modelo que mas acierta |
|-------------|------|--|--|---------|---------|--|------------------------|
| PFBCOLOM | 1.06 | 0.058% | -0.006% | -0.010% | -0.017% | 0.025% | CAPM |
| ECOPETROL | 1.48 | 0.058% | -0.006% | -0.037% | 0.026% | -0.015% | CAPM |
| GRUPOSURA | 1.13 | 0.058% | -0.006% | -0.015% | -0.001% | 0.018% | APT |
| BCOLOMBIA | 1.04 | 0.058% | -0.006% | -0.009% | -0.010% | 0.024% | CAPM |
| ISA | 0.99 | 0.058% | -0.006% | -0.006% | 0.007% | 0.046% | APT |
| NUTRESA | 0.68 | 0.058% | -0.006% | 0.014% | 0.023% | 0.005% | CAPM |
| GRUPOARGOS | 1.25 | 0.058% | -0.006% | -0.022% | 0.007% | 0.007% | APT |
| PFAVAL | 0.80 | 0.058% | -0.006% | 0.006% | 0.020% | 0.001% | APT |
| CEMARGOS | 1.03 | 0.058% | -0.006% | -0.008% | 0.003% | 0.017% | APT |
| EEB | 0.38 | 0.058% | -0.006% | 0.033% | 0.006% | 0.028% | CAPM |
| PFGRUPSURA | 1.04 | 0.058% | -0.006% | -0.009% | 0.012% | 0.011% | APT |
| PFGRUPOARG | 1.17 | 0.058% | -0.006% | -0.017% | 0.010% | -0.003% | APT |
| EXITO | 1.04 | 0.058% | -0.006% | -0.009% | 0.062% | -0.061% | CAPM |
| PFDVVNDA | 0.92 | 0.058% | -0.006% | -0.001% | -0.023% | 0.024% | CAPM |
| BOGOTA | 0.46 | 0.058% | -0.006% | 0.028% | 0.007% | -0.006% | APT |
| CORFICOLCF | 0.64 | 0.058% | -0.006% | 0.017% | 0.032% | -0.031% | CAPM |
| PFCEMARGOS | 0.81 | 0.058% | -0.006% | 0.006% | -0.003% | 0.005% | CAPM |
| CELSIA | 0.87 | 0.058% | -0.006% | 0.002% | 0.019% | -0.018% | CAPM |
| CLH | 0.78 | 0.058% | -0.006% | 0.008% | 0.032% | -0.030% | CAPM |
| PROMIGAS | 0.01 | 0.058% | -0.006% | 0.057% | -0.052% | 0.053% | APT |
| PFAVH | 0.71 | 0.058% | -0.006% | 0.012% | 0.006% | -0.005% | APT |
| GRUPOAVAL | 0.58 | 0.058% | -0.006% | 0.021% | 0.001% | 0.000% | APT |
| CNEC | 1.32 | 0.058% | -0.006% | -0.027% | 0.020% | -0.022% | CAPM |
| CONCRET | 0.18 | 0.058% | -0.006% | 0.046% | 0.031% | -0.031% | APT |
| ETB | 0.23 | 0.058% | -0.006% | 0.043% | -0.004% | 0.005% | APT |

La rentabilidad promedio del índice en el periodo revisado ha sido negativa, eso conlleva en que algunos casos induzcan a que la variación del precio de la acción tenga el mismo comportamiento.

8. Conclusiones

Respecto al índice Colcap.

De acuerdo a lo expuesto en las diferentes etapas del trabajo es posible afirmar que existe una relación entre las variables macroeconómicas y el Colcap, algunas más influyentes y

representativas como es el caso de las variables: Tasa de intervención, Tasa de Colocación y la Producción de Petróleo cuya relación es lineal según lo indica el índice de Pearson.

También se comprueba que existe una correlación entre las variables como lo indica el coeficiente de determinación en las regresiones lineales realizadas, es decir, que la combinación de las variables económicas: TRM, IPC, I.P y TASA DE INTERVENCIÓN, explican en su conjunto el comportamiento de Y.

La composición del Colcap está concentrada en un 49% para el sector financiero, esto explica porque la tasa de intervención presenta relación lineal con el índice.

En su orden la industria es el sector con la segunda concentración en la canasta argumentando la correlación mostrada en la regresión con la producción industrial y de petróleo.

No es viable incorporar todas las variables macroeconómicas para explicar el valor del índice, debido a que solo algunas revelan el comportamiento de la variable dependiente.

Las variables independientes TRM e Inflación siempre explican representativamente al índice independientemente de las demás variables que acompañen la regresión, la TRM tiene un efecto inverso frente a la variable dependiente, es decir, la depreciación del peso / dólar afecta negativamente el precio Colcap, caso contrario la inflación incide positivamente en el precio del índice, un incremento en la inflación conllevará a una subida del Colcap.

Variables como la tasa de intervención, el precio del petróleo WTI y la producción industrial, la tasa de desempleo y la producción de petróleo también explican el comportamiento del índice, sin embargo, su probabilidad varía dependiendo las demás independientes incluidas, es decir, no siempre explican a Y.

Se determinaron dos ecuaciones que explican el comportamiento de Y:

$$\text{Colcap} = 197 - 0,59 \text{ Trm} + 20,8 \text{ Inflación} - 5.970,1 \text{ Tasa de intervención} + 4,82 \text{ P.I.}$$

$$\text{Colcap} = -0,788 \text{ Trm} + 21,987 \text{ Inflación} - 2,6 \text{ WTI} + 21,55 \text{ Desempleo} \\ + 0,844 \text{ Prod Petroleo}$$

Los resultados obtenidos sobre la relación de Y frente a tasa de interés coinciden con los estudios de (Richardson, 1993) no obstante en Colombia se ven los impactos en el corto plazo.

Así mismo la relación hallada en el caso colombiano entre la Inflación, la producción industrial y el precio de los commodities se asemejan al caso chileno (Kristjanpoller, y otros, 2011) en donde estas mismas variables influyen en el comportamiento de las acciones de este país.

También se comprueba lo mencionado por (Bilson, 2000) acerca de la posibilidad de entender la renta variable en los países emergentes por medio de las variables económicas.

Respecto al modelo APT y CAPM.

El modelo APT resulta ser una opción complementaria para la valoración de los activos financieros de Colombia, debido a la actividad de las empresas que cotizan en la BVC y al tipo de economía del país, las variables macroeconómicas permiten prever su valor y comportamiento.

En el caso colombiano los servicios financieros y la actividad petrolera son elementos preponderantes en el rendimiento de la renta variable.

Al poner en práctica el APT en los activos del Colcap, se demuestra cómo se ajusta de manera sustancial respecto al valor real de variación que tuvieron las acciones, en algunos casos con mayor precisión que el modelo CAPM, específicamente en 13 de las 25 acciones valoradas.

El modelo CAPM es y seguirá siendo una alternativa viable para la valoración de activos, sus elementos son lógicos e irrefutables a la hora de estimar un retorno, para el caso de estudio el modelo estableció la variación en el precio de la acción y en 12 de las 25 acciones acertó con menor desviación que el modelo APT.

9. Bibliografía:

- Banco de la Republica** www.banrep.gov.co [En línea]. - 09 de 2017. - <http://www.banrep.gov.co/es/tasa-intervencion-politica-monetaria>.
- Bilson Chris** SELECTING MACROECONOMIC VARIABLES AD EXPLANATORY FACTORS OF EMERGING STOCK MARKET RETURNS [Informe] / The Australian National University. - Canberra : [s.n.], 2000. - pág. 31.
- Colcap Metodología para el cálculo del índice** www.bvc.com.co [En línea] / prod. Colombia Bolsa de Valores de. - 2016. - 4 de Mayo de 2017. - http://www.bvc.com.co/pps/tibco/portalbvc/Home/Mercados/descripciongeneral/indicesbursatiles?com.tibco.ps.pagesvc.action=updateRenderState&rp.currentDocumentID=-5057504f_154e26bf23c_7ee30a0a600b&rp.revisionNumber=1&rp.attachmentPropertyName=Attachment&com.tibco.ps.pagesvc.targetPage=1f9a1c33_132040fa022_-78750a0a600b&com.tibco.ps.pagesvc.mode=resource&rp.redirectPage=1f9a1c33_132040fa022_-787e0a0a600b.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE** [En línea]. - 18 de 09 de 2017. - https://www.dane.gov.co/files/faqs/faq_ech.pdf.
- Dorothy H. Bower Richard S. Bower and Dennis E. Logue** Arbitrage Pricing Theory and Utility Stock Returns [Publicación periódica] // The Journal of Finance. - 1984. - 4 : Vol. 39. - págs. 1041-1054.
- Economica Zona** [En línea]. - 18 de 09 de 2017. - <http://www.zonaeconomica.com/petroleo/wti>.
- Estadística Departamento Administrativo Nacional de DANE** [En línea]. - 17 de 09 de 2017. - <http://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/precios-y-costos/indice-de-precios-al-consumidor-ipc>.
- Estadística Instituto Nacional de** www.ine.es [En línea]. - www.ine.es, 2010. - Febrero de 2018. - <http://www.ine.es/daco/daco43/metoipi10.pdf>.
- Kristjanpoller Werner y Morales Mauricio** Teoría de la Asignación del Precio por arbitraje aplicada al mercado accionario chileno.. - Chile : [s.n.], 03 de 2011.
- Republica Banco de la** Banco de la Republica [En línea]. - 17 de 09 de 2017. - <http://www.banrep.gov.co/es/trm>.
- Republica Banco de la** Banco de la Republica [En línea]. - 17 de 09 de 2017. - http://www.banrep.gov.co/sites/default/files/reglamentacion/archivos/Boletin_64_18_dic_2015_%20DODM_146.pdf.
- Richardson Jacob Boudoukh and Mattew** Stock returns and inflation: A Long- Horizon Perspective [Publicación periódica] // The American Economic Review. - December de 1993. - 5 : Vol. 83. - págs. 1346 - 1355.
- Rosales Ramon y Bonilla Jorge** Introducción a la Econometría [Publicación periódica] // Centro de Estudios sobre Desarrollo Económico, CEDE.. - 3 de Octubre de 2006. - págs. 32-44.
- Shanken Jay** The Arbitrage Pricing Theory: is it testable? [Publicación periódica] // The Journal of Finance. - December de 1982. - 5 : Vol. 37. - págs. 1129-1140.
- Solnik Bruno** International Arbitrage Pricing Theory [Publicación periódica] // The Journal of Finance. - New York : Wiley for the American Finance Association, 28-30 de December de 1983. - 2 : Vol. 38. - págs. 449-457.
- zonaeconomica.com Zona Económica** [En línea]. - zonaeconomica.com. - 20 de Abril de 2018. - <https://www.zonaeconomica.com/petroleo/brent>.

