

Ossa González, Genjis Alberto; Rojas Dominguez, Miriam

Article

Modelo CAPM para la valoración de acciones de las empresas en el mercado de la construcción durante el periodo 2015 - 2020

Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa

Provided in Cooperation with:

Universidad Pablo de Olavide, Sevilla

Suggested Citation: Ossa González, Genjis Alberto; Rojas Dominguez, Miriam (2023) : Modelo CAPM para la valoración de acciones de las empresas en el mercado de la construcción durante el periodo 2015 - 2020, Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa, ISSN 1886-516X, Universidad Pablo de Olavide, Sevilla, Vol. 35, pp. 389-403, <https://doi.org/10.46661/revmetodoscuanteconempresa.7350>

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/315380>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.



<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>



UNIVERSIDAD
PABLO DE OLAVIDE
SEVILLA



REVISTA DE MÉTODOS CUANTITATIVOS PARA LA
ECONOMÍA Y LA EMPRESA (35). Páginas 389-403.
Junio de 2023. ISSN: 1886-516X. D.L.: SE-2927-06.
www.upo.es/revistas/index.php/RevMetCuant/article/view/7350

Modelo CAPM para la valoración de acciones de las empresas en el mercado de la construcción durante el periodo 2015 - 2020

OSSA GONZÁLEZ, GENJIS ALBERTO

Universidad Popular del Cesar (Colombia)

Correo electrónico: gossa@unicesar.edu.co

ROJAS DOMÍNGUEZ, MIRIAM

Universidad Popular del Cesar (Colombia)

Correo electrónico: miriamrojas@unicesar.edu.co

RESUMEN

El presente artículo consiste en la aplicación del modelo CAPM sobre las empresas que cotizan en la bolsa de valores y están relacionadas al sector de la construcción en Colombia durante el periodo del 1 de enero del 2015 hasta el 31 de diciembre del 2020. Esta investigación tiene un enfoque cuantitativo con un tipo de investigación descriptiva y longitudinal. Su metodología consistió en la aplicación de mínimos cuadrados ordinarios a las volatilidades diarias del activo en función de la estimación de los betas, los cuales cumplieron en su mayoría con los valores probabilísticos y los interceptos no eran diferentes de 0, lo que es coherente con la hipótesis del modelo. En cuanto a las variables que acompañan el modelo se escogió la tasa libre de riesgo TFIT16240724 y como variable que mide el riesgo de mercado al índice ICOLCAP. Finalmente, obtenidos los resultados, estos fueron evaluados, concluyéndose que el coeficiente beta es un indicador aceptable en la valoración riesgo-rentabilidad del activo durante el periodo en cuestión, más sin embargo como estimador no es efectivo, lo que refleja la poca eficacia del modelo.

Palabras clave: CAMP; tasa libre de riesgo; MCO; beta; índice.

Clasificación JEL: F65, G12.

MSC2010: 62J05, 62J20.

CAPM model for the valuation of shares of companies in the construction market during the period 2015 - 2020

ABSTRACT

This article consisted of the application of the CAPM model on companies listed on the stock exchange of and related to the construction sector in Colombia during the period from January 1, 2015 to December 31, 2020. This research has a quantitative approach with a type of descriptive and longitudinal research. Its methodology consisted in the application of ordinary least squares to the daily volatilities of the asset based on the estimation of the betas, which mostly complied with the probabilistic values and the intercepts were not different from 0, which is consistent with the model hypothesis. As for the variables that accompany the model, the risk-free rate TFIT16240724 was chosen and the ICOLCAP index was chosen as the variable that measures the market risk. Finally obtained the results, these were evaluated, concluding that the beta coefficient is an acceptable indicator in the risk-return assessment of the asset during the period in question, however, as an estimator it is not effective, which reflects the ineffectiveness of the model.

Keywords: CAMP; risk-free rate; MCO; beta; index.

JEL classification: F65, G12.

MSC2010: 62J05, 62J20.



1. Introducción

Es un imperativo para cualquier inversor ser objetivo en el momento de escoger algún instrumento de inversión, con el fin de tomar una decisión clara y particular sobre qué industria puede ser la mejor en ofrecer una relación riesgo - rentabilidad adecuada para mi criterio de inversión. Por ejemplo, la industria de la construcción contribuye en términos de reactivación laboral e impulso sectorial derivado o dependiente de esta industria. Sin embargo, todo lo anterior responderá en la medida de las expectativas de inversión del sector público y privado. En Colombia esta industria significa en el mercado laboral una participación promedio (periodo de estudio mensual que abarca 16 meses, enero 2021 a abril de 2022) en el total de ocupados del 7,36% (DANE, 2022a) y como porcentaje del PIB su participación promedio trimestral en el año 2019 previo la emergencia sanitaria era 6,35% y posteriormente ya en el primer trimestre del 2022 era del 5,01% (DANE, 2022b).

Ahora bien, generalmente el camino para ser objetivos y determinar el proceso humano de la toma de decisiones con el fin de identificar operaciones rentables del mercado iniciará o terminará de algún modo en una expresión cuantitativa resultado de un modelo matemático. Es por lo anterior que uno de los primeros modelos que se aplican para explicar las rentabilidades de los activos financieros es el modelo de valoración de activos llamado Capital Asset Pricing Model (CAPM) que significa modelo de fijación de precios de activos de capital (Martínez, 2021) y es una de las metodologías financieras dentro de la valoración financiera para determinar el costo de oportunidad de un activo en función de la rentabilidad del mercado, es decir, el riesgo del activo medido por la pendiente de la recta o coeficiente β y el riesgo libre.

La construcción de este modelo se le atribuye a William Sharpe (1964), John Lintner (1965) y a Jan Mossin (1966) los cuales demuestran que este modelo explica el retorno que debe producir los activos para tener una tasa de ganancia adecuada con respecto al capital invertido. Entre los supuestos más generales que plantea el modelo es que los inversores tienen aversión al riesgo, es decir, que buscan maximizar su utilidad. Así mismo, Bodie et al. (2004) exponen los siguientes supuestos:

- Los inversores forman carteras de una serie de activos y tienen acceso a oportunidades ilimitadas para obtener y ofrecer créditos a la tasa libre de riesgo.
- Los inversionistas tienen expectativas homogéneas con respecto a la rentabilidad de los activos.
- Los inversionistas no pueden influir de manera individual en los precios de mercado e intentan construir una frontera eficiente en el mercado.
- Los activos son fijos, divisibles y negociables.

Así pues, la notación clásica del modelo CAPM presume la existencia de un activo libre de riesgo:

$$\begin{aligned} E(R_Z) &= \bar{R}_f + \beta_Z (\bar{R}_m - \bar{R}_f) \quad Z = 1 \dots, N \\ E(R_Z) &= \bar{R}_f + \beta_Z \cdot \bar{R}_m - \beta_Z \cdot \bar{R}_f \\ E(R_Z) &= \bar{R}_f (1 - \beta_Z) + \beta_Z \cdot \bar{R}_m \end{aligned} \quad [1]$$

De acuerdo a la especificación de Gómez y García (2011) se tiene que la rentabilidad esperada de una acción $E(R_Z)$ es igual a la rentabilidad libre de riesgo del activo $\bar{R}_f$, es decir, que es una tasa de interés en la que se espera un rendimiento seguro debido a que su desviación estándar teóricamente debe ser de cero con respecto al valor esperado. Lo anterior más (+) el coeficiente β_Z , esta última representa la sensibilidad de la rentabilidad del activo con respecto al mercado $Covarianza(R_Z, R_m)$, y el cociente que es la variable independiente que se referencia como la rentabilidad del mercado.

$$\beta_i = \frac{\text{Covarianza}(R_Z, R_m)}{\text{Varianza}(R_m)} = \frac{\sum_{i=1}^n (R_Z - \bar{R}_Z) \cdot (R_m - \bar{R}_m)}{\sum_{i=1}^n (R_m - \bar{R}_m)^2} \quad [1.1]$$

Lo anterior que multiplica la prima de riesgo $[E(\bar{R}_m) - \bar{R}_f]$ que básicamente es la diferencia entre la rentabilidad del mercado y la tasa libre de riesgo. Así mismo, el coeficiente de correlación β_1 de acuerdo a Brealey et al. (2006) puede interpretarse bajo los siguientes grados:

- Si $\beta_1 = 1$, significa que la tasa de retorno del activo es neutral, es decir, que subirá y bajará proporcionalmente con la tasa de retorno del portafolio de mercado.
- Si $\beta_1 > 1$, significa que el activo tiene más riesgo, lo que significa que sus altas o bajas serán más agresivas que el promedio de la cartera del mercado.
- Si $\beta_1 < 1$, significa que el activo tiene menos riesgo, lo que significa que sus altas o bajas serán menores que el promedio de la cartera del mercado.

Los $-\beta_1$ son activos que tiene una tasa de rendimiento que se mueve en la dirección opuesta al rendimiento del mercado, lo que significa que cuando el rendimiento del mercado aumenta, el rendimiento de las acciones de la empresa disminuye (Sharpe, 1964; Alqisic & Alqurran, 2016).

Finalmente, el objetivo central de este documento es aplicar la metodología Capital Asset Pricing Model (CAPM) para valorar los activos de renta variable de las 7 empresas en Colombia que cotizan en la Bolsa de Valores de Colombia. Así pues, este documento se organiza de la siguiente forma: se presenta la revisión de la literatura, seguido de la selección de los datos y su respectiva metodología; posteriormente se presentan los resultados y, en último lugar, la conclusión del documento.

2. Revisión de la literatura

En este apartado se abordan algunas implicaciones sobre los postulados acerca del CAPM. Como se mencionaba anteriormente este modelo fue creado por Sharpe (1964), Lintner (1965) y Mossin (1966) con el fin de estimar las rentabilidades esperadas. Sin embargo, el modelo CAPM sienta las bases sobre el coeficiente beta de Markovitz (1952) que analiza la dependencia de la media y del modelo de Media-Varianza del valor de una cartera de activos para generalizar y predecir el comportamiento de los mercados financieros (Perilla, 2008, p. 8; Gimeno, 2014, p. 15). Desde que se formuló el modelo CAPM gran cantidad de investigadores han encontrado fallos en la formulación de este modelo y en respuesta han formulado nuevas formas que introducen nuevos factores.

Diversos autores han hecho nuevos cambios en el modelo clásico. Por ejemplo, Black (1972) desarrolla un modelo con una beta igual 0, es decir, que su modelo se basa en la existencia de una cartera donde el activo libre de riesgo no se da siempre como condición necesaria. También hay otros planteamientos dentro de los que se encuentran Rubinstein (1976), Lucas (1978) y Breeden (1979) quienes plantean un CAPM basado en el consumo y su principal diferencia radica en que la beta se mide con respecto a la riqueza agregada del consumo; lo anterior se define bajo las rentabilidades de los activos con el consumo agregado.

En cuanto a Fama y MacBeth (1973) aplican una metodología determinada por dos regresiones: la primera es una regresión cruzada entre el activo y el factor de riesgo. En la segunda etapa es que bajo las estimaciones de la primera etapa se procede a realizar una regresión transversal con los betas obtenidos y la variación promedio relativa. Sin embargo, se han encontrado problemas en la etapa donde se estiman los betas, pues autores como Motta (2012, p. 25) expresan que la limitación es asumir como factor de riesgo a β_z calculado con respecto a la representación idéntica del β_z real que existe en el

mercado, lo que resulta en un margen de error de estimación. Lo anterior es afirmado también por Esteban (2008, p.11) que en vez de las betas verdaderas, introduce un problema de errores en variables de la regresión que produce sesgo e inconsistencia en los estimadores.

El planteamiento de Ross (1976) indica que el rendimiento de un activo financiero debe estar en función de un bono libre de riesgo y de distintas fuentes de riesgo sistemático. Más adelante Fama y French (1996) analizan el rendimiento bajo la metodología de Fama y Macbeth y demuestran que el retorno promedio de las utilidades de las empresas no está relacionado con las variables del CAPM. Sobre los supuestos que maneja el CAPM autores como Fernández (2014) mantienen una posición escéptica sobre la validez, pues según el autor el modelo no sirve para explicar el funcionamiento del mercado y señala que carece de veracidad el hecho de que los inversores tengan expectativas homogéneas.

En general la evidencia sobre la aplicación del CAPM clásico deja abierto una infinidad de dudas. Padrón y Boza (2005) hacen una revisión de literatura en la que concluyen que las desventajas expuestas encontradas se pueden resumir en que inicialmente se parte de la hipótesis de un mercado eficiente, pero que en la práctica se encuentra que existe una debilidad entre la relación del beta y la rentabilidad media y la existencia de inestabilidad temporal.

A continuación, se presentan estudios mundiales y luego los realizados en Colombia sobre el modelo CAMP en orden cronológico:

En la Bolsa de Valores de Londres (LSE) por parte de Nikolaos (2009) se empleó el CAPM durante el periodo 1980-1998 para 39 acciones bajo una metodología de doble regresión, donde los autores determinan que el CAPM sobre los datos escogidos rechaza la segunda hipótesis de la ordenada sobre la prima de riesgo de mercado, por lo tanto, carece de significación estadística.

En Colombia, Velandia y Pertuz (2011) aplicaron el modelo a 38 acciones de la Bolsa de Valores de Colombia (BVC) durante el periodo del 2007 y 2008, tomaron como tasa libre de riesgo al (DTF) tasa de captación a través de Depósitos a Término Fijo (DTF) y como variable de mercado al Índice General de la Bolsa de Valores de Colombia (IGBC). Su estimación fue bajo los MCO para cada uno de los sectores en que fueron agrupados las acciones. Estos concluyen que los rendimientos de cada uno de los sectores fueron lineales, mostrando resultados significativos y coherentes con la teoría.

Así mismo, Hassan y Rodríguez (2012) usaron el modelo de valorización de activos (CAMP) para todas las acciones que cotizaban en el periodo 2001-2010 en la Bolsa de Valores de Colombia (BVC). Los resultados principales fueron que los betas resultaron significativos dados que corresponde a una regresión bajo un modelo ex-post. Así mismo, los resultados bajo los ejercicios de sección cruzada y los intervalos de confianza resultados significativos. Sin embargo, exponen que no hay razón para rechazar estadísticamente al CAMP pero si para no aceptarlo, pues la razón de ello es que bajo un modelo ex-ante el resultado tiende hacer sobre escenarios prospectivos y no los posiblemente reales.

Para la Bolsa de Valores de “Karachi KSE” de Pakistán Khan et al. (2012) calcularon los betas de diez empresas y sus respectivos rendimientos esperados y reales durante los periodos del 2006 a 2010, su tasa libre de riesgo fue la tasa del certificado de ahorro nacional y la del mercado fue la 100-Índex. Concluyen que los resultados no son axiomáticos con las hipótesis del modelo CAPM.

Por su parte, Caro y Rey (2016) realizaron en Colombia un estudio a 8 acciones durante tres sub-periodos (2008, 2014 y 2015) con un activo libre de riesgo (COLTES) y sus retornos, y como índice de mercado en su momento al COLCAP, concluyendo que la relación directa entre riesgo y rendimiento no se cumple para los periodos 2008 y 2015 y para el año 2014 el supuesto sí se cumple en la medida en que sus retornos son positivos; sin embargo, son muy bajos para el nivel de riesgo asumido.

En Ecuador, Valverde y Caicedo (2020) llevaron a cabo un estudio en 35 empresas para calcular las betas durante el periodo (2014-2019) mediante la aplicación del Modelo de Valoración de Activos

de Capital (CAPM), para conocer la influencia rentable de las empresas vinculadas a la Bolsa de Valores del Ecuador. Sus resultados principales concluyeron que el uso del riesgo sistemático no se considera como un modelo de valoración de activos financieros fuertes, debido a que trabaja bajo supuestos.

Por otro lado, Tovar-Vásquez (2020) estudió la cesta de acciones del COLCAP de dos sectores, el comercial y el sector público para el año 2019. Para ambos sectores los betas son poco agresivos, es decir, que no se mueven a la misma intensidad que el del mercado. Para las empresas del sector público se identificó un beta de 0,23, y así reacciona poco frente al comportamiento del mercado; por su parte, el sector comercial presenta un beta de 0,84 que se aproxima a 1 y se puede decir que es más propenso a movimientos fuertes.

Y, por último, Mancera (2021) llevó a cabo un estudio sobre la volatilidad accionaria de entidades bancarias de Colombia en el periodo 2011-2020, utilizando el modelo de Markowitz; este último es sobre el cual sienta sus bases el CAMP para identificar el riesgo y la rentabilidad de las acciones. Bajo este modelo de Markowitz concluyen que el portafolio de entidades bancarias para que puedan obtener un máximo nivel de rentabilidad implica que deben tener un mayor riesgo, u obtener la mínima varianza implica obtener un nivel menor de renta.

3. Selección de datos y metodología

Para desarrollar el modelo CAPM, es necesario aplicar una metodología de tipo descriptiva, bajo un enfoque cuantitativo en cuanto se planea observar el comportamiento de los activos bajo algunos indicadores estadísticos que permitan una visión más específica sobre cada una de las empresas; sobre el diseño de la investigación y siguiendo los parámetros expuestos por Fernández et al. (2014) se encuadra sobre lo no experimental. Por consiguiente, y como técnica de recolección, se elabora una base de datos de análisis temporal para cada una de las muestras de renta variable con los precios de cierre de 7 empresas R_z relacionadas directamente con la industria de la construcción y que cotizan en la Bolsa de Valores de Colombia (BVC) y negociadas durante los días hábiles entre el periodo del 1 de enero del 2015 hasta el 31 de diciembre del 2020. Por otro lado, como elemento de medición del mercado R_m se escogió el índice bursátil ICOLCAP debido a que es el principal de la (BVC) y en el que participan las 20 acciones más líquidas, y por último la tasa libre de riesgo R_f es el TFIT16240724 (TES 2024), que por ser un bono soberano del gobierno colombiano garantiza un rendimiento pero con menor riesgo; así mismo su función teórica es ser el coste del capital mínimo, es decir, la rentabilidad mínima esperada de la inversión.

Tabla 1. Acciones escogidas.

Ref.	ACCIÓN	EMISOR	SECTOR
N1	GRUPOARGOS	GRUPO ARGOS S.A.	Inversiones
N2	ELCONDOR	CONSTRUCCIONES EL CONDOR S.A.	Industrial
N3	PFGRUPOARG	GRUPO ARGOS S.A.	Inversiones
N4	CEMARGOS	CEMENTOS ARGOS S.A.	Industrial
N5	PAZRIO	ACERIAS PAZ DEL RIO S.A.	Industrial
N6	PFCEMARGOS	CEMENTOS ARGOS S.A.	Industrial
N7	CONCRET	CONSTRUCTORA CONCRETO S.A.	Industrial

Fuente: Elaboración propia.

Una vez organizados, tabulados y especificados como variable dependiente e independiente, se procedió a determinar la rentabilidad diaria promedio r_{dpz} del R_z con sus respectivas volatilidades $\sqrt{s^2}$.

$$r_{dpz} = \frac{\sum \frac{P_{Zt}}{P_{Zt-1}} - 1}{N} \quad [2]$$

$$\sqrt{s^2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_n - \bar{x}_n)^2}{(N-1)}} \quad [3]$$

4. Resultados

Bajo lo anterior el índice de mercado tuvo una rentabilidad promedio diaria del 0,01% y una desviación del 1,23%. Por su parte en la Tabla 2 se evidencia el comportamiento de estos indicadores con R_z .

Tabla 2. Rentabilidad diaria promedio y desviación de las R_z .

R_z	Rentabilidad	Volatilidad	Varianza
N1	0,003%	2,36%	0,056%
N2	-0,008%	1,67%	0,003%
N3	-0,022%	2,13%	0,05%
N4	-0,010%	2,14%	0,046%
N5	0,011%	3,09%	0,10%
N6	-0,032%	2,00%	0,04%
N7	-0,055%	2,32%	0,054%

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar en el Tabla 2, hay 5 acciones con rentabilidades negativas, es decir, que prevaleció más la caída del precio de la acción a diferencia de N1 (0,003%) y N5 (0,011%) que sobresalen por tener una rentabilidad positiva debido a que primó más una tendencia al alza durante el periodo estudiado. Para determinar los β_z es necesario especificar la variable dependiente R_z y la independiente R_M para luego hacer una regresión de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) entre esas dos variables. Debe aclararse que la curva de regresión se hace con la serie de datos que muestran la rentabilidad de la valoración diaria del activo y esto es porque las cotizaciones son diarias, es decir, su variación relativa diaria σ .

$$\sigma R_z = \alpha \cdot \beta_z \cdot \sigma R_m + \varepsilon_u \quad [4]$$

donde la variable regresada es σR_z , la regresora o variable independiente es σR_m y ε_i es el término de error que resulta según Larios et al. (2014, p. 27) de la diferencia entre el valor observado de la variable dependiente y el valor estimado para cada valor de la variable independiente. Por último, está el intercepto α que de acuerdo a Rubio (1987, p. 13) los planteamientos teóricos del modelo consideran que el α debería no ser significativamente diferente de 0. Así pues, en nuestro modelo en lo absoluto todas no son muy diferentes a 0, lo que quiere decir que según Rodríguez y Maturana (2010) se espera que el beneficio por riesgo sea explicado por las variables del modelo. También podemos observar en la Tabla 3, que estadísticamente son significativas todas las R_z , con respecto al p-valor a

excepción de N5; esta última tiene un p-valor para beta no concluyente, lo que no tiene fundamento para predecir la relación entre riesgo y rentabilidad durante el periodo.

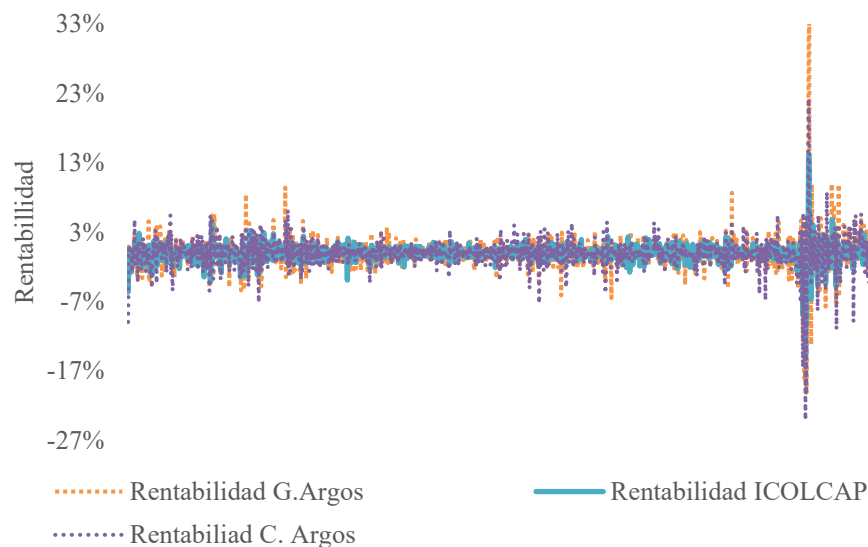
Tabla 3. Betas de las empresas.

R_z	β_{1z}	Medición	$p > t $	α	$R_f(1 - \beta_z)$
N1	1,224488828	$\beta > 1$	0,000%	-0,0037%	-1,3950%
N2	0,091099766	$\beta < 1$	1,035%	-0,0082%	5,6468%
N3	0,915927458	$\beta < 1$	0,000%	-0,0275%	0,5223%
N4	1,047535506	$\beta > 1$	0,000%	-0,0157%	-0,2953%
N5	-0,09949247	$\beta < 1$	13,00%	0,0113%	6,8309%
N6	0,79284377	$\beta < 1$	0,000%	-0,0364%	1,2870%
N7	0,280496713	$\beta < 1$	0,000%	-0,0561%	4,470%

Fuente: Elaboración propia.

Es necesario señalar que el intercepto en el modelo CAPM es prescindible bajo el hecho de mirar su nivel de significatividad para la acción; sin embargo, el modelo reemplaza α que es $R_f(1 - \beta_z)$ en la ecuación original y también reemplaza al intercepto de la regresión o como también es conocido el “alfa de Jensen” por la $\bar{R}_f$ debido a que según Velandia y Pertuz (2011, p. 119) el rendimiento de un activo sólo depende de la tasa libre de riesgo más una prima por incurrir en el riesgo de mercado, entonces, incluirle un intercepto sería adicionarle un riesgo que el CAPM no considera.

Figura 1. Activo Grupo Argos y Cementos Argos.



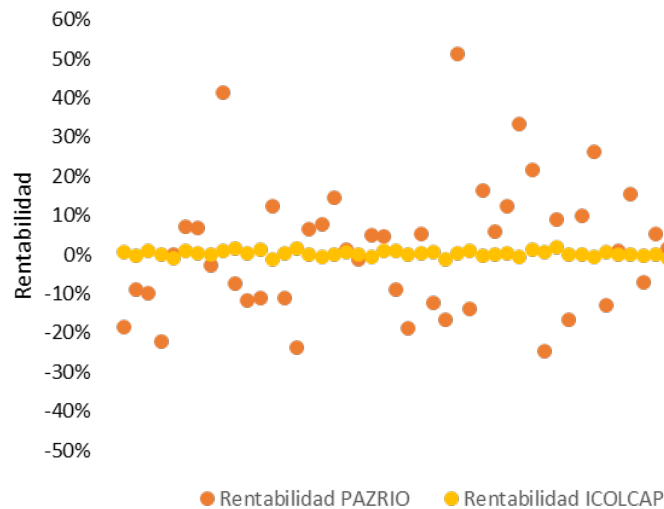
Fuente: Elaboración propia.

Para este ejercicio el Beta de los R_z que es más predominante es el que está por debajo de 1, siendo éste un indicador del componente riesgo de mercado que muestra el rendimiento de R_z para las empresas N2 ... N3 y N5 ... N7 $< \bar{R}_M$ teniendo un rendimiento menor al promedio de todo el mercado.

Por su parte, R_z para $N5$ indica que su rendimiento es inverso (Figura 2), es decir, que la relación del activo aumentará cuando caiga la del mercado y viceversa, lo que tiene cierta correspondencia con la correlación débil negativa de $N5$ con respecto al ICOLCAP ($\overline{R_M}$).

Como se evidencia en la figura anterior, Grupo Argos **N1** y Cementos Argos **N4** tienen mayores variaciones que el rendimiento del mercado, lo que significa que sus tendencias serán más agresivas que el promedio de la cartera del mercado, sin embargo, Ayús et al. (2017, p.2) expresan que solo será favorable el activo agresivo si el mercado está en etapa de crecimiento, más no cuando está en etapa de recesión, por eso este tipo activos poseen un mayor riesgo sistemático.

Figura 2. Activo Acería Paz del Rio.



Fuente: Elaboración propia.

Para la Figura 2 la rentabilidad diaria de la acción PAZRIO con respecto al índice de mercado fue necesario descartar las variaciones relativas iguales a 0, pues de las 1.459 observaciones totales (variaciones relativas diarias) 1.411 tenían el criterio mencionado (eran iguales a 0). Así pues, reorganizando y tabulando los datos de la acción PAZRIO con respecto al índice de mercado en función de que solo quedaran aquellas fechas donde hubo una variación diferente de 0, se encontró que las variaciones relativas de la acción son más agresivas que el índice mercado y que efectivamente de las 48 observaciones el 60,41% tienen tendencia inversa (Anexo 1).

La sensibilidad al riesgo total del portafolio o de la cartera β_p es de 0,725398674 descartando al β_z para $N5$, es decir que se encuadra con un $\beta < 1$, lo anterior se determina de la siguiente manera:

$$\beta_p = \frac{\sum_{z=1}^n \beta_z}{N} \quad [5]$$

Para determinar el rendimiento esperado del activo $E(R_z)$, es necesario que se encuentre en función del bono libre de riesgo medio $\overline{R_f}$ mas (+) la β_z que multiplica la diferencia entre el I_{ea} interés efectivo anual del mercado y la $\overline{R_f}$.

$$E(R_z) = \frac{\sum_{t=1}^n R_f}{N} + \beta_z [(1 + i_{pd})^{360} - 1] - \frac{\sum_{t=1}^n R_f}{N} \quad [6]$$

Para encontrar $i_{ea} = [(1 + i_{pd})^{360} - 1]$, es necesario hallar la tasa continua i_c , que es la r_{dpz} , y ésta debe ser convertida a una tasa periódica diaria i_{pd} a través de $\ln(1 + r_{dpz})$ para que pueda ser pasada a i_{ea} .

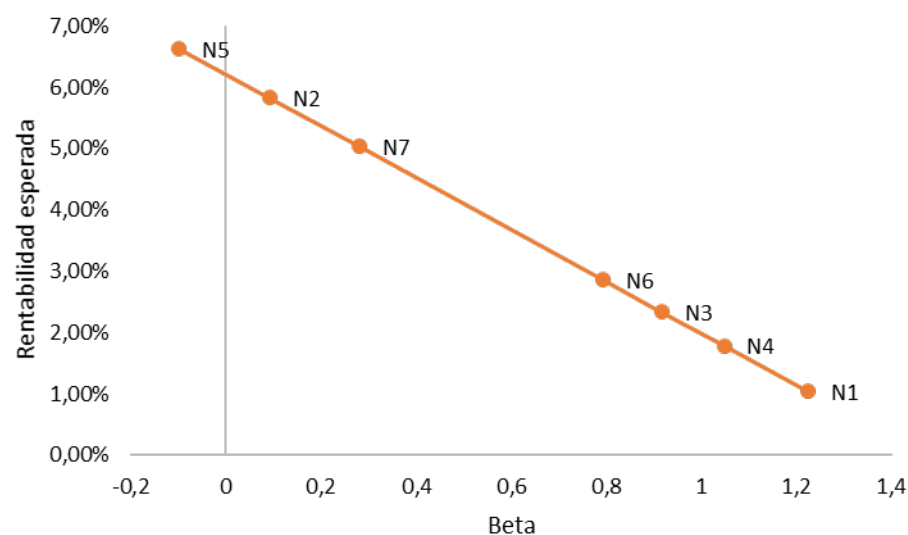
Tabla 4. Rendimiento esperado de las acciones.

R_z	$E(R_z)$
N1	1,04%
N2	5,83%
N3	2,34%
N4	1,78%
N5	6,63%
N6	2,86%
N7	5,03%

Fuente: Elaboración propia.

El rendimiento esperado total del portafolio o de la cartera se determina con el rendimiento promedio $E(R_{pz})$ de las empresas que la conforman (ecuación 6) que para este elemento es de 3,64% efectivo anual.

Figura 3. Relación rentabilidad efectiva anual esperada de la acción con su Beta.



Fuente: Elaboración propia.

En la figura anterior se evidencia la relación que existe entre el beta de las empresas y la rentabilidad efectiva anual esperada de las mismas. Esta figura muestra una tendencia a que cuanto mayor sea la sensibilidad del activo frente al rendimiento del mercado, menor va ser la rentabilidad esperada; es por lo anterior que las acciones de N2 ELCONDOR y N7 CONCRET esperan una mayor rentabilidad.

5. Validación empírica

Para realizar la validación empírica de la efectividad del β_Z se escogieron las mismas empresas, pero con el periodo del 30 de diciembre del 2020 al 30 de abril del año 2021, es decir, 82 días hábiles de los cuales 81 días (la variación relativa hace perder una observación) se evidencia una rentabilidad en comparación a la efectividad del beta.

Las condiciones para dicha medición son a través de la misma condicional del beta realizado, es decir, que:

$$Si \beta_Z > 1 = \sigma_{R_Z} > \sigma_{R_M} \rightarrow \text{cumple}$$

$$Si \beta_Z < 1 = \sigma_{R_Z} > \sigma_{R_M} \rightarrow \text{no cumple} \quad [7]$$

Por tanto, la rentabilidad del activo se tendría que mover según los escenarios prospectivos del beta para que pueda cumplir. Así pues, bajo lo anterior se tiene que para los primeros 4 meses de 2021 la nueva sensibilidad del activo con respecto al mercado es de la siguiente manera:

Tabla 5. Efectividad de las betas peri.

Rz	β_Z	Cumple	No cumple	Efectividad
N1	1,224488828	32	49	39,50%
N2	0,091099766	40	41	49,38%
N3	0,915927458	48	33	59,28%
N4	1,047535506	41	40	50,61%
N5	-0,09949247	*	*	*
N6	0,79284377	35	46	43,20%
N7	0,280496713	44	37	54,32%

*p-valor de beta no concluyente. Fuente: Elaboración propia.

6. Conclusiones

Esta investigación tuvo como principal objetivo aplicar la metodología Capital Asset Pricing Model (CAPM) para valorar los activos de renta variable de las 7 empresas en Colombia que cotizan en la Bolsa de Valores de Colombia y que su actividad está directamente relacionada a la industria de la construcción. Desde el punto de vista de los resultados de las pruebas estadísticas que muestran que la prueba de intercepto α de la regresión se tuvo un criterio general significativamente no mayor a 0, lo que es coherente y por el lado del valor de la probabilidad para el coeficiente beta todos son significativos excepto para el activo de PAZRIO. Por lo anterior se pudo determinar la rentabilidad esperada efectiva anual de las demás acciones.

Ahora bien, los betas del periodo de medición son aceptables dado que existen intervalos de confianza tolerables y, por tanto, se toma por hecho la importancia del indicador Beta como valoración de la sensibilidad de la rentabilidad del activo frente a la rentabilidad del mercado. Sin embargo, la veracidad del resultado principal del CAMP no queda del todo aceptada dado que existe una preponderancia contraria del activo en los primeros 4 meses del 2021 con respecto al comportamiento del beta en el periodo de estudio de esta investigación (Tabla 5), es decir, que es probable que la rentabilidad esperada no sea la que está expuesta en la Tabla 4 debido a que el comportamiento nuevo

2021m4 de las acciones tienen una sensibilidad contraria al que muestran los betas del periodo de medición 2015 - 2020.

Por tanto, esta investigación considera que esta metodología de valoración es buena, pero como proyección de una rentabilidad a esperar es muy débil debido a los cambios en el mercado; la evidencia está demostrando que los márgenes de los betas para los primeros 4 meses de 2021 no están representando una expectativa de rentabilidad bajo los escenarios prospectivos del estudio de 2015 a 2020.

Referencias

- Alqisie, A., & Alqurran, T. (2016). Validity of Capital Assets Pricing Model (CAPM) (empirical evidence from Amman Stock Exchange). *Journal of Management Research*, 8(1), 207- 223.
- Ayús, A.L.T., Arrieta, I.E.C., & Ensuncho, A.M. (2017). Metodología de Cálculo del Beta: Beta de los Activos, Beta Apalancado y Beta Corregido por Cash. *Revista Espacios*, 38(34), 15-35.
- Black, F. (1972). Capital Market Equilibrium with Restricted Borrowing. *The Journal of Business*, 4(5), 444-454.
- Bodie, Z., Kane, A., & Marcus, A. J. (2004). *Principios de inversiones*. McGraw-Hill.
- Bolsa de Valores de Colombia (2022). *Renta variable - Acción CONCRET*.
- Bolsa de Valores de Colombia (2022). *Renta variable - Acción GRUPO ARGOS*.
- Bolsa de Valores de Colombia (2022). *Renta variable - Acción EL CONDOR*.
- Bolsa de Valores de Colombia (2022). *Renta variable - Acción PFCEMARGOS*.
- Bolsa de Valores de Colombia (2022). *Renta variable - Acción PFGRUPOARG*.
- Bolsa de Valores de Colombia (2022). *Renta variable - Acción CEMARGOS*.
- Bolsa de Valores de Colombia (2022). *Renta variable - Acción PAZRIO*.
- Brealey, R.A., Myers, S.C., Allen, F., & Krishnan, V. S. (2006). *Corporate finance* (Vol. 8). Boston: McGraw-Hill/Irwin.
- Breeden, D. T. (1979). An intertemporal asset pricing model with stochastic consumption and investment opportunities. *Journal of Financial Economics*, 7(3), 265-296.
- Caro, A.M., & Rey, D.N. (2016). *Aplicación del modelo CAPM al índice bursátil COLCAP para analizar el tipo de relación entre riesgo y rendimiento en épocas de volatilidad para los periodos 2008 y 2014-2015*. (Trabajo de grado), Universidad de la Salle, Colombia.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (2022a). *Mercado laboral – Empleo y desempleo*.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (2022b). *Producto Interno Bruto -PIB- nacional trimestral*.
- Esteban, M.V. (2008). Modelos de valoración de activos: estimación y contraste. *Sarriko-On*, 2(8), 1-

- Fama, E.F., & French, K.R. (1996). Multifactor explanations of asset pricing anomalies. *The Journal of Finance*, 51(1), 55-84.
- Fama, E.F., & MacBeth, J.D. (1973). Risk, return, and equilibrium: Empirical tests. *Journal of Political Economy*, 81(3), 607-636.
- Fernández, P. (2014). CAPM (Capital Asset Pricing Model): un modelo absurdo. *SSRN Electronic Journal*, 1-16.
- Fernández, C., Baptista, P., & Hernández, R. (2014). *Metodología de la Investigación*. Editorial McGraw Hill.
- Gimeno, M. (2014). *Evolución del modelo CAMP a lo largo de la historia de la economía financiera* (Trabajo de grado), Universidad Pontificia Comillas, España.
- Gómez, C., & García, M. (2011). Supuestos Implícitos en la Utilización de Capital Assets Pricing Model CAPM para el Cálculo del Costo de Capital Propio-Equity. *Revista Documentos de doctorado*, 1, 1-26.
- Hassan, A. R., & Rodríguez, M.S. (2012). Validación empírica del modelo CAPM para Colombia 2003-2010. *Ecos de Economía: A Latin American Journal of Applied Economics*, 16(34), 49-74.
- Khan, M.I., Gul, M., Khan, N.M., & Nawaz, B. (2012). Assessing and testing the Capital Asset Pricing Model (CAPM): a study involving KSE-Pakistan. *Global Journal of Management and Business Research*, 12(10), 33-38.
- Larios, J.F., Josuéz, V., & Quineche, R. (2014). *Fundamentos de econometría: teoría y problemas*. Universidad San Ignacio de Loyola.
- Lintner, J. (1965). Security prices, risk, and maximal gains from diversification. *The journal of finance*, 20(4), 587-615.
- Lucas, R.E. (1978). Asset Prices in an Exchange Economy. *Econometrica*, 4(6), 1429- 1446.
- Mancera, M. I. (2021). *Análisis de la volatilidad accionaria de entidades bancarias de Colombia en el periodo 2011-2020*. (Trabajo de grado). Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, Colombia.
- Markowitz, H. (1952). The utility of wealth. *Journal of Political Economy*, 60(2), 151-158.
- Martínez, C.E., Ledesma, J.S., & Russo, A.O. (2013). Particularidades del modelo de fijación de precios de activos de capital (CAPM) en mercados emergentes. *Análisis financiero*, 1(21), 37-47.
- Martínez, L.I. (2021). *Modelos de Valoración de Activos Financieros*. (Trabajo de grado) Universidad Pontificia de Comillas, España.
- Mossin, J. (1966). Equilibrium in a capital asset market. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 34(4), 768-783.
- Motta, J.P. (2012) *Validación del modelo CAPM en los mercados de valores de América Latina (2007-2012) y evaluación de otros modelos alternativos*. (Trabajo de grado) Pontificia Universidad Javeriana, Colombia.

- Nikolaos, L. (2009). An empirical evaluation of CAPM's validity in the British stock exchange. *International Journal of Applied Mathematics and Informatics*, 3(1), 1-8.
- Padrón, Y.G., & Boza, J.G. (2005). El Modelo CAPM a través de los tiempos revisión de la evidencia empírica. *Ciencia y sociedad*, 30(3), 411-437.
- Perilla, E.E. (2008). *Aplica el modelo CAPM en el caso colombiano validación empírica y su pertenencia para Colombia*. (Trabajo de grado) Universidad de la Salle, Colombia.
- Rodríguez, W. K., y Maturana, C. L. (2010). Comparación de modelos de predicción de retornos accionarios en el Mercado Accionario Chileno: CAPM, FAMA Y FRENCH Y Reward Beta. *EconoQuantum*, 7(1), 119-138.
- Ross, S. (1976). The arbitrage theory of capital asset pricing. *Journal of Economic Theory*, 13(3), 341-360.
- Rubio, F. (1987). *Capital Asset Pricing Model (CAPM) y Arbitrage Pricing Theory (APT) una nota técnica* (Trabajo de grado). Universidad Valparaíso, Chile.
- Rubinstein, M. (1976). The valuation of uncertain income streams and the pricing of options. *The Bell Journal of Economics*, 7(2), 407-425.
- Sharpe, W. F. (1991). Capital asset prices with and without negative holdings. *The Journal of Finance*, 46(2), 489-509.
- Tovar-Vásquez, D.M. (2021). Betas por sectores de las entidades que componen el COLCAP del año 2019. (Trabajo de grado) Universidad Católica de Colombia, Colombia.
- Valverde, J., & Caicedo, F. (2020). Cálculo de las betas del Capital Asset Pricing Model como indicador de rentabilidad de las empresas vinculadas a la bolsa de valores de Ecuador. *Revista Universidad Ciencia y Tecnología*, 24(107), 79-87.
- Velandia, C.C., & Pertuz, R.D.J.M. (2011). Comportamiento sectorial del mercado de renta variable en Colombia: una aplicación del modelo CAPM. *Economía & Región*, 5(1), 109-144.

Anexo 1

	PAZRIO	ICOLCAP
1	-18,52%	0,57%
2	-9,09%	-0,28%
3	-10%	1%
4	22,2%	0%
5	0,14%	-0,90%
6	6,99%	1,09%
7	6,67%	0,40%
8	-2,63%	0%
9	41,21%	0,78%
10	-7,27%	1,45%
11	-11,76%	0,33%
12	-11,11%	1,10%
13	12,50%	-1,19%
14	-11,11%	0,27%
15	-23,75%	1,66%
16	6,56%	0%
17	7,69%	0,50%
18	14,43%	-0,01%
19	1,12%	0,61%
20	-1,23%	-0,14%
21	5%	-0,64%
22	4,76%	0,79%
23	-9,09%	0,97%
24	-18,75%	0,01%
25	5,38%	0,43%
26	-12,41%	0,72%
27	-16,67%	-1,13%
28	51,20%	0,33%
29	-14,02%	0,98%
30	16,31%	-0,30%
31	5,82%	0,10%
32	12,50%	0,31%
33	33,33%	-0,50%
34	21,67%	1,18%
35	-24,66%	0,50%
36	9,09%	1,97%
37	-16,97%	-0,08%
38	10%	-0,05%
39	26,36%	-0,59%
40	-12,95%	0,67%
41	0,83%	0,01%
42	15,57%	0,16%
43	-7,09%	-0,21%
44	5,34%	-0,01%
45	1,45%	-1,05%
46	0,71%	-0,62%
47	-6,38%	0,03%
48	-39,62%	3,97%

Fuente: Elaboración propia.