

**RELACIÓN CAUSAL ENTRE LOS CDS Y LOS RENDIMIENTOS DEL
S&P 500**

SERGIO KNOBELSDORF SERNA

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS
PROGRAMA DE FINANZAS
SANTIAGO DE CALI**

2023

**RELACIÓN CAUSAL ENTRE LOS CDS Y LOS RENDIMIENTOS DEL
S&P 500**

SERGIO KNOBELSDORF SERNA

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar por el título de
Profesional en Finanzas.**

JESÚS ANCIZAR GOMEZ, DR.

DAVID ARANGO LONDOÑO, MSC.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA

FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS

PROGRAMA DE FINANZAS

SANTIAGO DE CALI

2023

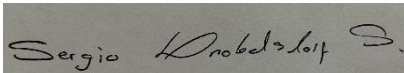
Santiago de Cali, Mayo 02 del 2023

Doctor
Fabian Fernando Osorio Tinoco
Decano
Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas
Pontificia Universidad Javeriana

Por medio de la presente estoy entregando el Trabajo de Grado cuyo título es “RELACIÓN CAUSAL ENTRE LOS CDS Y LOS RENDIMIENTOS DEL S&P 500”

Espero que este trabajo cumpla con los requisitos académicos exigidos y que alcance el propósito para el cual fue elaborado.

Atentamente,

A rectangular box containing a handwritten signature in black ink. The signature reads "Sergio Knobelsdorf S." with a stylized flourish at the end.

Sergio Knobelsdorf Serna
8947095

Santiago de Cali, marzo 23 de 2023

Doctor

Fabián Fernando Osorio Tinoco

Decano

Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas

Pontificia Universidad Javeriana

La Ciudad

Por medio de la presente nos permitimos comunicarle, que en nuestra calidad de directores de trabajo de grado, hemos leído detenidamente el informe final del estudio titulado "RELACIÓN CAUSAL ENTRE LOS CDS Y LOS RENDIMIENTOS DEL S&P 500", realizado por el estudiante de la Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas de la Universidad Javeriana: Sergio Knobelsdorf Serna - ID 8947095, y consideramos que cumple con todos los requisitos para ser presentado a evaluación.

Atentamente,



Jesús Ancizar Gómez Daza
Director(a) Trabajo de Grado



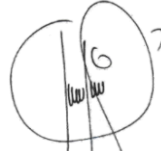
David Arango Londoño
Director(a) Trabajo de Grado

ARTÍCULO 23 de la resolución N° 13 de julio 6 de 1946

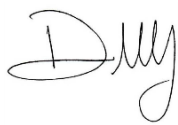
“La Universidad no se hace responsable por los conceptos emitidos por sus alumnos en sus trabajos de Tesis. Sólo velará porque no se publique nada contrario al dogma y a la moral Católica y porque la Tesis no contenga ataques o polémicas puramente personales; antes bien, se vea en ellas al anhelo de buscar la Verdad y la Justicia”.

“RELACIÓN CAUSAL ENTRE LOS CDS Y LOS RENDIMIENTOS DEL S&P 500”

Aprobado por el Comité de Trabajos de Grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Pontificia Universidad Javeriana para optar por el título de Profesional en Finanzas



FABIÁN FERNANDO OSORIO TINOCO
Decano
Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas



DIEGO ALEJANDRO PELÁEZ
Director
Programa de Finanzas



JESUS ANCIZAR GOMEZ DAZA
Director (a) del trabajo



DAVID ARANGO LONDONO
Director (a) del trabajo



ORLANDO JOAQUIN BARANDICA
Jurado

Cali, 17 de abril del 2023

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	7
2. REVISIÓN DE LA LITERATURA	13
3. MARCO TEÓRICO	17
4. METODOLOGÍA	23
4.1. Raíz unitaria	23
4. 2. Cointegración	24
4. 3. Causalidad de Granger.....	25
4. 4. VAR.....	26
5. RESULTADOS	28
5. 1. Pruebas de raíz unitaria	28
5. 2. Cointegración	30
5. 3. VEC y VAR	31
5. 4. Prueba de causalidad de Granger	32
6. CONCLUSIONES	37
7. REFERENCIAS.....	38

LISTA DE FIGURAS, LISTA DE TABLAS – CUADROS – ANEXOS

	Pag
Figura 1. Probabilidad de incapacidad de pago en el momento H	18
Figura 2. Comportamiento de las series	28
Tabla 1. Resultado Raíz Unitaria	29
Tabla 2. Resultado Prueba de Cointegración	30
Tabla 3. Resultados Modelo VEC	32
Tabla 4. Resultados Prueba de Causalidad de Granger	33

Aporte al cambio social

Este trabajo pretende aportar a la dinámica del cambio social y financiero a través de la comprensión de las relaciones de causalidad estudiadas en el trabajo entre el S&P 500, CDX North American Investment Grade Index y el VIX. Estas relaciones de causalidad permiten comprender las interacciones entre las variables y así poder tener un mejor desempeño a la hora de estudiarlas en esta investigación.

RESUMEN

Este documento fue desarrollado para encontrar la posible relación causal entre el mercado de los CDS y el mercado accionario. Principalmente se centró en un CDS que mide la calidad de la inversión con respecto a la calificación de los bonos, el índice bursátil S&P 500 y el índice de volatilidad VIX entre el 2011 y 2022. Para este análisis, se implementó la metodología VAR y debido al problema de cointegración que se presentó, se aplicó en conjunto con la metodología VEC. Adicionalmente, se halló la relación causal implementando la prueba de causalidad de Granger. Finalmente, se concluye con esta investigación que el mercado accionario y el de los CDS está correlacionado y tienen una relación bidireccional en causalidad.

Palabras clave. Credit Default Swap, S&P 500, VIX, VAR, causalidad.

ABSTRACT

This research paper was developed to find the possible causal relationship between the CDS market and the stock market. It mainly focused on a CDS that measures investment quality with respect to bond rating, the S&P 500 stock index and the VIX volatility index between 2011 and 2022. For this analysis, the VAR methodology was implemented and due to the cointegration problem that arose, it was applied in conjunction with the VEC methodology. Additionally, the causal relationship was found by implementing the Granger causality test. Finally, it is concluded with this study that the stock market and the CDS market are correlated and have a bidirectional causal relationship.

Keywords. Credit Default Swap, S&P 500, VIX, VAR, causality.

1. INTRODUCCIÓN

El 2020 será recordado como el año de la crisis sanitaria del covid-19, que comenzó en China y se expandió por todo el mundo, siendo el 14 de febrero el comienzo de la pandemia. Debido al confinamiento, se generó de igual forma una crisis económica, cuyo impacto para algunos sectores fue mayor.

Dado el impacto negativo de la crisis financiera, los gobiernos de todo el mundo ayudaron de diferentes formas a empresas y personas naturales. Dada a la gran cantidad de ayudas que se ofrecieron en ese corto periodo es pertinente suponer un aumento considerable en la inflación, por el incremento de la oferta monetaria. Con el objetivo de controlar el aumento de la inflación, se implementaron mecanismos como el aumento de las tasas de interés, afectando así, el mercado interbancario. En consecuencia, los bancos privados dejaron de obtener préstamos del banco central, contrayendo la economía y controlando la inflación de manera satisfactoria.

Otro mecanismo que podría implementarse, son las Operaciones de Mercado Abierto (OMAS). Siendo este instrumento el principal del banco central para controlar la inflación junto con el aumento de la tasa de interés. En donde puede aumentar o disminuir la cantidad de dinero en la economía del país en cuestión; cuando es necesario aumentar la liquidez el Banco Central compra títulos o papeles (TES) financieros inyectando dinero al mercado, y si se busca el efecto contrario vende títulos o papeles para recaudar dinero del mercado. Teniendo en cuenta el estudio realizado por Castillo y Reis (2019), en el que presentan diferentes enfoques para la estabilización de la inflación. De los cuales, se puede resaltar el enfoque sin arbitraje, monetario, solvencia, actividad real y el enfoque que tiene como referencia el índice de precios del oro.

Además de los mecanismos previamente mencionados, el mercado financiero cumple un papel importante tanto en la inversión hacia las empresas, como en el desarrollo de estas. Según el

estudio Molano-Rincón y Rodríguez-Obando (2021), el mercado financiero ha tenido un auge entre las empresas y las personas naturales. Puesto que, las personas tienen acceso a más información y así, logran consolidar un amplio portafolio de inversión. Diversificando y teniendo en cuenta diferentes alternativas de inversión, con el fin de generar posibilidades de crecimiento, desarrollo e inversión para las empresas por medio de un mercado financiero desarrollado.

Ahora bien, en los últimos años y especialmente, en el 2020, la incertidumbre en el mundo a nivel económico y financiero se ha incrementado (Ruiz-Dorado y Mosquera-Oviedo, 2021). La volatilidad de los activos está teniendo altas fluctuaciones en comparación con los anteriores años, por lo que se considera que los inversionistas están asumiendo mayores riesgos en sus inversiones. Un ejemplo de esto es el caso de Estados Unidos, el Dow Jones, uno de los principales índices bursátiles, se desplomó un 10% el 12 de marzo de 2020, un desplome que no se evidenciaba desde 1987 en el “lunes negro” (Páez-Gómez y Peña-Furnieles, 2021).

Así pues, con la alta volatilidad presentada en la crisis financiera por el Covid 19, se generó un aumento significativo de diferentes riesgos de mercado, de crédito, de liquidez, entre otros. Para evitar incurrir en dichos riesgos, es posible lograr coberturas a partir de la utilización de instrumentos derivados como los Credit Default Swap (CDS). En los diferentes tipos de derivados, los CDS son perfectos para evitar el riesgo de impago por la contraparte del contrato. Como lo hacen saber Arbeláez y Maya (2008):

Estos son contratos o acuerdos mediante los cuales una parte, compradora de protección, adquiere protección contra el riesgo de crédito de un emisor o grupo de emisores. La contraparte, vendedora de protección, está dispuesta a proporcionar dicha protección respondiendo por las pérdidas derivadas de la ocurrencia de un determinado evento de crédito con la expectativa de obtener ganancias en el caso de que tal evento ocurra. (p. 89)

En finanzas, los instrumentos derivados cumplen un papel importante, cuyo el valor depende de otro activo denominado “activo subyacente”. El activo subyacente es aquel activo financiero (acciones, bonos, índices bursátiles) o materias primas *commodities*, entre otros) el cual cumple la función de marcar el precio, sobre el cual se guiará valor del instrumento derivado. Dentro de los derivados existen diferentes productos como lo son los *forwards*, futuros, opciones, *swaps* y CFD`s y el producto *swap* que consiste en un intercambio sucesivo de flujos en una serie de fechas futuras entre dos partes. El cual contiene los CDS, producto financiero principal para esta investigación.

Blythe Masters es una economista de Inglaterra, pionera en el desarrollo de los CDS. Los CDS (por sus siglas en inglés) son una permuta de incumplimiento crediticio que hace la función de seguro de impago de un bono. Dado que, hay diferentes tipos de bonos, hay diversos CDS, donde se centrará y analizará el índice de mercado CDX North American Investment Grade Index (ticker: CDX IG CDSI GEN 5Y). Este está compuesto por 125 seguros contra la cesación de pagos igualmente ponderados en entidades de grado de inversión, distribuidos en 6 subíndices: Alta Volatilidad, Consumo, Energía, Financiero, Industrial y Tecnológico y finalmente Medios y Telecomunicaciones.

Cabe mencionar que, el CDX fue seleccionado en esta investigación por dos motivos. El primero, es por la composición y cómo está formado el CDS, teniendo presencia de 125 empresas de 6 diferentes sectores, lo que nos da una amplia visión del mercado en general. No obstante, esto no permite afirmar ni obtener conclusiones sobre el mercado general. Debido a que, no es una muestra significativa, pero sí daría un indicio del comportamiento de este. El segundo, es por el comportamiento y cómo este fluctúa a lo largo del tiempo, teniendo un comportamiento idóneo para el análisis y el estudio de este.

Por otro lado, a nivel mundial existen diversos índices bursátiles, en Estados Unidos que es donde la investigación se centra, existen tres grandes índices bursátiles como lo son el Dow Jones (DJI), S&P 500 (SPX INDEX) y Nasdaq (CCMP INDEX) con una gran importancia y repercusión a nivel mundial. El S&P 500, es ampliamente aceptado como la mejor medida de las acciones con mayor capitalización bursátil de Estados Unidos. Este índice está conformado por 500 empresas con mayor capitalización bursátil del mercado del país norteamericano y captura el 80% de la capitalización del mercado disponible. Lo que evidencia, la importancia de este índice, al ser una clara muestra del comportamiento del mercado.

Además, es importante mencionar el Chicago Board Options Exchange Volatility Index (CBOE Volatility Index (VIX)), un cálculo para medir la volatilidad esperada a 30 días en el mercado de acciones de EE. UU. Teniendo en cuenta, los precios de las opciones *call* y *put* del índice S&P 500. El VIX presenta una correlación inversa frente al comportamiento del S&P 500, dado que, a una alta volatilidad el mercado es pesimista haciendo que coincida con caídas del índice principal de EE. UU. Por otro lado, al momento de una caída del VIX, se podría evidenciar que el mercado presenta confianza y eso mismo lo reflejan los precios de los activos aumentando su valor en las cotizaciones del mercado.

De acuerdo con lo anterior, esta investigación tuvo como objetivo el identificar la posible relación causal entre los rendimientos accionarios del índice S&P 500, el CDX North American Investment Grade Index y el VIX desde 2009 al 2022. Lo que implica, una pregunta problema de investigación que se centra en si se presenta la existencia o inexistencia de una relación causal entre el S&P 500, el CDS en cuestión y el VIX. Si existe una causalidad entre variables ya sea unidireccional o bidireccional, esto implica que ambos mercados al estar correlacionados, el comportamiento de uno impacta al otro y viceversa, pudiendo ser uno de los principales factores

que hacen fluctuar el mercado en el corto plazo. Seguido de esto, el objetivo general que se busca identificar es la posible relación causal entre los rendimientos accionarios del índice S&P 500, el CDS previamente mencionado y el VIX desde 2009 y el 2022.

Asimismo, el encontrar una causalidad entre el S&P 500 y el CDS que se analizó sería un aporte importante para la literatura, abriendo la puerta para una investigación más profunda tomando una muestra representativa del mercado. Para lograr el objetivo principal y contestar la pregunta de investigación se tuvieron en consideración los siguientes objetivos específicos: (a) analizar el mercado de los CDS (deuda privada) y el mercado accionario de Estados Unidos representado por el índice S&P 500, (b) encontrar las relaciones de tipo financiero del mercado de los CDS y el mercado accionario, y (c) implementar la metodología VAR para caracterizar las interacciones entre los rendimientos del CDX North American Investment Grade Index y los rendimientos del índice S&P 500.

Para esta investigación se implementó la metodología VAR encontrando las diferentes dependencias entre las diferentes variables analizadas y ver su interacción y comportamiento en el tiempo analizado. Para cumplir el debido proceso del tratamiento de los datos se realizaron diversas pruebas como lo son la prueba de Dickey-Fuller Aumentada, teste de Phillips-Perron y KPSS para comprobar si la serie es estacionaria.

Por otro lado, se ejecutó la prueba de Johansen para comprobar si los datos presentan cointegración y dados los resultados se comprobó la cointegración. Para solucionar dicho problema se realizó un VEC y un VAR. El modelo VAR es un modelo del tipo vector autorregresivo cuando queremos identificar las interacciones simultáneas de algunas variables estudiadas. Esta metodología está basada en un sistema de ecuaciones simultáneas el cual busca describir el comportamiento de dinámico de las diferentes variables plateadas. El VAR es un modelo muy útil

cuando las variables en cuestión presentan simultaneidad entre ellas. Por lo que, se adapta a las variables planteadas.

Es importante resaltar dos resultados principales. En primer lugar, se evidencia una fuerte relación causal entre el mercado accionario representado por el S&P 500 y el mercado de los CDS representado por el CDX North American Investment Grade Index. Esta relación causal permite entender que el S&P 500 causa a dicho índice de los CDS y tienen una causalidad bidireccional, lo que quiere decir que tanto el CDS escogido como el S&P 500 causan uno al otro. En segundo lugar, se rechazó la hipótesis nula de que el índice de los CDS no causa al VIX, dejando ciertas dudas dado que el riesgo de impago por posibles crisis aumenta la volatilidad y está fuertemente relacionado. No obstante, un solo CDS no representa un mercado entero y más si es un mercado en expansión. Finalmente, estos hallazgos dan un panorama mucho más amplio en la relación entre mercados tanto del accionario con el S&P 500 como el de los CDS. Adicionalmente, la metodología implementada, según la revisión de literatura para la investigación, es poco usada y ayuda a dar resultados más consistentes y certeros.

Es importante resaltar el factor diferenciador de los artículos que se toman de referencia y esta investigación. Entre los artículos citados, se resalta el trabajo de Fung et al. (2008), debido a que se hace una profundización y variaciones en la metodología. La diferencia principal es la implementación de modelos VAR y debido a la composición de los datos se implementa un modelo VEC los cuales la investigación previamente mencionada no presenta. Esta implementación que se hace da mayor rigurosidad y la precisión en los resultados obtenidos.

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA

Como se señaló previamente, el instrumento a analizar son los CDS, los cuales llevan en el mercado financiero aproximadamente 30 años y las investigaciones referentes a este tema se han desarrollado por alrededor de 20 años. Uno de los estudios en los que se basa esta investigación fue elaborado por Blanco et al. (2003) que examina los precios de los *Credit Default Swap* con un análisis de series de tiempo. Luego de realizar las evaluaciones pertinentes del texto previamente citado, es posible concluir que los factores macro (tasas de interés, ciclos estructurales, rendimientos del mercado accionario y volatilidad implícita de los rendimientos del mercado accionario) tienen una gran importancia a la hora de determinar el comportamiento de los precios de los CDS en términos del nivel de significancia y magnitud absoluta. Adicionalmente, los factores específicamente de la empresa (rentabilidad de las acciones y volatilidades implícitas) son los factores que tienen un mayor impacto en el comportamiento de los precios de los CDS. Lo que permite ahondar un poco en el comportamiento y las interacciones de los CDS, cómo las variables previamente mencionadas los impactan y en qué magnitudes.

Otro estudio relevante es el realizado por Fung et al. (2008) en el cual los autores plantean que la información entre el mercado de capitales y los CDS cobra una mayor fuerza cuando el mercado accionario está en caída. Sugieren que el alto rendimiento del mercado CDS contiene un componente en el que las empresas podrían incurrir en el riesgo de *default*, que no necesariamente está asociado al retorno del capital. Esta relación evidencia una gran sinergia en ambos mercados y cómo esto afecta a los rendimientos por ambas partes.

Por otra parte, dentro de los CDS existen los *Sovereign* CDS, son enfocados principalmente hacia gobiernos a nivel mundial. Según los resultados presentados por Coronado et al. (2010) presenta dos cuestiones importantes en el análisis, la primera es que los retornos de los diferentes

índices bursátiles y los Sovereigns CDS presentan una significativa correlación negativa. Segundo, la volatilidad de los rendimientos del índice bursátil están fuertemente relacionados con el spread de los Sovereigns CDS teniendo una fuerte relación a pesar de ser mercados diferentes. En adición a esto, se podría relacionar la investigación realizada por Bolaman (2020) en donde busca la interacción entre los CDS Premiums y el mercado accionario para Turquía y Kampouris et al. (2020) el cual se centra en el comportamiento del inversor, retornos accionarios y el spread de los CDS para Corea.

Un aspecto para resaltar es cómo el riesgo de crédito impacta los rendimientos de las diferentes acciones dado que se analizan los CDS y el mercado accionario. Según Avramov et al. (2009):

Este documento busca una solución al enigma de que las acciones de alto riesgo crediticio obtienen bajos rendimientos como las acciones de bajo riesgo crediticio. En teoría, si el riesgo de angustia es idiosincrásico, como encontramos, las acciones de alto riesgo crediticio deberían obtener rendimientos similares a las acciones de bajo riesgo crediticio. Empíricamente, sin embargo, encontramos que las acciones de bajo riesgo crediticio obtienen un rendimiento del 1,09% mensual superior a la ganada por las acciones de alto riesgo crediticio. (p. 21)

Debido a lo anterior, el riesgo de crédito cobra una gran importancia a la hora de invertir. Este resultado ayuda a interpretar que los inversionistas buscan de cierta forma no incurrir en riesgo de crédito, permitiendo así una posible entrada de los CDS al mercado y tener un seguro de impago. El instrumento financiero, CDS, cumple un papel importante para que el riesgo de impago sea cubierto y estar cubierto parcialmente por la cesación de pagos. Siguiendo con el hilo conductor. Byström (2005), encontró, como se ha mencionado en investigaciones previas, que

presentan una correlación significativa y positiva en ambos mercados tanto de los CDS con los índices estudiados del Itraxx (Familia de índices de *Swaps* de incumplimiento crediticio negociables en Europa, Asia y mercados emergentes). Al tener en cuenta el estudio de Byström (2005), es importante analizar el mercado de Estados Unidos como se presenta en este trabajo de grado, si el comportamiento entre el S&P 500 y los CDS tienen similitud con los resultados obtenidos en la investigación previamente citada.

Otro aspecto para resaltar es como mercados con diferencias estructurales y regulatorias como lo son los de Europa y Estados Unidos tienen cierta similitud en el comportamiento sin contar comportamientos atípicos que alteran el comportamiento cotidiano. Este análisis permite tener en cuenta que, a pesar de estar distanciados físicamente, los diferentes mercados están correlacionados Forte y Peña (2006).

Finalmente, el estudio Jorion y Zhang (2006) en el que analizan la industria y el contagio crediticio desde la evidencia de los CDS y el mercado de valores. Este estudio les permitió concluir que las quiebras de empresas crean efectos de contagio dados los aumentos en los diferenciales de

la industria. Tomando en cuenta lo anterior, las quiebras están relacionadas a los efectos competitivos y estos efectos están reflejados en los precios de las acciones, pero en menor medida.

Después de exponer el comportamiento y las diferentes relaciones del mercado de los CDS y el mercado accionario es importante aclarar sobre la causalidad en esta relación junto con la volatilidad. Gracias al estudio realizado por Shahzad et al. (2017), en donde se implementaron diferentes modelos no paramétricos de causalidad en cuantiles, llegando a la conclusión que existe una causalidad fuerte solo entre el mercado de los CDS y el mercado financiero de acciones. Adicionalmente Shahzad et al. (2017) encontraron una causalidad en el cuantil medio en los sectores de servicio al consumidor, petróleo y gas.

Por otro lado, según Mateev (2019): “también probamos la hipótesis de que los CDS y los mercados de valores son independientes, es decir, no hay un desbordamiento de volatilidad entre los CDS y los precios de las acciones” (p. 702). En este orden de ideas, no existe una causalidad en términos de volatilidad para el mercado europeo entre los CDS y el mercado de valores. Por otro lado, Ballester et al. (2021) aseguran que: “los resultados muestran cómo los diferenciales de CDS soberanos estadounidenses y europeos anticipan la volatilidad de sus respectivos índices bursátiles, con un mayor impacto de liderazgo en Europa” (p. 21). Esta conclusión diverge un poco con Mateev (2019), sin embargo, es importante resaltar que existe una diferencia tanto en la metodología como en los datos los cuales se trabaja.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Modelo de Merton

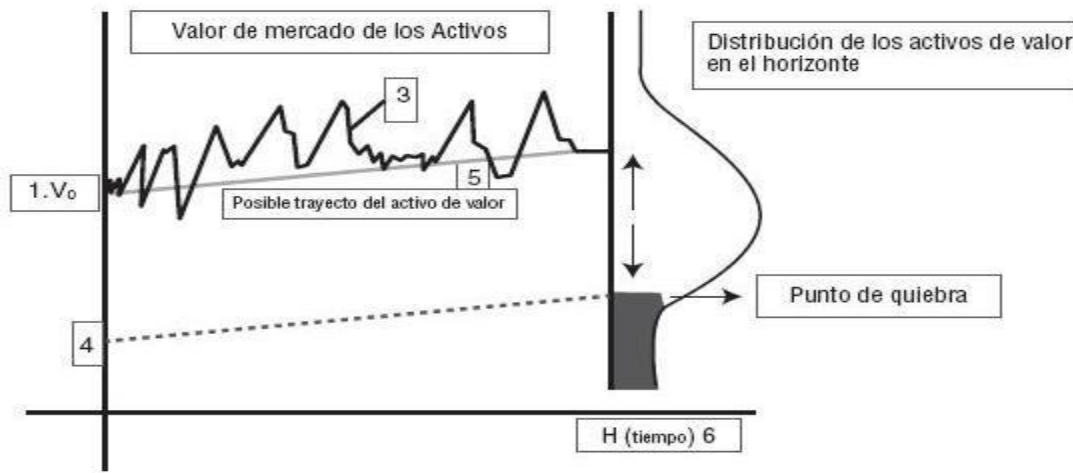
El riesgo de crédito es un riesgo financiero el cual se hace efectivo al momento que un agente económico sufre una afectación por el impago de las obligaciones contractuales frente otro agente. Dada la importancia que ha cobrado el riesgo mencionado, las investigaciones y aportes se han incrementado en los últimos 60 años creando y adaptando diferentes modelos de riesgo para hallar la probabilidad que un agente económico materialice dicho riesgo. Uno de los modelos de riesgo de crédito más importantes y el cual se tomó como enfoque el modelo de Merton.

Para comenzar el análisis y la descripción del modelo de Merton es importante matizar dos aspectos importantes a la hora de la aplicación del modelo. Primero, Merton (1974) plantea que las condiciones para que una empresa o agente económico caiga en default e incurra en el riesgo crediticio es cuando el valor de los pasivos en libros tiene que ser superior a el valor de los activos a precio de mercado **Activos = Pasivos + Patrimonio Neto**. Una vez los pasivos tengan un valor superior a los activos, el patrimonio neto será nulo haciendo que la empresa se declare en default. El segundo aspecto para matizar es la probabilidad que tiene un agente en caer en default, lo cual será desarrollado más adelante.

El modelo planteado por Robert Merton establece que los pasivos de la empresa a analizar radican en un bono cero cupón representado por L y estos bonos tienen un vencimiento en T. Además del vencimiento en la fecha T se efectúan los pagos de estos en esa fecha y los propietarios de los títulos evalúan la posibilidad de que la empresa entre en default.

Figura 1

Probabilidad de incapacidad de pago en el momento H



Fuente. Cruz y Vargas (2011).

Una vista clara se presenta en el gráfico 1, donde para calcular la probabilidad de que la empresa caiga en default inicialmente se calcula el valor de los pasivos y el valor de los activos. La estimación del valor de los activos en el corto plazo es diferente al de los pasivos, inicialmente partimos de que a diferencia de los pasivos no se considera un valor fijo y se especifica la distribución de probabilidad en T.

Según Munafo (2018) se podría hacer una suposición asumiendo que los activos financieros (A_t) siguen una distribución logarítmica normal. Dado que los activos son variables y no fijos como su contraparte, se usa la siguiente expresión para denotar el cambio esperado en un año $\mu - \frac{\delta^2}{2}$. Por otro lado, los pasivos como previamente fue mencionado son considerados como un bono cupón cero y son fijos en el corto plazo hasta T, dadas estas condiciones el valor de los pasivos se podría extraer de los estados financieros de la empresa. Finalmente, al periodo actual lo denominamos t, μ es la media y δ es la volatilidad de los activos. Al describir esto nos quedaría la primera ecuación (1):

$$\ln A_t \sim N \left(\ln A_t + \left(\mu - \frac{\delta^2}{2} \right) * (T - t), \delta^2(T - t) \right) \quad (1)$$

Al obtener la primera ecuación es importante aclarar que cuando una variable cualquiera cuya distribución sea normal, la probabilidad de que esta caiga por debajo de z (valor crítico) se da por la siguiente expresión $\Phi[(z - E[x])/σ(x)]$ donde Φ representa la probabilidad acumulada de la distribución normal. Una vez descrito el comportamiento estadísticamente de una variable cualquiera con una distribución normal se aplican al caso y se obtendrá la probabilidad de que el valor de los activos (A_t) esté por debajo del valor de los pasivos (L) será la siguiente expresión (2):

$$\begin{aligned} \text{Prob (Default)} &= \frac{\Phi[\ln L - \ln A_t - (\mu - \delta^2/2)(T-t)]}{\delta\sqrt{T-t}} \\ &= \frac{\Phi[\ln(\frac{L}{A_t}) - (\mu - \delta^2/2)(T-t)]}{\delta\sqrt{T-t}} \end{aligned} \quad (2)$$

Al observar diferentes trabajos que se han realizado se implementa una ecuación para poder determinar la distancia de separación que hay entre la distancia de default (DD) y el valor esperado de los activos (A_t), esta separación es determinada por el número de desviaciones estándar que hay entre DD y A_t . Al describir esto queda la siguiente ecuación (3):

$$\begin{aligned} DD &= \frac{\ln A_t + (\mu - \frac{\delta^2}{2})(T-t) - \ln L}{\delta\sqrt{T-t}} \\ &= \text{Prob (Default)} = \Phi(-DD) \end{aligned} \quad (3)$$

Después de describir el modelo y conociendo las diferentes variables, supuestos y/o parámetros los cuales permiten hacer el análisis respectivo para determinar la probabilidad de default y la distancia de default. No obstante, en una empresa del común no se puede determinar fácilmente el valor de los activos (A_t) a precios actuales de mercado, lo que se observa son los precios de los activos en el pasado con dicho valor en los estados financieros de la empresa. Adicionalmente, al desconocer el valor real de los activos tampoco se podría hallar la volatilidad (δ). Al enfrentarse a este problema por no tener la información necesaria para determinar la

probabilidad de default Merton aplicó la teoría de pricing de opciones para poder compensar dicha falta de información.

El modelo de pricing establece la relación para determinar las diferentes variables que se desconocen en el modelo de Merton (A_t, δ) junto con los datos que se tienen. Esta relación facilita el procedimiento matemático dado que para aquellas empresas que cotizan en bolsa es posible establecer el valor de mercado multiplicando el valor de la acción en el mercado bursátil por el número de acciones en circulación.

Robert Merton se basó en el estudio “The cost of capital, corporation finance and the theory of investment” realizado por Modigliani y Miller (1958) para establecer una relación entre la teoría de valuación de opciones financieras y la estructura de capital de las empresas. Propone una alternativa para realizar el cálculo del valor de los activos (A_t) por opciones financieras las cuales son representadas por dos responsabilidades sobre la valoración de los activos: acciones y deuda. Las acciones serán representadas por una opción *call* la cual es comprada por los accionistas y una opción put en representación a la deuda la cual la venden a los diferentes acreedores pasando a ser L el precio de ejercicio de ambos casos.

Al haber hecho el planteamiento y expuesto los supuestos previamente mencionados, la siguiente ecuación representa tanto el valor de mercado de las acciones y el precio spot de los activos (A_t) en el periodo T (4), estableciendo la siguiente ecuación para el valor esperado del call:

$$E_T = \max(0, A_t - L) \quad (4)$$

Como se ha mencionado el periodo T cumple un papel importante a lo largo del tiempo junto con las diferentes relaciones estableciendo la relación entre el valor del capital y el de los activos. Además de lo anterior, según el valor de los activos (A_t) y de los pasivos (L) en el periodo T se determina si la empresa entra en default o por el contrario las acciones aumentan de precio

como se expresa en la siguiente expresión (5) donde C_T representa el valor del Capital en el periodo T.

El pago de la deuda de la fecha T será:

$$B_T = A_T - C_T = A_t - \text{Max } A_t - L, 0 = \text{Min } A_t, L \quad (5)$$

Finalmente, después de describir el comportamiento del modelo y llegando a la finalización de este, faltaría exponer la expresión que se emplearía para la situación de la empresa no es la mejor y no paga los diferentes dividendos correspondientes. Esta fórmula está ligada con la fórmula estándar de opciones de Black-Sholes de la siguiente manera:

$$E_t = A_t * \phi(d_1) - Le^{-r(T-t)} * \phi(d_2) \quad (6)$$

Donde,

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{A_t}{L}\right) + (r + \delta^2)(T-t)}{\delta\sqrt{T-t}} \quad d_2 = d_1 - \delta\sqrt{T-t} \quad (7)$$

Al exponer esta situación se determina que (r) es la tasa libre de riesgo de los retornos logarítmicos. Este análisis se logra gracias a la teoría de pricing de las opciones llegando a vincular los dos parámetros que se desconocían y no era posible vincularlos al análisis por la imposibilidad de hallar su valor.

Ya descrito el modelo de Merton es importante resaltar la importancia que esta cobra al establecer la relación causal entre el CDS representado por el índice CDX North American Investment Grade Index y el índice bursátil S&P 500. Este modelo es importante debido a que el CDS a analizar como seguro de impago y el modelo en cuestión tienen una correlación alta Byström (2005). Del mismo modo impacta directamente al mercado bursátil debido al comportamiento de este. Al entender el comportamiento de la empresa al analizar y percatar que podría caer en default usando el modelo de Merton el precio de la acción caerá haciendo que aumenten los precios de los CDS implicados directamente en la empresa. Esto anterior está ligado

a la próxima teoría tenida en cuenta en el marco teórico debido al comportamiento de la información y como ésta impacta rápidamente el precio de un activo.

4. METODOLOGÍA

Al momento de comenzar con la metodología mencionada (VAR), es importante dejar claro el procedimiento con algunos términos y pruebas para tener en cuenta para así aplicar la metodología adecuada. Inicialmente se le aplica logaritmo natural para hallar los retornos logarítmicos permitiendo un mejor manejo de los datos; gracias a los retornos logarítmicos los datos con los cuales se trabaja no presentan normalidad, además de esto ayuda a que sean posiblemente estacionarios. Este trabajo cumple con una gran importancia, debido que al momento de la revisión de la literatura y con el conocimiento se actualizan los estudios realizados en esta temática y con la metodología VAR la cual es poco usada teniendo como referencia los estudios previos los cuales se consultan.

4.1. Raíz unitaria

Antes de entrar en detalle de la prueba de raíz unitaria, es importante dejar en claro el concepto de una serie estacionaria. Una serie es estacionaria cuando la media y la varianza son constantes en el tiempo. Gráficamente se refleja cuando los valores de la media son constantes y la variabilidad tiende a oscilar con respecto a la media y que no muestran una tendencia a crecer con el paso del tiempo. Para comprobar este comportamiento en la serie se aplican diversas pruebas entre ellos Dickey-Fuller Aumentado (Dickey y Fuller, 1979), Phillips-Perron (Phillips y Perron, 1988) y el KPSS (Kwiatkowski et al., 1992). Estas tres pruebas previamente mencionadas fueron desarrolladas para probar la hipótesis nula de que la serie de los datos analizados no es estacionaria.

Las pruebas de Phillips-Perron (Phillips y Perron, 1988) y Dickey-Fuller Aumentada (Dickey y Fuller, 1979) en términos generales son muy similares entre sí en cuanto a la metodología, sin embargo, una de sus diferencias específicas es que la prueba de DFA (Dickey-Fuller Aumentada) busca asegurar que los residuos no estén correlacionados en serie. Además de

esto, según Davidson y MacKinnon (2004), afirman que la prueba de Phillips-Perron es menos eficiente con una cantidad de datos finita en comparación con la prueba de Dickey-Fuller Aumentada. Finalmente, la prueba de KPSS tiene la misma finalidad, pero a diferencia que se implementa un análisis en torno a una tendencia determinista (tendencia estacionaria) frente a la convencional de una raíz unitaria.

Dada la alta relación que tienen tanto la prueba de Dickey-Fuller Aumentada y Phillips-Perron, es pertinente exponer los modelos para poder realizar la prueba y así afirmar o rechazar la hipótesis nula.

$$\Delta y_t = \alpha + \beta t + \gamma y_{t-1} + \delta_1 \Delta y_{t-1} + \dots + \delta_{p-1} \Delta t_{t-p+1} + \varepsilon_t \quad (8)$$

En la ecuación 8 se presenta el modelo para la prueba de DFA, donde α es una constante, β es el coeficiente sobre la tendencia temporal y p el proceso de retraso en el proceso autorregresivo.

Así mismo, la prueba de Phillips-Perron (PP) se basa en la DFA con el siguiente modelo.

$$y_t = \rho y_{t-1} + u_t \quad (9)$$

La diferencia entre ambas pruebas es que la prueba PP realiza un no-paramétrico de corrección en el t-test.

4. 2. Cointegración

El concepto de cointegración ha sido ampliamente estudiado y cumple un papel importante tanto para el ámbito económico como el financiero. Dada la importancia, se realizará una prueba de cointegración, la metodología multivariada propuesta por Johansen (1988), Johansen y Juselius (1990), el cual es para determinar si las series están cointegradas, esto sucede cuando una o dos variables comparten una tendencia estocástica en común. Este aspecto está muy relacionado con lo anterior debido que, si las variables son estacionarias, permitiendo que la afirmación de que las

variables analizadas, en este caso CDX, S&P 500 y el VIX estén cointegradas. Bajo el enfoque de la prueba a realizar, se presentan por un sistema de ecuaciones multivariado que se fundamenta en los modelos autorregresivo (VAR).

Después de exponer el modelo se procede a especificar de forma matemática, en el cual comienza con un planteamiento de un vector autorregresivo VAR de orden p:

$$y_t = \mu + A_1 y_{t-1} + \dots + A_p y_{t-p} + \varepsilon_t \quad (10)$$

Donde y_t es un vector $n \times 1$ y son integradas $I(1)$ y ε_t es un vector $n \times 1$ de innovaciones.

En este orden de ideas el modelo puede ser escrito de la siguiente forma:

$$\Delta y_t = \mu + \Pi y_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} \Gamma_i \Delta y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (11)$$

Donde:

$$\Pi = \sum_{i=1}^p A_i - I \text{ y } \Gamma_i = \sum_{j=i+1}^p A_j \quad (12)$$

Posteriormente se hace la presentación del modelo de forma matemática:

$$J_{trace} = -T \sum_{i=r+1}^n \ln(1 - \hat{\lambda}_i) \quad (13)$$

$$J_{max} = -T \ln(1 - \hat{\lambda}_{r+1}) \quad (14)$$

Donde, $\hat{\lambda}_i$ representa los valores estimados de las raíces características obtenidas de la estimación de la matriz Π .

4. 3. Causalidad de Granger

De igual forma, es importante enfatizar acerca de la prueba de causalidad de Granger (Granger, 1969) a partir de los estudios, investigaciones e indicaciones de Norbert Wiener tomando como referencia la investigación que desarrolló trece años atrás (Wiener, 1956). Esta prueba permite evidenciar si los resultados obtenidos del mismo contribuyen para la predicción o explicación de otra variable y ver el comportamiento que tienen, ya sea unidireccional o bidireccional entre las

variables que se estudian como lo son en este caso el índice bursátil S&P 500, los CDS y el índice VIX.

Siguiendo el planteamiento de Granger, el futuro no puede afectar el pasado. De esta forma, el hecho de que una variable esté correlacionada y presente unos valores que están retardados hacia los valores futuros de otra variable se puede decir que presenta causalidad de Granger. Así mismo, diferentes variables pueden presentar causalidad entre ellas y los valores pasado de ellas predecir el comportamiento de las otras. Este comportamiento permite que las variables tengan un comportamiento bidireccional.

De este modo, la causalidad puede expresarse de la siguiente forma:

$$Z_t = a + \sum_{i=1}^{\infty} b_i Z_{t-i} + \sum_{j=1}^{\infty} c_j X_{t-j} + e_t \quad (15)$$

$$X_t = a + \sum_{i=1}^{\infty} f_i Z_{t-i} + \sum_{j=1}^{\infty} g_j X_{t-j} + u_t \quad (16)$$

Donde a y d son constantes, b_i , c_j , f_i y g_j son los coeficientes y finalmente e_t y u_t son los residuos.

4. 4. VAR

Al plantear el problema junto con el propósito de la investigación, es importante lograr identificar el impacto y el comportamiento de las interacciones de las variables a analizar. Es por esto por lo que la metodología a implementar serán los vectores autorregresivos (VAR) para poder caracterizar las interacciones entre los precios del CDS en cuestión, los retornos del índice S&P 500 y cómo esto se relaciona junto con el índice VIX.

El método VAR fue planteado por Christopher A. Sims (1980), creando así los vectores autorregresivos como una alternativa de ecuaciones simultaneas mejorada. El modelo VAR es un modelo de series de tiempo el cual las variables dentro del mismo son consideradas endógenas dependiendo de los rezagos de sí misma y de los rezagos de las demás variables. Estas

correlaciones no solo son de manera contemporánea, sino también históricamente las relaciones entre los precios de los CDS, los retornos del S&P 500 y la volatilidad del VIX.

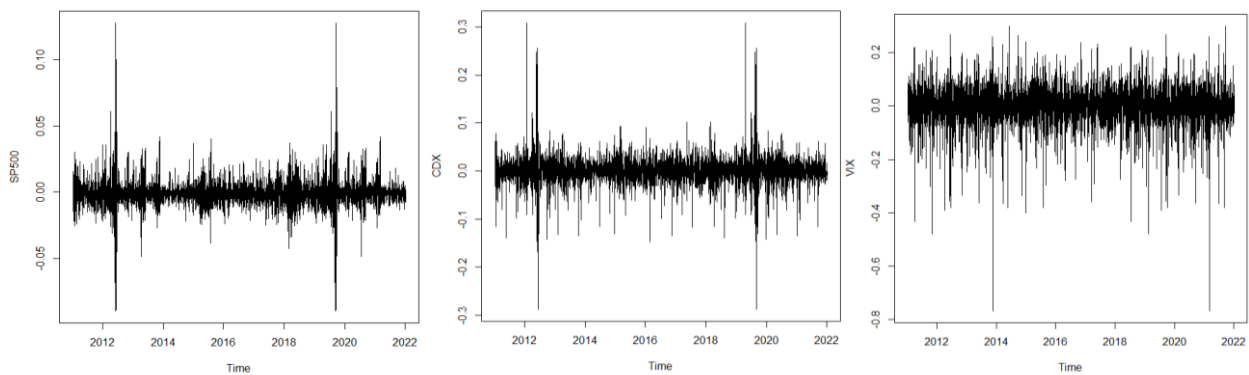
Para el análisis de los datos se procede con la extracción de estos desde el portal de Bloomberg L.P. Se extrajo la información del índice bursátil S&P 500 (SPX INDEX), el CDS a analizar CDX North American Investment Grade Index (CDX IG CDSI GEN 5Y) y el Chicago Board Options Exchange Volatility Index (CBOE Volatility Index (VIX)) y se hace todo el análisis y tratamiento de los datos en R.

5. RESULTADOS

Para analizar y observar de cada una de las variables que se evaluaron en esta investigación y así ver el comportamiento de la serie temporal, si presentan *clústers*, reversión a la media, autocorrelación entre otros factores. Es necesario exponer la Figura 2 que muestra el comportamiento de los rendimientos de cada una de las variables analizadas a excepción del VIX, este último como es un índice de volatilidad, muestra cómo fluctúa en el tiempo estudiado y posteriormente, la exposición de las diferentes pruebas junto con el modelo VAR.

Figura 2

Comportamiento de las series.



Fuente. Elaboración propia.

En la Figura 2, se evidencia que no tienen un comportamiento regular y no presentan una tendencia a lo largo del tiempo analizado. Cabe destacar, que las figuras del S&P 500 y del CDX presentan dos periodos en los cuales se puede notar un aumento en la volatilidad y por ende, ese aumento y caída de los diferentes índices.

5. 1. Pruebas de raíz unitaria

Después de exponer el comportamiento de las series a analizar, se procedió a la realización de las diferentes pruebas para realizar el tratamiento necesario. Se ejecutaron las diferentes pruebas de

raíz unitaria como se mencionó en la metodología. En la Tabla 1 se evidencian los resultados de esta.

Tabla 1

Resultados prueba de raíz unitaria

<i>Prueba de Dickey Fuller Aumentada SP</i>		<i>Prueba de Dickey Fuller Aumentada</i>		<i>Prueba de Dickey Fuller Aumentada VIX</i>	
<i>500</i>		<i>CDX</i>			
<i>Dicky-Fuller</i>	-16.046	<i>Dicky-Fuller</i>	-15.737	<i>Dicky-Fuller</i>	-18.468
<i>Orden de Retraso</i>	15	<i>Orden de Retraso</i>	15	<i>Orden de Retraso</i>	15
<i>p.value</i>	0.01	<i>p.value</i>	0.01	<i>p.value</i>	0.01
<i>Hipótesis Alternativa</i>	Estacionario	<i>Hipótesis Alternativa</i>	Estacionario	<i>Hipótesis Alternativa</i>	Estacionario

<i>Prueba de Raíz Unitaria Phillips-Perron SP 500</i>		<i>Prueba de Raíz Unitaria Phillips-Perron</i>		<i>Prueba de Raíz Unitaria Phillips-Perron</i>	
<i>Perron SP 500</i>		<i>CDX</i>		<i>VIX</i>	
<i>Dicky-Fuller</i>	-74.982	<i>Dicky-Fuller</i>	-62.832	<i>Dicky-Fuller</i>	-70.166
<i>Parámetro de Retraso</i>	10	<i>Orden de Retraso</i>	10	<i>Orden de Retraso</i>	10
<i>p.value</i>	0.01	<i>p.value</i>	0.01	<i>p.value</i>	0.01

<i>Prueba Kpss para Estacionariedad SP</i>		<i>Prueba Kpss para Estacionariedad</i>		<i>Prueba Kpss para Estacionariedad VIX</i>	
<i>500</i>		<i>CDX</i>			
<i>Nivel KPSS</i>	0.022277	<i>Nivel KPSS</i>	0.019242	<i>Nivel KPSS</i>	0.012167
<i>Parámetro de Retraso</i>	10	<i>Parámetro de Retraso</i>	10	<i>Parámetro de Retraso</i>	10
<i>p.value</i>	0.1	<i>p.value</i>	0.1	<i>p.value</i>	0.1

Fuente. Elaboración propia.

Al observar los resultados de las diferentes pruebas que se implementan en la investigación, se inició con el análisis de la prueba de DFA y se concluyó, que las series del S&P 500, CDX y el VIX son estacionarias debido a que el *p-value* es menor a 0.05, de 0.01. Como consecuencia, se

rechazó la hipótesis nula que afirma que no cuenta con raíz unitaria. Por otro lado, se realizó la prueba PP y dando el mismo resultado, $0.01 < 0.05$, por lo que, se rechazó la hipótesis nula que no afirma que cuenta con raíz unitaria. Por último, se realizó la prueba KPSS y los resultados obtenidos, no presentaron variación y están alineados con las dos pruebas realizadas anteriormente.

5. 2. Cointegración

Posteriormente, se realizó la prueba de cointegración de Johansen y Juselius (1990). Según el resultado de la prueba ayuda para la realización de un modelo u otro. Por lo que, la prueba de cointegración cumplió un papel importante al momento del análisis de los datos. Puesto que, fue una guía hacia el modelo que más adecuado, el VAR o el VEC. El hecho de que las series estén cointegradas procedería a la realización de un modelo VEC para continuar con la metodología VAR, como lo menciona Jordán, (2014): “el modelo VEC es también una herramienta que pertenece al contexto de series de tiempo multivariado, pero se caracteriza por contener variables cointegradas, es decir, variables que guardan una relación de equilibrio de largo plazo entre ellas” (p.70).

Tabla 2

Resultados prueba de cointegración

H0: No hay cointegración en las variables. H1: Hay cointegración en las variables.

<i>Test de Johanssen (Eigen)</i>			<i>Test de Johanssen (Trace)</i>		
	Test	5 PCT		Test	5 PCT
$r \leq 2$	1027.61	9.24	$r \leq 2$	1027.61	9.24
$r \leq 1$	1300.02	15.67	$r \leq 1$	2327.64	19.96
$r = 0$	1416.84	22.00	$r = 0$	3744.48	34.91

Fuente. Elaboración propia.

Para la comprensión adecuada de la prueba, es necesario entender las dos hipótesis. Como se muestra en la tabla 2, inicialmente en la H0 es que no hay cointegración en las variables y la H1 es que hay cointegración en las variables. Una vez expuesto esto, y se observa, que se rechaza la hipótesis nula de que no hay cointegración, debido a que existen por lo menos más de una ecuación del modelo está cointegrada.

Considerando un nivel de significancia del 5%, cuando $r=0$ (estadístico de la prueba) es mayor al valor crítico ($3744.48 > 34.91$), se rechazó la H0. Por lo tanto, hay evidencia estadística de la presencia de cointegración entre las variables. Del mismo modo, se procedió a analizar la H0 cuando $r \leq 1$, es este caso el estadístico de prueba es mayor que el valor crítico ($2327.64 > 19.96$) volviendo a rechazar la H0. Finalmente, $r \leq 2$ presentó el mismo comportamiento que en las dos situaciones anteriores, de este modo se concluye que existe cointegración en las variables que fueron estudiadas. Un aspecto para resaltar es que tan alejado está el valor crítico con respecto al estadístico de prueba. Al usar el valor crítico y no el *p-value* permite evidenciar con que tanta certeza se afirma o se rechaza la hipótesis nula. El *p-value* ayuda a rechazar o confirmar la hipótesis, pero no ver las magnitudes con las que se afirma o rechaza.

5. 3. VEC y VAR

Con base a los resultados anteriores de la prueba de cointegración y dada la relación de las variables, se comienza la realización del modelo VEC con las 3 variables analizadas y se plantea el siguiente modelo:

$$\Delta SP500 = \sigma + \sum_{i=1}^{k-1} \beta \Delta SP500_{t-i} + \sum_{i=1}^{k-1} \theta \Delta CDX_{t-i} + \sum_{i=1}^{k-1} \varphi \Delta VIX_{t-i} + \lambda_1 ECT_{t-1} + u_{1t} \quad (17)$$

$$\Delta CDX = \sigma + \sum_{i=1}^{k-1} \beta \Delta SP500_{t-i} + \sum_{i=1}^{k-1} \theta \Delta CDX_{t-i} + \sum_{i=1}^{k-1} \varphi \Delta VIX_{t-i} + \lambda_1 ECT_{t-1} + u_{1t} \quad (18)$$

$$\Delta VIX = \sigma + \sum_{i=1}^{k-1} \beta \Delta SP500_{t-i} + \sum_{i=1}^{k-1} \theta \Delta CDX_{t-i} + \sum_{i=1}^{k-1} \varphi \Delta VIX_{t-i} + \lambda_1 ECT_{t-1} + u_{1t} \quad (19)$$

Se pueden apreciar matemáticamente las diferentes interacciones y cómo se podrían comportar a largo plazo. En este orden de ideas, se presentan los datos en la Tabla 3.

Tabla 3

Resultados Modelo VEC

MODELO VECM				ECT		
				Ecuación LOG SP 500	-0,3827	(0.0545)
	LOG SP 500	LOG CDX	LOG VIX	Ecuación LOG CDX	-2,9023	(0.1616)
r1	1	0.00050089	0.100343	Ecuación LOG VIX	-0,9418	(0.4248)

Fuente. Elaboración propia.

En la tabla 3, se evidencia el modelo VEC en donde el término ECT (*Error Correction Term*) ayuda a interpretar la interacción entre variables. Al comenzar el análisis deja en evidencia el comportamiento del índice accionario es negativo, pero no significativo pues tan solo alcanza una significancia del 10%. Lo cual, es inaceptable, es pertinente afirmar, por ende, que contribuye a los cambios de la propia variable. Dado que es negativo, esto implica que la relación que tiene con las otras dos variables es negativa, haciendo que su comportamiento sea inverso. Por otro lado, el comportamiento del CDX fue positivo, pero no fue significativo dejando evidencia suficiente para decir que no ayuda a explicar las variaciones del CDX. Finalmente, el VIX que no fue significativo y tuvo un comportamiento negativo. Similar al del índice SP 500, teniendo un comportamiento negativo o inverso frente a las otras variables.

5. 4. Prueba de causalidad de Granger

En última instancia, se realizó la prueba de Causalidad de Granger para encontrar las posibles relaciones causales que entre el mercado de los CDS que se analiza con el CDX ya expuesto, el mercado accionario con el índice S&P 500 y el índice de volatilidad VIX. Esta causalidad es

medida por el modelo econométrico previamente expuesto en la metodología y el cual se ha venido desarrollando a lo largo de la investigación.

Tabla 4

Resultados Prueba de Causalidad de Granger

H0: No hay causalidad de Granger

H1: Hay causalidad de Granger $\alpha = 0.05$

Prueba de Causalidad Directa Unidireccional				Prueba de causalidad directa unidireccional			
Modelo	Retraso	Pr(>F)	Causalidad	Modelo	Retraso	Pr(>F)	Causalidad
SP 500 ~ VIX	1	0.3871	SI	VIX ~ SP 500	1	0.4548	NO
SP 500 ~ VIX	2	2.20E-16	SI	VIX ~ SP 500	2	1.80E-13	SI
SP 500 ~ VIX	3	2.20E-16	SI	VIX ~ SP 500	3	2.20E-16	SI
SP 500 ~ VIX	4	2.20E-16	SI	VIX ~ SP 500	4	2.20E-16	SI
SP 500 ~ VIX	5	2.20E-16	SI	VIX ~ SP 500	5	2.20E-16	SI
SP 500 ~ VIX	6	2.20E-16	SI	VIX ~ SP 500	6	2.20E-16	SI
SP 500 ~ VIX	7	2.20E-16	SI	VIX ~ SP 500	7	2.20E-16	SI
SP 500 ~ VIX	8	2.20E-16	SI	VIX ~ SP 500	8	2.20E-16	SI
SP 500 ~ VIX	9	2.20E-16	SI	VIX ~ SP 500	9	2.20E-16	SI
SP 500 ~ VIX	10	2.20E-16	SI	VIX ~ SP 500	10	2.20E-16	SI
SP 500 ~ VIX	11	2.20E-16	SI	VIX ~ SP 500	11	2.20E-16	SI
SP 500 ~ VIX	12	2.20E-16	SI	VIX ~ SP 500	12	2.20E-16	SI

Prueba de Causalidad Directa Unidireccional				Prueba de causalidad directa unidireccional			
Modelo	Retraso	Pr(>F)	Causalidad	Modelo	Retraso	Pr(>F)	Causalidad
SP 500 ~ CDX	1	0.001	SI	CDX ~ SP 500	1	0.05675	SI
SP 500 ~ CDX	2	0.001	SI	CDX ~ SP 500	2	0.1363	NO
SP 500 ~ CDX	3	2.20E-16	SI	CDX ~ SP 500	3	0.00692	SI
SP 500 ~ CDX	4	2.20E-16	SI	CDX ~ SP 500	4	0.001216	SI

SP 500 ~ CDX	5	2.20E-16	SI	CDX ~ SP 500	5	0.0008955	SI
SP 500 ~ CDX	6	2.20E-16	SI	CDX ~ SP 500	6	0.001029	SI
SP 500 ~ CDX	7	2.20E-16	SI	CDX ~ SP 500	7	0.002192	SI
SP 500 ~ CDX	8	2.20E-16	SI	CDX ~ SP 500	8	0.002799	SI
SP 500 ~ CDX	9	2.20E-16	SI	CDX ~ SP 500	9	0.007901	SI
SP 500 ~ CDX	10	2.20E-16	SI	CDX ~ SP 500	10	0.01319	SI
SP 500 ~ CDX	11	2.20E-16	SI	CDX ~ SP 500	11	0.01607	SI
SP 500 ~ CDX	12	2.20E-16	SI	CDX ~ SP 500	12	0.02463	SI

Prueba de Causalidad Directa Unidireccional				Prueba de causalidad directa unidireccional			
Modelo	Retraso	Pr(>F)	Causalidad	Modelo	Retraso	Pr(>F)	Causalidad
CDX ~ VIX	1	0.1529	NO	VIX ~ CDX	1	0.8481	NO
CDX ~ VIX	2	0.2983	NO	VIX ~ CDX	2	0.7301	NO
CDX ~ VIX	3	0.439	NO	VIX ~ CDX	3	8.63E-05	SI
CDX ~ VIX	4	0.7394	NO	VIX ~ CDX	4	1.27E-04	SI
CDX ~ VIX	5	0.4698	NO	VIX ~ CDX	5	7.15E-06	SI
CDX ~ VIX	6	0.6655	NO	VIX ~ CDX	6	2.64E-05	SI
CDX ~ VIX	7	0.7737	NO	VIX ~ CDX	7	5.33E-06	SI
CDX ~ VIX	8	0.6985	NO	VIX ~ CDX	8	1.05E-05	SI
CDX ~ VIX	9	0.7625	NO	VIX ~ CDX	9	1.63E-05	SI
CDX ~ VIX	10	0.7882	NO	VIX ~ CDX	10	6.21E-07	SI
CDX ~ VIX	11	0.8423	NO	VIX ~ CDX	11	2.93E-07	SI
CDX ~ VIX	12	0.8878	NO	VIX ~ CDX	12	1.35E-08	SI

Fuente. Elaboración propia.

Al observar los diferentes resultados de la tabla 4, se pueden evidenciar las diferentes pruebas de causalidad analizadas para las variables. Inicialmente, se realizó la prueba de causalidad de Granger para la relación entre el índice S&P 500 y el CDS obteniendo una causalidad entre

ambas series a partir del 1 rezago. Esto deja en claro lo fuerte que es la causalidad entre ambas variables a pesar de ser mercados distintos. Cabe resaltar, que tanto el CDS, como el índice accionario no tienen en común empresas en dichos índices. Por otro lado, al hacer esta relación causal entre un índice por cada mercado, no es pertinente extrapolar esta relación para ambos mercados en general. Siguiendo con el índice S&P 500, se aplicó la relación causal entre el índice accionario y el VIX, el cual también dejó una relación causal por parte del índice americano hacia el índice de volatilidad. Es importante aclarar que el VIX es calculado por algunas opciones del propio índice accionario generando así una fuerte correlación entre ambos.

En cambio, al hacer la relación causal entre el CDS y el índice VIX, no presentaron relación de causalidad por lo menos hasta el rezago 12. Dado los resultados es pertinente afirmar que evidencia suficiente para no rechazar la hipótesis nula. Dejando claro que la serie de los CDS no causan la serie del VIX. Este resultado sorprende un poco, debido a que el riesgo de impago que es un factor clave para entender la verdadera función de los CDS es algo clave que impacta rápidamente los precios generando un aumento en la volatilidad del propio precio de la acción o quizá un aumento de la volatilidad en todo el mercado. No obstante, un representante por mercado no es significativo para extrapolarlo hacia todo el mercado. Es importante indagar un poco más para así corroborar la afirmación. Gujarati y Porter (2009) sugieren realimentación, o causalidad bilateral, cuando los conjuntos de coeficientes entre dos variables son estadísticamente significativos, diferentes de cero, en ambas regresiones y estos son los resultados obtenidos según la prueba de causalidad de Granger.

Es importante mencionar la relevancia de los resultados encontrados frente a los accionistas, inversores, grupos o personas los cuales tengan algún interés frente a las variables estudiadas. Estos resultados tienen una importancia en tiempos de crisis y de alta incertidumbre

traduciéndose en volatilidades elevadas tiende a haber una desvaloración del índice accionario más representativo de Estados Unidos. Lo que quiere decir es que se percibe un deterioro en la calidad crediticia de las emisiones haciendo que la rentabilidad esperada del índice disminuya. Teniendo como consecuencia que la valoración de las empresas que están incluidas en el índice sufran un deterioro su valoración, no permitiendo llegar a los niveles previstos de los analistas.

6. CONCLUSIONES

Este trabajo se realizó con el objetivo principal de identificar alguna posible relación causal entre el mercado de los CDS. Tomando como referencia CDX North American Investment Grade Index, el mercado accionario con un análisis el índice bursátil Standard and Poor's 500 y finalmente, el índice de volatilidad Chicago Board Options Exchange Volatility Index. Este análisis se realizó a partir de septiembre del 2011, fecha en la que se creó el CDS y hasta el 31 de marzo del 2022.

En la realización de esta investigación se aplicaron diferentes metodologías, entre las que se resalta la metodología VEC, debido a que los datos presentaron cointegración y posteriormente, la metodología VAR. Cabe resaltar, el uso de diferentes pruebas para desarrollar un tratamiento adecuado a los datos, de ahí la relevancia de este trabajo. En este orden de ideas, se realizaron diferentes pruebas de raíz unitaria como la DFA, PP y KPSS. También, la prueba de Johansen y Juselius, para culminar con la prueba de causalidad de Granger, para determinar la existencia o ausencia de posibles causalidades entre las variables estudiadas.

A partir de los resultados, se concluye que se identificó evidencia que da cuenta de una fuerte relación causal entre el mercado accionario representado por el S&P 500 y el mercado de los CDS representado por el CDX North American Investment Grade Index. Esta relación causal permite comprender que el S&P 500 causa a dicho índice de los CDS. Esto implica, que presentan correlación debido a que algunas empresas están presentes en ambos índices, sin embargo, no presentan un valor significativo. Adicionalmente, se rechazó la hipótesis nula que afirma que el índice de los CDS no causa al VIX, lo que genera ciertas dudas. Dado que, el riesgo de impago por posibles crisis aumenta la volatilidad y está fuertemente relacionado.

7. REFERENCIAS

- Arbeláez, J. C. y Maya, C. (2008). Valoración de Credit Default Swaps (CDS): Una Aproximación con el Método Monte Carlo. *Cuadernos de administración*, 21(36), 87-111.
- Avramov, D., Chordia, T., Jostova, G., & Philipov, A. (2009). Credit ratings and the cross-section of stock returns. *Journal of Financial Markets*, 12(3), 469-499.
- Ballester, L., Escrivá, A. M., & González-Urteaga, A. (2021). The Nexus between Sovereign CDS and Stock Market Volatility: New Evidence. *Mathematics*, 9(11), 1201.
- Blanco, R., Brennan, S., & Marsh, I. W. (2003). *An empirical analysis of the dynamic relationship between investment-grade bonds and credit default swaps*. Bank of England, Working Paper No. 211. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=478825
- Bolaman, A. Ö. (2020). Interaction Between CDS Premiums and Stock Markets: Case of Turkey. *Academic Review of Economics and Administrative Sciences*, 13(1), 1-8.
- Byström, H. (2005). *Credit Default Swaps and Equity Prices: The Itraxx CDS Index Market*. Working Papers, Department of Economics, Lund University. Department of Economics, Lund University. <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9781584889953-11/credit-default-swaps-equity-prices-ittraxx-cds-index-market>
- Castillo, L., & Reis, R. (2019). *How do central banks control inflation? A guide for the perplexed*. LSE manuscript. <https://personal.lse.ac.uk/reisr/papers/99-perplexed.pdf>
- Cruz, J. S. y Vargas, J. (2011). Aproximación de reclamos contingentes para la predicción de riesgos de crédito en sus medidas de determinación de la distancia de default y su probabilidad de quiebra para Colombia. *Estudios Gerenciales*, 27(118), 43-66.
- Coronado, M., Corzo, T., & Lazcano, L. (2010). A case for Europe: the relationship between Sovereign CDS and stock indexes. *Frontiers in Finance and Economics*, 9(2), 32-63.

- Davidson, R., & MacKinnon, J. G. (2004). *Econometric theory and methods*. New York: Oxford University Press.
- Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (1979). Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. *Journal of the American statistical association*, 74(366a), 427-431.
- Fung, H.-G., Wen, M.-M., & Zhang, G. (2012). How Does the Use of Credit Default Swaps Affect Firm Risk and Value? Evidence from US Life and Property/Casualty Insurance Companies. *Financial Management*, 41(4), 979–1007.
<http://www.jstor.org/stable/23324884>
- Granger, C. W. (1969). Investigating causal relations by econometric models and cross-spectral methods. *Econometrica: journal of the Econometric Society*, 37(3), 424-438.
- Johansen, S. (1991). Estimation and hypothesis testing of cointegration vectors in Gaussian vector autoregressive models. *Econometrica: journal of the Econometric Society*, 59(6), 1551-1580.
- Johansen, S. (1988). Statistical analysis of cointegration vectors. *Journal of economic dynamics and control*, 12(2-3), 231-254.
- Johansen, S., & Juselius, K. (1990). Maximum likelihood estimation and inference on cointegration--with applications to the demand for money. *Oxford Bulletin of Economics and statistics*, 52(2), 169-210.
- Jordán-Sánchez, J. J. (2014). Modelo VEC para la estimación de inflación bursátil: evidencia empírica en mercados norteamericanos. *Investigación & Desarrollo*, 1(14), 66-80.
- Jorion, P., & Zhang, G. (2006). *Intra-industry Credit Contagion: Evidence from the Credit Default Swap and Stock Markets*. University of California at Irvine.
<https://deliverypdf.ssrn.com/delivery.php?ID=1120011120050060700291200011260160>

710530090530380650560300730180660200881000040920940980070391260150130420
941210290240751140310390430450160820890690010670280630840211031190750010
89106118024007110031025112007103099065069111119089077077000000114&EXT=
pdf&INDEX=TRUE

Kwiatkowski, D., Phillips, P. C. B., Schmidt, P., & Shin, Y. (1992). Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root. *Journal of Econometrics*, 54 (1–3), 159-178.

Mateev, M. (2019). Volatility relation between credit default swap and stock market: new empirical tests. *Journal of Economics and Finance*, 43(4), 681-712.

Merton, R. C. (1974). On the pricing of corporate debt: The risk structure of interest rates. *The Journal of finance*, 29(2), 449-470.

Modigliani, F., & Miller, M. H. (1958). The cost of capital, corporation finance and the theory of investment. *The American Economic Review*, 48(3), 261-297.

Molano-Rincón, P. L. y Rodríguez-Obando, T. (2021). *Diagnóstico en la empresa Grupo Aval Acciones y Valores S.A frente a la movilización de los recursos financieros y la presentación de la Norma Internacional de Contabilidad 32* [Tesis de pregrado, Universidad Cooperativa de Colombia].
<https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/1155ff67-8661-49bc-beda-96f40d21fbbc/content>

Munafo, F. (2018). Aplicación del Modelo de Merton utilizando VBA. *Revista de Investigación en Modelos Financieros*, 1, 109-123.

Páez-Gómez, C. A., & Peña-Furnieles, F. E. (2021). *Análisis del impacto del Covid-19 sobre el índice Colcap de la bolsa de valores de Colombia durante el primer trimestre del 2020*

[Tesis de pregrado, Universidad Cooperativa de Colombia].
<https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/964e973e-160a-45a3-a1a8-5337f050bd72/content>

Phillips, P. C., & Perron, P. (1988). Testing for a unit root in time series regression. *Biometrika*, 75(2), 335-346.

Ruiz-Dorado, A. A. y Mosquera-Oviedo, J. (2021). *Análisis y Consecuencias de la Volatilidad de la TRM y el COLCAP en el Mercado Financiero Colombiano entre 2019 y 2020* [Tesis Doctoral, Universidad EAFIT]. <https://repository.eafit.edu.co/handle/10784/30177>

Shahzad, J., Mensi, W., Hammoudeh, S., Balcilar, M., & Shahbaz, M. (2017). Distribution specific dependence and causality between industry-level US credit and stock markets. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 52, 114-133.

Wiener, N. (1956). The theory of prediction. In *Modern Mathematics for Engineers*, vol. 1 (ed. E. F. Beckenbach). New York: McGraw-Hill.