



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO  
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y SOCIALES  
ESCUELA DE ECONOMÍA

**RIESGO DE LIQUIDEZ EN EL MERCADO DE PETRÓLEO: UN  
ESTUDIO EMPÍRICO DE LOS BONOS DE PDVSA Y LAS ACCIONES DE  
COMPAÑÍAS PETROLERAS PARA EL PERÍODO 2013 – 2015**

Autor(es):

Colantonio Goncalves, Mauro C.I.: 22.572.830

Marchelli Apolinar, Vicente C.I. 24.391.204

Tutor: Luis Morales La Paz

Caracas, Mayo de 2016

## **AGRADECIMIENTOS**

Ante todo, queremos agradecer a Dios y a nuestros padres, por su apoyo incondicional y por habernos acompañado, siempre, en nuestro crecimiento personal y profesional.

A nuestro tutor y guía Luis Morales, quien día a día dedicó parte de su valioso tiempo en compartir con nosotros sus conocimientos, sus experiencias y profesionalismo para desarrollar con sólidos fundamentos este trabajo de grado.

A Christian Soto, por toda su colaboración y grandes consejos.

Por último, queremos agradecer a todos nuestros profesores durante estos cuatro años de estudios, que ayudaron en nuestra formación académica

## **DEDICATORIA**

A nuestra casa de estudio, la Universidad Católica Andrés Bello y en especial a la escuela de Economía dedicamos este trabajo de grado, por habernos brindado una valiosa formación académica y sobretodo, por formar parte de nuestro presente y futuro profesional.

Una especial dedicatoria a Antonio Marchelli, por ser un padre ejemplar.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>Agradecimientos</b> .....	<b>ii</b>
<b>Dedicatoria</b> .....	<b>iii</b>
<b>Índice de contenido</b> .....	<b>iv</b>
<b>Índice de tablas</b> .....	<b>vi</b>
<b>Índice de gráficos</b> .....	<b>vii</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>1</b>
<b>Capítulo I: Riesgo y Liquidez</b> .....	<b>5</b>
<b>I.1 Riesgo</b> .....	<b>5</b>
<b>I.2 Liquidez</b> .....	<b>7</b>
<b>I.3 Clasificación de la Liquidez</b> .....	<b>8</b>
<b>I.4 Riesgo de liquidez</b> .....	<b>9</b>
<b>I.5 Componentes de la liquidez de mercado</b> .....	<b>10</b>
<b>Capítulo II. Medidas de liquidez</b> .....	<b>11</b>
<b>II.1 Medidas de liquidez de los bonos</b> .....	<b>12</b>
<b>II.2 Medidas de liquidez en el mercado de acciones</b> .....	<b>16</b>
<b>Capítulo III. Interrelación del Mercado</b> .....	<b>19</b>
<b>III.1 Interrelación de mercados</b> .....	<b>24</b>
<b>Capítulo IV. Perfil compañías petroleras</b> .....	<b>31</b>
<b>IV.1 Chevron</b> .....	<b>31</b>
<b>IV.2 Statoil</b> .....	<b>35</b>
<b>IV.3 Total</b> .....	<b>38</b>
<b>IV.4 Royal Dutch Shell</b> .....	<b>41</b>
<b>IV.5 Petróleos de Venezuela, Sociedad Anónima (PDVSA)</b> .....	<b>46</b>
<b>Capítulo V: Pruebas y modelajes</b> .....	<b>51</b>
<b>V.1 Prueba de Raíz Unitaria</b> .....	<b>51</b>
<b>V.1.1 Prueba Dickey-Fuller (DF)</b> .....	<b>51</b>
<b>V.1.2 Prueba Dickey-Fuller Aumentado (DFA)</b> .....	<b>52</b>
<b>V.1.3 Prueba Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (KPSS)</b> .....	<b>53</b>
<b>V.2 Prueba de Autocorrelación Serial en los residuos</b> .....	<b>54</b>

V.2.1 Prueba de Breusch-Godfrey .....	54
<b>V.3 Pruebas de Heteroscedasticidad .....</b>	<b>55</b>
V.3.1 Prueba de Heteroscedasticidad ARCH.....	56
V.3.2 Prueba Breusch-Pagan .....	56
<b>V.4 Procesos Autorregresivos (AR).....</b>	<b>57</b>
<b>V.5 Modelo de medias móviles (MA).....</b>	<b>57</b>
<b>V.6 Procesos autorregresivos y de medias móviles (ARMA).....</b>	<b>58</b>
<b>V.7 Vectores Autorregresivos (VAR) .....</b>	<b>59</b>
<b>V.8 Modelaje ARCH .....</b>	<b>59</b>
<b>CAPÍTULO VI. ANÁLISIS DE RESULTADOS .....</b>	<b>61</b>
<b>VI.1. Definición de variables.....</b>	<b>61</b>
<b>VI.2. Construcción de variables .....</b>	<b>62</b>
<b>VI.3. Estimación de la relación entre la liquidez de los títulos .....</b>	<b>63</b>
VI.3.1 Pruebas preliminares .....	66
VI.3.2 Pruebas de raíz unitaria .....	67
VI.3.3 Estructura ARIMA.....	69
VI.3.4 Modelo de Vectores Autorregresivos (VAR) .....	71
VI.3.5 Ecuación de tendencia .....	72
VI.3.6 Modelo ARCH .....	75
<b>Conclusiones .....</b>	<b>78</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>80</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>86</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1 Variables Financieras Chevron .....	32
Tabla N° 2 Variables Financieras Statoil.....	36
Tabla N° 3 Variables financieras Total.....	39
Tabla N° 4 Variables Financieras Shell.....	43
Tabla N° 5 Variables Financieras PDVSA .....	47
Tabla N° 6 Variables para el análisis.....	63
Tabla N° 7 Bonos Seleccionados no emitidos por PDVSA.....	65
Tabla N° 8 Bonos seleccionados emitidos por PDVSA .....	66
Tabla N° 9 Estadísticos básicos .....	66
Tabla N° 10 Pruebas de raíz unitaria .....	68
Tabla N° 11 Estructura ARMA.....	70
Tabla N° 12 Causalidad de Granger .....	72
Tabla N° 13 Ecuación de tendencia.....	73
Tabla N° 14 Pruebas de heteroscedasticidad .....	74
Tabla N° 15 Criterios de información para la distribución de los residuos .....	76
Tabla N° 16 Modelo Final GARCH (0,1).....	76

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1 Deuda neta y ratio EBITDA de Chevron .....	33
Gráfico N° 2 Servicio de la deuda Statoil.....	37
Gráfico N° 3 Servicio de la Deuda Shell .....	43
Gráfico N° 4 Shell vs sus semejantes. Promedio ponderado del spread de crédito en el sector petrolero.....	44
Gráfico N° 5 Shell vs sus semejantes (en categoría de inversión). Probabilidad de default .....	45
Gráfico N° 6 Comportamiento Bonos PDVSA Corto Plazo y Semejantes .....	49
Gráfico N° 7 Servicio de la deuda de PDVSA (miles de millones).....	50

## INTRODUCCIÓN

Todos los individuos perciben una renta, a consecuencia de esto todos los días enfrentan un problema de optimización intertemporal común ¿qué hacer con esta? gastarla o ahorrarla.

El ahorro tiene una doble finalidad, la primera generar al ahorrista un retorno que busque compensar el no utilizar la renta en un momento determinado, y la segunda captar fondos por una institución que esté necesitada de capital.

Es por esta razón que a lo largo de la historia, los instrumentos mediante los cuales los individuos pueden ahorrar y las instituciones captar fondos han ido evolucionando buscando generar mayores incentivos de parte y parte.

El siglo XX estuvo enmarcado por un crecimiento significativo tanto en tamaño como en acceso a los mercados bursátiles. Hoy en día, individuos de cualquier parte del mundo, pueden ser acreedores o accionistas de las distintas compañías que cotizan en cualquiera de las bolsas existentes a nivel mundial.

Evidentemente existen ahorristas que siguen una conducta muy adversa al riesgo, y utilizan los instrumentos de ahorro menos riesgosos y más antiguos. Sin embargo, estos ofrecen bajos retornos. Otro grupo de inversionistas, un poco más arriesgados, utilizan estos productos que se han ido desarrollando en el tiempo en la búsqueda de mayores rendimientos a su capital. Los dos instrumentos más comunes entre este tipo de inversionistas son los de renta fija (bonos) y los de renta variable (acciones).

El ahorrista (ahora llamado inversionista) buscará dentro de todas las opciones la que genere el mejor rendimiento con el menor riesgo. Con este objetivo en mente, puede diseñar carteras de inversión, que no son más que una combinación de activos financieros en la búsqueda de diversificar el riesgo del portafolio.

El inversionista estará en una constante compra y venta de títulos para lograr su objetivo final; sale de unos mercados para entrar en otros, sale de un sector para irse a otro; sale de unas compañías para invertir en otras y así va buscando aumentar su patrimonio. Existen varias teorías que explican el porque moverse de un mercado a otro como por ejemplo las de *flight to quality* y *flight to liquidity*, las cuales serán explicadas posteriormente en este trabajo.

El punto es que estos flujos de renta están en constante movimiento y esto genera una relación entre mercados y sectores. El interés de este trabajo radica en entender este flujo en un sector específico (el petrolero) y en tratar de comprender el comportamiento en los títulos de una compañía que actualmente ofrece en sus bonos un rendimiento que se puede clasificar como de los más altos del mundo; estamos hablando de Petróleos de Venezuela Sociedad Anónima (PDVSA).

Entender altos retornos, significa entender niveles de riesgo, es por este motivo que el trabajo estará enfocado en un tipo de riesgo concreto, como lo es el riesgo de liquidez.

Este trabajo buscará analizar si existe una relación en la liquidez de los títulos de un grupo de compañías similares a PDVSA y los bonos de la petrolera venezolana, con la finalidad de llegar a conclusiones que permitan hablar de un riesgo de liquidez compartido de la industria petrolera.

El interés para estudiar a PDVSA contra otras compañías nace por la necesidad de comprender la razón de los altos retornos que exhiben los títulos de renta fija de esta corporación cuando se compara con sus semejantes; de esta interrogante surgen varias preguntas que se deberían responder. La primera de ellas esta relacionada a los estados financieros. Por qué el mercado sobrecastiga los títulos de PDVSA si al comparar los indicadores de liquidez y solvencia con la de sus rivales estos no son muy distintos. Evidencia de esto son las calificaciones colocadas por los especialistas en riesgos que divergen considerablemente con las de sus semejantes.

La segunda interrogante: al ser PDVSA una petrolera que se mueve de la mano con el mercado petrolero, es decir dependientes del precio del petróleo, fuerza del dólar, entre otras variables; los títulos de esta compañía deben moverse (por lo menos en términos relativos) de la misma manera que los otros. Precisamente en esta segunda razón es en la que basamos el análisis subsecuente. Tratar de comprender una de las variables de riesgo intrínseca y no diversificable de cualquier título como lo es la liquidez e indagar en una posible relación entre compañías similares en cuanto a esta variable.

Lo primero que se hizo fue definir, según un criterio establecido cuales compañías se compararían con PDVSA, la selección final fue Chevron, Shell, Total S.A. y Statoil. Posteriormente se determinaron medidas de liquidez tanto para los bonos como para las acciones de las compañías. Con estas medidas se elaboraron índices que permitirán analizar las variables en términos agregados.

Los datos financieros diarios tienden a agruparse por zonas (*clusters*) generando heteroscedasticidad, problema que trae como consecuencias resultados espurios. Fue por este motivo que se decidió trabajar con un modelo de heteroscedasticidades condicionales autoregresivas (ARCH, por sus siglas en inglés) el cual permite llegar a resultados autorregresivos confiables y depurados en series de tiempo.

Con este modelo se busca encontrar precisamente una relación en cuanto a la liquidez, tanto entre distintas compañías como entre distintos títulos del mismo emisor. De esta manera podríamos inferir más adelante primas de riesgo y pronosticar futuros *spreads* de liquidez para tomas de decisión.

El trabajo fue estructurado de la siguiente manera: el capítulo I nos muestra definiciones claves para poder comprender el resto del trabajo, tales como riesgo, liquidez, riesgo de liquidez y los distintos tipos del mismo. En el capítulo II se describen los distintos métodos de cuantificación para la liquidez tanto en los bonos como en las acciones, de forma que podamos tener un indicador lo más representativo a la liquidez. Posteriormente, en el capítulo III desarrollamos toda la teoría de la interrelación entre mercados; se exponen los argumentos empíricos y teóricos de

porqué podría darse este fenómeno. En el capítulo IV se describen brevemente la situación financiera de las compañías petroleras seleccionadas para la muestra. En el capítulo V se explican todos los métodos econométricos a emplear. Finalmente, en el capítulo VI se desarrolla el modelo econométrico que nos permite a llegar a conclusiones significativas.

## **CAPITULO I: RIESGO Y LIQUIDEZ**

Para poder comenzar con nuestro análisis es fundamental definir que se entiende por riesgo, por liquidez y, más específicamente, que se entiende como riesgo de liquidez y como se clasifica.

### **I.1 Riesgo**

Precisar estos conceptos ha causado un revuelo entre los especialistas del área por la falta de consenso al momento de concretar con un único enunciado que permita definir riesgo. Por este motivo, recogimos de la literatura las definiciones más consensuales y más útiles a efectos de comprender este trabajo.

El concepto de riesgo data desde su inicio esta asociado con probabilidades e incertidumbre. El manejo de riesgo data de 1730 con el primer contrato de futuros de arroz en Japón. Posteriormente en 1864 se ejecuta el primer contrato de productos agrícolas de la Bolsa de Chicago. Sin embargo, aunque se hablaba de manejo de riesgo, los practicantes no sabían que entender por riesgo como tal.

Fue en 1921, cuando Frank Knight en su libro “Risk, Uncertainty and Profit” estableció: “para mantener la distinción... entre la incertidumbre medible e inmedible, debemos usar el término riesgo para designar la primera y el término incertidumbre para la última”. De esta manera Knight buscaba desmontar el mito donde se planteaba a la incertidumbre y al riesgo como sinónimos. La técnica utilizada para eliminar esta creencia fue relacionar el riesgo con la teoría de la probabilidad objetiva mientras que relaciono a la incertidumbre con la teoría de la probabilidad subjetiva.

Sin embargo, esta definición de Frank Knight recibió varias críticas. Las razones básicas son i) esta como tal no constituye una definición y ii) la misma parte de una interpretación muy específica de la probabilidad objetiva. Para Knight la probabilidad es intrínseca a una proposición y depende solo de la ignorancia necesaria. Para Keynes la probabilidad no aplica para una proposición, sino para un

par de ellas, de este modo para Keynes la diferencia entre incertidumbre y riesgo es más complicada (Holton, 2004).

Existe otra definición de riesgo, acuñada por Holton (2004) donde enuncia que el riesgo es la exposición a una proposición de la que uno no tiene certeza. Este autor también condiciona la existencia del riesgo a dos. El primero es la incertidumbre sobre el resultado y la segunda que el resultado tiene que importarle al agente económico.

Basado en esto, empezamos a notar que existe una diferencia interesante entre el riesgo y la probabilidad. Aunque algunas definiciones, como la de Knight, relacionan el riesgo solo con la probabilidad de ocurrencia, definiciones mas amplias incorporan las consecuencias del evento. Puede ser el caso de un evento con poca probabilidad de ocurrencia pero tan catastrófico que sea catalogado como un evento de alto riesgo, por ejemplo un tsunami.

Posteriormente, Hubbard (2009) plantea como riesgo: “Un estado de incertidumbre donde una de las posibilidades implica pérdida, daño, catástrofe u otro resultado indeseable”; mientras que la incertidumbre la define como “la falta de completa certeza, la existencia de más de una posibilidad”.

Más recientemente, Dionne (2013), define al riesgo como una combinación de la probabilidad o de la frecuencia de ocurrencia de un evento y sus consecuencias. La incertidumbre es menos precisa porque la probabilidad de un evento incierto normalmente es desconocida. Para la incertidumbre se toman medidas de precaución y no de prevención.

De esta forma y buscando el concepto más holístico, el riesgo tendrá dos elementos que lo definen. El primero, que probabilidades de ocurrencia asociadas y medibles; y el segundo, el resultado del evento debe ser relevante para el agente económico.

## I.2 Liquidez

Una vez entendido el concepto de riesgo, pasaremos a comprender de la misma manera el concepto de liquidez, sobre el cual también se ha generado debate entre los académicos.

Empezaremos siguiendo a Chordia, Sarkar y Subrahmanya (2001) donde establecen que “la liquidez, un concepto fundamental en finanzas, puede ser definido como la habilidad de comprar o vender grandes cantidades de un activo específico rápidamente a un bajo costo”. Dan Zhao (2015) define la liquidez como la facilidad con la que un activo puede ser convertido en efectivo sin sacrificios en su precio. Bajo estas definiciones, los autores no incluyen al valor fundamental del activo, solo ven la liquidez como un costo transaccional.

Por su parte, Chacko (2004) si hace referencia al valor fundamental del activo en el concepto de liquidez. Para el autor, la liquidez se define como la brecha existente entre el valor fundamental de un título y el precio al cual el título es transado. De esta manera, alta liquidez significa que la brecha es pequeña, es decir la desviación entre el valor fundamental del activo y el precio transado es baja.

Cuando Amihud (1986) ya había asomado la liquidez como la diferencia entre un valor y el precio al que se transa. Para Amihud, el inversionista cuando está dispuesto a intercambiar enfrenta un *trade off* de tiempo, básicamente. El inversionista tiene dos opciones: esperar para transar a un precio favorable o ejecutar la orden inmediatamente a un precio *bid* o *ask*, dependiendo de qué lado de la transacción se encontrará. Para el autor, el *bid* o *ask* representa una prima por la inmediatez de la orden.

Para complementar el concepto de liquidez, Nikolau (2009) enuncia que la liquidez se muestra como la habilidad del agente de intercambiar riqueza por bienes, servicios u otros activos. De este modo, el autor define la liquidez como un flujo (no como stock) y como la habilidad de realizar los flujos.

Sintetizando los conceptos, se puede entender por liquidez la posibilidad de comprar y vender un activo, rápidamente, sin incurrir en pérdidas significativas, ni variaciones en su precio.

### **I.3 Clasificación de la Liquidez**

Aunque las definiciones de liquidez que enunciamos anteriormente se encuentran relacionadas con el tipo de liquidez de nuestro interés para este trabajo (liquidez de mercado), resulta práctico y conveniente clasificar los tipos de liquidez para evitar confusiones más adelante.

Para esto seguiremos a Nikolau (2009) quien clasifica a la liquidez en tres tipos:

1. Liquidez de Banco Central: Es la habilidad que posee el Banco Central para suplir al mercado financiero de la liquidez necesaria. Básicamente, esto se refiere a la oferta de la base monetaria.

2. Liquidez de Financiamiento: Según el Comité de Banca de Basilea es la habilidad de los bancos de cumplir con sus responsabilidades y liquidar sus posiciones a su vencimiento. Por su parte, El Fondo Monetario Internacional (FMI) la define como la habilidad de las instituciones solventes para realizar los pagos acordados en el momento oportuno.

3. Liquidez de Mercado: Fue el concepto que hemos definido anteriormente. Mucha literatura, como ya observamos, lo define como la habilidad de intercambiar un activo en un período corto de tiempo, a un bajo costo y con poco impacto en su precio.

Zhao (2015) establece otra clasificación, no muy diferente a la de Nikolau, sin embargo solo divide la liquidez en: liquidez de mercado y liquidez de financiamiento.

Liquidez de mercado la define la facilidad con la que puede ser intercambiado un activo en el mercado sin sacrificios en su precio. Mientras que liquidez de financiamiento es definida como la facilidad a la que *traders* o inversionistas pueden levantar capital en un período corto de tiempo; esta definición de liquidez de

financiamiento se refiere a la posibilidad de levantar capital, mientras que la de Nikolau está más referida a la capacidad de pago de ese capital ya levantado.

#### **I.4 Riesgo de liquidez**

Una vez definido y clasificado el riesgo y la liquidez, es necesario concretar qué se entiende por riesgo de liquidez, término esencial para el desarrollo de este trabajo.

Para Ruiz, Jiménez y Torres (2000) el riesgo de liquidez es la incapacidad, en un momento determinado, de hacer frente a sus obligaciones de corto plazo sin incurrir en mayores pérdidas, es decir, es la probabilidad de que un agente incurra en pérdidas si al momento de transformar en efectivo un activo (o una cartera de activos) o de contraer pasivos, el precio de mercado está bajo, originando un ambiente desfavorable para la operación.

Por otro lado, Nikolau (2009) define al riesgo de liquidez como la probabilidad de tener un resultado en una variable de liquidez distinta a como lo prefería el agente económico. Para este contexto se refiere a lo preferido en términos de liquidez. Para el autor, también existen tres tipos de riesgo de liquidez, cada uno asociado a los tipos de liquidez expuestos anteriormente.

1. Riesgo de Liquidez del Banco Central: no se ha llegado a una conclusión de qué puede significar este tipo de riesgo, a final de cuentas, el Banco Central solo puede ser ilíquido cuando no haya demanda de moneda local y en consecuencia la oferta de base monetaria del banco central no se puede materializar.

2. Riesgo de Liquidez de Financiamiento: según el Fondo Monetario Internacional este tipo de riesgo captura la inhabilidad de un intermediario financiero de servir sus obligaciones en el momento oportuno.

3. Riesgo de Liquidez de Mercado: se refiere a la inhabilidad de intercambiar inmediatamente a un precio justo. Es un riesgo sistemático y no diversificable, lo que desencadena dos implicaciones importantes. La primera de estas sugiere una relación de riesgo de liquidez entre los mercados (bonos y acciones) y aquí empieza a aparecer el argumento teórico detrás de este

trabajo. La segunda es que por ser un riesgo sistémico, el precio debería reflejar este riesgo.

Chacko (2004), considera el riesgo de liquidez (de mercado) como la incertidumbre sobre qué tan ancha o angosta será la brecha entre el precio al que se transe una operación y el valor fundamental del título para un momento en el tiempo.

En la literatura se ha utilizado como indicador de riesgo de liquidez la diferencia entre el *bid* y el *ask*. Este indicador si bien no captura en su totalidad la liquidez de mercado de los títulos, es una buena referencia para saber cuanto se perdería si se quiere comprar y vender inmediatamente una cantidad de títulos. De esta manera, a efectos de este trabajo, se entenderá por riesgo de liquidez a la incertidumbre en el resultado final cuando se intercambia un título en un período relativamente corto de tiempo.

### **I.5 Componentes de la liquidez de mercado**

Para Nikolau (2009) la liquidez puede ser definida en tres dimensiones: profundidad, amplitud y resiliencia. Un mercado profundo es aquel donde existan un gran número de transacciones y no se afecte el precio. Uno amplio es donde el precio de transacción no diverja del *mid price*. Uno resiliente donde las fluctuaciones de precios, debido a transacciones, se disipen velozmente y los desbalances por flujos se ajusten rápidamente.

Según Dan Zhao (2015) la liquidez de mercado puede calibrarse en tres aspectos, la profundidad, la amplitud y la resiliencia. La profundidad representa el costo de transacción, el *bid – ask spread*. Amplitud se refiere a la cantidad de ordenes. Por su parte, la resiliencia mide la velocidad a la que los errores de precios, causados por flujos de ordenes desinformadas, se corrigen.

## CAPITULO II. MEDIDAS DE LIQUIDEZ

El estudio del riesgo de liquidez en los mercados financieros no se encuentra tan desarrollado como otros tipos de riesgo, para su análisis se ha visto restringido por dos razones fundamentales. La primera de ellas es la falta de información pública, sobre todo en el mercado de renta fija. Al ser este un mercado *over the counter* (OTC) la información no es del todo pública, su acceso tiene un costo y muchas veces ni siquiera se tiene un registro de algunas variables. En el mercado de renta variable esto no representa un problema; la gran parte de la información esta disponible al público.

Este primer problema se ha venido solucionando eventualmente. Procesadoras de información financiera cada vez buscan incrementar su horizonte de información en los mercados de renta fija. Sin embargo, un gran avance para el análisis de la liquidez en los bonos es el *Trade Reporting and Compliance Engine (TRACE)* creada por la *U.S Securities and Exchange Commission (SEC)* en el año 2002. Este motor de registro funciona con información cargada por la Autoridad Regulatoria de Finanzas Industriales (FINRA, por sus siglas en inglés) y ha permitido conocer los volúmenes transados de bonos OTC por lo menos en un mercado específico como el norteamericano. Sin embargo esta información todavía no es precisa y perfecta.

La segunda razón por la que el estudio de la liquidez en los mercados financieros se ha visto restringido es por la cantidad de metodologías que existen para calcular indicadores de liquidez en los distintos mercados. Este hecho podría ser una consecuencia de la falta de unanimidad en una definición clara del término liquidez y riesgo de liquidez. No obstante, sí se ha llegado a un acuerdo parcial sobre indicadores de liquidez entre los mercados financieros.

Aunque existan diferentes metodologías y todas son utilizadas para un análisis empírico del riesgo de liquidez, todas tienen un sustento teórico igualmente válido.

A continuación se mostrarán las medidas de liquidez comúnmente utilizadas tanto en el mercado de bonos, como de acciones.

## II.1 Medidas de liquidez de los bonos

La mayoría de la literatura relacionada con medidas de liquidez en los bonos, utilizan dos metodologías claves para su cuantificación. La primera de ellas utiliza al *bid* y al *ask*, mientras que otra trabaja con los retornos y volúmenes. Aunque ambas son válidas, la segunda dificulta el análisis por los datos que requiere para su procesamiento.

Chordia, Sarkar y Subrahmanyam (2001) como indicadores de la liquidez en los bonos utilizaron dos medidas esenciales basadas en el *bid-ask spread Proportional Quoted Spread* (PQSPRB), el *Proportional Effective Spread* (PESPRB) y por último el volumen diario en dólares.

EL PQSPRB representa el promedio diario proporcional de los *spreads* entre el mejor *bid* y el mejor *ask* dividido entre el punto medio de esa misma cotización, es decir, el punto medio entre el mejor *bid* y el mejor *ask*. Este indicador difiere del usado posteriormente porque deflactan el valor por el efecto precio, esto se logra al dividir por esa variable de precio medio.

Por su parte, el PESPRB, aunque es muy parecido al PQSPRB, difiere en una sola cosa: los valores *bid* y *ask* que se toman, no son los mejores del mercado, sino se utilizarán de los que efectivamente se partió para lograr la transacción, es decir, los *bid* y *ask* de ejecución de la orden.

Sin embargo, Chordia, Sarkar y Subrahmanyam (2003) utilizan tres variables para medir la liquidez de los bonos. La primera de ellas es el promedio diario de los *spreads* entre el mejor *bid* y el mejor *ask* para cada una de las cotizaciones, a este indicador le llaman Quoted Spread Bonds (QSPRB). También utilizan la profundidad promedio del *bid* y el *ask* en términos nocionales promediadas a lo largo del día de actividad (DEPTHB). Por último, definen un indicador denominado OIBB que se calcula mediante la diferencia entre el número de transacciones vía compra menos la cantidad vía ventas.

La popularidad del *bid ask spread* es bastante amplia. Otros que han utilizado esta metodología para medir el riesgo de liquidez son Goyenko y Ukhov (2009) quienes utilizan este método con una pequeña variación. Para ellos el cálculo de esta medida parte de la diferencia entre el *ask* promedio menos el *bid* promedio dividido entre el promedio entre el *ask* y el *bid*. Este cociente vendría siendo el precio medio calculado anteriormente, solamente que estos autores prefieren explicitarlo. Posteriormente, estas diferencias son unificadas en un índice donde todas tienen la misma ponderación.

Otros autores utilizan medidas más sencillas. Por ejemplo, De Jong y Driessen (2006) que también estudian la relación intermercado, utilizan tan solo la diferencia entre el *bid* y el *ask*, es decir, la diferencia simple sin dividir entre el precio medio. Este método, aunque toma como referencia los más populares en el área de liquidez, es criticado porque no descuenta el efecto precio involucrado dentro de los precios de compra y venta.

Del mismo modo, Acharya y Amihud (2010) utilizan para los bonos un promedio igualmente ponderado de los *spreads* entre el *bid* y el *ask* para cada una de las cotizaciones de los bonos emitidos por el tesoro norteamericano.

Sin embargo, no toda la literatura utiliza la misma medida para cuantificar el riesgo de liquidez en el mercado de renta fija. Otros autores ofrecen métodos más complejos o más refinados para el cálculo del mismo. La razón principal para utilizar un método alternativo al *spread* es la disponibilidad de datos para realizar el análisis y la finalidad práctica del trabajo. Por ejemplo, algunos autores utilizan los retornos como variable *proxy* para medir la liquidez cuando el objetivo final del trabajo consiste en medir retornos debidos a liquidez y analizar si este riesgo de liquidez se encuentra contenido en el precio.

Beber (2006) fundamenta nuestra idea al establecer que una de las dificultades en el estudio de la liquidez es la falta de una definición universal. De modo que la solución que ofrece el autor es considerar cuatro (4) medidas de liquidez. La primera de ellas es el *spread* efectivo entre el *bid* y el *ask*. Esta técnica resulta diferente a las señaladas anteriormente porque busca la diferencia entre el precio al que

efectivamente se realizó la transacción con el punto medio entre el *bid* y el *ask* de la cotización.

La segunda medida que utiliza para medir la liquidez del título es la profundidad promedio de la cotización, calculada como el promedio de la profundidad efectiva al mejor precio de compra y al mejor precio de venta.

La tercera medida la llama la profundidad de libro acumulativa de orden limitada, donde se suma la profundidad del mercado a los tres mejores precios de ambas puntas (compra y venta) del libro de órdenes limitados y se promedian los valores de ambas partes.

La última medida utilizada por este autor, es también utilizada por Bollen y Whaley (1998). En esta se busca el promedio de la profundidad cotizada entre el porcentaje del *bid ask spread*.

Hasta ahora todas las medidas de liquidez descritas para el mercado de renta fija involucran al *spread* del *bid* y el *ask*. Sin embargo, esta no es la única forma para calcular la variable en discusión de estos títulos. Otras de las metodologías ampliamente utilizadas involucran a los retornos.

Lin, Wang y Wu (2010) buscan capturar los cambios temporales de precios ante flujos de órdenes. La premisa de partida es la siguiente “menor liquidez está asociada con grandes cambios de precios al día siguiente del intercambio”.

Basados en esta idea, los autores deducen que el nivel de liquidez para un bono individual en un periodo “t” puede ser obtenido por la regresión de la variable  $\pi_{i,t}$ .

Utilizando el método de los cuadrados ordinarios asociada al volumen en la regresión expuesta en la ecuación (1).

$$r_{i,j+1,t}^e = \rho_0 + \rho_1 r_{i,j,t} + \pi_{i,t} \text{sign}(r_{i,j,t}^e) \text{Vol}_{i,j,t} + \varepsilon_{i,j+1,t} \quad (1)$$

Donde “ $r$ ” representa el retorno del bono “ $i$ ”, el día “ $j$ ”, del mes “ $t$ ”. “ $r^e$ ” muestra el excedente del retorno del bono “ $i$ ” con respecto al mercado y “Vol” el volumen en dólares del título a analizar.

Otra forma de medir la liquidez en los títulos fue utilizada por Bao, Pan y Wang (2008) donde encontraron un indicador que permite analizar la variación en el tiempo de la liquidez agregada de los bonos corporativos y las implicaciones de esta variable en el precio de los activos.

Para esto los autores calcularon el precio del bono para un momento “ $t$ ” como la suma entre el valor fundamental del título en ese momento, es decir, el precio en ausencia de fricciones (variable que sigue una caminata aleatoria) y la variable transitoria de caminata aleatoria “ $u$ ” en el momento “ $t$ ”, que representa el impacto de la iliquidez.

Plantear la ecuación de esta manera implica asumir que el valor fundamental del título no contiene ninguna prima de riesgo variante en el tiempo, lo que resultaría ser una asunción razonable para un período corto de tiempo.

Una vez computadas estas variables, la medida de liquidez busca eliminar el componente transitorio al precio observado y para eso se busca la diferencia del precio en el momento “ $t$ ”.

La última medida de liquidez para los bonos recopiladas para este trabajo, esta muy relacionada con la siguiente sección del capítulo donde se expondrán las medidas de liquidez para el mercado de renta variable o de acciones. Zhao (2015) propone utilizar como indicativo de la liquidez de los bonos, la misma medida que la gran mayoría de la literatura utiliza para medir la liquidez de las acciones, la metodología ILLIQ (Amihud, 2002) que explicaremos más adelante a detalle.

## II.2 Medidas de liquidez en el mercado de acciones

Para el caso del mercado bursátil, el consenso sobre cuál indicador resulta más representativo es mayor que el caso anterior. La razón de este hecho puede venir dada por la disponibilidad de información existente en este mercado público, a diferencia del mercado OTC.

La metodología más común es la propuesta por Amihud (2000), nominado como ILLIQ. El autor logró encontrar una ecuación para capturar la liquidez mensual de una acción, relacionando el rendimiento de la misma, con el volumen transado. La intuición de fondo es: cómo se mueve el precio de la acción ante cambios en el volumen transado. La función es la expuesta en la ecuación número dos (2).

$$ILLIQ_t^i = \frac{1}{DAYS_t^i} \sum_{d=1}^{DAYS_t^i} \frac{|R_{td}^i|}{V_{td}^i} \quad (2)$$

Donde  $R_{td}^i$  representa el retorno en de la acción “i”, en el día “d”, del mes “t”,  $V_{td}^i$  captura el volumen de la acción “i”, en el día “d”, del mes “t”. La variable  $DAYS_t^i$  mide el número de días de observaciones válidas para el mes “t” de la acción “i”.

Amihud (2002), Lin, Wang y Wu (2010) y De Jong y Driessen (2006) realizaron este análisis para las acciones utilizando valores mensuales, es decir, solamente existía ILLIQ mensuales. Esta forma de trabajar con el ILLIQ mensualmente fue replicada por Acharya y Pedersen (2003) donde utilizaron exactamente el mismo indicador para medir la liquidez en las acciones, sin embargo introdujeron una variación al análisis, el ILLIQ era multiplicado por un factor escalar de  $10^6$ , de forma que los datos fueron más fáciles de manejar. Acharya y Amihud (2010) presentaron una variación al análisis, luego de calcular el ILLIQ diario para cada acción, se construyó un índice que ponderaba a todas las acciones con el mismo peso y luego promediaron los valores diarios para obtener el valor mensual, a diferencia del análisis inicial donde se sumaban estos valores.

Otros autores como Goyenko y Ukhov (2009) o Zhao (2015) hicieron un cambio al proceso de cálculo del ILLIQ. Estos autores decidieron utilizar este indicador de forma diaria, argumentando que el mercado bursátil era bastante dinámico como para calcular estos indicadores de forma mensual. En uno de los trabajos, también se decidió multiplicar por un escalar el resultado del ILLIQ, en el primero de los trabajos citados se multiplica por  $10^5$ , mientras que en el segundo el autor prefirió no hacerlo.

La intuición de trabajar con el ILLIQ en cualquiera de sus variaciones, mensual, diario, multiplicada por un escalar o no, es bastante simple: busca encontrar la sensibilidad a la que reacciona el precio ante cambios en el volumen. Un ILLIQ alto significaría que la acción es ilíquida, los precios responden fuertemente ante pequeños cambios en el volumen.

Sin embargo, otros autores han preferido utilizar medidas alternativas que permitan medir la liquidez en las acciones sea para sustentar el resultado de ILLIQ o porque simplemente prefirieron utilizar otra metodología.

El mismo Amihud (2000) en su trabajo donde presenta el ILLIQ, utilizaron otra metodología. Una de ellas es una medida denominada *turnover overall* (TRNOVR) que busca ser un ratio diario entre el volumen negociado de una acción y la cantidad de acciones disponibles en el mercado para ese día, esta medida, en teoría, está inversamente relacionada con el costo de iliquidez (Amihud y Mendelson, 1986)

Las acciones también tienen un precio de *bid* y un *ask*, aunque este sea muy pequeño, hay autores que deciden trabajar con esta metodología para el caso de la liquidez en las acciones. Chordia et al (2001) deciden utilizar exactamente el mismo indicador de liquidez para las acciones que para los bonos. Utilizan lo que llamaron Proportional Quoted Spread Stocks (PQSPRS) que también (al igual que con el mercado de renta fija) es un promedio diario ponderado de forma proporcional, que se calcula mediante la división entre el *bid-ask spread* y el punto medio del precio *bid* y el precio *ask*. Además utilizan el Proportional Effective Spread Stock (PESPRS) que es el resultado del promedio diario del *spread* efectivo y se calcula mediante la resta del precio de ejecución con el punto medio del precio *bid* y el precio *ask* dividido

entre el punto medio de la cotización. Por último también utilizan el volumen total de intercambio en el análisis.

Posteriormente, los mismos autores Chordia et al (2003) deciden utilizar otro tipo de indicadores par medir la liquidez de las acciones, en este caso vuelven a utilizar exactamente las mismas medidas que utilizaron para los bonos. El Quoted Spread Stock (QSPRS) calculado como el promedio diario de los *spreads* de cada cotización; la profundidad (DEPTHS), que resulta del promedio diario de las profundidad del *bid* y el *ask*; y por último utilizan un indicador denominado por ellos como OIBS que representa el desequilibrio en las ordenes diarias y es calculado mediante la diferencia entre el número de acciones compradas menos el número de acciones vendidas, dividido entre el total de acciones intercambiadas.

Como observamos, la gran mayoría de la literatura utiliza el ILLIQ como indicador de la liquidez de las acciones; la razón principal por la que se utiliza este y no los *spreads* (como en el caso de los bonos) es por lo pequeño en tamaño que son estas diferencias, además que los *spreads* no involucran el volumen de transacción, que es una variable fundamental para medir liquidez.

### **CAPÍTULO III. INTERRELACIÓN DEL MERCADO**

Siguiendo a Tendulkar y Hancock (2014) en su reporte dedicado al análisis del mercado de bonos, los bonos corporativos se pueden considerar un ingrediente importante para el desarrollo de cualquier economía, no solo en términos de crecimiento económico, sino a nivel de estabilidad financiera y recuperación de economías, especialmente en presencia de crisis.

Los bonos corporativos se definen según estos autores como aquellos activos financieros emitidos por entidades financieras no-gubernamentales, que a su vez pueden separarse en dos ramas, el primero es el mercado primario, donde los capitales son prestados por prestamistas y tomados por los compradores que pueden ser entidades privadas en el mercado secundario, donde los bonos son transados entre los participantes de los mercados e inversionistas. Estas transacciones toman lugar “*over-the-counter*”<sup>1</sup>.

Estos bonos corporativos pueden ser asegurados o no. Será asegurado cuando se refiera a un bono garantizado por la promesa de su emisor a través de un activo en específico, es decir, de existir un incumplimiento de pago, el emisor debe entregar ese activo como colateral.

Los bonos corporativos pueden tomar distintas formas<sup>2</sup>, incluyendo:

1. Vainilla: se refiere a un bono tradicional, donde el inversionista compra un bono a un valor facial, recibiendo pagos por intereses periódicamente del emisor del bono y recibiendo el capital invertido al vencimiento de este activo.

---

<sup>1</sup> El mercado OTC se define como aquel mercado paralelo no organizado o mercado de contratos a la medida, donde se negocian instrumentos financieros directamente entre dos partes.

<sup>2</sup> A parte de estos, también existen bonos islámicos o “Sukuk”, bonos de contingencia convertible o “CoCos” y bonos estructurados que son instrumentos híbridos que consisten en un bono (el cual ocupa gran porción de la inversión) y una parte en derivados.

2. Bonos cero-cupón: también conocido como bono descontado, es comprado con un descuento, lo que quiere decir que el tenedor del bono compra este a un precio por debajo a su valor facial. El emisor no paga intereses durante la duración del bono, sin embargo, cuando este vence, el tenedor recupera el valor total del bono inclusive habiéndolo comprado con un descuento.

3. Pagos en especie: Estos bonos no incluyen flujos de efectivo del emisor del bono al tenedor, mientras el bono se sostenga. En lugar de eso, los intereses son acumulados y pagados cuando el bono se ha vencido.

4. Bonos “*sink*”: es un bono que está respaldado por un fondo, también llamado “fondo de amortización”, que deja a un lado el dinero en una base regular para asegurar al inversionista que el pago del capital y los intereses por parte del principal, se lleven a cabo. Esta clase de bonos reducen el riesgo de los inversionistas y por ende, permite al emisor pagar una tasa de interés menor.

Estas emisiones pueden variar extensamente en términos de pagos de cupones, duración, tamaños de emisión, calificación de crédito y características contractuales. Desde la perspectiva del emisor, los bonos corporativos pueden ser usados para aumentar su capital para invertir en negocios, refinanciar deudas existentes y balancear sus portafolios. Por su parte, para el inversionista los bonos pueden ser invertidos en fondos y para sustentar productos estructurados como una forma de diversificar el riesgo.

Un mercado de bonos desarrollado puede ser considerado un elemento importante para fortalecer la estabilidad financiera. En la última década, el mercado de bonos corporativos ha crecido tanto en términos de tamaño, como en términos de importancia en la economía real.

En el año 2013, los mercados desarrollados efectivamente registraron un 92% del total del tamaño global del mercado de bonos. Sin embargo, cuando se toma las

formas relevantes fuera de la ecuación, el tamaño de los mercados emergentes de bonos se acerca considerablemente al de los mercados desarrollados.

El mercado internacional de bonos permite a los emisores acceder a una inmensa fuente de ahorros de inversionistas, es decir, no está restringida a recursos exclusivamente domésticos (International Capital Market Association, 2013).

Los bonos pueden ser emitidos para cortos, medianos o largos plazos. El término de “emisión” se refiere a la longitud de tiempo en el cual tendrá vigencia el bono, antes que el bono venza y el capital invertido sea devuelto al tenedor. Los bonos de mayor vencimiento tienden a ofrecer mayores rendimientos compensando la volatilidad de los precios, esto se debe a la incidencia del interés compuesto, ya que a mayor plazo de vencimiento, mayor es la fuerza con la que opera el descuento sobre sus cupones, disminuyendo en mayor medida su valor presente (López, 2002).

La naturaleza del riesgo de los bonos significa que un aumento en la tasa de interés generará ganadores y perdedores, pero esto no se traduce en riesgo sistemático o riesgo no diversificable, es decir, aquel riesgo que no se puede mitigar mediante la diversificación. Invertir en bonos corporativos incurre diferentes niveles de riesgos, dependiendo del tipo de bono, ya que dependiendo de su clase, puede ser más sensible a ciertos tipos de riesgo.

Siguiendo a Gitman y Joehnk (2009) estos riesgos son clasificados como:

1. Riesgo de incumplimiento de pago: es el riesgo de que el emisor incumpla los pagos de intereses y/o del principal.
2. Riesgo de liquidez: es el riesgo de que un bono sea difícil de vender a un precio razonable, si se desea.
3. Riesgo de rescate: es el riesgo de que un bono sea retirado mucho antes de la fecha de vencimiento programada.
4. Riesgo de poder adquisitivo: se relaciona con la inflación. Durante periodos de inflación moderada, los bonos funcionan bastante bien porque sus rendimientos tienden a superar las tasas de inflación. La

razón es que, aunque los rendimientos del mercado suben con la inflación, su rendimiento está asegurado por la tasa de cupón fija sobre su bono.

5. Riesgo de la tasa de interés: este riesgo es la causa número uno de riesgos para los inversionistas de renta fija, ya que es la causa principal de la volatilidad de precios en el mercado de bonos. Este riesgo se traduce en riesgo de mercado, a medida que las tasas de interés se vuelvan más volátiles, lo mismo ocurre con los precios de los bonos.

El riesgo de interés en esta investigación es el de riesgo de liquidez, el cual puede exacerbar el riesgo de tasa de interés, principalmente relacionado a la suavización del funcionamiento del mercado secundario. Este mercado secundario, que es el relevante, debido a que en este mercado se realiza la mayor cantidad de transacciones, posee ciertas ventajas:

1. Suavizar los efectos de la caída de valores durante momentos negativos financieros.
2. Provee al inversionista una gama de sub-activos para escoger a la hora de transar.
3. Promover la transparencia y la eficiencia en información.
4. Facilitar el uso de bonos corporativos como instrumentos de cobertura y como colaterales, introduciendo colaterales al sistema.

Por último, los bonos corporativos difieren de otros mercados, como el de derivados. De manera muy específica, las compañías tienen pocas clases de derivados, pero diversas emisiones de bonos con distintos términos y vencimientos. Este comportamiento refleja cómo las empresas usan los bonos para aumentar sus fondos.

Las acciones tienen dos atractivos a la hora de invertir en ellas, una es la ganancia en capital, que solo se puede adquirir vendiendo esas acciones por un precio mayor al que se adquirieron, mientras que por otro lado, pueden estar sujetas a ganancias por dividendos. Ambas características vuelven a las acciones más atractivas a la hora de invertir.

El valor de estas acciones dependerá del desenvolvimiento de la empresa. Para ello, se utilizan estados financieros para medir el desempeño de la empresa en interés. Estas acciones tienen distintos valores siguiendo nuevamente como referencia a Gitman y Joehnk (2009):

1. El valor nominal de una acción, que es aquel que se declara cuando se emite cierto número de acciones. Aunque en el mundo real, este valor no es significativo a la hora de decisiones de inversión.
2. El valor en libros, que representa el monto de patrimonio neto de los accionistas de una empresa y además indica el monto de los fondos de los accionistas usados para financiar la empresa.
3. Por último, el valor de mercado de una acción, que es el precio vigente de una emisión. Este indica la forma en que todos los participantes del mercado han valuado la acción.

Hoy en día, los participantes que ocupan el mercado accionario incluyen de inversionistas pequeños a grandes negociadores de fondos mutuales. La mayoría de las acciones son negociadas en el NYSE, cuyas siglas significan “*New York Stock Exchange*”, es una de las plataformas de negociación, la cual es la más grande del mundo y que concentra más de 350 mil millones de acciones ordinarias (Gitman y Joehnk, 2009).

Donde compradores y vendedores se encuentran físicamente y deciden un precio. Algunas negociaciones son presenciales donde la transacción se realiza en un piso de negociación<sup>3</sup> o punto de encuentro.

Otro tipo de negociación es del tipo virtual, como el mercado NASDAQ, compuesto por una red de computadoras donde la transacción se hace electrónicamente vía “*traders*<sup>4</sup>” en un terminal de computadoras.

---

<sup>3</sup> El piso de negociación es el lugar donde se llevan a cabo las operaciones.

<sup>4</sup>Un *trader* es un agente que puede funcionar como intermediario, operador de cobertura y especulador. Un *trader* puede trabajar por cuenta propia o bien pertenecer a una entidad financiera, un banco o un fondo de inversión, entre otras instituciones.

Las negociaciones actuales están basadas en un paradigma de mercado de subastas, donde un comprador potencial pide un precio de venta para la acción y un vendedor potencial pide un precio de compra. Cuando existe una similitud entre estos dos precios, la venta se consolida a un precio dado.

Como los sistemas de transporte, electricidad y telecomunicación, el sistema bursátil también tiene que funcionar de manera óptima. Los mercados financieros constituyen una parte importante de la infraestructura para toda sociedad. Resulta interesante examinar como el crecimiento del mercado accionario ha sido importante en el desarrollo, no solo para los países desarrollados, sino aún más relevante para las economías emergentes (Torrero, 2005).

Este mercado y la forma como se ha desarrollado, depende de mucho conceptos. Como usualmente se mide su profundidad es a través del tamaño del mercado, su liquidez, volatilidad, concentración e integración con el mercado de capitales mundial (Garcia y Liu, 1999).

### **III.1 Interrelación de mercados**

En la literatura se ha acostumbrado a tratar la liquidez de estos mercados en ramas separadas. Sin embargo, Chordia, Sarkar, y Subrahmanyam (2003) comprobaron que existen razones por las cuales se puede pensar que estos mercados covariaban entre sí. Aunque la correlación en los retornos entre estos mercados sea baja, existen fuertes vínculos de volatilidad entre los mismos, los cuales pueden afectar la liquidez en ambos mercados, alterando el riesgo de inventario que crean los mismos agentes. Por otra parte, la liquidez del mercado accionario y de bonos puede interactuar vía el comercio, ya que en la práctica los agentes ejercen un número de cambios de riquezas a través de estrategias de asignación de activos entre el mercado de bonos y de acciones.

Un shock de información negativo en el mercado accionario a menudo causa un fenómeno denominado “*flight-to-quality*” en el que los inversionistas substituyen activos financieros de mayor riesgo por activos de menor riesgo. La salida resultante del mercado accionario puede causar presiones en los precios e impactar la liquidez tanto del mercado accionario como el de bonos.

Entre los resultados que obtuvieron del estudio de las series de tiempo que utilizaron, encontraron que las propiedades de la liquidez en ambos mercados poseen similitudes. Un choque de *spread* en un mercado incrementa el *spread* en ambos, lo que significa que existe un flujo dinámico entre mercados, de volatilidad a liquidez.

En sus test de correlación en las series de tiempo, determinaron que existe una correlación de 28% entre estos mercados. Las profundidades de cotización en ambos mercados estaban positivamente correlacionadas en un 20% y negativamente correlacionadas con los *spreads* de las cotizaciones. Al final, el mercado de bonos está negativamente correlacionado con los *spread* de cotización en el mercado accionario.

Sí existen rezagos en el comercio de activos entre los mercados, entonces el comercio en un mercado puede predecir la actividad comercial y su liquidez con respecto al otro. Si existen choques sistémicos en liquidez y volatilidad, estos se reflejan en un mercado antes que en el otro, por ende la liquidez en un mercado podría influenciar en la liquidez futura del otro (Chordia et al, 2003).

A través de un vector auto-regresivo (VAR), pudieron notar inicialmente la interacción de los *spreads* en las cotizaciones con las variables endógenas del modelo. Los propios rezagos de las diferencias entre los precios *bid* y *ask* eran significantes. En ambos mercados, notaron una bi-causalidad entre los *spreads* de las cotizaciones y su volatilidad. Tomando un intervalo de 90% de confianza, encontraron una doble causalidad entre los *spreads* de cotización de ambos mercados.

Por ejemplo, los retornos de los bonos impactan la volatilidad de las acciones, las cuales, como demostraron en esta prueba, tienen una causalidad de Granger con respecto a los *spread* de las acciones, es decir, tienen un efecto indirecto.

En resumen a lo antes explicado, la liquidez de un mercado impacta la liquidez del otro, tanto directamente como indirectamente, a través de sus efectos sobre sus otras variables financieras. Un choque en el spread de cotización de un bono incrementa el spread de las acciones directamente. Además, un choque en el spread de los bonos incrementa la volatilidad de los bonos, la cual, además, incrementa el *spread* de cotización de las acciones.

Chordia, Sarkar y Subrahmanyam (2001) ya habían trabajado este tema, buscaron determinantes comunes del *spread* diario de precios y de los volúmenes transados en los mercados de bonos y de acciones. Encontraron que los cambios de spread de un mercado son afectados por spreads rezagados y cambios en los volúmenes en ambos mercados. Para esto utilizaron variables como el retorno del mercado, tasas de intereses, spreads y volúmenes, todos rezagados dos semanas.

En sus resultados compararon spread tanto para bonos como para las acciones, dando como resultado que los bonos presentaban una mayor amplitud en esta variable en términos porcentuales, pero que al mismo tiempo eran más volátiles. Cabe destacar que en el análisis se encontró interesante que las propiedades de las series de tiempo, tanto de los bonos como las de acciones eran significativamente similares. Además, un incremento en el volumen de un mercado está asociado a una disminución del volumen en el otro mercado luego de un rezago de uno a tres días.

Los resultados de la regresión prevista indicaron que los *spreads* de los precios de los bonos y de las acciones son altamente predecibles, y que las variables antes mencionadas, rezagadas, son predictores del *bid-ask* spread y de los cambios de volúmenes en ambos mercados.

Las correlaciones entre ambos mercados y los cambios en volúmenes se incrementan significativamente durante los periodos de crisis en comparación a épocas de normalidad; esto se debe según los autores a un vínculo entre los mercados a través de la liquidez.

Continuando este análisis, determinaron que la correlación entre los cambios porcentuales diarios en las acciones y los *spread* de cotización de los bonos era solo del 13%. La correlación entre los cambios efectivos de *spread* entre los mercados fue de 8%, pero existe una correlación del 27% entre los cambios de volúmenes de ambos mercados.

Aplicando vectores auto-regresivos, donde las variables involucradas fueron nombradas anteriormente, se determinó que las cotizaciones y los cambios de *spread* efectivos estaban negativamente correlacionados. De los cinco rezagos de los cambios de *spreads* cotizados de los bonos, los primeros cuatro rezagos de los *spreads* efectivos de los bonos y los cambios de *spread* en las acciones eran negativos y significantes.

Adicionalmente, los volúmenes transados rezagados de los bonos estaban positivamente relacionados con los cambios de *spread* cotizados de los bonos. Es decir, un incremento en el volumen comercializado de los bonos pasados resulta en un incremento en el *spread* de cotización actual de los bonos. También, el cambio de *spread* en cada mercado está débilmente relacionado a cambios de *spread* rezagados y cambios de volúmenes rezagados en el otro mercado.

Esto último sugiere un efecto “*spillover*”<sup>5</sup> de liquidez del mercado de bonos al mercado de acciones y viceversa, infiriendo que los desbalances causados por la reasignación de portafolio en un mercado pueden predecir los cambios de liquidez en el otro. Sin embargo, la liquidez del mercado accionario pareciera ser más sensible a cambios en la liquidez del mercado de bonos, que en sentido contrario.

Goyenko y Ukhov (2009) investigaron también el vínculo entre el mercado de acciones y el mercado de bonos del tesoro. Los efectos de los choques de iliquidez en la iliquidez de los bonos son consistentes con los episodios de “*flight-to-quality*” y “*flight-to-liquidity*”<sup>6</sup>. Choques negativos de liquidez en las acciones, aumentan la liquidez en el mercado de bonos. La iliquidez del mercado de bonos y el mercado

---

<sup>5</sup> Conocido también como “spill over effect”, se refiere al costo o beneficio de una transacción donde no se participa directamente.

<sup>6</sup> “Flight-to-liquidity” es un término que se usa cuando los inversionistas buscan salir de activos para optar por aquellos que tienen un menor riesgo de liquidez.

accionario es afectada por rezagos en variables de política monetaria; la magnitud del efecto de estos rezagos varía entre estos mercados.

Tomaron bonos de diferentes vencimientos, lo que conllevó dificultades para identificar cuales vencimientos son más relevantes cuando se estudia la relación de iliquidez entre mercados. Los choques de liquidez en el mercado de acciones (bonos) resultarían del comercio y afectarían la demanda en ambos mercados. El cambio en la demanda impactará en la liquidez del mercado de bonos (acciones).

Chordia, Roll, y Subrahmanyam (2005) no encontró una causalidad directa en sus datos entre los rendimientos de estos instrumentos, variables de política monetaria y la liquidez de ciertos activos, este autor incorporó los vencimientos de distintos bonos para resolver ese inconveniente y así lograr una causalidad definida. En este estudio se esperaba observar un vínculo fuerte de iliquidez entre las acciones y los bonos de corto plazo, pero no se esperaba que el vínculo fuera solo en los bonos de corto plazo.

Si las condiciones de iliquidez en los dos mercados representan factores de riesgo sistemáticos que son esencialmente atribuidos a fricciones de mercados, entonces se puede esperar que la liquidez de estos dos mercados pueda influenciar al otro. Esto quiere decir, que un choque a la iliquidez de las acciones puede esperarse que afecte la iliquidez de los bonos, y viceversa.

Este trabajo hace énfasis en la influencia de variables de política monetaria y su impacto en la iliquidez de los bonos y las acciones debido a una diferencia fundamental entre los distintos activos.

Hay que destacar que los precios de las acciones dependen tanto de los flujos de dinero inciertos y la tasa de descuento, mientras que los precios de los bonos, los cuales poseen flujo de renta fijos, dependen solo de la tasa de descuento.

Dan Zhao (2015) en su trabajo sobre las correlaciones entre los mercados accionarios y de renta fija, examina exclusivamente la interacción entre estos en tres

(3) periodos (Pre-crisis, crisis y Post-crisis) estudiando fundamentalmente la crisis financiera del año 2008 y como se comportaron estos mercados.

Contribuyendo a los trabajos de Chordia et al (2003 y 2005) y la investigación de Goyenko (2009), este autor utilizó, como los anteriores, vectores auto-regresivos y la causalidad de Granger para concluir que antes de la crisis financiera, el mercado estaba liderado por los bonos, donde los cambios de liquidez del mercado de acciones seguía al mercado de bonos en una dirección inversa, es decir, un incremento de la liquidez de los bonos conllevaba a una disminución de la liquidez de las acciones en los siguientes días, de acuerdo a lo expuesto en el trabajo de Chordia (2005). Sin embargo, en los tiempos de crisis, el mercado sufría alteraciones y el mercado de acciones tomaba el control.

Al finalizar la crisis, la correlación alterada volvía a ser negativa, lo que llevó a pensar que el mercado de bonos se comportaba de manera variante dependiendo de las circunstancias económicas. En resumen, en tiempos normales era más seguro invertir en términos de liquidez en bonos, mientras que en las situaciones de crisis. Lo recomendable es invertir en acciones.

Tomando como base la historia de los mayores acontecimientos financieros, no es improbable que los choques en un mercado tengan repercusiones en los otros mercados. Un ejemplo puede ser la crisis Asiática en 1997, que se esparció a otros mercados y persistió en los siguientes años.

El aumento significativo en los vínculos entre mercados particularmente después de un choque, es llamado “contagio” (Rosch y Kaserer, 2013). Con un aumento de velocidad en la globalización, un pequeño choque el cual inicialmente puede afectar a pocas instituciones o alguna región, puede esparcirse fácilmente por “contagio” y afectar a grandes economías (Allen y Gale, 2000). Este “contagio” según Zhao (2015) tiene varios mecanismos por los cuales aparece, entre ellos. Está el de liquidez, donde un choque a un mercado financiero disminuye la liquidez promedio de todos los mercados financieros (Longstaff, 2010).

Zhao (2015) no solo utilizó vectores auto-regresivos, sino que expandió su trabajo y aplicó un test de cointegración, lo cual requirió proceder a la realización de

un modelo de vector de corrección del error, el cual captura una relación entre equilibrios de corto y largo plazo de los datos. Al aplicar este test, resultaron estar cointegrados los datos, lo que significa que existe un equilibrio de largo plazo entre los niveles de liquidez entre el mercado de bonos y de acciones.

En el siguiente capítulo se analizará los perfiles de las compañías seleccionadas como muestra del sector petrolero con sus características para la investigación, y su situación en el mercado financiero.

## **CAPITULO IV. PERFIL COMPAÑÍAS PETROLERAS**

En la búsqueda por encontrar una relación en términos de riesgo de liquidez es fundamental seleccionar una muestra de compañías que resulte representativa y comparables. De esta manera, las compañías seleccionadas comparten una serie de factores en común. El más importante de estos (y el que las hace comparables) es su misma clasificación en términos de la industria a la que pertenecen. Las cinco compañías estudiadas son parte de lo que se denomina proceso integral de explotación de petróleo y gas, esto significa que son participantes activos en operaciones downstream y upstream.

Del mismo modo, las compañías seleccionadas tienen, al menos, un proyecto en común con Petróleos de Venezuela Sociedad Anónima (PDVSA); de esta manera, el estudio toma particular relevancia porque se busca analizar una relación de liquidez en los títulos de la petrolera venezolana con sus socias estratégicas operacionales.

Como último punto relevante en cuanto al criterio de selección de la muestra, todas las compañías cotizan sus acciones en mercados distintos, de forma que estaremos tratando de encontrar una relación de liquidez intraindustria mundial y no localizado.

### **IV.1 Chevron**

La historia de Chevron data de 1879 con el establecimiento de la compañía privada Pacific Coast Oil Co., transformándose luego en Standard Oil Co. (California) para finalmente, en 1984, convertirse en Chevron Co. (Chevron, 2015).

Desde su fundación, la compañía norteamericana ha ido creciendo en tamaño mediante la compra de pequeñas empresas locales con el objetivo de aumentar su cuota de producción y mercado; sin embargo, dentro de estas adquisiciones destaca la fusión con su rival Texaco por 35 mil millones de dólares en el año 2000. Para el momento de la fusión, se creó una compañía con un valor de mercado de 90 mil

millones de dólares, lo que representó la cuarta compañía petrolera más grande del mundo. El resultado operativo de la compañía para ese momento sería de 8,26 mil millones de barriles en reservas de petróleo y gas y una producción diaria de 2,7 millones de barriles de petróleo al día (Deogun, Barrionuevo y Herrick, 2000).

Para el año 2015, Forbes colocó a Chevron como la onceava compañía petrolera más grande del mundo (segunda en los Estados Unidos), en términos de producción. La compañía para el año 2014 produjo lo equivalente a 3,3 millones de barriles de petróleos diarios.

La importancia y tamaño de Chevron Co. se debe en gran parte a su desenvolvimiento en todas las áreas de la industria, tanto del petróleo como del gas y de energía geotermal. De esta manera, la compañía está involucrada en actividades del *upstream*, como la exploración, producción, y mejoramiento y del *downstream* como el procesamiento para la venta de gasolina, lubricantes, aditivos y petroquímica.

A efectos comparativos y de análisis de la empresa, caben destacar ciertas variables dentro de los estados financieros de la compañía que permiten visualizar la situación interna de la compañía y explicar, en cierta medida, el comportamiento de sus acciones y títulos de renta fija.

Tabla N° 1 Variables Financieras Chevron

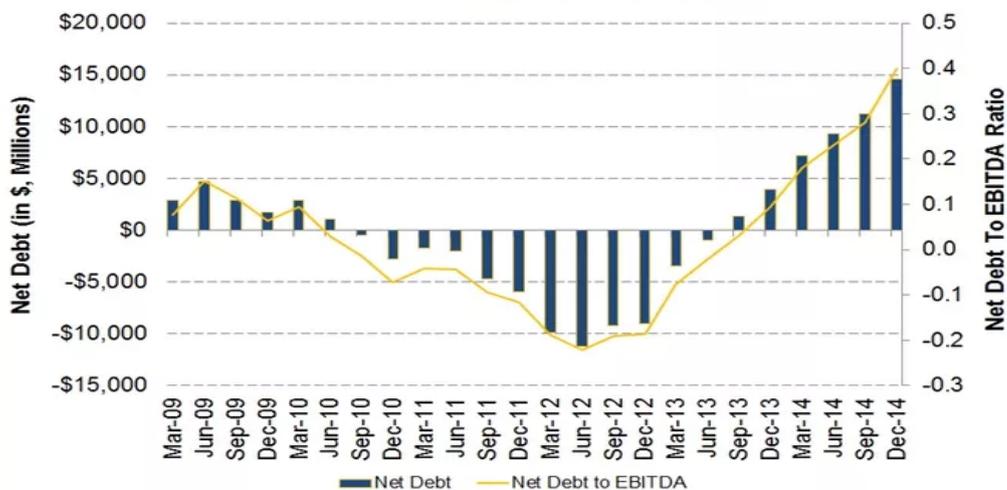
Variable	Unidad	2015	2014	2013
Producción neta de petróleo y gas natural liquido	Miles de barriles diarios al día	1.744	1.709	1.731
Producción neta de gas natural	Millones de pies cúbicos al día	5.269	5.167	5.192
Ingresos netos	Millones de USD	4.710	19.241	21.597
Activos Corrientes	Millones de USD	35.347	42.232	50.250
Activos Fijos	Millones de USD	230.756	223.794	203.503

Deuda Corto Plazo	Millones de USD	4.928	3.790	374
Deuda Largo Plazo	Millones de USD	33.664	24.028	20.057
Efectivo y equivalentes	Millones de USD	11.022	12.785	16.425
Ratio de Deuda <sup>7</sup>	%	20,2	15,2	12,1

Fuente: Chevron

Para el año 2015, Alex Chamberlin escribió un artículo donde exponía la estructura de la deuda de la empresa energética norteamericana para ese año y las posibilidades de incurrir en una crisis de liquidez. Desde el último cuarto del año 2009 hasta el último cuarto del año 2014, los préstamos a largo plazo aumentaron un 137%. Estos préstamos se pagan en lapsos mayores a un año. Desde el último cuarto del año 2013 hasta el último cuarto del año 2014, su deuda neta, o sus deudas a largo plazo y de corto plazo menos las reservas en efectivo, incrementaron 202%, lo que es igual a \$14.6 mil millones.

Gráfico N° 1 Deuda neta y ratio EBITDA de Chevron



Fuente: Chevron

<sup>7</sup> Calculado como el porcentaje de la deuda total en la suma entre la deuda total y el patrimonio de los accionistas.

Utilizando la deuda neta y un ratio deuda neta-EBITDA<sup>8</sup>, el cual para finales del año 2014, se encontró en 0,4, se puede apreciar que la deuda neta de la compañía fue negativa por tres años, esto se debía a las altas reservas en efectivo. El efectivo y los *securities*<sup>9</sup> promediaban \$16 mil millones entre 2010 y 2013.

El ratio de deuda-capitalización de Chevron para el último cuarto del 2014, había ascendido a 14%, lo que da indicios de una reducción en su flexibilidad financiera y aumentos en el riesgo de insolvencia.

El 24 de Febrero del 2015, Chevron emitió en el mercado 6 mil millones de dólares en bonos, incluyendo 1,75US\$ mil millones en notas a cinco años. Lo recolectado de estas emisiones de bonos se usó para refinanciar préstamos de corto plazo (Eddings y Stam, 2015)

Hoy en día, las acciones de Chevron (CVX:US) cotizan en la Bolsa de Nueva York (*New York Stock Exchange*) con una capitalización de mercado de 189,86 mil millones de dólares (Chevron, 2015). Su solidez la ha hecho formar parte del Índice Industrial de Dow Jones y del Índice S&P 500. Del mismo modo, la compañía tiene actualmente en el mercado emisiones de bonos que ascienden a los 35 mil millones de dólares americanos.

En su división internacional, la compañía americana ha estado ligada a numerosos negocios petroleros en Venezuela, hoy en día es socia de Petróleos de Venezuela Sociedad Anónima (PDVSA) en la empresa mixta denominada “Petroboscán” donde PDVSA posee el 60% de las acciones y Chevron el 40%, y “Petropiar” donde Chevron posee el 30%. En la primera de estas, el petróleo con el que se trabaja es liviano/mediano, mientras que en la segunda se trata de crudo pesado (PDVSA, 2014).

---

<sup>8</sup> *Earnings before interest, taxes, depreciation and amortiation* (EBITDA) es un indicador de desempeño financiero de una compañía. Se utiliza para analizar y comparar rentabilidades entre compañías porque elimina los efectos de las decisiones contables y financieras.

<sup>9</sup> Un *security* es un certificado que indique el crédito, la propiedad de acciones o bonos, o el derecho a la propiedad relacionada con derivados negociables.

## IV.2 Statoil

Statoil fue establecida en 1972 como una compañía de responsabilidad limitada por decisión del parlamento noruego. No fue sino hasta el año 2001, cuando la compañía se convirtió el parcialmente pública y empezó a cotizar en las bolsas de Oslo y Nueva York. Sin embargo, todavía un 67% es de propiedad del Estado noruego (Statoil, 2015). Para el momento, las operaciones estaban enfocadas en la exploración, el desarrollo y la producción de petróleo y gas en la plataforma continental noruega, para este momento la compañía actuaba como socia.

En 1980 Statoil creció sustancialmente por el desarrollo de grandes extensiones para la explotación de petróleo y gas. Asimismo, durante esta década se convirtió en un jugador importante para el mercado de gas europeo mediante el uso de grandes contratos para el desarrollo y operación del sistema de transporte del recurso.

En el año 2007, se llevo a cabo una fusión por 30 mil millones e dólares con la división de petróleo y gas de la compañía noruega Norsk Hydro, con la finalidad de aumentar la producción de petróleo en territorio europeo (Kennedy y Jelter, 2006). Posteriormente, en el 2010 se anunció la secesión de Statoil Fuel & Retail a consecuencia de la reducción en el interés de manejar el negocio relacionado a las estaciones de servicio (Statoil, 2012).

Gracias a esta fusión y a buenas decisiones operativas y financieras, Statoil se ubica, según el ranking de Forbes (2015), en el vigésimo primer puesto como la compañía petrolera más grande del mundo en términos de producción. Para el año 2014, la producción equivalente a barriles de petróleos de ubico en los dos millones diarios.

La compañía noruega ha crecido y se ha diversificado en los mercados, posee significantes operaciones en el exterior donde produce aproximadamente un 39% de su producción total. De esta manera, Statoil también tiene presencia tanto en el proceso de exploración y extracción (*upstream*), como en el de refinamiento y procesamiento (*downstream*).

Los trabajos de la compañía noruega dentro de su división internacional incluye a Venezuela. Esta división, la petrolera noruega donde es socia de PDVSA en la empresa mixta Petrocedeño. En este proyecto, Statoil posee el 9,7% de las acciones, la francesa Total el 30,3% y PDVSA el 60%, según la página oficial de la petrolera venezolana (PDVSA, 2014).

Petrocedeño se dedica a la exploración, extracción, producción, mejoramiento y comercialización de crudo, y producen 200 mil barriles de petróleo extrapesado para ser convertidos en 180 mil barriles de petróleo liviano diario.

A efectos comparativos y de análisis de la empresa, caben destacar ciertas variables dentro de los estados financieros de la compañía que permiten visualizar la situación interna de la compañía y explicar (en cierta medida) el comportamiento de las acciones y los títulos de la misma

Tabla N° 2 Variables Financieras Statoil

Variables	Unidad	2015	2014	2013
Producción neta de petróleo, gas natural	Miles de barriles de petróleo equivalentes al día	1.971	1.927	1.940
Ingresos netos	Millones de USD	-4.550	2.680	4.780
Activos Corrientes	Millones de USD	30.250	31.080	29.120
Activos Fijos	Millones de USD	66.610	68.550	59.440
Deuda Corto Plazo	Millones de USD	16.500	21.830	20.360
Deuda Largo Plazo	Millones de USD	58.090	51.980	44.230
Efectivo y equivalentes	Millones de USD	9.260	1.005	1.040
Ratio de Deuda Neta <sup>10</sup>	%	25,6	19	14

Fuente: Statoil

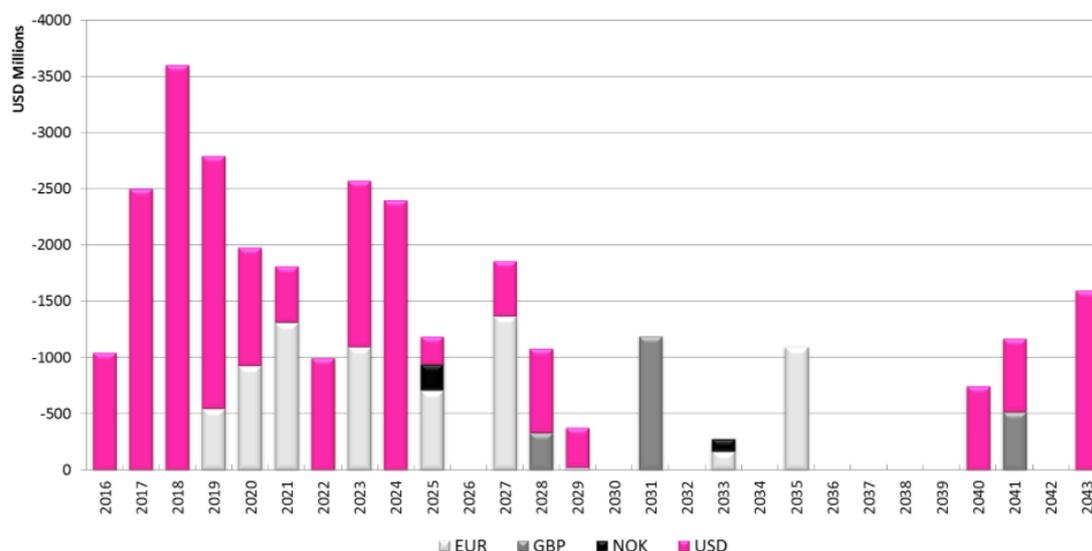
<sup>10</sup> Calculado como el porcentaje de la deuda total en la suma entre la deuda total y el patrimonio de los accionistas.

La compañía ha mostrado hasta los momentos un orden impecable en cuanto a sus emisiones de deuda, estableciendo criterios de los cuales no puede separarse. Por ejemplo, de acuerdo con información oficial de la compañía noruega, con el objetivo de disminuir riesgo, la petrolera busca mantener un perfil de vencimiento alto de 9,1 años de “Year To Maturity” y las amortizaciones anuales no excederán al 5% del capital empleado en cada uno de los próximos cinco años.

De esta manera, Statoil ha podido emitir deuda en los mercados internacionales a una tasa relativamente baja (tanto fija como variable). Actualmente, tiene un total de 43 emisiones de bonos en distintas monedas que van con vencimientos hasta el 2043 y ascienden a una cifra de 27 mil millones de dólares americanos.

Sin embargo, tienen una concentración de pagos de deuda importante en los años 2017, 2018 y 2019 como se puede observar en el gráfico N°2.

Gráfico N° 2 Servicio de la deuda Statoil



Fuente: Statoil

Esta concentración de pagos no ha sido castigada por el mercado y no se tienen expectativas de un impago, aún cuando en el 2016 las calificadoras de riesgo disminuyeron su calificación de Aa2 a Aa3, en el caso de Moody’s (Moody’s, 2016) y de AA- a A+ en el caso de S&P (Griaznov, Sevenin y Redmond, 2016). La razón que

la empresa considera responsable de este *downgrade* es la caída de los precios del petróleo (Statoil, 2015).

### **IV.3 Total**

La petrolera francesa, TOTAL S.A. es una sociedad anónima fundada en 1924. La compañía, con sus subsidiarias y filiales, son la cuarta compañía pública de petróleo y gas más grande del mundo (Total, 2015).

Con operaciones en más de 130 países, la compañía esta relacionada con todos los sectores de la industria petrolera; posee actividades relacionadas con la exploración, el desarrollo y la producción de petróleo y gas (*upstream*) y actividades en el área de refinación, petroquímica, intercambio y transporte de petróleo crudo y productos derivados y mercadeo (*downstream*)

No obstante, las operaciones de la petrolera francesa han buscado su expansión no solo territorial sino operacional. Total, ha incursionado en el campo de la energía renovable, específicamente en el área de energía solar. Para ejemplo de esto, en el año 2011, la compañía adquirió el 60% de la segunda fabricante más grande de paneles solares en los Estados Unidos, SunPower Corp., por un monto de 1.380 millones de dólares. (Herndon, Martin y Goossens, 2011)

La lógica detrás de la compra, además de la apuesta hacia las energías renovables, considerando los peligros de la energía nuclear y del alto precio del gas europeo, es de protección financiera contra altos precios del petróleo y decadencia en las reservas mundiales.

Otra de las adquisiciones significativas de Total ocurrió el 9 de Mayo del 2016, cuando compro Saft Groupe, grupo fabricante de baterías, por 1.100 millones de dólares. De esta manera la compañía francesa volvió a aumentar sus inversiones en energía limpia. La idea final de esta compra es que la nueva compañía funcione para almacenar electricidad y trabaje en conjunto con los paneles solares que ha venido desarrollado SunPower Corp. Tanto esta compra, como la del año 2011 no es más que

parte del plan de Total de invertir anualmente 500 millones de dólares en energías renovables. (Rascouet, De Beaupuy y Hirtenstein, 2016)

Han sido este tipo de inversiones, además de su presencia en distintas partes del mundo, la razón por la que Forbes (2015) coloca a Total como la décimo tercera compañía de petróleo y gas más grande del mundo en términos de producción del 2014 año. Según esta fuente, la producción del 2014 fue lo equivalente a 2,5 millones de barriles de petróleo al día.

Dentro de la expansión territorial de Total en el mundo, no podía faltar los contratos que la compañía francesa tiene en Venezuela. La petrolera con domicilio francés es socia de PDVSA y de Statoil en la empresa mixta Petrocedeño dedicada a la extracción de crudo pesado de la Faja del Orinoco. La composición accionaria de Petrocedeño es 60% para PDVSA, 30,3% para Total S.A. y 9,7% para Statoil, según el portal oficial de la petrolera venezolana (PDVSA, 2014).

A efectos comparativos y de análisis de la empresa, caben destacar ciertas variables dentro de los estados financieros de la compañía que permiten visualizar la situación interna de la compañía y explicar (en cierta medida) el comportamiento de las acciones y los títulos de la misma.

Tabla N° 3 Variables financieras Total

Variables	Unidad	2015	2014	2013
Producción neta de petróleo, gas natural líquido y gas natural	Miles de barriles de petróleo equivalentes al día	2.347	2.146	2.299
Producción neta de gas natural	Millones de pies cúbicos al día	6.054	6.063	6.184
Ingresos netos	Millones de USD	4.786	4.250	11.521
Activos Corrientes	Millones de USD	70.236	77.977	84.603
Activos Fijos	Millones de USD	109.518	106.876	104.480

Deuda Corto Plazo	Millones de USD	50.975	53.673	61.668
Deuda Financiera Largo Plazo	Millones de USD	44.464	45.481	34.574
Efectivo y equivalentes	Millones de USD	23.269	25.181	20.200
Ratio de Deuda Neta <sup>11</sup>	%	28,3	31,3	23,3

Fuente: Total

Aunque la compañía francesa este domiciliada en Francia y cotiza en Euronext, también cotiza en la bolsa de Nueva York (*New York Stock Exchange*). De acuerdo con Morningstar, la capitalización de mercado de la compañía es de 115 mil millones de dólares y el total de bonos en circulación ascienden a 41 mil millones de dólares americanos (Total, 2015)

En el 2014, Moody's estableció la calificación de Total S.A. con el rango de Aa1 con un "por venir estable". Esta decisión de la calificadora de riesgo fue colocada aún cuando se conocen los planes de inversión de la compañía para los próximos 2-3 años, donde se sabe que los indicadores financieros (sobretudo los de apalancamiento) estarán por encima de los valores normales. Sin embargo, en abril de 2016, Moody's volvió a analizar la situación de Total, colocándole una calificación menor (Aa3); la razón esencial de este *downgrade* viene a consecuencia de la disminución de los precios petroleros. (Moody's, 2016)

Gracias a esta disminución en los precios del petróleo en el mercado internacional, la calificadora estima que la petrolera será incapaz de disminuir sustancialmente su deuda en el corto plazo. Asimismo Moody's asegura que Total generara en los próximos tres años un flujo de caja negativo, aún así se estima que el porvenir de la compañía sea estable.

---

<sup>11</sup> Calculado como el porcentaje de la deuda total en la suma entre la deuda total y el patrimonio de los accionistas.

#### **IV.4 Royal Dutch Shell**

Royal Dutch Shell es una multinacional de crudo y gas anglo-holandesa fundada en 1907 por la fusión entre Royal Dutch Petroleum Company y Shell Transport and Trading Company LTD.

No fue sino hasta después del a II Guerra Mundial que a la empresa se le permitió, por primera vez, comercializar petróleo bajo su propia marca. Posteriormente, en los años sesenta, la empresa tomo la decisión de internacionalizarse. Esta estrategia se llevo a cabo mediante una política de asignación de agentes locales en posiciones prestigiosas en otros países y reclutamiento externo.

En la década de los ochenta, la multinacional vio una oportunidad de crecimiento a través de las adquisiciones. En 1985, compraron el 30% restante de las participaciones en Shell Oil para consolidar las operaciones en el continente americano.

En el 2005, el grupo se sometió a una reorganización estructural debido al comienzo de una nueva etapa entre Royal Dutch y Shell Transport and Trading para crear lo que es hoy en día Royal Dutch Shell.

Dentro de la estructura operacional interna, la multinacional europea se organiza en 3 actividades principales:

1. Exploración y Extracción donde se llevan a cabo actividades de búsqueda y recolección de crudo y gas natural, licuar y transportar gas y manejar las infraestructuras necesarias para la exploración y extracción de manera que se pueda entregar al mercado. Estas actividades generan dos tercios de las ganancias de la empresa (Shell, 2015).

2. Derivados del Petróleo: se ocupa de las actividades de manufacturación, distribución y mercadeo para productos químicos y del petróleo. La manufactura y provisiones incluyen refinería, proveedores y el envío de crudo.

3. Proyectos y Tecnologías: maneja el alcance de los proyectos de Shell y dirige las investigaciones e innovaciones para crear soluciones en tecnología. Se encarga de proveer servicios técnicos y cobertura de capacitación tecnológica tanto para la actividad de exploración y extracción como derivados del petróleo. También es responsable de funcionalidad del liderazgo entre las distintas áreas de Shell, como seguridad y medio ambiente.

La empresa tiene operaciones en los 5 continentes. En Europa opera en 25 países. En el territorio asiático hay actividades en 28 países, en Oceanía hay representación en Australia y Nueva Zelanda. En el continente africano trabajan con 26 territorios y por último, en el territorio americano, existen 18 naciones que se relacionan con la petrolera (Shell, 2015).

A efectos comparativos y de análisis de la empresa, caben destacar ciertas variables dentro de los estados financieros de la compañía que permiten visualizar la situación interna de la compañía y explicar (en cierta medida) el comportamiento de las acciones y los títulos de la misma

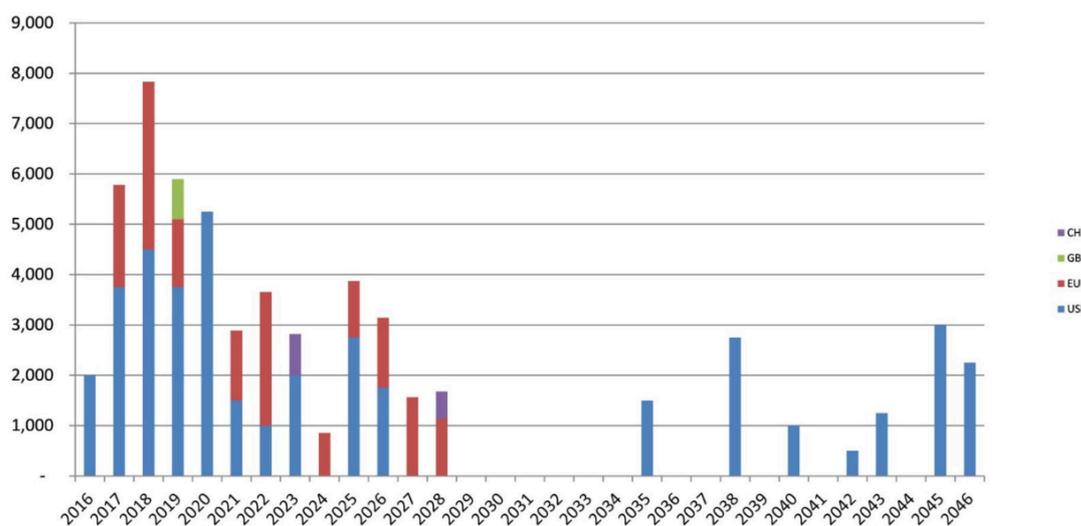
Tabla N° 4 Variables Financieras Shell

Variables	Unidad	2015	2014	2013
Producción neta de petróleo y gas natural líquido	Equivalente a miles de barriles diarios al día	2.954	3.080	3.199
Ingresos netos	Millones de USD	2.200	14.730	16.526
Activos Corrientes	Millones de USD	93.358	99.778	103.343
Activos Fijos	Millones de USD	182.838	192.472	191.897
Deuda Corto Plazo	Millones de USD	5.530	7.208	8.344
Deuda Largo Plazo	Millones de USD	52.849	38.332	36.218
Efectivo y equivalentes	Millones de USD	31.752	21.607	9.696
Ratio de Deuda Neta <sup>12</sup>	%	35,8	23,9	24,7

Fuente: Shell 2015

Adentrándonos en la estructura de los bonos de Shell, podemos observar en el gráfico N°3 el perfil de vencimiento de los títulos de la petrolera europea.

Gráfico N° 3 Servicio de la Deuda Shell

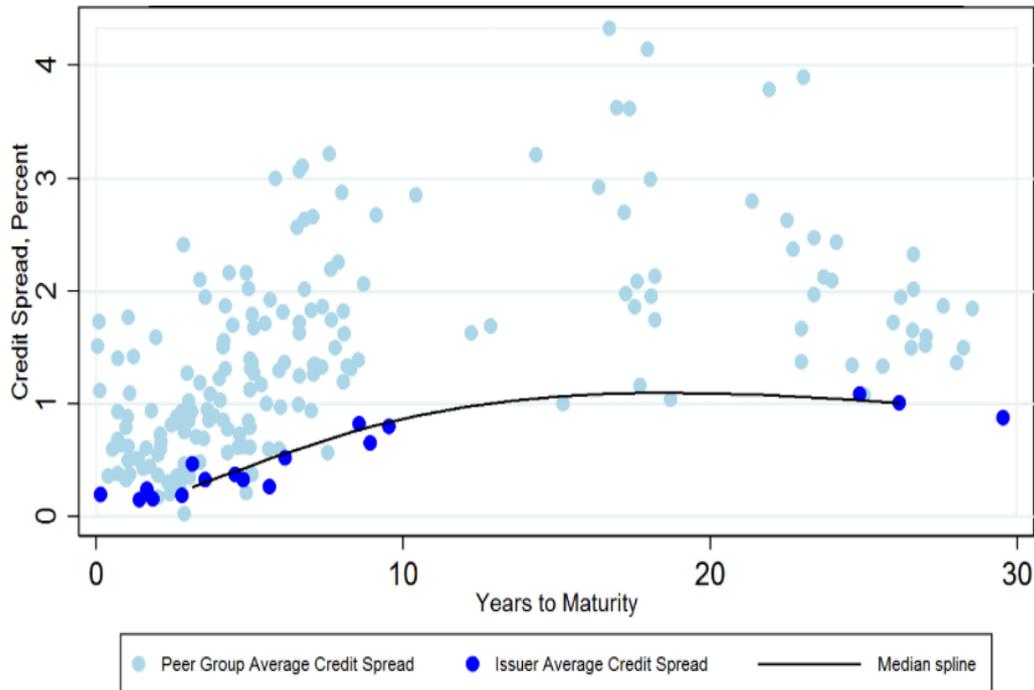


Fuente: Shell

<sup>12</sup> Calculado como el porcentaje de la deuda total en la suma entre la deuda total y el patrimonio de los accionistas.

En el 2014, se realizaron estudios sobre los bonos de Shell y fueron comparados con el resto del sector petrolero en términos de *spreads* de créditos (van Deventer, 2014).

Gráfico N° 4 Shell vs sus semejantes. Promedio ponderado del spread de crédito en el sector petrolero



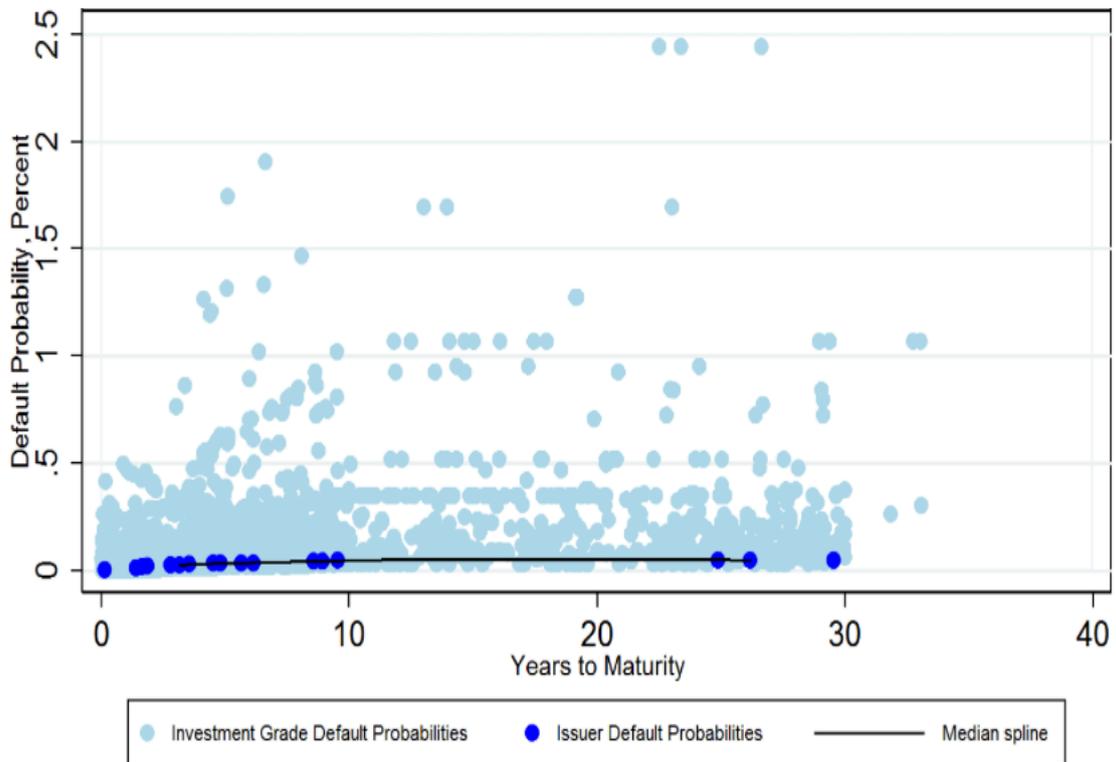
Fuente: Kamakura Corporation, TRACE, MarketAxess

Como se puede observar, con datos recopilados en enero del 2014, los bonos de Shell se comerciaban muy por debajo de la mediana del sector en cuanto a *spread* de crédito.

Posteriormente, se muestran las probabilidades de default, organizado por años de madurez de los bonos de Shell con un grupo de empresas seleccionadas de la misma industria, las cuales, en términos de riesgo, están clasificadas como “grado de inversión<sup>13</sup>”:

<sup>13</sup> El grado de inversión es una calificación que indica si los bonos corporativos tienen bajo riesgo de incumplimiento.

Gráfico N° 5 Shell vs sus semejantes (en categoría de inversión). Probabilidad de default



Fuente: Kamakura Corporation, TRACE, MarketAxess

Del gráfico N°5 podemos concluir que a los títulos de renta fija de la petrolera anglo-holandesa el mercado otorga una probabilidad de *default* muy inferior con respecto a su competencia. La razón principal de este hecho se encuentra relacionada con la estabilidad en sus indicadores financieros.

Se puede establecer entonces, que Shell ofrece grandes beneficios a los inversionistas de bonos, incluso mayores que los que ofrece su sector. Las variables que determinan esta afirmación son: las probabilidades de incumplimiento de pago en el largo plazo es de las menores en el sector y la recompensa que obtienen los tenedores de bonos por la probabilidad de incumplimiento está por encima del promedio de todos los bonos con vencimiento mayor a 6 años. (van Deventer, 2014).

#### **IV.5 Petr6leos de Venezuela, Sociedad An6nima (PDVSA)**

PDVSA es una corporaci6n creada por el Estado venezolano en 1975 y donde el 100% de sus acciones son de propiedad estatal. La normativa jur6dica a la que esta sujeta la petrolera estatal es la establecida en la constituci6n venezolana de 1999 y en el Decreto N61.510 del a6o 2001. (PDVSA, 2014)

Las funciones de PDVSA incluyen planificar, coordinar, supervisar y controlar las actividades de sus empresas tanto en Venezuela como en el exterior. Adicionalmente, seg6n el portal web de la compa6a, “tiene como funci6n la promoci6n o participaci6n en aquellas actividades dirigidas a fomentar el desarrollo integral, org6nico y sostenible del pa6s, incluyendo las de car6cter agr6cola e industrial, elaboraci6n o transformaci6n de bienes y su comercializaci6n y prestaci6n de servicios”. De esta manera podemos notar que el foco de la petrolera va m6s all6 de las actividades mineras, hecho que le ha tra6do fuerte impacto en sus cuentas internas y en su flujo de caja.

Estas actividades est6n clasificadas en la estructura interna de PDVSA dentro de las filiales no petroleras compuestas por: PDVSA Agr6cola S.A., PDVSA Industrial, PDVSA Servicios Petroleros, PDVSA Ingenier6a y Construcci6n y PDVSA Desarrollo Urbanos S.A. Todas estas subsidiarias de la compa6a.

No obstante, es la actividad petrolera, en conjunto con sus filiales petroleras, las que generan los ingresos significativos de la compa6a. La operatividad de la petrolera no est6 restringida al territorio venezolano. Sin embargo, cuando se trata de actividad petrolera dentro del territorio de Venezuela, por regulaciones nacionales, en todos los proyectos PDVSA debe tener al menos el 50% de las acciones del mismo, sea en asociaci6n con una compa6a extranjera o sea en asociaci6n con una local. Las operaciones de PDVSA en el sector petrolero est6n restringidas a tres 6reas claves dentro de la industria:

1. Exploraci6n, producci6n y mejoramiento de crudo y gas natural.
2. Refinaci6n, transporte y mercado de crudo y productos refinados.
3. Procesamiento, transporte y mercado de gas natural.

Estas asociaciones con las compañías extranjeras o locales han sido denominadas empresas mixtas, que según el Informe de Gestión Anual 2014 de PDVSA para ese momento existían 33 empresas bajo esta modalidad.

Una vez comprendido a *grosso modo* el funcionamiento interno de la estatal venezolana, resulta interesante estudiar algunas variables financieras para poder comparar con su competencia y tratar de entender el comportamiento de sus títulos de renta fija<sup>14</sup>, los cuales se comportan muy distintos a los de las otras compañías evaluadas, aún cuando sus indicadores financieros muestra la misma solidez.

Tabla N° 5 Variables Financieras PDVSA

Variables	Unidad	2014	2013	2012
Producción neta de petróleo, gas natural liquido	Miles de barriles de petróleo al día	2.785	2.899	2.910
Producción neta de gas natural	Millones de pies cúbicos al día	7.422	7.395	7.327
Ingresos netos	Millones de USD	9.074	15.835	4.335
Activos Corrientes	Millones de USD	55.208	67.732	74.882
Activos Fijos	Es Millones de USD	141.248	129.83	115.905
Deuda Financiera a Corto Plazo	Millones de USD	5.865	7.031	4.379
Deuda Financiera a Largo Plazo	Millones de USD	39.871	36.353	35.647
Efectivo y equivalentes	Millones de USD	7.911	9.133	8.233
Deuda a Activos <sup>15</sup>	%	20,17%	18,77%	19,86%

Fuente: PDVSA

<sup>14</sup> PDVSA es la única empresa dentro de este análisis que no cotiza en ninguna bolsa, es decir, sus acciones no son públicas.

<sup>15</sup> Calculado como la suma de la Deuda Financiera entre el Activo Total

De la tabla N°5 lo primero que llama la atención es el declive en la producción de petróleo, lo que resulta interesante de analizar cuando se poseen unas reservas de petróleo probadas de 299.953 millones de barriles (PDVSA, 2014). Sin embargo, la directiva ha reafirmado que la meta de producción para el 2019 se mantiene en los 6 millones de barriles diarios.

Otro aspecto que puede llamar la atención de esta tabla es el ratio Deuda-Activos, lo cual, aunque nos muestra un aumento en los últimos años, apenas roza el 20% los que nos indica una buena solvencia dentro de la estatal venezolana.

Adentrándonos en las finanzas de PDVSA (aunque no está representado en la tabla), es importante destacar una filial fundamental en los últimos años para su casa matriz: CITGO. CITGO Petroleum Corporation es una filial ubicada en los Estados Unidos y ha permitido colocar crudo en este país, financiar parte de las operaciones de su casa matriz y oxigenar los pagos por servicio de deuda de PDVSA. El valor en dólares de la deuda por los bonos emitidos por CITGO para el 2014 asciende a los 742 millones de dólares. Sin embargo, en el 2015, la filial norteamericana emitió papeles de deuda por 1,5 mil millones de dólares a un vencimiento de cinco años (Porzecanski y Pitts, 2015).

Es precisamente el tema financiero, más específicamente el tema de emisiones y los bonos, de PDVSA lo que coloca a la compañía en la mente de cualquier especialista en renta fija y en mercados energéticos. La razón fundamental está en los elevados rendimientos al vencimiento que presentan los títulos corporativos emitidos en comparación con sus rivales más cercanos en la industria, aun cuando (como se demostró anteriormente) no existe tanta diferencia en los indicadores financieros más importantes.

La razón por la que el mercado atribuye estos altos riesgos a la estatal venezolana, entre otras cosas, es que se le atribuye el riesgo país. De forma que comparte el riesgo con los bonos soberanos aun cuando se trata de una compañía que nunca ha declarado impago o atrasado y que cuenta con activos fijos y con flujos de caja presentes y futuros.

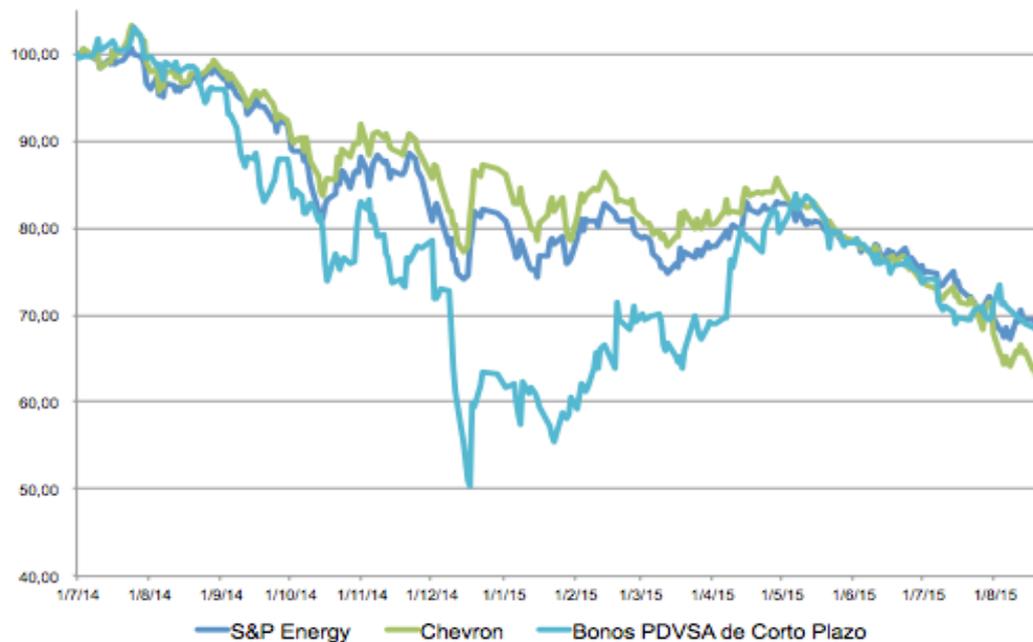
La realidad es que, aunque en cuanto a niveles los bonos de PDVSA están muy castigados, siguen respondiendo a variables macroeconómicas de la industria. Por ejemplo, los títulos de la petrolera venezolana responden a variables como la fortaleza del dólar, índices de volatilidad, retornos de mercado, precios del petróleo, entre otros.

En el gráfico N°6 podemos observar una comparación entre los precios de las acciones petroleras agregadas (S&P Energy) y un índice ponderado por tamaño de emisión del precio de los bonos de PDVSA con vencimiento en el 2015, 2016 y 2017, para un período comprendido entre el 1 de julio del 2014 y 21 de agosto del 2015.

Para la ejecución de este análisis, se trabajaron los datos de forma que el primer valor para cada serie sea 100 y poder analizar las variaciones subsecuentes en una misma escala.

Como podemos observar, los bonos de PDVSA de corto plazo, en términos de variación, no se comportaron muy distintos en términos de precios otra compañía petroleras e incluso no se comportó muy distinto al índice *S&P Energy*. Sin embargo, los bonos de PDVSA presentaron una mayor volatilidad durante este período que las acciones petroleras.

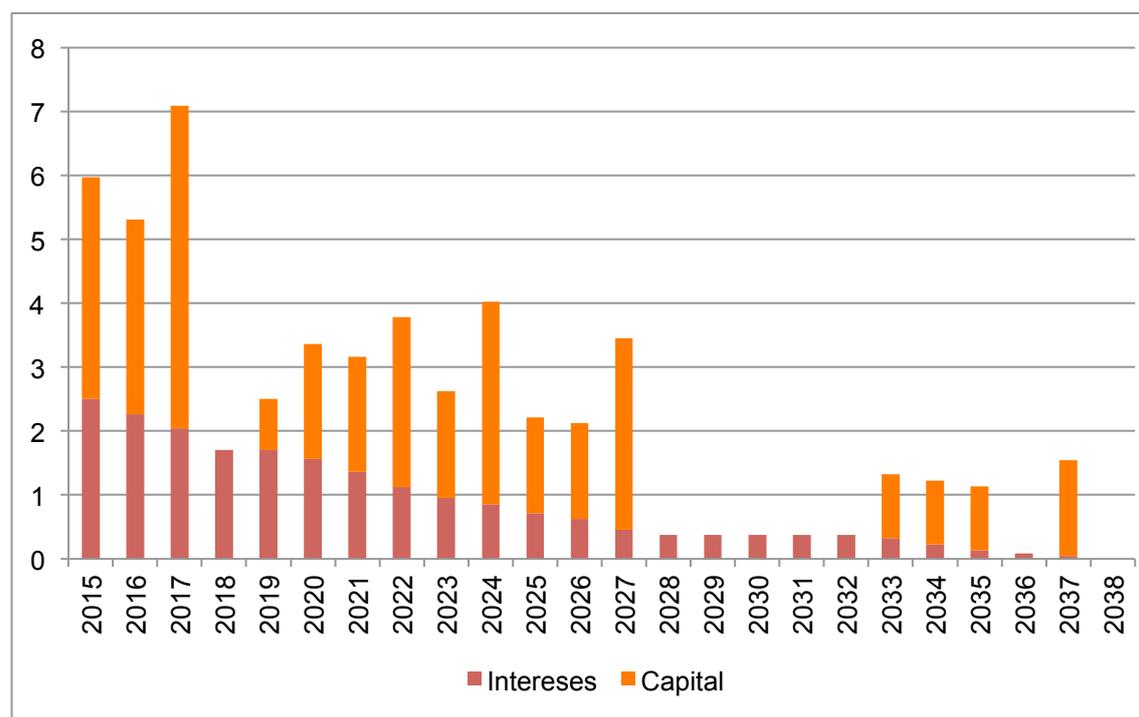
Gráfico N° 6 Comportamiento Bonos PDVSA Corto Plazo y Semejantes



Fuente: Bloomberg y cálculos propios

Por último, resulta importante observar en el gráfico N°6 el servicio de la deuda de PDVSA, el cual, como observamos anteriormente, no es muy distinto al de sus socios estratégicos. De esta manera, se puede concluir que los desembolsos de PDVSA y la temporalidad de los mismos, es muy semejante a la de las otras compañías petroleras analizadas.

Gráfico N° 7 Servicio de la deuda de PDVSA (miles de millones)



Fuente: CEFE

## CAPITULO V: PRUEBAS Y MODELAJES

Para poder comprobar de forma empírica una posible relación entre los títulos de PDVSA y los de las compañías semejantes, será necesario establecer un modelo econométrico que permita estimar y depurar la serie de tiempo.

En el presente capítulo se establecen, de forma teórica, todos los contrastes y metodologías de modelaje relacionados con la ejecución del modelo de estimación final.

### **V.1 Prueba de Raíz Unitaria**

#### V.1.1 Prueba Dickey-Fuller (DF)

Una de las condiciones para desarrollar cualquier modelo econométrico es la estacionariedad<sup>16</sup> de las series de tiempo. Esta prueba toma como punto de partida el proceso estocástico<sup>17</sup> de raíz unitaria, donde:

$$Y_t = pY_{t-1} + u_t \quad -1 \leq p \leq 1 \quad (3)$$

Siendo “ $p$ ” el componente que indique la existencia de raíz unitaria en la serie. Si este valor es igual a 1, entonces hay presencia de raíz unitaria (Gujarati y Porter, 2010). De esta manera, la ecuación (3) se convierte en un modelo de caminata aleatoria sin deriva, lo que puede traducirse en un modelo estocástico no estacionario.

Restando de la ecuación (3) un componente  $Y_{t-1}$  en ambos miembros, se obtiene:

$$Y_t - Y_{t-1} = pY_t - Y_{t-1} + u_t \quad (4)$$

$$= (p - 1)Y_t + u_t, \quad \text{dónde: } (p - 1) = \delta \quad (5)$$

Dickey y Fuller probaron que según la hipótesis nula  $\delta = 0$ , el valor estimado “ $p$ ” del coeficiente  $Y_t$  en la ecuación (5) sigue el estadístico  $\tau$ , o mejor conocida como la prueba Dickey-Fuller. Este proceso supone diversas decisiones ya que un proceso

---

<sup>16</sup> Una serie de tiempo es estrictamente estacionaria si todos los momentos de su distribución de probabilidad, y no solo los dos primeros (es decir, la media y la varianza), son invariantes respecto al tiempo (Gujarati y Porter, 2010).

<sup>17</sup> Un proceso estocástico es una colección de variables aleatorias ordenadas en el tiempo.

de caminata aleatoria puede: i) tener o no deriva ii) tendencia determinista o iii) tendencia estocástica. Por esto, la prueba se estima en tres diferentes formas, o tres diferentes hipótesis nulas:

- a.  $Y_t$  es una caminata aleatoria:

$$\Delta Y_t = \delta Y_{t-1} + u_t \quad (6)$$

- b.  $Y_t$  es una caminata aleatoria con deriva:

$$\Delta Y_t = \beta_1 + \delta Y_{t-1} + u_t \quad (7)$$

- c.  $Y_t$  es una caminata aleatoria con deriva alrededor de una tendencia determinista:

$$\Delta Y_t = \beta_1 + \beta_2 t + \delta Y_{t-1} + u_t \quad (8)$$

Donde  $t$  es la variable de tiempo o de tendencia. En cada caso, las hipótesis son:

*Hipótesis nula:*  $H_0: \delta = 0$  (es decir, existe una raíz unitaria, la serie de tiempo es no estacionaria o tiene tendencia estocástica).

*Hipótesis alternativa:*  $H_1: \delta < 0$  (es decir, la serie de tiempo es estacionaria, posiblemente alrededor de una tendencia determinista).

### V.1.2 Prueba Dickey-Fuller Aumentado (DFA)

En la prueba anterior (DF), una de las suposiciones era que el término de error  $u_t$  no estaba correlacionado. No obstante, se podría dar el caso donde dicho término si esté correlacionado. Por ende, crearon la prueba Dickey-Fuller Aumentado (DFA) que tiene como metodología aumentar las tres ecuaciones anteriores mediante la adición de los valores rezagados de la variable dependiente  $\Delta Y_t$ . La prueba DFA consiste en este caso en estimar la siguiente regresión:

$$\Delta Y_t = \beta_1 + \beta_2 t + \delta Y_{t-1} + \sum_{i=1}^m \alpha_i \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (9)$$

Donde  $\varepsilon_t$  es un término de error puro de ruido blanco y donde  $\Delta Y_{t-i} = (Y_{t-1} - Y_{t-2})$ ,  $\Delta Y_{t-2} = (Y_{t-2} - Y_{t-3})$ , y así sucesivamente. El número de términos de diferencia rezagados que se utilizan en esta prueba se determinan de manera empírica, con la finalidad de incluir los términos suficientes y necesarios para que el término del error de la ecuación (9) no esté serialmente relacionado y sea posible obtener una estimación insesgada de  $\delta$ . Por último, en el DFA se sigue probando  $\delta = 0$ . Esta prueba sigue la misma distribución asintótica que el estadístico de DF, por lo que sirven los mismos valores críticos.

### V.1.3 Prueba Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (KPSS)

La prueba KPSS se desarrolló para complementar las pruebas de raíces unitarias debido a que las pruebas como el DF y DFA tienen poca influencia con respecto a raíces unitarias muy cercanas a la probabilidad límite para la estacionariedad y los procesos de tendencia en el largo plazo (Kwiatkowski, 1992).

A diferencia de otras pruebas, la hipótesis nula propone estacionariedad en tendencia mientras que la hipótesis alternativa determina una raíz unitaria en la serie.

Ellos comienzan su prueba con un modelo:

$$y_t = \beta' D_t + \mu_t + u_t \quad (10)$$

$$\mu_t = \mu_{t-1} + \varepsilon_t, \varepsilon_t \sim WN(0, \sigma_\varepsilon^2) \quad (11)$$

Donde  $D_t$  contiene componentes determinísticos<sup>18</sup>,  $u_t$  es  $I(0)$  y puede ser heteroscedástica. La hipótesis nula, donde  $y_t$  sea de orden de integración cero, se formula como  $H_0: \sigma_\varepsilon^2 = 0$ , lo que implica que  $\mu_t$  es una constante mientras que la hipótesis alternativa es:  $H_1: \sigma_\varepsilon^2 > 0$ . Lo cual determina que existe una raíz unitaria en la serie.

---

<sup>18</sup> Estos componentes pueden ser: constante o constante con tendencia.

El estadístico de la prueba KPSS es el Multiplicador de Lagrange (LM) y esta prueba se representa como

$$KPSS = (T^{-2} \sum_{t=1}^T \widehat{S}_t^2) / \widehat{\lambda}^2 \quad (12)$$

## V.2 Prueba de Autocorrelación Serial en los residuos

El problema de autocorrelación surge cuando los términos de error del modelo especificado no son independientes entre sí, es decir, cuando:

$$E(u_i u_j) \neq 0, \text{ para todo } i \neq j \quad (13)$$

Los estimadores mínimos cuadrados ordinarios obtenidos, bajo esta circunstancia, dejan de ser eficientes. La autocorrelación generalmente aparece en datos en series de tiempo, aunque también se presenta en el caso de una muestra de corte transversal (Ramirez, 2003).

Este problema se presenta en series históricas, en las cuales la “memoria” se transmite a través de los errores: un choque se mantiene en el tiempo. Entre las principales causas de la autocorrelación tenemos las siguientes:

- a) Inercia: cuando existen tendencias marcadas que influyen en los valores futuros de la serie.
- b) Sesgos de especificación: cuando se elige mal la forma funcional o cuando se omiten variables, lo cual genera un comportamiento sistémico en el término estocástico.
- c) Tiempo de ajuste: implica el tiempo que los agentes económicos deben tomar para procesar información de un periodo dado.
- d) Preparación de datos: en los datos de corte transversal al ordenar los datos con respecto a alguna variable, puede introducir un proceso aparentemente autocorrelacionado.

### V.2.1 Prueba de Breusch-Godfrey

Breusch y Godfrey (1979) elaboraron una prueba general para la autocorrelación que permite tomar variables regresoras no estocásticas, como los valores rezagados de la variable regresada, esquemas autorregresivos de orden mayor

y promedios móviles simples “p” de orden superior de los términos de error de ruido blanco.

Esta prueba, también conocida como prueba LM<sup>19</sup>, implica estimar la regresión mediante mínimos cuadrados ordinarios y obtener los residuos  $\hat{u}_t$ . Para efectos prácticos, el procedimiento de esta prueba para series con muestras pequeñas o grandes procede de manera distinta. Por el contexto al que se utilizará esta prueba, se explicará el caso de muestras grandes.

Se necesita realizar una regresión  $\hat{u}_t$  sobre la  $X_t$  original y  $\hat{u}_{t-1}, \hat{u}_{t-2}, \dots, \hat{u}_{t-p}$ , donde estas últimas son los valores rezagados de los residuos estimados en el paso anterior. Para el desarrollo de esta regresión es necesario entender que solo hay  $(n - p)$  observaciones:

$$\hat{u}_t = \alpha_1 + \alpha_2 X_t + \hat{\rho}_1 \hat{u}_{t-1} + \hat{\rho}_2 \hat{u}_{t-2} + \dots + \hat{\rho}_p \hat{u}_{t-p} + \varepsilon_t \quad (14)$$

Breusch y Godfrey demostraron que:

$$(n - p)R^2 \sim X_p^2 \quad (15)$$

Es decir, asintóticamente, n-p veces el valor de  $R^2$  obtenido en la regresión (15) sigue la distribución chi cuadrada.

### V.3 Pruebas de Heteroscedasticidad

Lo primero que se debe entender es la definición de un modelo heteroscedastico, el cual se define como aquel en que las varianzas de las perturbaciones no son constantes, por lo tanto, la variabilidad es diferente para cada observación (Universidad de Vigo, 2011)

$$\Sigma = \text{diag}(\sigma_1^2 \dots \sigma_T^2) = \begin{pmatrix} \sigma_1^2 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & \dots & \sigma_T^2 \end{pmatrix} \quad (16)$$

---

<sup>19</sup> La prueba se basa en el principio multiplicador de Lagrange.

Si todas las varianzas son desconocidas, se presenta la incertidumbre con respecto al número de parámetros que se deben estimar. Las fuentes o causas de la heteroscedasticidad pueden ser:

- a) Factores exclusivos de la regresión.
- b) Errores en la explicación del modelo.
- c) Irregularidad en la distribución de las variables.
- d) Errónea transformación de la forma funcional del modelo.

Como en los otros apartados, para este problema también fueron diseñadas varias pruebas, pero por efectos prácticos de la investigación, solo se explicará la prueba ARCH del multiplicador Lagrange.

### V.3.1 Prueba de Heteroscedasticidad ARCH

El contraste que se plantea es el siguiente: como hipótesis nula se determina que existe homoscedasticidad, en este caso la varianza se comporta de manera constante en toda la muestra. Mientras que la hipótesis alternativa expresa que existe heteroscedasticidad en la serie, es decir, la varianza condicional es autorregresiva (Pegalajar, 2010). Tomando como ejemplo un ARCH (1):

$$Var(u_t|u_{t-1}) = \alpha_0 + \alpha_1 u_{t-1}^2 \quad (17)$$

El problema con este contraste es justamente determinar el orden “p” del modelo ARCH, para esto se suele utilizar el correlograma estimado de los residuos al cuadrado, tomando p como el retardo a partir del cual los coeficientes son no significativos.

### V.3.2 Prueba Breusch-Pagan

En esta prueba el supuesto de que la heteroscedasticidad es causada por una única variable no aplica. Esta prueba solo es válida cuando se dispone de muestras suficientemente grandes. La misma presupone que es posible expresar la varianza de

término de perturbación como una combinación lineal de “p” variables explicativas (Pérez, 2009), es decir:

$$Var[u] = \alpha_0 + \alpha_1 Z_1 + \alpha_2 Z_2 + \dots + \alpha_p Z_p \quad (18)$$

#### V.4 Procesos Autorregresivos (AR)

Se define un modelo como autorregresivo cuando la variable endógena de un período “t” es explicada por las observaciones pasadas de ella misma y un término de error (De Arce, 2003).

Supongamos una serie de tiempo  $Z_t$ , puede ser representada por el siguiente modelo:

$$Z_t = C + \phi_1 Z_{t-1} + \phi_2 Z_{t-2} \dots + \phi_p Z_{t-p} + u_t \quad (19)$$

Siendo  $k = 1, 2, \dots, p$  los valores rezagados de la serie de tiempo y donde C representa la constante,  $U_t$  una perturbación aleatoria y  $\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_p$  los parámetros a estimar.

En este caso la serie de tiempo está siendo representada mediante un proceso denominado autorregresivo de orden “p”, denotado como  $Z_t \sim \text{AR}(p)$ . Del mismo modo, cuando se modela un proceso AR es importante considerar el supuesto que la perturbación aleatoria se distribuye normal e independientemente con media cero y varianza constante:  $u_t \sim \text{NID}(0, \sigma^2)$  (Mata y Niño, 2000).

#### V.5 Modelo de medias móviles (MA)

Será denominado un modelo como de media móvil cuando se busca explicar el valor de una variable en el período t en función de un término independiente y una sucesión de errores de períodos precedentes. (De Arce y Mahía, 2003)

Los procesos de media móvil son representados de la siguiente forma:

$$Z_t = C - \sigma_1 u_{t-1} - \sigma_2 u_{t-2} \dots - \sigma_q u_{t-q} + u_t \quad (20)$$

Siendo  $k= 1,2,\dots,q$  los valores rezagados del error  $u_t$  y donde  $C$  representa una constante,  $u_t$  se distribuye como una normal con media cero y varianza constante. De este modelo diremos que  $Z_t$  es representada por un proceso de media móvil de orden “1” y denotado como  $Z_t \sim MA(q)$  (Mata y Niño, 2000).

De Lara (2000) indica:

*(...) la estimación de los parámetros es más difícil que en el proceso autorregresivo, ya que no es posible encontrar estimadores eficientes y se tienen que usar iteraciones numéricas, por lo cual es conveniente invertir el proceso de promedios móviles a uno autorregresivo (...)*

## **V.6 Procesos autorregresivos y de medias móviles (ARMA)**

Supóngase que la representación de la serie  $Z_t$  está dada por el proceso:

$$Z_t = C + \phi_1 Z_{t-1} + \phi_2 Z_{t-2} \dots + \phi_p Z_{t-p} - \varphi_1 u_{t-1} - \varphi_2 u_{t-2} \dots - \varphi_q u_{t-q} + u_t \quad (21)$$

Entonces este proceso es llamado proceso autorregresivo de media móvil de órdenes  $p$  y  $q$  y se representa como ARMA ( $p,q$ ). Esta denominación deriva de los dos procesos anteriormente explicados, el orden “ $p$ ” será el rezago máximo de la parte autorregresiva y el orden “ $q$ ” será el rezago máximo para el componente de media móvil (Mata y Niño, 2000).

Siguiendo a Johnston y DiNardo (1997), para modelar un ARMA se deben seguir los siguientes tres pasos:

1. Revisar la estacionariedad de la serie, de presentar raíz unitaria, será necesario realizar las transformaciones necesarias para hacer la serie estacionaria.
2. Partiendo de las propiedades de la autocorrelación, elegir alguna especificación del ARMA para realizar la estimación y testeo de forma que elegir la especificación correcta con los residuos de ruido blanco.
3. Calcular el pronóstico sobre un horizonte de tiempo relevante.

## V.7 Vectores Autorregresivos (VAR)

De acuerdo con Sims (1980), si hay verdadera simultaneidad entre un conjunto de variables, todas deben tratarse en igualdad de condiciones, de forma que no debe haber ninguna distinción a *priori* entre variables endógenas y exógenas. Es en este contexto que Sims desarrolló su modelo VAR.

Para explicar las características del VAR, debemos ejemplificar el VAR más sencillo, donde  $k$  (cantidad de variables) será igual a dos y  $p$  (cantidad de rezagos) será igual a uno.

De esta forma:

$$Y_{1t} = \begin{bmatrix} m_1 \\ m_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_{1,t-1} \\ y_{2,t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \epsilon_{1t} \\ \epsilon_{2t} \end{bmatrix} \quad (22)$$

Como se puede observar en la ecuación (19) (y para todos los VAR), la expresión vendrá dada por la combinación lineal de la misma variable rezagada en combinación con las otras variables rezagadas del grupo a analizar. En la práctica, las ecuaciones del VAR pueden ser expandidas para incluirles tendencia y otras variables exógenas (Johnston y DiNardo, 1997).

## V.8 Modelaje ARCH

En la práctica los modelos del tipo lineal de series de tiempo tales como ARIMA( $p,d,q$ ) o los modelos causales de regresión lineal, no siempre resultan los más adecuados para analizar y predecir adecuadamente un proceso real (Pegalajar, 2010). Por ende, se crearon modelos no lineales con la finalidad de desarrollar métodos de estimación apropiados para estos casos. Muchas series económicas, en especial las series financieras, muestran cambios en los momentos condicionados de segundo grado.

Citando a Pegalajar (2010):

*“Estos cambios tienden a estar correlacionados serialmente, en el sentido de que cambios de gran magnitud en el valor de la serie son seguidos*

*por grandes cambios (periodos de mucha volatilidad) mientras que a cambios pequeños en el valor de la serie les siguen cambios pequeños (periodos de poca volatilidad). Es decir, esto se traduce, en la presencia de correlaciones positivas en la serie de los cuadrados. Además se produce un exceso de curtosis o la ausencia de correlación en los niveles”.*

La formulación básica de estos modelos consiste en modelizar la serie  $e_t$ , según la siguiente ecuación:

$$e_t = \sigma_t \varepsilon_t \quad (23)$$

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 e_{t-1}^2 + \dots + \alpha_r e_{t-r}^2 \quad (24)$$

Donde  $\varepsilon_t$ <sup>20</sup> y  $\sigma_t$ <sup>21</sup> son procesos estacionarios independientes entre sí. Esta condición garantiza que la serie  $e_t$  tenga media marginal igual a cero. Además de esta condición, garantiza que la serie  $e_t$  carezca de autocorrelación y forme un proceso de ruido blanco; donde también  $\alpha_0 > 0$  corresponde a la mínima varianza condicional observada y  $0 < \alpha_1 < 1$  es una condición necesaria y suficiente para la existencia de la varianza incondicional y la condicional.

Así pues siguiendo a Pagalajar (2010) en un modelo ARCH se verifica que:

- a) es un proceso de ruido blanco pero no es independiente y no está idénticamente distribuido.
- b) Las esperanzas condicional y no condicional son iguales a cero.
- c) La varianza no condicional es constante.
- d) La varianza condicional depende de  $e_{t-1}, e_{t-2}, \dots, e_{t-r}$  luego no es constante.

---

<sup>20</sup>  $\varepsilon_t$  es un proceso de ruido blanco formado por variables aleatorias normales independientes de media cero y varianza unidad.

<sup>21</sup>  $\sigma_t$  se define como el factor de volatilidad.

## CAPÍTULO VI. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este capítulo se especificarán las variables a utilizar y se desarrollará el proceso mediante el cual podemos estimar una posible relación entre los bonos de PDVSA y los títulos (bonos y acciones) de las compañías petroleras seleccionadas para nuestro análisis.

### **VI.1. Definición de variables**

a) Bonos Corporativos: son títulos de deuda emitidos por corporaciones a través de los cuales el emisor se compromete a pagar un monto estipulado de interés y reembolsar al inversionista un monto fijo al vencimiento del título. (Gitman y Joehnk, 2009).

b) Acciones: son títulos que representan una fracción patrimonial de una corporación, estos pueden ser públicos (cotizan en alguna bolsa de valores) o privados. El rendimiento de las acciones viene determinado por apreciaciones en su precio y por los dividendos que distribuya la compañía emisora. (Gitman y Joehnk, 2009).

c) Liquidez de los bonos corporativos: para cuantificar esta variable tanto en los bonos de PDVSA como en las compañías petroleras seleccionadas, se utilizara el *bid-ask spread* dividido entre el *mid price* de la cotización.

d) Liquidez en las acciones: la medición de la liquidez de las acciones vendrá determinado por el indicador ILLIQ (Amihud, 2002). Sin embargo, al indicador se le realizarán dos modificaciones propuestas por Goyenko y Ukhov (2009) y Zhao (2015). La primera de ellas es el calculo de un indicador diario y no mensual, es decir, para calcular el indicador del día se utilizaran los 21 días previos a la fecha seleccionada; la segunda modificación fue multiplicar el resultado del indicador por un escalar de magnitud  $10^5$  para facilitar el análisis.

e) Tamaño de emisión: representa el monto que el emisor de un bono se compromete a cancelarle a sus acreedores en la fecha del vencimiento del instrumento.

f) Volumen de transacción diario de las acciones: cuantifica el total del valor de las acciones intercambiadas en un día de una compañía específica.

## **VI.2. Construcción de variables**

El objetivo del estudio, como ha sido mencionado anteriormente, es buscar una relación entre los bonos emitidos por PDVSA y los títulos (tanto bonos como de acciones) emitidos por Chevron, Statoil, Total y Shell. Para lograr esto, es necesario un método que permita agregar las medidas de liquidez.

Agregar estas variables generaron tres nuevas variables que fueron las utilizadas finalmente en nuestro análisis.

La primera variable generada se denominó “ib\_pdvsa” y representa el índice diario de liquidez de bonos de PDVSA. Su construcción fue el resultado de una suma ponderada de los valores del *bid-ask spread* dividido entre el *mid price* de cada uno de los bonos emitidos por PDVSA en una fecha anterior al 1 de enero de 2013; el criterio de ponderación fueron los tamaños de emisión de cada uno de los títulos.

La segunda variable creada se denominó “ib\_bonos” y representa el índice diario de liquidez de bonos de las compañías petroleras distintas a PDVSA. Su construcción fue, igual que en el caso anterior, resultado de una suma ponderada de los valores del *bid-ask spread* dividido entre el *mid price* de cada uno de los bonos emitidos por Chevron, Statoil, Total y Shell. El criterio de ponderación fueron los tamaños de emisión de cada uno de los títulos.

La tercera variable construida se denominó “índice\_illiq” y representa el índice diario de liquidez de acciones de las compañías petroleras no PDVSA. Su generación

fue resultado de una suma ponderada de los valores del ILLIQ de las acciones de Chevron, Statoil, Total y Shell. El criterio de ponderación fue el volumen de transacción diario.

Tabla N° 6 Variables para el análisis

Variable	Denominación
Índice diario de liquidez de bonos de PDVSA	ib_pdvsa
Índice diario de liquidez de bonos de Chevron, Statoil, Total y Shell	indice_bonos
Índice diario de liquidez de acciones de Chevron, Statoil, Total y Shell	indice_illiq

Fuente: Cálculos propios.

### **VI.3. Estimación de la relación entre la liquidez de los títulos**

Para poder comprobar una relación a nivel general entre los títulos de las compañías, será necesario trabajar con los índices explicados en la sección anterior. Estos índices logran agregar una muestra de cuarenta y seis bonos y cinco acciones en solo tres variables.

Sin embargo, fue necesario establecer criterios claros y concisos en cuanto a las características que deben tener tanto las empresas seleccionadas, como los títulos seleccionados para el análisis.

De esta manera, el criterio para la selección de las compañías a estudiar fue:

- a) Deben tener una relación con PDVSA, es decir, ser socias en alguno de sus proyectos.
- b) Las cuatro compañías seleccionadas deben cotizar en mercados distintos entre sí, de esta manera estaríamos estudiando la liquidez de la industria a nivel más global y no solo en un mercado.

Una vez seleccionadas las compañías, el criterio para la selección de los títulos en esta muestra fue:

- a) Todos los bonos de las compañías en cuestión que hayan sido emitidos antes del 1 de enero de 2013 y tengan una duración de al menos dos años.
- b) El tipo de interés debe ser fijo, en otras palabras, quedan excluidos de la muestra los cupones flotantes o cupones cero.
- c) No se incluirán emisiones privadas.

La muestra final, queda reflejada en las tablas N°7 y N°8. Como se menciono anteriormente, todos los bonos que no sean de PDVSA fueron agrupados en la variable “indice\_bonos” y los emitidos por la petrolera venezolana en la variable “ib\_pdvsa”.

Tabla N° 7 Bonos Seleccionados no emitidos por PDVSA

Emisor	Fecha de Emisión	Fecha de Vencimiento	Cupón (%)	Monto del Principal (USD)	Mercado
Chevron	05/12/2012	05/12/2017	1,104	2.000.000.000	E.E.U.U.
Chevron	03/03/2009	03/03/2019	4,950	1.500.000.000	E.E.U.U.
Chevron	10/04/1992	15/02/2021	8,875	20.000.000	E.E.U.U.
Chevron	05/12/2012	05/12/2022	2,355	2.000.000.000	E.E.U.U.
Chevron	27/01/1993	27/01/2023	7,900	25.000.000	E.E.U.U.
Chevron	11/02/1993	15/02/2033	7,840	42.000.000	E.E.U.U.
Shell	02/09/2009	09/02/2016	4,500	1.250.000.000	Londres
Shell	22/03/2007	22/03/2017	5,200	750.000.000	Londres
Shell	22/05/2007	22/05/2017	4,630	1.500.000.000	Londres
Shell	21/08/2012	21/08/2017	1,130	1.000.000.000	Londres
Shell	13/05/2009	14/05/2018	4,380	2.500.000.000	Londres
Shell	22/09/2009	22/09/2019	4,300	2.000.000.000	Londres
Shell	25/03/2010	25/03/2020	4,380	1.250.000.000	Londres
Shell	21/08/2012	21/08/2022	2,380	1.000.000.000	Londres
Shell	06/12/2012	06/01/2023	2,250	1.000.000.000	Londres
Shell	11/12/2008	15/12/2038	6,380	2.750.000.000	Londres
Shell	25/03/2010	25/03/2040	5,500	1.000.000.000	Londres
Shell	21/08/2012	21/08/2042	2,630	500.000.000	Londres
Total S.A.	17/02/2012	17/02/2017	1,500	1.000.000.000	Paris
Total S.A.	28/06/2012	28/06/2017	1,550	1.500.000.000	Paris
Total S.A.	28/06/2006	28/06/2018	3,130	525.000.000	Paris
Total S.A.	24/06/2010	24/06/2020	4,450	1.250.000.000	Paris
Total S.A.	28/01/2011	28/01/2021	4,140	500.000.000	Paris
Total S.A.	15/12/2009	15/12/2021	4,250	500.000.000	Paris
Total S.A.	17/02/2012	17/02/2022	2,880	1.000.000.000	Paris
Total S.A.	25/09/2012	25/01/2023	2,700	1.000.000.000	Paris
Statoil	07/05/1996	01/05/2016	7,380	250.000.000	Oslo
Statoil	23/11/2011	23/11/2016	1,800	650.000.000	Oslo
Statoil	17/08/2010	17/08/2017	3,130	1.250.000.000	Oslo
Statoil	21/11/2011	17/01/2018	1,200	600.000.000	Oslo
Statoil	23/04/2009	15/04/2019	5,250	1.500.000.000	Oslo
Statoil	22/01/1999	07/06/2021	6,500	225.000.000	Oslo
Statoil	23/11/2011	23/01/2022	3,150	750.000.000	Oslo
Statoil	21/11/2011	17/01/2023	2,450	1.100.000.000	Oslo
Statoil	21/12/1993	21/12/2023	6,500	100.000.000	Oslo
Statoil	23/09/1997	23/09/2027	7,250	500.000.000	Oslo
Statoil	17/08/2010	17/08/2040	5,100	750.000.000	Oslo
Statoil	23/11/2011	23/11/2041	4,250	650.000.000	Oslo

Fuente: Bloomberg y cálculos propios

Tabla N° 8 Bonos seleccionados emitidos por PDVSA

Emisor	Fecha de Emisión	Fecha de Vencimiento	Cupón	Monto del Principal (USD)	Mercado
PDVSA	28/10/2009	28/10/2016	5,125	1.000.000.000	E.E.U.U.
PDVSA	12/04/2007	12/04/2017	5,250	3.000.000.000	E.E.U.U.
PDVSA	29/10/2010	02/11/2017	8,500	6.150.000.000	E.E.U.U.
PDVSA	17/11/2011	17/11/2021	9,000	2.394.239.600	E.E.U.U.
PDVSA	17/02/2011	17/02/2022	12,750	3.000.000.000	E.E.U.U.
PDVSA	12/04/2007	12/04/2027	5,375	3.000.000.000	E.E.U.U.
PDVSA	17/05/2012	17/05/2035	9,750	3.000.000.000	E.E.U.U.
PDVSA	12/04/2007	12/04/2037	5,500	1.500.000.000	E.E.U.U.

Fuente: Bloomberg y cálculos propios

### VI.3.1 Pruebas preliminares

Para la evaluación estadística de un proceso estocástico, es necesario realizar pruebas preliminares de forma que garanticen la solidez de los resultados posteriores.

De esta manera, el primer análisis que debemos realizar es estudiar la volatilidad de las series mediante el cálculo de los estadísticos más básicos como pueden ser la media, la mediana, el valor máximo y mínimo y la desviación estándar, el resultado de estos valores se encuentran indicados en la tabla N°9

Tabla N° 9 Estadísticos básicos

Variable	Media	Mediana	Máximo	Mínimo	Desviación Estándar
ib_pdvsa	0,016681	0,014136	0,038731	0,008334	0,006084
indice_bonos	0,006227	0,006072	0,008558	0,004783	0,000694
indice_illiq	0,001903	0,001922	0,002829	0,000000	0,000333

Fuente: Cálculos propios

La desviación estándar funcionó como el estadístico más simple para analizar la volatilidad.

El segundo paso del análisis previo es graficar las variables en cuestión por separadas, para analizar la naturaleza y fluctuaciones de las series. Si alguno de los

gráficos, por ejemplo, exhibe una tendencia, probablemente se estaría analizando un proceso de raíz unitaria. Este problema de raíz unitaria puede causar resultados espurios, motivo por el cual debe ser solucionado mediante la diferenciación. La mayoría de las series económicas utilizadas en las finanzas presentan raíz unitaria y son integradas de orden uno  $I(1)$ . (Gujarati y Porter, 2010) (Ver Anexo 1)

Sin embargo, analizar el gráfico no es condición necesaria y suficiente para determinar si una serie es o no estacionaria; es por este motivo que resulta fundamental analizar los resultados de las pruebas que buscan determinar la existencia de raíz unitaria.

### VI.3.2 Pruebas de raíz unitaria

Diferenciar la serie tiene implicaciones en el análisis posterior; básicamente al diferenciar se está construyendo una nueva variable. Por este motivo se debe estar estadísticamente seguro (en un cierto grado) que la serie efectivamente presenta raíz unitaria y en consecuencia debe ser diferenciada.

Para los fines de este trabajo, se decidió trabajar con dos pruebas de raíz unitaria, donde ambas deben coincidir en la estacionariedad para trabajar la serie en niveles, es decir, si una de las pruebas da como resultado la ausencia de raíz unitaria y la otra muestra la presencia de la misma, la serie debe diferenciarse.

La selección de las pruebas está basada en la estructura bajo la cual cada una de ellas analiza el problema de raíz unitaria. La primera prueba escogida fue el *Augmented Dickey-Fuller* (ADF). El ADF utiliza la cola negativa de la distribución y plantea como hipótesis nula que la serie presenta al menos una raíz unitaria, lo que implica la no estacionariedad de la variable. Sin embargo, trabajar con solo una cola de la distribución puede traer problemas al momento de analizar la estacionariedad, razón por la cual se decidió utilizar la prueba *Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin* (KPSS). Esta segunda prueba utiliza la cola positiva de la distribución y su hipótesis nula es contraria al caso del ADF; en KPSS la hipótesis nula implica la no existencia de raíz unitaria, dicho de otro modo la serie es estacionaria.

Al aplicar las pruebas mencionadas, el resultado es un valor estadístico que debe ser contrastado con el nivel de significancia elegido. Tanto en el ADF como en el KPSS, se corre la prueba considerando que la serie tiene una constante y una tendencia, este resultado se analiza y si la tendencia resulta no ser significativa se vuelve a correr el modelo considerando solo la constante y se tomará el valor en esta prueba. En cualquiera de los dos casos, se debe contrastar el valor estadístico con el valor referencial a un nivel de significancia del 5%, recordando que la hipótesis nula será rechazada si el valor estadístico es mayor al referencial.

En el contexto del ADF, cuando el estadístico resultante de la prueba en valor absoluto fue mayor al valor crítico (también en valor absoluto), la hipótesis nula es rechazada, lo que implica que la serie es estacionaria.

Caso contrario, cuando se analizó la prueba KPSS, pues aunque también se considero tanto el valor absoluto del estadístico como del valor crítico, si el primero es mayor al segundo la hipótesis nula se rechaza; en este caso el rechazo de la hipótesis implica que la serie no es estacionaria, de modo que debe ser diferenciada.

En la tabla N° 10 podemos observar, de acuerdo a los dos test, cuales de las tres variables presentaron raíz unitaria y el orden de la misma.

Tabla N° 10 Pruebas de raíz unitaria

Variable	ADF	KPSS	Orden integración
ib_pdvsa	Rechazo Ho	Rechazo Ho	I(1)
indice_bonos	Acepto Ho	Rechazo Ho	I(1)
indice_illiq	Rechazo Ho	Acepto Ho	I(0)

Fuente: EViews y cálculos propios.

Estas pruebas fueron realizadas a las variables en niveles y posteriormente, dependiendo de los resultados, luego de ser diferenciadas, eran reformuladas para garantizar la estacionariedad.

Al realizar las pruebas se puede observar que el índice de PDVSA, aunque no presentó raíz unitaria de acuerdo con el ADF, según el test de KPSS la serie no es estacionaria, de este modo es necesaria su diferenciación. Una vez diferenciada se

volvió a realizar el análisis, el resultado arrojado fue que la serie es integrada de orden uno I(1).

Posteriormente se le realizó el análisis al índice del ILLIQ y el resultado, según ambas pruebas, fue que la serie es estacionaria, de forma que no es necesaria la diferenciación de la serie, en otras palabras, se puede trabajar en sus niveles.

Por último, el mismo procedimiento fue aplicado al índice de los bonos no PDVSA. El resultado fue similar al primer caso, según la prueba ADF la serie es estacionaria, pero de acuerdo con la prueba KPSS, la serie no es estacionaria. De acuerdo a estos resultados, la serie fue diferenciada una vez y se volvieron a correr las pruebas, en este caso el resultado fue satisfactorio y se concluyó que la serie es integrada de orden uno I(1).

### VI.3.3 Estructura ARIMA

Una vez determinado el orden de integración de la serie y solucionado el problema generado por la presencia de la raíz unitaria, será necesario analizar y deducir la estructura ARMA intrínseca en cada una de las series, todo este proceso se realizó con la finalidad de eliminar la autocorrelación serial que puede existir en cada una de ellas (Gujarati y Porter, 2010).

Para este análisis se utilizó la prueba de *Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test* y no la prueba de *Durbin Watson*. El motivo de esta decisión está fundamentado en Gujarati y Porter (2010) donde se explica que la prueba de *Durbin Watson* presenta limitaciones cuando se está en presencia de modelos autorregresivos donde los residuos no se distribuyen normalmente.

Una vez decidida la prueba a utilizar para eliminar la autocorrelación serial, se procede al análisis de la misma para las tres variables a estudiar. Breusch y Godfrey definieron como hipótesis nula la no existencia de autocorrelación serial (Asterious y Hall, 2011).

El método para la realización de este análisis consiste en una regresión lineal por mínimos cuadrados ordinarios de las variables por separado y su respectiva

constante. El siguiente paso consiste en el análisis de la prueba de *Breusch-Godfrey* y se empieza a analizar de forma ordenada cada uno de los rezagos donde la hipótesis nula es rechazada, es decir, donde el p-estadístico sea menor a 0,1 de forma que se obtiene una conclusión con un 90% de confianza.

A medida que van apareciendo rezagos que presentan correlación serial, se van introduciendo componentes autorregresivos (AR) o de media móvil (MA) que sean significativos en la regresión inicial y posteriormente se vuelve a analizar la estructura de los rezagos. La finalidad de este método es eliminar la mayor cantidad posible de rezagos con correlación serial.

En la tabla N°11 se puede observar la estructura ARMA de cada una de las variables del análisis. Al final, de la estructura ARMA lo relevante son los componentes AR (Gujarati y Porter, 2010).

Tabla N° 11 Estructura ARMA

Variable	Estructura ARMA	$R^2$
d(ib_pdvsa)	AR(1) y MA(1)	0.080304
d(índice_bonos)	AR(1), MA(1) y AR(17)	0.063534
índice_illiq	AR(1), MA(1) y MA(8)	0.870202

Fuente: EViews y cálculos propios

Como se observa en la tabla N°11, en el caso del índice de bonos de PDVSA se presentó autocorrelación en el primer rezago y esto fue solucionado con un proceso ARMA (1,1), posteriormente se realizó el mismo análisis para el índice de los bonos que no fueron emitidos por PDVSA, donde encontramos autocorrelación en el primer y decimoséptimo rezago. Por último, el índice de acciones presentó autocorrelación en el primer rezago y en el octavo.

#### VI.3.4 Modelo de Vectores Autorregresivos (VAR)

Con la metodología VAR se buscó relacionar las diferentes variables tanto en los períodos actuales como rezagadas. La ventaja de este modelo es que *a priori* no se debe diferenciar entre variables endógenas y exógenas, todas deben ser consideradas como endógenas (Sims,1980). La clasificación estadística de las variables solo se puede realizar una vez estudiada la Causalidad de Granger.

Lo primero que se hizo fue crear un VAR con dos rezagos que incluya las tres variables estudiadas (ib\_pdvsa, índice\_bonos e índice\_illiq) sin ser diferenciadas, sin importar si alguna tiene raíz unitaria. Sin embargo, queda por determinar la cantidad de rezagos óptimos del VAR a utilizar, para esto se aplicó la metodología de *Toda Yamamoto*. Bajo este método, los rezagos óptimos del VAR vendrán determinados por la cantidad de rezagos donde los criterios de información hagan mínimo y se le añade el máximo orden de integración que tengan las variables a estudiar (en este caso I(1) es el máximo orden).

Para el análisis de los criterios, se consideraron 20 rezagos y se encontró que los criterios de información *Final Prediction Error* (FPE) y *Akaike Information Criterion* (AIC) hacen mínimo en el tercer rezago. De esta manera, se concluye que la cantidad de rezagos óptimos será de cuatro (los tres del criterio más uno por el máximo orden de integración de la serie). Paso siguiente, se procede a la reestimación del VAR cambiando la cantidad de rezagos de dos a cuatro.

No obstante, el problema de autocorrelación no está del todo solucionado. Con el objetivo de encontrar una estimación confiable, fue necesario analizar la autocorrelación serial que puede existir en el VAR y tratar de corregirlo mediante la introducción de variables exógenas. Para esto se realiza el *VAR Residual Serial Correlation Test*, el cual presenta como hipótesis nula que no existe correlación serial en los residuos. La hipótesis nula fue aceptada cuando la probabilidad del rezago fue mayor a 0,1 ( $p > 0,1$ ).

En el caso de esta investigación, aunque el VAR con cuatro rezagos presentó autocorrelación serial, la misma fue solucionada incluyendo en el modelo como

variables exógenas los rezagos número 9, 10, 18 y 19 de las tres variables utilizadas. (Ver Anexo 8)

Una vez solucionado el problema, se procedió a realizar el *VAR Granger Causality/Block Exogeneity Wald Test*. Esta prueba busca indicar cuáles deberían ser, en el sentido estadístico, las variables dependientes e independientes de nuestro análisis. La hipótesis nula de esta prueba es que una variable no causa en el sentido de Granger a la otra, de modo que se esperó un resultado menor a 0,1 para poder rechazar la hipótesis nula y encontrar una relación de causalidad estadística.

Cuando analizamos la causalidad de Granger, solo una de las seis hipótesis que se generan es rechazada, es decir solo existe una relación unidireccional y estadísticamente significativa entre variables como se puede observar en la tabla N°12. Según esta metodología, la liquidez en los bonos de PDVSA causa en el sentido de Granger a la liquidez en los bonos emitidos por las otras compañías. Interesante resultado fue descubrir que la liquidez de las acciones no causa, ni son causadas (en el sentido de Granger) por ninguna de las variables restantes.

Tabla N° 12 Causalidad de Granger

Variable Dependiente: <i>ib_pdvsa</i>	
Variables Independientes	Probabilidad
<i>indice_bonos</i>	0.6863
<i>indice_illiq</i>	0.8844
Variable Dependiente: <i>indice_bonos</i>	
Variables Independientes	Probabilidad
<i>ib_pdvsa</i>	0.0147
<i>indice_illiq</i>	0.2558
Variable Dependiente: <i>índice_illiq</i>	
Variables Independientes	Probabilidad
<i>ib_pdvsa</i>	0.6217
<i>indice_bonos</i>	0.5428

Fuente: EViews

### VI.3.5 Ecuación de tendencia

Una vez formulado el VAR y analizada la causalidad de Granger, se procede a formular la ecuación de tendencia para el modelo. Esta ecuación busca, mediante una regresión por mínimos cuadrados ordinarios, relacionar las variables causales. Para

esto, se utilizará como variable dependiente el índice de liquidez de los bonos no emitidos por PDVSA (índice\_bonos) y como independiente el índice de liquidez de los bonos emitidos por PDVSA (ib\_pdvsa). El índice de liquidez de las acciones (índice\_acciones) queda fuera del análisis por no presentar ninguna causalidad.

La regresión a estimar tendrá como variables independientes la estructura autorregresiva de la variable dependiente (AR(1) y AR(17)) y la variable independiente (ib\_pdvsa) con su estructura autorregresiva (Ver Anexo 10)

El procedimiento para la deducción de la ecuación de tendencia es sistemático y mecánico. Primero, se incluyeron todas las variables mencionadas y se empiezan a eliminar las que no resulten significativas para la regresión, en otras palabras, se eliminaron de la regresión las que no presentaban un nivel estadístico de significancia del 5%.

Las variables fueron eliminadas ordenadamente, se iba de la más rezagada a la menos rezagada. Cada vez que se eliminó una variable, se volvió a correr el modelo para analizar la necesidad de eliminar otra de las variables independientes. Para este caso, la primera, y única, variable eliminada fue el componente autorregresivo de la variable dependiente (AR(17)) por no presentar un nivel de significancia estadística mayor a 95%. De resto, todas las demás resultaron significativas.

El resultado final y la ecuación de tendencia es el reflejado en la tabla N°13

Tabla N° 13 Ecuación de tendencia

Variable Dependiente	Variabes Independiente	Coefficiente	Probabilidad
d(índice_bonos)	dib_pdvsa	0,012184	0.0450
	dib_pdvsa(-1)	0,017488	0.0041
	AR(1)	-0,195755	0.0000

Fuente: EViews

De esta manera, se puede concluir que, con un 95% de confianza estadística, la liquidez agregada de los bonos de PDVSA diferenciada y rezagada un período, es significativa para explicar la liquidez agregada de los bonos no emitidos por PDVSA.

Sin embargo, el análisis no puede estar completo sin realizar pruebas de heteroscedasticidad a la regresión presentada como la ecuación de tendencia. Por este motivo, para conocer si la varianza de los errores es constante o no, se deberán aplicar las pruebas correspondientes. Para este trabajo se aplicaron las pruebas de heteroscedasticidad de *Breusch-Pagan-Godfrey* y la prueba de heteroscedasticidad ARCH LM.

Se realizó la primera prueba, la cual se distribuye como una distribución F y tiene como hipótesis nula la homocedasticidad en los residuos (Breusch y Pagan, 1979). De esta manera, si la serie es homocedastica el resultado del estadístico debería ser mayor a 0,1 para aceptar la hipótesis nula con un 90% de significancia estadística. Como se observa en la tabla N°14 el resultado del estadístico F fue de 0,0239, lo que significa que se rechaza la hipótesis nula y, en consecuencia, los residuos son heteroscedasticos.

La segunda prueba para la heteroscedasticidad realizada fue una especifica para este tipo de modelos. En la prueba ARCH LM, la hipótesis nula indica que no hay más términos ARCH de orden  $q$  en los residuos. La prueba se distribuye como una  $X^2$  de forma que, para rechazar la hipótesis nula y demostrar que hay componentes ARCH en la regresión, se necesita un valor estadístico menor a 0,1 si se quiere un resultado con un 90% de confianza (de Arce y Klein, 1998).

Se realizo esta prueba para doce rezagos por presentar data diaria. El resultado del estadístico se puede visualizar en la tabla N°14 de forma que se rechaza la hipótesis nula, lo que significa que hay al menos un componente ARCH dentro de nuestra regresión.

Tabla N° 14 Pruebas de heteroscedasticidad

Variable dependiente	Prueba de Breusch-Pagan Godfrey	Prueba de Heteroscedasticidad de ARCH LM
díndice bonos	0,0239	0,0000

Fuente: eViews

De esta manera, se puede concluir que la ecuación de tendencia es heteroscedástica. Esta conclusión tiene fundamento teórico fuerte. Las series financieras, y sobretodo las diarias, exhiben fuertes concentraciones de volatilidad. Sin embargo, no existe un consenso real sobre la razón económica de porqué la incertidumbre tiende a concentrarse (Engle, Focardi y Fabozzi, 2007).

#### VI.3.6 Modelo ARCH

Una vez definido el problema en los residuos y con un 90% de seguridad estadística, se puede afirmar que la serie posee un componente ARCH y se procede a la estimación del mismo. Los modelos ARCH, asumen que la volatilidad de un período está relacionada con la volatilidad del período anterior y busca solucionar este problema en la regresión.

De esta manera, se pasa a estimar la ecuación de tendencia no por mínimos cuadrados ordinarios, sino por la metodología ARCH. La metodología consiste en introducir un término ARCH y volver a hacer la prueba de heteroscedasticidad de ARCH LM para conocer si existe algún otro término que se pueda introducir, así se va realizando sucesivamente hasta haber introducido todos los componentes necesarios en la regresión.

En el caso de este trabajo de investigación se introdujo el primer componente ARCH en la regresión y el resultado fue significativo. Acto siguiente se realizó nuevamente la prueba ARCH LM y el resultado del estadístico fue 0,77, lo que quiere decir que la hipótesis nula fue aceptada, de manera que no se pueden introducir más componentes ARCH dentro de la regresión. (Ver Anexo 12).

Sin embargo, el modelo aún no queda resuelto, falta resolver como se distribuyen los residuos de este modelo ARCH. En caso de un ARCH, los residuos se pueden distribuir como una normal, como una *t-student* o como una distribución generalizada de errores (GED). Para conocer entonces la distribución correcta es necesario un análisis comparativo de las tres opciones. Se analizaron los criterios de información de Akaike (AIC), Schwarz (SC) y Hannan-Quinn (QN) de los tres métodos y se seleccionó la distribución que permita minimizar estos criterios de información. Los resultados pueden ser visualizados en la tabla N°15.

Tabla N° 15 Criterios de información para la distribución de los residuos

Criterios de Información	Distribución Normal	Distribución t-Student	Distribución GED
AIC	-13,9043	-14,9118	-14,1640
SC	-13,8747	-14,1564	-14,1285
HQ	-13,8929	-14,1782	-14,1503

Fuente: EViews y cálculos propios

De esta información, podemos concluir que el modelo final es un GARCH (0,1) donde la distribución de los residuos obedece una distribución *t-Student*.

Los resultados finales del modelo y la relación entre variables se resumen en la tabla N°16 donde podemos deducir el impacto de las variables independientes en la variable dependiente.

Tabla N° 16 Modelo Final GARCH (0,1)

Variable Dependiente	Variables Independiente	Coefficientes	Probabilidad
dindice_bonos	dib_pdvsa	0,009320	0,0172
	dib_pdvsa(-1)	0,009777	0,0095
	AR(1)	-0,141210	0,0000

Fuente: EViews y cálculos propios

Como en una regresión por mínimos cuadrados ordinarios, las variables que posean en su coeficiente el signo positivo tienen un impacto del mismo sentido en la variable dependiente, en otras palabras, se mueven en el mismo sentido. Caso contrario ocurre cuando el coeficiente muestre un signo negativo; cuando esto ocurre, un cambio en la variable independiente genera cambios de sentido contrario en la variable dependiente.

Como se observa en la tabla N°16 cambios en el índice de liquidez de PDVSA, diferenciado y rezagados un período, genera cambios en el mismo sentido al índice de liquidez de los bonos no PDVSA diferenciados. De esta manera se puede concluir que cambios en la liquidez de los bonos de PDVSA vendrán acompañados por cambios en la liquidez en los bonos de compañías petroleras seleccionadas para el análisis; de esta

manera se podría deducir que se comparte el riesgo de liquidez entre los bonos de estas compañías.

Este resultado resulta contrario a los descubrimientos empíricos mencionados en el Capítulo III de De Jong y Driessen (2006), Pasto y Stambaugh (2002), Amihud (2000), entre otros. Aunque estos autores no buscan una relación de la liquidez entre el mismo emisor pero en distintos mercados, indagan (y encuentran) una relación de retornos a partir de la liquidez. Chordia (2003) si estudio específicamente la correlación de la liquidez pero entre los títulos del tesoro norteamericano y las acciones, en este trabajo el autor descubrió que existe una relación entre estas dos variables. De tal forma, aunque el resultado señalado en la Tabla N°11 es contrario a estas teorías, no resulta inquietante. Se puede concluir que estadísticamente, y para el caso de estas compañías, no existe una relación causal entre los bonos y las acciones.

En este orden de ideas, y para este estudio en específico, la interrelación entre mercados no es un hecho irrefutable. Como se observó, el mercado de renta fija es independiente estadísticamente del mercado de renta variable.

Como último detalle a enfatizar, los coeficientes pueden ser en términos absolutos poco significativos, sin embargo hay que recordar que se trabajó con la diferencia de los *bid-ask spread* dividido entre el *mid price* de la cotización; de este modo, en términos relativos los coeficientes no son tan insignificativos como parecieran ser.

## CONCLUSIONES

Estimar series financieras con frecuencia diaria en los datos tiene sus implicaciones estadísticas como ya fue explicado anteriormente. De esta manera, el objetivo final del presente estudio fue encontrar una relación entre la liquidez de los títulos emitidos por PDVSA y los títulos emitidos por Chevron, Shell, Total S.A. y Statoil a través de un modelo de Heteroscedasticidad Condicional Autoregresivo (ARCH).

Durante el desarrollo de esta metodología se llegaron a conclusiones bastante interesantes. Se obtuvo, por ejemplo, que la liquidez en las acciones del grupo de compañías seleccionadas no causan (ni es causada) en el sentido de Granger, por la liquidez en los bonos de ellas mismas, resultado que contradice a una parte de la teoría citada anteriormente, donde se muestran análisis empíricos que sustentan la interrelación de mercados.

Del mismo modo, se encuentra otra relación fundamental para el análisis. La liquidez de los bonos de PDVSA, causa en el sentido de Granger a la liquidez de los bonos emitidos por las otras compañías de la muestra; sin embargo el caso contrario no se cumple, lo que implica una causalidad unidireccional que tiene un respaldo económico basado en las teorías de riesgo.

La razón fundamental detrás de este resultado unidireccional se basa en la siguiente premisa: Aunque efectivamente el mercado considere a PDVSA parte del mercado de títulos de renta fija del sector energético, esta causalidad se encuentra relacionada con la capacidad crediticia que se le asigna el emisor. Ante choques de incertidumbre, siguiendo la teoría del *flight to quality*, los inversionistas inclinarán su cartera hacia títulos menos riesgosos. Para comprender a fondo este argumento, es necesario contextualizar el período del análisis (2013-2015). Este horizonte temporal estudiado ha estado marcado por altas volatilidades en el precio del petróleo, variable que da el ritmo al mercado energético y a todos sus títulos.

Otro argumento en el cual se puede basar este resultado, que sigue la misma línea lógica del anterior, es la teoría del *fly to liquidity*. En esta se enuncia que bajo

momentos de incertidumbre, el inversionista preferirá mover su inversiones de los títulos menos líquidos a los más líquidos, de tal forma queantes choques de volatilidad, los inversionistas preferirán reducir sus títulos poco líquidos (como PDVSA) para irse a los más líquidos como los de las otras compañías analizadas.

La evidencia de la poca liquidez de los títulos de PDVSA se encuentra cuantificada en el capítulo VI de este trabajo en la tabla N°8 donde se puede observar un *spread* ponderado para los bonos de PDVSA significativamente mayor que el de sus semejantes.

Este trabajo, aunque logra explicar de forma estadística la relación de la liquidez entre las variables en cuestión, deja por fuera varias variables que también podría ser significativas para el análisis pero escapan de las capacidades. Por ejemplo, incluir la variable volumen a los bonos tal y como se estudia para las acciones podría arrojar resultados diferentes, sin embargo existe la incapacidad de conseguir los datos de las transacciones diarias por títulos. Asimismo, podría ser interesante la continuación de este trabajo incluyendo más compañías petroleras y estudiándolas por separado

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Acharya, V. V., Amihud, Y., & Bharath, S. (Mayo de 2010). *The National Bureau of Economic Research*. From National Bureau of Economic Research Web Site: [www.nber.org/papers/w16394.pdf](http://www.nber.org/papers/w16394.pdf)
- Allen, F., & Gale, D. (2000). *Financial Contagion*. the Journal Of Political Economy.
- Alonso, J. C. (2010). *Tutorial para pruebas de raíces unitarias*. Universidad ICESI.
- Amihud, Y. (1986). Asset Pricing and the Bid-Ask Spread. *Journal of Financial Economics* , 225-233.
- Amihud, Y. (2002). Illiquidity and stock returns: cross-section and time-series effects. *Journal of Financial Markets* , 31-56.
- Amihud, Y., & Mendelson, H. (1986). Asset Pricing and the bid-ask spread. *Journal of Financial Economics* , 17, 223-249.
- Asterious, D., & Hall, S. (2011). The Breusch-Godfrey LM test for serial correlation.
- Bao, J., Pan, J., & Wang, J. (2008). *Liquidity of Corporate Bonds*.
- Beber, A., Brandt, M., & Kavajecz, K. (2006). Flight-To-Quality Or Flight-To-Liquidity? Evidence From The Euro-Area Bond Market. *National Bureau Of Economic Research* .
- Bollen, N., & Whaley, R. (1998). Are teenies better? *Journal of Portfolio Management* , 25, 10-24.
- Bollerslev, T. (1986). *Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity*. San Diego: University of California.
- Boungy. (22 de Febrero de 2015). *La deuda externa de PDVSA en Bonos*. Retrieved 17 de Junio de 2015 from El Universal: <http://www.eluniversal.com/economia/150222/la-deuda-externa-de-pdvsa-en-bonos>
- Breusch, T., & Pagan, R. (1979). A simple test for heteroscedasticity and random coefficient variation. *Econometrica* , 47 (8), 1287-1294.
- Chacko, G. (2004). Liquidity Risk in the Corporate Bond Markets. *Harvard Business School* .
- Chamberlin, A. (19 de Marzo de 2015). *Chevron may face liquidity crunch as debt grows*. From Market Realist:

<http://marketrealist.com/2015/03/chevron-corporation-may-face-liquidity-crunch-debt-grows/>.

Chen, L., Lesmond, D. A., & Wei, J. (2007). Corporate Yield Spreads and Bond Liquidity. *The Journal of Finance* , 119-149.

Chevron. (2015). *Chevron Annual Report 2015*. Chevron.

Chordia, T., Roll, R., & Subrahmanyam, A. (2005). *Liquidity and Market Efficiency*. Bussines Rice.

Chordia, T., Sarkar, A., & Subrahmanyam, A. (2003). *An Empirical Analysis of Stock and Bond Market Liquidity*. New York : Federal Reserve Bank of New York Staff Report.

Chordia, T., Sarkar, A., & Subrahmanyam, A. (2001). *Common Determinants of Bond and Stock Market Liquidity: The Impact of Financial Crises, Monetary Policy, and Mutual Fund Flows*. Los Angeles.

De Arce, R. M. (2003). *Modelo ARIMA. Programa Citius-Técnicas de previsión de variables financieras*. UDI Economía e Informática.

Deogun, N., Barrionuevo, A., & Herrick, T. (16 de Octubre de 2000). *Chevron to Buy Texaco for \$35.1 Billion Creating World's 4th-Biggest Oil Firm*. From The Wall Street Journal: <http://www.wsj.com/article/SB971480081661348800>

Dionne, G. (2013). Risk Management: History, Definition and Critique.

Eddings, C., & Stam, E. (24 de Febrero de 2015). *Chevron raises \$6 billions from bond deal repaying borrowings*. From Bloomberg: <http://www.bloomberg.com/news/articles/2015-02-24/chevron-said-to-plan-bond-sale-in-second-deal-since-oil-plunge>.

Elton, E. J., Gruber, M. J., Agrawal, D., & Mann, C. (2001). Explaining th Rate Spread on Corporate Bonds. *The Journal of Finance* , 1-32.

Engle, R., Focardi, S., & Fabozzi, F. (2007). ARCH/GARCH Models in applied financial econometrics. *Handbook of Finance* , 3.

Fernandez, P. L., & Tejos, F. J. (2011). Valor en Riesgo Ajustado por Riesgo de Liquidez, propuesta de aplicacion a cartera de acciones chilenas. *Journal of Finance* , 1-16.

French, E. F., & R, K. (1993). Common Risk Factors in the Returns on Stocks and Bonds. *Journal of Financial Economics* , 3-56.

Garcia, V., & Liu, L. (1999). *Macroecnomic Determinants Of Stock Market Development*. Journal of Applied Economics.

- Gitman, L., & Joehnk, M. (2009). *Fundamentos de Inversiones*. Mexico: Pearson Education.
- Goyenko, Y. &. (2009). Stock and Bond Market Liquidity: A long-Run Empirical Analysis. *Journal of Financial and Quantitative Analysis* , 189-212.
- Griaznos, A., Sevenin, L., & Redmond, S. (2016). *BP PLC, Total S.A., and Statoil ASA downgraded after Oil Price assumptions revised and annual results released*. Standard & Poor's Rating Services. McGraw Hill Financial.
- Gujarati, D. & Porter, D.(2010). *Econometría*. Mexico, D.F.: Mc Graw Hill.
- Hausmann, R., & Santos, M. A. (5 de September de 2014). *Bussines and Finance: Project Syndicate*. From Project Syndicate: <http://www.project-syndicate.org/commentary/ricardo-hausmann-and-miguel-angel-santos-pillory-the-maduro-government-for-defaulting-on-30-million-citizens--but-not-on-wall-street?version=spanish&barrier=true>
- Herndon, A., Martin, C., & Goosens, E. (2011). *Total to Buy 60% of SunPower for \$1.38 Billion in Solar Bet*. From Bloomberg: <http://www.bloomberg.com/news/articles/2011-04-28/total-to-begin-friendly-tender-for-up-to-60-of-sunpower-shares>.
- Holton, G. (2004). Defining Risk. *Financial Analyst Journal* , 60 (6).
- Hubbard, D. (2009). *The Failure of Risk Management: why it's broken and how to fix it*. New Jersey, Estados Unidos: John Wiley & Sons, Inc.
- International Capital Market Association. (2013). *Economic Importance of the Corporate Bond Markets*. Zurich.
- Johnston, J. & DiNardo, J. (1997) *Econometrics Methods*. McGraw-Hill
- De Jong, F., & Driessen, J. (22 de September de 2006). Liquidity Risk Premia in Corporate Bond Markets. Amsterdam, Amsterdam, Netherlands.
- Kennedy, S., & Jelter, J. (18 de Diciembre de 2006). *Statoil to buy Norsk Hydro's oil, gas division*. From Market Watch: <http://www.marketwatch.com/story/statoil-to-buy-norsk-hydro-energy-division-for-about-30-billion>
- Kwiatkowski, D. (1992). Testing the Null Hypothesis of Stationarity Against the Alternative of a Unit Root. *Journal of Econometrics* 54 , 159-178.
- Lara, A. (2007). *En Medición y Control de Riesgos Financieros*. Mexico: Limisa, S.A.

- Longstaff, F., Mithal, S., & Neis, E. (2004). *Corporate Yield Spreads: Default Risk or Liquidity? New Evidence from the Credit-Default Swap Market*. Cambridge: National Bureau Of Economic Research.
- López, G. D. (2002). *Duration y Volatilidad*. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires.
- Mascareñas, J. (1991). *Activos Financieros de renta fija*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- Mata, L. N. (2000). *Revisión de los métodos cuantitativos en la economía*. . Caracas: Estudios de Postgrado de la Facultad de Ciencias Económicas y Sociales de la Universidad Central de Venezuela.
- Moody's Global Credit Research. (21 de Marzo de 2016). *Moody's*. From Moody's downgrades Statoil's rating to Aa3 and BCA to a2; stable outlook: [https://www.moody.com/research/Moodys-downgrades-Statoils-rating-to-Aa3-and-BCA-to-a2--PR\\_345228](https://www.moody.com/research/Moodys-downgrades-Statoils-rating-to-Aa3-and-BCA-to-a2--PR_345228)
- Moody's Global Credit Research. (8 de Abril de 2016). *Moody's downgrades Total S.A's rating to Aa3; stable outlook*. From Moody's Investor Services: [https://www.moody.com/research/Moodys-downgrades-Total-SAs-rating-to-Aa3-stable-outlook--PR\\_346326](https://www.moody.com/research/Moodys-downgrades-Total-SAs-rating-to-Aa3-stable-outlook--PR_346326)
- Nikolaou, K. (2009). *Liquidity (Risk) Concepts, Definitions and Interactions*. European Central Bank.
- Organization of the Petroleum Exporting Countries. (2014). *Annual Statistical Bulletin*. Viena: OPEC.
- Pedersen, Acharya, V. V., & Heje, L. (2003). *Asset Pricing with Liquidity Risk*. New York: Stern School of Bussines.
- Pegalajar, M. (2010). *Análisis de Series. Modelos Heterocedásticos*. Granada: Universidad de Granada.
- Peón, F. V. (2010). *Normalidad de los errores*. Ciudad de Mexico: Universidad Autónoma Metropolitana.
- Pérez, Á. (2009). *Heterocedasticidad*. UOC.
- Petróleos de Venezuela S.A. (2008). *Informe de Gestión Anual 2008*. Caracas: PDVSA.
- Petróleos de Venezuela S.A. (2010). *Informe de Gestión 2010*. PDVSA, Caracas.
- Petróleos de Venezuela S.A. (2013). *Gestión Anual 2013. Administración Soberana de Nuestros Recursos*. PDVSA. CARacas: PDVSA.

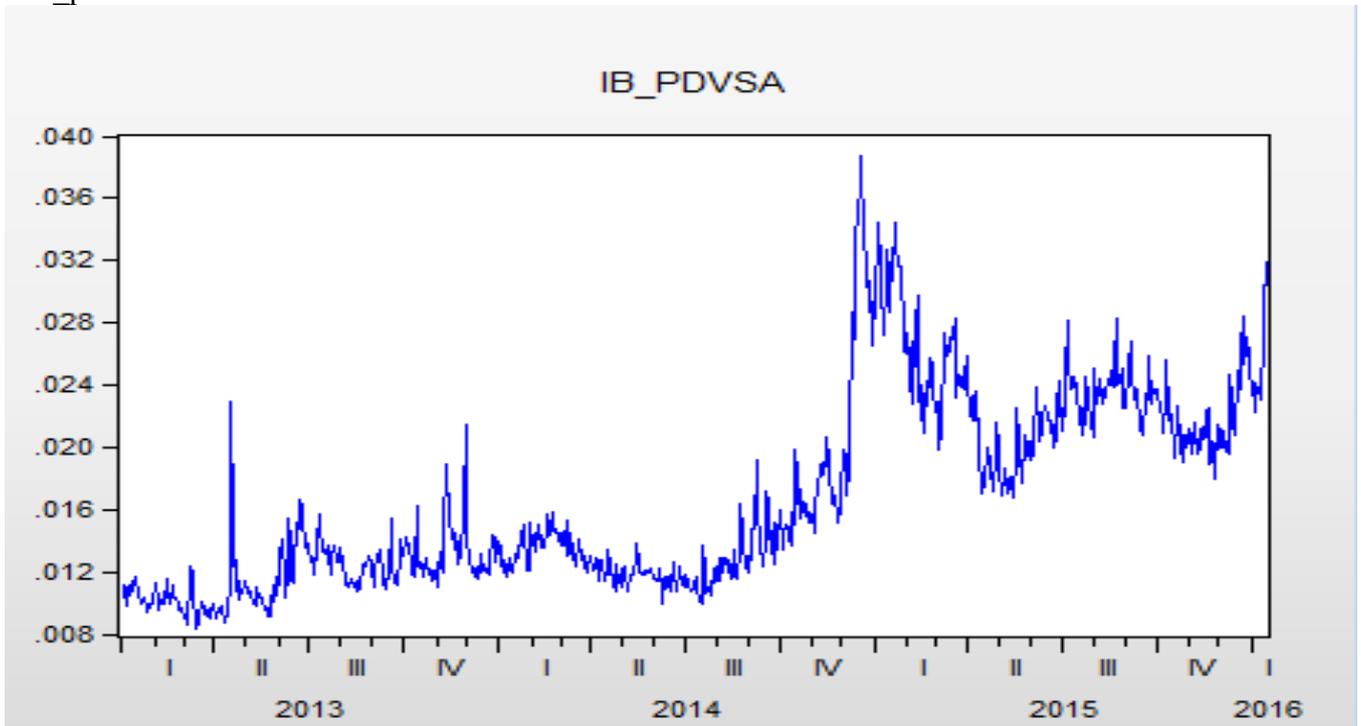
- Petróleos de Venezuela S.A. (2014). *Informe de Gestión Anual 2014*. Caracas: PDVSA.
- Porzecanski, K., & Pitts, P. (9 de Febrero de 2015). *Venezuela's citgo squeeze not cheap with 12% bond yield*. From Bloomberg: <http://www.bloomberg.com/news/articles/2015-02-10/venezuela-s-citgo-squeeze-not-cheap-with-12-yield-andes-credit>
- Ramirez, D. (2003). *Autocorrelacion*. Mérida: Universidad de los Andes.
- Rapier, R. (30 de Marzo de 2016). *The 25 Biggest Oil and Gas Companies in the World*. From Forbes: <http://www.forbes.com/sites/rrapier/2016/03/30/the-worlds-largest-public-oil-and-gas-companies/#5796f7056cf1>
- Rascouet, A., De Beaupuy, F., & Hirtenstein, A. (2016). *Total to Buy Battery Maker Saft in Push to Expand Clean Energy*. From Bloomberg: <http://www.bloomberg.com/news/articles/2016-05-09/total-to-buy-french-battery-maker-saft-in-1-1-billion-deal>
- Rosch, C., & Kaserer, C. (2013). *Market liquidity in the financial crisis: The role of liquidity commonality and flight-to-quality*. Berlin: Journal Of Banking and finance.
- Royal Dutch Shell. (2015). *Annual Report and Form 20-F 2015*. Royal Dutch Shell.
- Ruiz, G., Jimenez, J., & Torres, J. (2000). *La gestión del riesgo financiero*. Madrid: Piramide.
- Sims, C. (1980). Macroeconomics and Reality. In C. Sims, *Macroeconomics and Reality* (pp. 1-48). Econometrica .
- Stambaugh, Pastor, L., & F, R. (2003). *Liquidity Risk and Expected Stock Returns*. The Journal of Political Economy.
- Statoil. (18 de Abril de 2012). *Statoil News*. From Statoil accepts bid for Statoil Fuel & Retail - further strengthens upstream focus: <http://www.statoil.com/en/NewsAndMedia/News/2012/Pages/18April12StatoilAcceptsBid.aspx>.
- Statoil. (2015). *Annual report on form 20F*. Statoil.
- Tendulkar, R., & Hancock, G. (2014). *Corporate Bond Markets: A Global Perspective*. IOSCO Research Department.
- Torrero, A. (2005). *The Increasing Relevance Of The Stock Market In The World: A New Scenario*. Alcalá: Universidad de Alcalá.
- Total S.A. (2015). *Form F-20 2015*. Total S.A. Annual Publications, Paris.

- Van Deventer, D. (2014). *Royal Dutch Shell PLC: The View from the bond market.*  
From Kamakura Corporation:  
<http://www.kamakuraco.com/Blog/tabid/231/EntryId/592/Royal-Dutch-Shell-PLC-The-View-from-the-Bond-Market.aspx>
- Wang, Ling, H., & Junbo. (2010). Liquidity Risk and Expected Corporate Bond Returns. *Journal of Financial Economics* , 629-639.
- Zhao, D. (2015). Liquidity Correlation Between The Bond And Stock Market. *Amsterdam Bussines School* , 3-21.

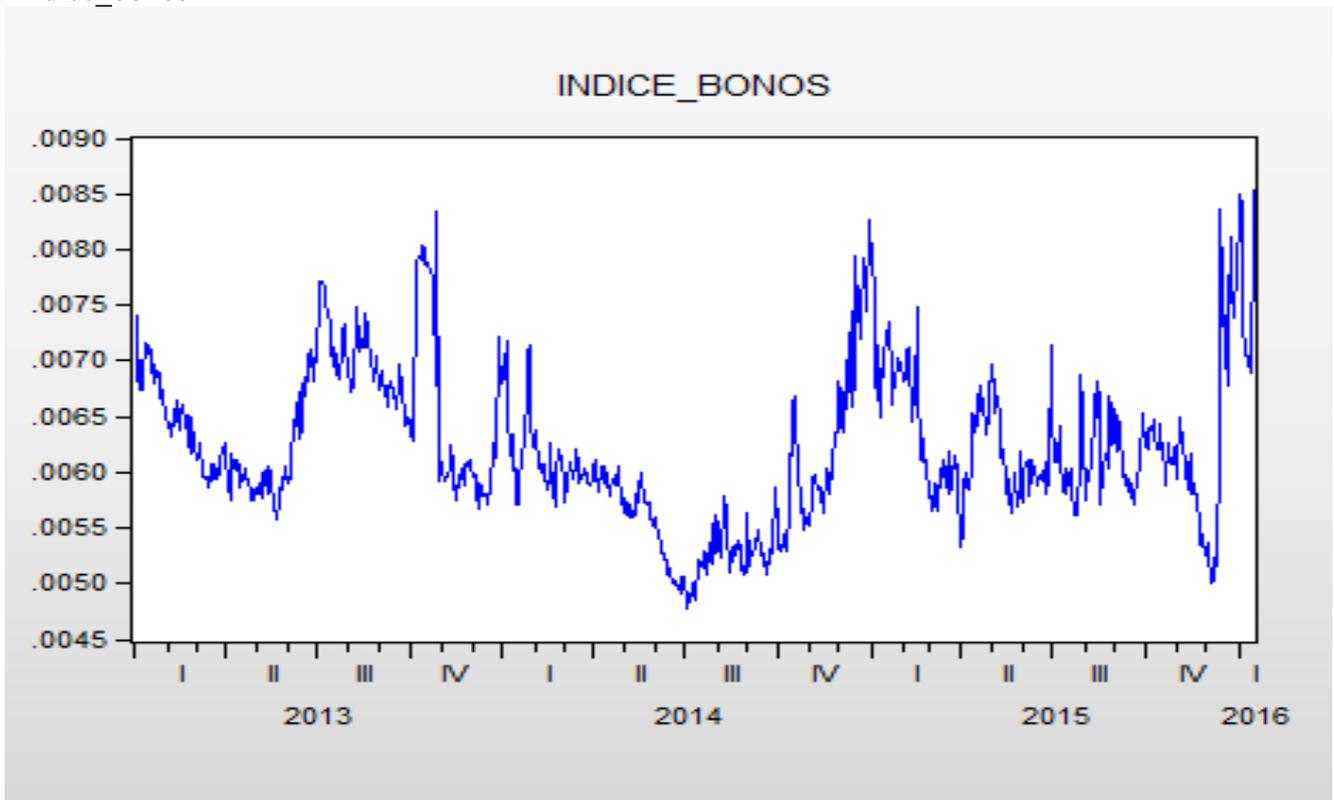
## ANEXOS

### Anexo 1: Gráficos de las series

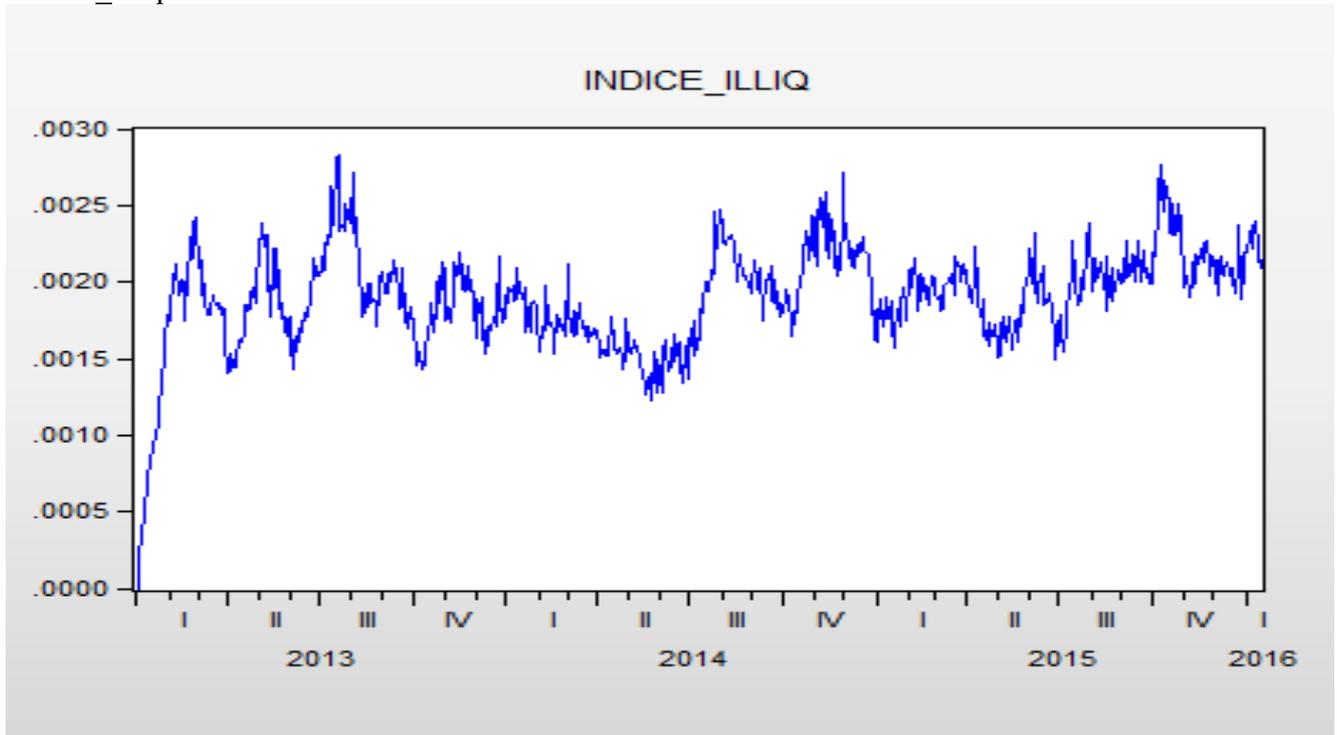
#### 1.1 ib\_pdvsa



#### 1.2 indice\_bonos



### 1.3 indice\_illiq



## Anexo 2: Prueba de Raíz Unitaria

### 2.1 Índice PDVSA

#### 2.1.1 Dickey Fuller Aumentado

Null Hypothesis: IB\_PDVSA has a unit root  
Exogenous: Constant, Linear Trend  
Lag Length: 1 (Automatic - based on SIC, maxlag=20)

	t-Statistic	Prob.*
<b>Augmented Dickey-Fuller test statistic</b>	<b>-4.521311</b>	<b>0.0014</b>
Test critical values:		
1% level	-3.969681	
5% level	-3.415500	
10% level	-3.129981	

\*Mackinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation  
Dependent Variable: D(IB\_PDVSA)  
Method: Least Squares  
Date: 05/24/16 Time: 20:40  
Sample (adjusted): 1/03/2013 1/15/2016  
Included observations: 792 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
IB_PDVSA(-1)	-0.063081	0.013952	-4.521311	0.0000
D(IB_PDVSA(-1))	-0.184184	0.035094	-5.248322	0.0000
C	0.000536	0.000160	3.350516	0.0008
@TREND("1/01/2013")	1.37E-06	3.66E-07	3.748225	0.0002
R-squared	0.071009	Mean dependent var		2.52E-05
Adjusted R-squared	0.067472	S.D. dependent var		0.001543
S.E. of regression	0.001490	Akaike info criterion		-10.17531
Sum squared resid	0.001749	Schwarz criterion		-10.15170
Log likelihood	4033.424	Hannan-Quinn criter.		-10.16624
F-statistic	20.07745	Durbin-Watson stat		2.026181
Prob(F-statistic)	0.000000			

#### 2.1.2 KPSS

Null Hypothesis: IB\_PDVSA is stationary  
Exogenous: Constant, Linear Trend  
Bandwidth: 22 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	LM-Stat.
<b>Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin test statistic</b>	<b>0.184748</b>
Asymptotic critical values*:	
1% level	0.216000
5% level	0.146000
10% level	0.119000

\*Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (1992, Table 1)

Residual variance (no correction)	1.50E-05
HAC corrected variance (Bartlett kernel)	0.000263

KPSS Test Equation  
Dependent Variable: IB\_PDVSA  
Method: Least Squares  
Date: 05/24/16 Time: 20:40  
Sample: 1/01/2013 1/15/2016  
Included observations: 794

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.008578	0.000275	31.16726	0.0000
@TREND("1/01/2013")	2.04E-05	6.01E-07	34.00206	0.0000
R-squared	0.593458	Mean dependent var		0.016681
Adjusted R-squared	0.592945	S.D. dependent var		0.006084
S.E. of regression	0.003881	Akaike info criterion		-8.262679
Sum squared resid	0.011932	Schwarz criterion		-8.250898
Log likelihood	3282.284	Hannan-Quinn criter.		-8.258152
F-statistic	1156.140	Durbin-Watson stat		0.157849
Prob(F-statistic)	0.000000			

## 2.2 Índice Bonos

### 2.2.1 Dickey Fuller Aumentado

Null Hypothesis: INDICE\_BONOS has a unit root  
 Exogenous: Constant  
 Lag Length: 1 (Automatic - based on SIC, maxlag=20)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-4.112188	0.0010
Test critical values:		
1% level	-3.438381	
5% level	-2.864974	
10% level	-2.568654	

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

Augmented Dickey-Fuller Test Equation  
 Dependent Variable: D(INDICE\_BONOS)  
 Method: Least Squares  
 Date: 05/24/16 Time: 20:43  
 Sample (adjusted): 1/03/2013 1/15/2016  
 Included observations: 792 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
INDICE_BONOS(-1)	-0.055215	0.013427	-4.112188	0.0000
D(INDICE_BONOS(-1))	-0.161334	0.035474	-4.547985	0.0000
C	0.000345	8.40E-05	4.107655	0.0000
R-squared	0.055797	Mean dependent var		1.46E-06
Adjusted R-squared	0.053404	S.D. dependent var		0.000263
S.E. of regression	0.000256	Akaike info criterion		-13.70226
Sum squared resid	5.15E-05	Schwarz criterion		-13.68455
Log likelihood	5429.095	Hannan-Quinn criter.		-13.69545
F-statistic	23.31282	Durbin-Watson stat		1.986607
Prob(F-statistic)	0.000000			

### 2.2.2 KPSS

Null Hypothesis: INDICE\_BONOS is stationary  
 Exogenous: Constant, Linear Trend  
 Bandwidth: 22 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	LM-Stat.
Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin test statistic	0.227642
Asymptotic critical values*:	
1% level	0.216000
5% level	0.146000
10% level	0.119000

\*Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (1992, Table 1)

Residual variance (no correction)	4.77E-07
HAC corrected variance (Bartlett kernel)	7.64E-06

KPSS Test Equation  
 Dependent Variable: INDICE\_BONOS  
 Method: Least Squares  
 Date: 05/24/16 Time: 20:47  
 Sample: 1/01/2013 1/15/2016  
 Included observations: 794

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.006342	4.90E-05	129.3285	0.0000
@TREND("1/01/2013")	-2.91E-07	1.07E-07	-2.718248	0.0067
R-squared	0.009243	Mean dependent var		0.006227
Adjusted R-squared	0.007992	S.D. dependent var		0.000694
S.E. of regression	0.000692	Akaike info criterion		-11.71266
Sum squared resid	0.000379	Schwarz criterion		-11.70088
Log likelihood	4651.926	Hannan-Quinn criter.		-11.70813
F-statistic	7.388873	Durbin-Watson stat		0.145030
Prob(F-statistic)	0.006706			

## 2.3 Índice ILLIQ

### 2.3.1 Dickey Fuller Aumentado

Null Hypothesis: INDICE\_ILLIQ has a unit root  
 Exogenous: Constant  
 Lag Length: 2 (Automatic - based on SIC, maxlag=20)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-5.745664	0.0000
Test critical values:		
1% level	-3.438391	
5% level	-2.864979	
10% level	-2.568656	

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

Augmented Dickey-Fuller Test Equation  
 Dependent Variable: D(INDICE\_ILLIQ)  
 Method: Least Squares  
 Date: 05/24/16 Time: 20:48  
 Sample (adjusted): 1/04/2013 1/15/2016  
 Included observations: 791 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
INDICE_ILLIQ(-1)	-0.076411	0.013299	-5.745664	0.0000
D(INDICE_ILLIQ(-1))	-0.243179	0.034870	-6.973800	0.0000
D(INDICE_ILLIQ(-2))	-0.156321	0.034467	-4.535428	0.0000
C	0.000149	2.57E-05	5.807329	0.0000
R-squared	0.120994	Mean dependent var		2.43E-06
Adjusted R-squared	0.117643	S.D. dependent var		0.000126
S.E. of regression	0.000118	Akaike info criterion		-15.24756
Sum squared resid	1.09E-05	Schwarz criterion		-15.22393
Log likelihood	6034.411	Hannan-Quinn criter.		-15.23848
F-statistic	36.10969	Durbin-Watson stat		2.005543
Prob(F-statistic)	0.000000			

### 2.3.2 KPSS

Null Hypothesis: INDICE\_ILLIQ is stationary  
 Exogenous: Constant, Linear Trend  
 Bandwidth: 22 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	LM-Stat
Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin test statistic	0.098285
Asymptotic critical values*:	
1% level	0.216000
5% level	0.146000
10% level	0.119000

\*Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (1992, Table 1)

Residual variance (no correction)	9.80E-08
HAC corrected variance (Bartlett kernel)	1.37E-06

KPSS Test Equation  
 Dependent Variable: INDICE\_ILLIQ  
 Method: Least Squares  
 Date: 05/24/16 Time: 20:51  
 Sample: 1/01/2013 1/15/2016  
 Included observations: 794

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.001709	2.22E-05	76.90852	0.0000
@TREND("1/01/2013")	4.87E-07	4.85E-08	10.04443	0.0000
R-squared	0.112993	Mean dependent var		0.001903
Adjusted R-squared	0.111873	S.D. dependent var		0.000333
S.E. of regression	0.000313	Akaike info criterion		-13.29550
Sum squared resid	7.78E-05	Schwarz criterion		-13.28372
Log likelihood	5280.312	Hannan-Quinn criter.		-13.29097
F-statistic	100.8906	Durbin-Watson stat		0.160641
Prob(F-statistic)	0.000000			

### Anexo 3: Prueba de Autocorrelación Serial *Breusch-Godfrey*

#### 3.1 Índice PDVSA diferenciado

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test

F-statistic	4.377000	Prob. F(20,772)	0.0000
Obs*R-squared	80.76322	Prob. Chi-Square(20)	0.0000

Test Equation:  
 Dependent Variable: RESID  
 Method: Least Squares  
 Date: 05/26/16 Time: 16:52  
 Sample: 1/02/2013 1/15/2016  
 Included observations: 793  
 Presample missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-5.99E-06	5.26E-05	-0.113844	0.9094
RESID(-1)	-0.277170	0.035992	-7.700883	0.0000
RESID(-2)	-0.153665	0.037487	-4.099129	0.0000
RESID(-3)	-0.148050	0.038067	-3.889177	0.0001
RESID(-4)	-0.136356	0.038390	-3.551839	0.0004
RESID(-5)	-0.077685	0.038747	-2.004949	0.0453
RESID(-6)	-0.035666	0.038846	-0.918123	0.3588
RESID(-7)	-0.022909	0.038871	-0.589358	0.5558
RESID(-8)	-0.104571	0.038904	-2.687923	0.0073
RESID(-9)	-0.077345	0.039109	-1.977684	0.0483
RESID(-10)	-0.040466	0.039159	-1.033368	0.3018
RESID(-11)	-0.056877	0.039169	-1.452090	0.1469
RESID(-12)	-0.030012	0.039182	-0.765958	0.4439
RESID(-13)	0.021206	0.039039	0.543204	0.5871
RESID(-14)	0.008337	0.039047	0.213505	0.8310
RESID(-15)	0.021787	0.039066	0.557689	0.5772
RESID(-16)	-0.032500	0.039019	-0.832926	0.4051
RESID(-17)	-0.086480	0.038736	-2.232525	0.0259
RESID(-18)	-0.055983	0.038547	-1.452314	0.1468
RESID(-19)	-0.039853	0.038104	-1.045885	0.2959
RESID(-20)	0.001152	0.036751	0.031351	0.9750

R-squared	0.101845	Mean dependent var	-2.18E-19
Adjusted R-squared	0.078577	S.D. dependent var	0.001542

#### 3.2 Índice de Bonos diferenciado

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:

F-statistic	4.162045	Prob. F(20,772)	0.0000
Obs*R-squared	77.18297	Prob. Chi-Square(20)	0.0000

Test Equation:  
 Dependent Variable: RESID  
 Method: Least Squares  
 Date: 05/26/16 Time: 16:54  
 Sample: 1/02/2013 1/15/2016  
 Included observations: 793  
 Presample missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-1.42E-06	9.01E-06	-0.157311	0.8750
RESID(-1)	-0.196399	0.036381	-5.398454	0.0000
RESID(-2)	-0.090508	0.037031	-2.444109	0.0147
RESID(-3)	-0.103013	0.037261	-2.764605	0.0058
RESID(-4)	-0.048575	0.037076	-1.310166	0.1905
RESID(-5)	-0.058891	0.037100	-1.587329	0.1128
RESID(-6)	-0.043084	0.037133	-1.160247	0.2463
RESID(-7)	0.047200	0.037142	1.270817	0.2042
RESID(-8)	-0.128111	0.037276	-3.436776	0.0006
RESID(-9)	-0.035886	0.037941	-0.945845	0.3445
RESID(-10)	-0.029404	0.037964	-0.774514	0.4389
RESID(-11)	-0.006691	0.037997	-0.176084	0.8603
RESID(-12)	0.024747	0.038085	0.649790	0.5160
RESID(-13)	0.000315	0.037877	0.008304	0.9934
RESID(-14)	-0.047063	0.037886	-1.242225	0.2145
RESID(-15)	-0.038190	0.037914	-1.007275	0.3141
RESID(-16)	0.033982	0.037920	0.896140	0.3705
RESID(-17)	-0.131966	0.037997	-3.473051	0.0005
RESID(-18)	-0.045284	0.038387	-1.179679	0.2385
RESID(-19)	-0.083873	0.038452	-2.181244	0.0295
RESID(-20)	-0.043302	0.037711	-1.148266	0.2512

R-squared	0.097330	Mean dependent var	4.32E-20
-----------	----------	--------------------	----------

### 3.3 Índice ILLIQ

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:

F-statistic	198.1385	Prob. F(20,773)	0.0000
Obs*R-squared	664.3987	Prob. Chi-Square(20)	0.0000

Test Equation:

Dependent Variable: RESID

Method: Least Squares

Date: 05/26/16 Time: 16:58

Sample: 1/01/2013 1/15/2016

Included observations: 794

Presample missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	1.57E-07	4.83E-06	0.032450	0.9741
RESID(-1)	0.742674	0.035949	20.65918	0.0000
RESID(-2)	0.083488	0.044795	1.863772	0.0627
RESID(-3)	0.113935	0.044860	2.539758	0.0113
RESID(-4)	0.005785	0.045040	0.128440	0.8978
RESID(-5)	0.041765	0.045045	0.927188	0.3541
RESID(-6)	-0.081340	0.045079	-1.804404	0.0716
RESID(-7)	-0.027849	0.045139	-0.616957	0.5374
RESID(-8)	0.112428	0.045185	2.488189	0.0130
RESID(-9)	-0.055445	0.045282	-1.224446	0.2212
RESID(-10)	0.049050	0.045250	1.083982	0.2787
RESID(-11)	-0.069956	0.045253	-1.545885	0.1225
RESID(-12)	0.080363	0.045293	1.774297	0.0764
RESID(-13)	-0.018537	0.045204	-0.410067	0.6819
RESID(-14)	-0.056213	0.045196	-1.243760	0.2140
RESID(-15)	0.017858	0.045218	0.394930	0.6930
RESID(-16)	-0.018864	0.045226	-0.417100	0.6767
RESID(-17)	0.029554	0.045478	0.649862	0.5160
RESID(-18)	-0.050666	0.045319	-1.117976	0.2639
RESID(-19)	-0.019738	0.045249	-0.436211	0.6628
RESID(-20)	0.033708	0.036373	0.926735	0.3544
R-squared	0.836774	Mean dependent var	6.99E-19	

## Anexo 4: Prueba de autocorrelación serial *Breusch-Godfrey* después de introducir la estructura ARMA

### 4.1 Índice PDVSA diferenciado

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:

F-statistic	0.940437	Prob. F(20,769)	0.5349
Obs*R-squared	18.90831	Prob. Chi-Square(20)	0.5278

Test Equation:

Dependent Variable: RESID  
Method: Least Squares  
Date: 05/26/16 Time: 16:59  
Sample: 1/03/2013 1/15/2016  
Included observations: 792  
Presample missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-3.82E-07	2.50E-05	-0.015330	0.9878
AR(1)	-4.305016	4.133617	-1.041465	0.2980
MA(1)	3.681071	3.621409	1.016475	0.3097
RESID(-1)	0.599469	1.537489	0.389901	0.6967
RESID(-2)	-0.558088	1.128638	-0.494479	0.6211
RESID(-3)	-1.040638	1.201854	-0.865860	0.3868
RESID(-4)	-1.123116	1.157655	-0.970165	0.3323
RESID(-5)	-0.990637	1.024761	-0.966701	0.3340
RESID(-6)	-0.827952	0.863924	-0.958363	0.3382
RESID(-7)	-0.686559	0.706566	-0.971684	0.3315
RESID(-8)	-0.646034	0.567937	-1.137510	0.2557
RESID(-9)	-0.489667	0.450953	-1.085848	0.2779
RESID(-10)	-0.356410	0.354918	-1.004204	0.3156
RESID(-11)	-0.304594	0.278788	-1.092564	0.2749
RESID(-12)	-0.216342	0.218212	-0.991431	0.3218
RESID(-13)	-0.123550	0.169842	-0.727444	0.4672
RESID(-14)	-0.114991	0.134628	-0.854137	0.3933
RESID(-15)	-0.077001	0.107763	-0.714544	0.4751
RESID(-16)	-0.113633	0.086943	-1.306985	0.1916
RESID(-17)	-0.138103	0.070946	-1.946600	0.0519
RESID(-18)	-0.073174	0.059706	-1.225578	0.2207
RESID(-19)	-0.042360	0.052313	-0.809740	0.4183
RESID(-20)	0.006479	0.046395	0.139650	0.8890

### 4.2 Índice Bonos diferenciado

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:

F-statistic	1.541747	Prob. F(20,752)	0.0610
Obs*R-squared	30.56531	Prob. Chi-Square(20)	0.0612

Test Equation:

Dependent Variable: RESID  
Method: Least Squares  
Date: 05/26/16 Time: 17:01  
Sample: 1/25/2013 1/15/2016  
Included observations: 776  
Presample missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-2.52E-07	4.79E-06	-0.052475	0.9582
AR(1)	-0.504667	0.603282	-0.836536	0.4031
AR(17)	0.181081	0.189794	0.954093	0.3403
MA(1)	-0.543166	0.803619	-0.675899	0.4993
RESID(-1)	1.049391	1.023559	1.025237	0.3056
RESID(-2)	0.608110	0.587823	1.034512	0.3012
RESID(-3)	0.290051	0.354204	0.818882	0.4131
RESID(-4)	0.191800	0.221209	0.867053	0.3862
RESID(-5)	0.084487	0.141611	0.596616	0.5509
RESID(-6)	0.044480	0.094187	0.472246	0.6369
RESID(-7)	0.115994	0.066493	1.744447	0.0815
RESID(-8)	-0.102659	0.051158	-2.006695	0.0451
RESID(-9)	0.000581	0.043712	0.013294	0.9894
RESID(-10)	0.003681	0.040149	0.091676	0.9270
RESID(-11)	0.006191	0.038646	0.160209	0.8728
RESID(-12)	0.031517	0.038106	0.827078	0.4085
RESID(-13)	0.000911	0.037741	0.024140	0.9807
RESID(-14)	-0.049367	0.037449	-1.318242	0.1878
RESID(-15)	-0.027692	0.037456	-0.739331	0.4599
RESID(-16)	0.046039	0.037461	1.228990	0.2195
RESID(-17)	-0.194009	0.192904	-1.005730	0.3149
RESID(-18)	-0.106511	0.094450	-1.127694	0.2598
RESID(-19)	-0.139541	0.072900	-1.914139	0.0560

### 4.3 Índice ILLIQ

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:

F-statistic	1.826145	Prob. F(20,769)	0.0150
Obs*R-squared	35.95502	Prob. Chi-Square(20)	0.0156

Test Equation:

Dependent Variable: RESID  
Method: Least Squares  
Date: 05/26/16 Time: 17:03  
Sample: 1/02/2013 1/15/2016  
Included observations: 793  
Presample missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-4.78E-06	5.60E-05	-0.085363	0.9320
AR(1)	-0.003230	0.018600	-0.173629	0.8622
MA(1)	-4.487523	4.654172	-0.964194	0.3353
MA(8)	-1.692715	2.195112	-0.771129	0.4409
RESID(-1)	4.519378	4.646439	0.972654	0.3310
RESID(-2)	1.173397	1.294455	0.906480	0.3650
RESID(-3)	0.402898	0.359320	1.121280	0.2625
RESID(-4)	0.124780	0.104336	1.195943	0.2321
RESID(-5)	0.095370	0.044869	2.125519	0.0339
RESID(-6)	-0.024111	0.038387	-0.628102	0.5301
RESID(-7)	-0.044269	0.037980	-1.165585	0.2441
RESID(-8)	1.686467	2.191284	0.769625	0.4418
RESID(-9)	-0.060399	0.531838	-0.113567	0.9096
RESID(-10)	-0.089918	0.245794	-0.365827	0.7146
RESID(-11)	-0.115218	0.112178	-1.027101	0.3047
RESID(-12)	0.056685	0.056022	1.011834	0.3119
RESID(-13)	0.041187	0.041067	1.002923	0.3162
RESID(-14)	-0.023134	0.037751	-0.612810	0.5402
RESID(-15)	0.020305	0.037240	0.545258	0.5857
RESID(-16)	-0.190483	0.254086	-0.749678	0.4537
RESID(-17)	-0.010368	0.124985	-0.082957	0.9339
RESID(-18)	-0.031116	0.064839	-0.479902	0.6314
RESID(-19)	-0.030575	0.043853	-0.697209	0.4859

## Anexo 5: Vector Autorregresivo sin rezagos óptimos

### Vector Autoregression Estimates

Date: 05/26/16 Time: 17:26

Sample (adjusted): 1/03/2013 1/15/2016

Included observations: 792 after adjustments

Standard errors in ( ) & t-statistics in [ ]

	INDICE_BO...	IB_PDVSA	INDICE_ILLIQ
INDICE_BONOS(-1)	0.773904 (0.03540) [ 21.8637]	0.012803 (0.20957) [ 0.06109]	0.020638 (0.01662) [ 1.24151]
INDICE_BONOS(-2)	0.164328 (0.03535) [ 4.64848]	-0.000353 (0.20930) [-0.00169]	-0.015099 (0.01660) [-0.90951]
IB_PDVSA(-1)	0.018129 (0.00593) [ 3.05718]	0.774351 (0.03511) [ 22.0548]	0.000125 (0.00278) [ 0.04484]
IB_PDVSA(-2)	-0.014922 (0.00596) [-2.50550]	0.200948 (0.03526) [ 5.69868]	0.000646 (0.00280) [ 0.23100]
INDICE_ILLIQ(-1)	-0.082235 (0.07452) [-1.10360]	-0.250096 (0.44119) [-0.56687]	0.709656 (0.03499) [ 20.2792]
INDICE_ILLIQ(-2)	0.066952 (0.07305) [ 0.91657]	0.350445 (0.43249) [ 0.81029]	0.205565 (0.03430) [ 5.99233]
C	0.000361 (9.9E-05) [ 3.65171]	0.000175 (0.00059) [ 0.29781]	0.000117 (4.6E-05) [ 2.52080]
R-squared	0.866730	0.939270	0.862161
Adj. R-squared	0.865740	0.938280	0.861170

## Anexo 6: Criterio para la selección de los rezagos óptimos

VAR Lag Order Selection Criteria

Endogenous variables: INDICE\_BONOS IB\_PDVSA INDICE\_ILLIQ

Exogenous variables: C

Date: 05/26/16 Time: 17:27

Sample: 1/01/2013 1/15/2016

Included observations: 774

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	12703.88	NA	1.12e-18	-32.81882	-32.80079	-32.81188
1	15081.11	4729.885	2.47e-21	-38.93827	-38.86616	-38.91053
2	15127.64	92.21896	2.24e-21	-39.03525	-38.90905*	-38.98669*
3	15143.05	30.41708	2.20e-21*	-39.05181*	-38.87151	-38.98244
4	15149.47	12.62179	2.22e-21	-39.04514	-38.81076	-38.95496
5	15159.44	19.52628	2.21e-21	-39.04764	-38.75917	-38.93665
6	15169.23	19.10954	2.21e-21	-39.04970	-38.70714	-38.91790
7	15172.07	5.516342	2.24e-21	-39.03378	-38.63713	-38.88117
8	15178.87	13.15389	2.25e-21	-39.02808	-38.57735	-38.85466
9	15193.51	28.21801*	2.22e-21	-39.04265	-38.53783	-38.84842
10	15195.14	3.139376	2.26e-21	-39.02362	-38.46471	-38.80858
11	15203.00	15.02355	2.27e-21	-39.02067	-38.40767	-38.78482
12	15204.98	3.771349	2.31e-21	-39.00253	-38.33544	-38.74587
13	15211.83	12.99841	2.33e-21	-38.99698	-38.27581	-38.71951
14	15217.49	10.69049	2.35e-21	-38.98835	-38.21309	-38.69007
15	15220.02	4.759221	2.39e-21	-38.97163	-38.14228	-38.65254
16	15222.16	4.013582	2.43e-21	-38.95391	-38.07048	-38.61401
17	15227.20	9.390664	2.45e-21	-38.94366	-38.00614	-38.58295
18	15235.94	16.24588	2.46e-21	-38.94300	-37.95139	-38.56148
19	15239.12	5.885212	2.49e-21	-38.92797	-37.88227	-38.52563
20	15245.95	12.58103	2.51e-21	-38.92236	-37.82257	-38.49921

## Anexo 7: Vector Autorregresivo con rezagos óptimos

### Vector Autoregression Estimates

Date: 05/26/16 Time: 17:36

Sample (adjusted): 1/28/2013 1/15/2016

Included observations: 775 after adjustments

Standard errors in ( ) & t-statistics in [ ]

	INDICE_BO...	IB_PDVSA	INDICE_ILLIC
INDICE_BONOS(-1)	0.753878 (0.03738) [ 20.1696]	0.004863 (0.22027) [ 0.02208]	0.027339 (0.01732) [ 1.57826]
INDICE_BONOS(-2)	0.131644 (0.04731) [ 2.78287]	-0.056595 (0.27878) [-0.20301]	-0.010619 (0.02192) [-0.48438]
INDICE_BONOS(-3)	-0.019754 (0.04647) [-0.42512]	-0.029312 (0.27385) [-0.10704]	-0.003868 (0.02154) [-0.17960]
INDICE_BONOS(-4)	0.045499 (0.03894) [ 1.16860]	0.138598 (0.22945) [ 0.60404]	0.007992 (0.01804) [ 0.44293]
IB_PDVSA(-1)	0.018977 (0.00624) [ 3.04353]	0.731254 (0.03675) [ 19.9001]	0.000260 (0.00289) [ 0.08991]
IB_PDVSA(-2)	-0.011989 (0.00775) [-1.54643]	0.115628 (0.04569) [ 2.53073]	4.21E-05 (0.00359) [ 0.01171]
IB_PDVSA(-3)	0.003474 (0.00776) [ 0.44772]	0.007979 (0.04573) [ 0.17446]	0.000677 (0.00360) [ 0.18815]
IB_PDVSA(-4)	-0.001884 (0.00661) [-0.28478]	0.056080 (0.03898) [ 1.43879]	0.001289 (0.00307) [ 0.42053]
INDICE_ILLIQ(-1)	-0.350541 (0.46331) [-0.75661]	-0.118594 (0.07785) [-1.52329]	0.664718 (0.03634) [ 18.2923]
INDICE_ILLIQ(-2)	0.090087 (0.54907) [ 0.16407]	-0.049222 (0.09226) [-0.53348]	0.079234 (0.04307) [ 1.83986]
INDICE_ILLIQ(-3)	0.156419 (0.55615) [ 0.28126]	0.064078 (0.09345) [ 0.68566]	0.136631 (0.04362) [ 3.13227]
INDICE_ILLIQ(-4)	-0.163499 (0.50054) [-0.32665]	0.073147 (0.08411) [ 0.86966]	0.023263 (0.03926) [ 0.59254]
C	-0.000128 (0.00071) [-0.18142]	0.000227 (0.00012) [ 1.91066]	0.000169 (5.5E-05) [ 3.04317]

**Anexo 8: Prueba de Autocorrelación Serial al VAR con rezagos óptimos y variables exógenas.**

Null Hypothesis: no serial correlation ...  
Date: 05/26/16 Time: 17:37  
Sample: 1/01/2013 1/15/2016  
Included observations: 775

Lags	LM-Stat	Prob
1	6.015068	0.7384
2	9.341632	0.4064
3	13.39940	0.1454
4	15.34436	0.0819
5	6.296352	0.7099
6	13.57242	0.1384
7	13.48973	0.1417
8	30.58869	0.0003
9	9.113680	0.4268
10	10.16120	0.3376
11	4.798979	0.8515
12	8.370716	0.4973
13	9.536050	0.3893
14	11.92050	0.2178
15	3.451803	0.9437
16	9.268702	0.4128
17	19.33947	0.0225
18	14.11154	0.1184
19	13.21942	0.1529
20	8.956384	0.4413

Probs from chi-square with 9 df.

## Anexo 9: Causalidad de Granger

### VAR Granger Causality/Block Exogeneity Wald Tests

Date: 05/26/16 Time: 17:38

Sample: 1/01/2013 1/15/2016

Included observations: 775

#### Dependent variable: INDICE\_BONOS

Excluded	Chi-sq	df	Prob.
IB_PDVSA	12.32376	4	0.0151
INDICE_ILLIQ	5.092200	4	0.2780
All	16.45692	8	0.0363

#### Dependent variable: IB\_PDVSA

Excluded	Chi-sq	df	Prob.
INDICE_BO...	0.462988	4	0.9770
INDICE_ILLIQ	0.848214	4	0.9319
All	1.313182	8	0.9954

#### Dependent variable: INDICE\_ILLIQ

Excluded	Chi-sq	df	Prob.
INDICE_BO...	5.608172	4	0.2304
IB_PDVSA	1.257990	4	0.8685
All	8.104587	8	0.4233

## Anexo 10: Ecuación de tendencia

Dependent Variable: DINDICE\_BONOS  
 Method: Least Squares  
 Date: 05/26/16 Time: 17:50  
 Sample (adjusted): 1/03/2013 1/15/2016  
 Included observations: 792 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DINDICE_BONOS(-1)	-0.194588	0.034982	-5.562488	0.0000
DIB_PDVSA	0.011817	0.006057	1.950918	0.0514
DIB_PDVSA(-1)	0.019053	0.006068	3.139837	0.0018
C	8.50E-07	9.12E-06	0.093246	0.9257
R-squared	0.049504	Mean dependent var		1.46E-06
Adjusted R-squared	0.045885	S.D. dependent var		0.000263
S.E. of regression	0.000257	Akaike info criterion		-13.69309
Sum squared resid	5.19E-05	Schwarz criterion		-13.66948
Log likelihood	5426.464	Hannan-Quinn criter.		-13.68402
F-statistic	13.68018	Durbin-Watson stat		2.004800
Prob(F-statistic)	0.000000			

## Anexo 11: Pruebas de Heteroscedasticidad

### 11.1 ARCH LM

Heteroskedasticity Test: ARCH

F-statistic	4.709258	Prob. F(12,767)	0.0000
Obs*R-squared	53.52528	Prob. Chi-Square(12)	0.0000

Test Equation:

Dependent Variable: RESID^2

Method: Least Squares

Date: 05/26/16 Time: 17:51

Sample (adjusted): 1/21/2013 1/15/2016

Included observations: 780 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	4.60E-08	1.13E-08	4.064257	0.0001
RESID^2(-1)	0.246958	0.036336	6.796504	0.0000
RESID^2(-2)	0.030404	0.037438	0.812111	0.4170
RESID^2(-3)	-0.017843	0.037464	-0.476278	0.6340
RESID^2(-4)	-0.007698	0.037469	-0.205442	0.8373
RESID^2(-5)	0.011052	0.037470	0.294963	0.7681
RESID^2(-6)	0.014024	0.037448	0.374481	0.7082
RESID^2(-7)	0.031998	0.037455	0.854293	0.3932
RESID^2(-8)	0.020026	0.037472	0.534434	0.5932
RESID^2(-9)	-0.013588	0.037828	-0.359210	0.7195
RESID^2(-10)	-0.011642	0.037854	-0.307547	0.7585
RESID^2(-11)	0.036881	0.037836	0.974759	0.3300
RESID^2(-12)	-0.031774	0.036751	-0.864567	0.3875

R-squared	0.068622	Mean dependent var	6.61E-08
Adjusted R-squared	0.054050	S.D. dependent var	2.76E-07
S.E. of regression	2.69E-07	Akaike info criterion	-27.40500
Sum squared resid	5.54E-11	Schwarz criterion	-27.32734
Log likelihood	10700.95	Hannan-Quinn criter.	-27.37513
F-statistic	4.709258	Durbin-Watson stat	1.985084
Prob(F-statistic)	0.000000		

### 11.2 Breusch-Pagan-Godfrey

Heteroskedasticity Test: Breusch-Pagan-Godfrey

F-statistic	10.00835	Prob. F(3,788)	0.0000
Obs*R-squared	29.06981	Prob. Chi-Square(3)	0.0000
Scaled explained SS	251.8623	Prob. Chi-Square(3)	0.0000

Test Equation:

Dependent Variable: RESID^2

Method: Least Squares

Date: 05/26/16 Time: 17:54

Sample: 1/03/2013 1/15/2016

Included observations: 792

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	6.49E-08	9.59E-09	6.767713	0.0000
DINDICE_BONOS(-1)	0.000174	3.68E-05	4.730296	0.0000
DIB_PDVSA	1.88E-06	6.37E-06	0.294840	0.7682
DIB_PDVSA(-1)	1.60E-05	6.38E-06	2.506942	0.0124

R-squared	0.036704	Mean dependent var	6.55E-08
Adjusted R-squared	0.033037	S.D. dependent var	2.74E-07
S.E. of regression	2.70E-07	Akaike info criterion	-27.40910
Sum squared resid	5.73E-11	Schwarz criterion	-27.38549
Log likelihood	10858.00	Hannan-Quinn criter.	-27.40002
F-statistic	10.00835	Durbin-Watson stat	1.540590
Prob(F-statistic)	0.000002		

## Anexo 12: Modelo ARCH

Dependent Variable: DINDICE\_BONOS  
 Method: ML - ARCH (Marquardt) - Normal distribution  
 Date: 05/26/16 Time: 17:56  
 Sample (adjusted): 1/03/2013 1/15/2016  
 Included observations: 792 after adjustments  
 Convergence achieved after 22 iterations  
 Presample variance: backcast (parameter = 0.7)  
 GARCH = C(5) + C(6)\*RESID(-1)^2

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
DINDICE_BONOS(-1)	-0.117229	0.030271	-3.872633	0.0001
DIB_PDVSA	0.008157	0.004081	1.998772	0.0456
DIB_PDVSA(-1)	0.012986	0.004575	2.838386	0.0045
C	1.41E-06	7.93E-06	0.177773	0.8589
Variance Equation				
C	4.22E-08	1.20E-09	35.28502	0.0000
RESID(-1)^2	0.305922	0.038071	8.035656	0.0000
R-squared	0.042428	Mean dependent var	1.46E-06	
Adjusted R-squared	0.038782	S.D. dependent var	0.000263	
S.E. of regression	0.000258	Akaike info criterion	-13.90266	
Sum squared resid	5.23E-05	Schwarz criterion	-13.86725	
Log likelihood	5511.455	Hannan-Quinn criter.	-13.88905	
Durbin-Watson stat	2.147442			

### Anexo 13: Prueba ARCH LM

#### Heteroskedasticity Test: ARCH

F-statistic	0.685205	Prob. F(12,767)	0.7668
Obs*R-squared	8.273135	Prob. Chi-Square(12)	0.7634

#### Test Equation:

Dependent Variable: WGT\_RESID^2

Method: Least Squares

Date: 05/26/16 Time: 17:58

Sample (adjusted): 1/21/2013 1/15/2016

Included observations: 780 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.780950	0.161252	4.843029	0.0000
WGT_RESID^2(-1)	0.027189	0.037016	0.734522	0.4629
WGT_RESID^2(-2)	0.034740	0.037037	0.937983	0.3485
WGT_RESID^2(-3)	0.033194	0.037087	0.895029	0.3711
WGT_RESID^2(-4)	-0.019159	0.037108	-0.516302	0.6058
WGT_RESID^2(-5)	0.006011	0.037113	0.161969	0.8714
WGT_RESID^2(-6)	0.024919	0.037085	0.671942	0.5018
WGT_RESID^2(-7)	0.033018	0.037101	0.889946	0.3738
WGT_RESID^2(-8)	0.056117	0.037124	1.511634	0.1310
WGT_RESID^2(-9)	0.004758	0.038520	0.123511	0.9017
WGT_RESID^2(-10)	-0.002244	0.038531	-0.058232	0.9536
WGT_RESID^2(-11)	0.044715	0.038497	1.161502	0.2458
WGT_RESID^2(-12)	-0.011536	0.038664	-0.298362	0.7655
R-squared	0.010607	Mean dependent var		1.005840
Adjusted R-squared	-0.004873	S.D. dependent var		3.234442
S.E. of regression	3.242312	Akaike info criterion		5.206977
Sum squared resid	8063.156	Schwarz criterion		5.284632
Log likelihood	-2017.721	Hannan-Quinn criter.		5.236844
F-statistic	0.685205	Durbin-Watson stat		1.955102
Prob(F-statistic)	0.766757			

## Anexo 14: Distribución de los residuos óptimos

Dependent Variable: DINDICE\_BONOS  
 Method: ML - ARCH (Marquardt) - Student's t distribution  
 Date: 05/26/16 Time: 18:01  
 Sample (adjusted): 1/04/2013 1/15/2016  
 Included observations: 791 after adjustments  
 Convergence achieved after 20 iterations  
 Presample variance: backcast (parameter = 0.7)  
 GARCH = C(4) + C(5)\*RESID(-1)^2

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
DIB_PDVSA	0.009320	0.003912	2.382273	0.0172
DIB_PDVSA(-1)	0.009777	0.003769	2.594203	0.0095
AR(1)	-0.141210	0.033940	-4.160541	0.0000
Variance Equation				
C	4.39E-08	8.37E-09	5.252171	0.0000
RESID(-1)^2	0.422319	0.133871	3.154673	0.0016
T-DIST. DOF	3.026516	0.356270	8.495003	0.0000
R-squared	0.044379	Mean dependent var	1.70E-06	
Adjusted R-squared	0.041953	S.D. dependent var	0.000263	
S.E. of regression	0.000257	Akaike info criterion	-14.19189	
Sum squared resid	5.21E-05	Schwarz criterion	-14.15644	
Log likelihood	5618.892	Hannan-Quinn criter.	-14.17826	
Durbin-Watson stat	2.101583			
Inverted AR Roots	-0.14			