

# Variabilidad de los Spreads de los bonos soberanos de Colombia (TES)

Carlos Javier Prestan Serrano<sup>1</sup>

## RESUMEN:

El presente trabajo comprende un análisis empírico sobre la estimación e interpretación de las variables que afectan la variabilidad de los spread caso Colombia. Para el desarrollo de esta investigación se cuenta principalmente con información pública disponible, Podemos destacar que la variable determinante del spread en esta investigación es el PIB per Cápita.

**Palabras claves.** Spread, EMBI, TES Colombia, PGP de bonos, Economías emergentes

## Introducción

En esta actualidad globalizada, donde todos los individuos tenemos una pugna perpetua por ser más hábil que el otro, más rápido, más listo, existe la necesidad de tener definido las variables para predecir los comportamientos futuros, pesquisas para minimizar el riesgo y en dicho caso de asumirlo poder compensarlo. El termino riesgo país aparece a inicios del siglo XX, luego de la necesidad del sector privado de crear reportes acerca de las compañías ferroviarias de Estados Unidos que eran emisoras de bonos. Tiempo después surgen Poor's Publishing Co. y Standard Statistics Bureau, para cumplir con esta función. Estos informes se hicieron relevantes en la gran depresión de 1929 por el incumplimiento de la mayoría de las empresas. En los años setenta se crea la primera empresa ECR fuera de los Estados Unidos y a final de la década de los ochenta en Latinoamérica (Lapitz, 2005:23)

Dicho esto, podemos tener una idea de la creación de conceptos como el *Spread* de la deuda, que no más que el diferencial del rendimiento de los títulos del gobierno de un determinado país, para el caso de Colombia, el rendimiento de los TES<sup>2</sup> respecto al rendimiento de los *T-Bonds* (Bonos del Tesoro de los Estados Unidos).

Este diferencial está asociado a la percepción de riesgo de los agentes económicos y constituye el indicador más utilizado para medir la prima de riesgo de los países en vía de desarrollo, conocido como coeficiente de EMBI<sup>3</sup>, que es la diferencia antes mencionada con referencia a un mismo periodo de vencimiento. El EMBI, mide el riesgo implícito en la tenencia de títulos del gobierno Colombiano en comparación con la tenencia de títulos americanos. Su importancia radica en que como se mencionó, muestra la percepción internacional de riesgo

---

<sup>1</sup> Estudiante de Economía de la Universidad de Cartagena

<sup>2</sup> Bonos de tesorería de Colombia

<sup>3</sup> Indicador de bonos de mercados emergentes. Calculado por JP Morgan Chase

crediticio en Colombia. En otras palabras, como ven los otros países a Colombia al momento de tomar decisiones de inversión.

## **Justificación**

En función de los objetivos planteados en la investigación, se busca conocer la relación existente entre los determinantes de la variabilidad de los Spreads de bonos soberanos de Colombia (TES) con las variables estudiadas dentro del modelo y a partir de ahí, mirar el comportamiento de dichas variables. Debido a que los Spreads de los bonos soberanos son considerados una variable central en las economías se ha tomado este como un trabajo fundamental para determinar si la solvencia, liquidez, PGP, Ir, IED, PPC, y la IC son determinantes de los Spread, tomando como guía fundamental el modelo desarrollado en 1984 por el economista y teórico Chileno Sebastián Edwards Figueroa, quien ha sido el que ha sentado las bases sobre este tema; además algunas literaturas actuales también han señalado que los niveles de los Spreads están determinados principalmente por factores de liquidez y solvencia específicas de cada economía.

El EMBI Global se calcula desde 1999, con un total de 170 instrumentos emitidos por 31 países emergentes y admitiendo instrumentos menos líquidos. A diferencia del EMBI+ que agrupa países de acuerdo al nivel de calificación crediticia, el EMBI Global selecciona estos de acuerdo al ingreso per cápita y al historial de reestructuración de deuda de cada país (Montilla, 2007). Una situación de default o de incumplimiento en los pagos de alguno de estos países, genera un efecto negativo en el comportamiento de todos, es por esta razón que una crisis afecta generalmente a todos los que lo integran.

Para Ponce (2007: 1,4) es absoluta la importancia de los inversionistas extranjeros en la bolsa de valores mexicana, principalmente los especializados en mercados emergentes que son influenciados en gran medida por el EMBI, es decir que esta variable influye definitivamente en la toma de decisión de invertir no solo en el mercado de bonos sino también en el de acciones. Y asegura que el EMBI está correlacionado con el IPC3 mexicano, que es el equivalente al IGBC de Colombia, ya que muestra una trayectoria similar en esta economía, con el EMBI México con tendencia decreciente y el IPC mexicano con tendencia al alza.

Por lo anterior se puede decir que los Spreads se considera una variable muy importante para los observadores internacionales de entidades como el Banco Mundial (BM), el Fondo Monetario Internacional (FMI) y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID); donde los indicadores de riesgo país son la mejor forma para medir la gestión de los gobernantes, la eficacia de las políticas y programas que aplican con el fin de lograr el desarrollo; y así mismo si estas han sido las correctas para lograr estos objetivos. Por ello se busca identificar cuáles son las variables que influyen en mayor medida en la obtención de dicha variable.

## **Objetivos**

### **OBJETIVO GENERAL.**

Presentar un modelo econométrico donde exponga los determinantes de la variabilidad de los Spreads de los bonos soberanos de Colombia (TES)

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- Aplicar las diferentes pruebas, para saber si las variables son significativas en cada una de ellas
- Contrastar los resultados obtenidos con la teoría

- Dar una opinión crítica de la variabilidad de los Spreads de los bonos soberanos de Colombia (TES)

## MARCO REFERENCIAL

### MARCO TEORICO.

Para el correcto desarrollo del modelo, se utilizó la Teoría de Sebastián Edwards Figueroa, la cual se tomó como el sustento teórico y la base para las variables.

El modelo plantea que la prima por riesgo, está en función de diversos indicadores de liquidez o solvencia y variables macroeconómicas o los llamados fundamentales. Asimismo, el modelo asume dos supuestos básicos: prestatarios neutrales al riesgo y mercados de capitales competitivos que lleva a plantear una relación log-lineal de los determinantes del spread, explicando la variabilidad de los spreads utilizando las variables:

- Solvencia (deuda externa/PIB)
- Liquidez (reservas/PIB, servicio deuda/exportaciones, balanza cuenta corriente/PIB)
- Crecimiento (inversión/PIB, crecimiento PIB per cápita)
- Estabilidad (tasa de inflación, tasa de devaluación y variabilidad de las reservas)
- Variables específicas de la deuda (plazo y tamaño de los préstamos),

Concluyendo que existía una relación positiva entre la variabilidad de los spreads y los tres primeros grupos de variables.

La literatura tradicionalmente ha señalado que los niveles de los spreads están determinados principalmente por factores de liquidez y solvencia específicos a cada economía, los movimientos de los spreads de diferentes economías tienden a estar altamente correlacionados en el tiempo; más aún, los coeficientes de correlación entre los spreads tienden a incrementarse en periodos en los cuales experimentan mayores cambios relativos.

La razón para que esto ocurra es que en periodos de mayor incertidumbre (por razones no necesariamente relacionadas con aspectos fundamentales de las economías emergentes e incluso aunque esas condiciones mejoren), los inversionistas globales reducen su posición en activos de mayor riesgo, entre ellos los bonos de las economías emergentes.

Por lo tanto, para entender la evolución de los spreads en el corto plazo resulta fundamental determinar el riesgo que perciben los inversionistas en los mercados financieros mundiales. Esta percepción de riesgo permite determinar sus decisiones de inversión en bonos de países emergentes y en general en activos riesgosos. Si el riesgo que observan los inversionistas en los mercados “principales” es alto, estos exigirían un premio al riesgo mayor por salir de activos libres de riesgo (como los bonos de la Reserva Federal o el oro) y comprar los bonos de países emergentes. De igual manera, el premio al riesgo se reduce si el inversionista percibe un riesgo bajo en los mercados financieros. A su vez los factores que influyen sobre los inversores para evaluar la capacidad de pago del emisor cubren un amplio espectro, desde la evolución de la economía en los países desarrollados (debido a la importancia de los flujos comerciales y los flujos de capital para la obtención de divisas), como los periodos electorales (por la incertidumbre sobre las políticas económicas de los candidatos), así como la información generada por la publicación de nuevos datos macroeconómicos, los cambios de las calificaciones

crediticias de las agencias, hasta los procesos de crisis o turbulencias de otras economías emergentes (efecto contagio).

Por último y no menos importante cabe destacar que el spread es tomado como la diferencia entre el tipo de interés del bono soberano y el tipo de interés libre de riesgo

$$s = i - r = ((p / 1 - p) * (r - R)) + (C'(B)) / (1 - p)$$

El spread es función de la probabilidad de incumplimiento, de la tasa de recuperación y del tipo de interés libre de riesgo

## **ESTADO DEL ARTE.**

El presente estado revisa algunos ejemplos relevantes de la bibliografía disponible, que permita asumir una postura frente a lo que se ha hecho y lo que falta por hacer en torno a los Spreads, para así evitar duplicar esfuerzos o repetir lo que ya se ha dicho y, además, para localizar errores que ya fueron superados.

- **“El Modelo De Merton Para La Estimación Del Riesgo De Incumplimiento En Colombia”. Suarez, Nilia. (2012).** Se aplicó el modelo para evaluar el riesgo de default de tres empresas representativas del mercado colombiano: Cementos Argos, Éxito y Bancolombia. De acuerdo con los resultados, la probabilidad de default a un año es prácticamente cero para las tres empresas, pero manifiesta que este posee una limitación y es el supuesto de Movimiento Browniano Geométrico, que se supone, sigue el valor del activo y la acción. Para lo que decidieron incorporar saltos a la dinámica del valor del activo, incorporar memoria de largo plazo al proceso, reconocer que la volatilidad cambia para diferentes niveles de apalancamiento. Explicando que este tipo de procesos incluye la posibilidad de que la rentabilidad del activo experimente, de vez en cuando, modificaciones sustanciales, seguidas de periodos de variaciones reducidas, ofreciendo un panorama más real ya que incorpora un componente que describe choques externos que puede experimentar el valor del activo a través del tiempo.

-**“Determinantes De Spread Soberano Y Efecto Contagio: El Caso Peruano” .Olivares Alejandra; Pastrana Jackeline. (2011).** En el cual concluyeron que La estimación de los determinantes del spread soberano peruano muestra que las variables macrofundamentales que juegan un rol importante son el nivel de deuda/PIB y el nivel de reservas internacionales y la existencia de una alta interdependencia entre Perú y los demás países de la región justificada en una creciente integración comercial de Perú con el mundo, además la estabilidad del modelo desarrollado y los resultados les indicaron que no es posible afirmar la existencia de efecto contagio de Brasil hacia Perú, no es posible apreciar un cambio significativo entre los mercados peruano y brasilero una vez ocurrido un shock en este último.

-**Determinantes de los Spreads Soberanos en Economías Emergentes. Díaz Juan; Montero Roque (2007).** En el cual obtuvieron, Un aumento de la razón de reservas internacionales a PIB disminuye el spread, Un aumento en la tasa de crecimiento de las importaciones aumenta el spread, Un aumento en la tasa de crecimiento de las exportaciones disminuye el spread, Un aumento en la inflación aumenta el spread, Efecto contagio, A mayor corrupción mayor spread, Los resultados son robustos a estimaciones en sub-muestras eliminando países considerados como outliers.

-**La Volatilidad De Los Spreads Soberanos En Latinoamérica. Alonso Nuria (2007).** Llego a la conclusión de que no existe evidencia de relación entre la variación del tipo de interés LIBOR a tres meses, dólar de Estados Unidos, y la variación del spread de los títulos de deuda de la muestra; Por el contrario si se detectaba una relación significativa entre la variación del tipo de interés al vencimiento del bono del Tesoro de Estados Unidos a 10 años de plazo, retardada

un período y la variación del spread en los casos de Argentina, Brasil, Chile, Colombia, México, Perú y Venezuela. Además que hay una relación observable entre rating y spread en la medida en que los países con mejor calificación de rating se financian con un spread más bajo y viceversa y por ello afirma la posibilidad de que dos países con el mismo rating tengan spread muy diferentes o que un soberano con una calificación crediticia más riesgosa tenga un spread inferior a otro con una calificación inmediatamente superior

**-Factores Determinantes De Los Márgenes Entre Bonos Del Gobierno Y Bonos Corporativos En Los Estados Unidos. Reveiz, Alejandro (2002).** Concluyendo que el beneficio de incluir títulos de deuda corporativa americana en un portafolio tiene un impacto positivo en términos de retorno promedio que surgen del pago de un margen sobre los bonos del Tesoro el cual cubre los riesgos de default (Compone una proporción menor al 18% del margen, excluyendo los bonos BBB, lo cual muestra que el mercado considera que este riesgo no es significativo) , compensación tributaria (Este factor es significativo en el margen ya que incluyendo el riesgo de default, ambos participan por más del 48% del margen), riesgo sistémico corporativo (Este representa más del 67% del margen inexplicado por los factores anteriores y este es diversificado a corto plazo por la correlación negativa con los bonos del Tesoro) y riesgo de liquidez (En el caso de los bonos non-callable, el riesgo no explicado – alrededor del 33% no explicado del margen - es atribuible a otros factores, entre ellos el riesgo de liquidez. El BID/offer spread promedio de un bono del Tesoro de 10 años es de 0.25 p.b. mientras que el de un corporativo es alrededor de 2 p.b.)

- Elton Et. (2001) utilizo curvas spot estimadas para bonos del Tesoro y bonos corporativos non-callable (de 1987 a 1996) provee estimativos explícitos del tamaño de cada componente del margen entre estos títulos, incluyendo riesgo de default, efectos impositivos y riesgo sistémico. Los resultados de este estudio muestran que el riesgo de los emisores financieros es mayor que el de los industriales y en ambos casos el spread aumenta monótonicamente con la disminución de rating

## **DISEÑO METODOLÓGICO.**

El estudio se abordara según la teoría de Sebastián Edwards Figueroa, las cuales como se dijo anterior mente establece que el spread soberano depende de variables macroeconómicas así como de indicadores de solvencia. En este mismo sentido, la investigación se adoptó mediante el modelo de regresión lineal simple por el método de mínimos cuadrados ordinarios (MMCO) y para realizar los cálculos matemáticos se utilizó la herramienta de Excel y E-views 7 con una muestra de 41 años (1976 - 2016).

### **DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES DEL MODELO**

Las variables empleadas para este modelo se presentan de la siguiente forma:

#### **I. Variable dependiente (Y)**

- Valores del coeficiente EMBI

El spread está definido como la diferencia entre la tasa de rentabilidad de los bonos de un país y los bonos de EEUU, que son considerados libre de riesgo.

#### **II. Variables explicativas**

- Solvencia (Deuda externa / PIB): Es la capacidad que tiene una empresa para realizar sus pagos y cumplir con sus deudas financieras, para ello, hay que contar con los recursos suficientes como respaldo para cumplir con las obligaciones de la empresa; está determinada por:

- Liquidez (Balanza comercial/PIB): Es la cualidad que tienen los activos financieros para convertirse en dinero, y por tanto, hacer frente a los compromisos de pago más inmediatos en un momento oportuno; la cual es determinada por:
- PGP de los bonos (PGP): Deuda pública y con garantía pública procedente de bonos emitidos públicamente o colocados en forma privada. Son los montos reales del principal (amortización) que paga el prestatario en divisas, bienes o servicios durante el año especificado.
- Tasa de interés real (Ir): El tipo de interés real es la rentabilidad nominal o tasa de interés de un activo descontando la pérdida de valor del dinero a causa de la inflación.
- Inversión de cartera neta (IC): Es la inversión que se realizan en los activos financieros que no son de tipo directa, que se dirige para fines especulativos.
- Inversión extranjera directa neta (IED): Es la suma del capital accionario, la reinversión de las ganancias, otras formas de capital a largo plazo y capital a corto plazo, tal como se describe en la balanza de pagos.
- PIB per-Cápita (PPC): Ingreso per cápita o renta per-cápita es un indicador económico que mide la relación existente entre el nivel de renta de un país y su población. Para ello, se divide el Producto Interno Bruto (PIB) de dicho territorio entre el número de habitantes.

Es decir el modelo establecido será:

$$EMBI = \beta_1 + \beta_2 SOLVENCIA + \beta_3 LIQUIDEZ + \beta_4 PGP + \beta_5 IR - \beta_6 IC + \beta_7 IED + \beta_8 PPC + \mu$$

Todos los datos usados fueron obtenidos del Banco Mundial (BM), salvo el coeficiente de EMBI que fue obtenido de JP Morgan y del FMI (Work Economic Outlook Data)

## Resultados empíricos

### Análisis estadístico descriptivo

Como ítems importantes dentro del análisis de la ilustración 0.1, podemos recalcar que en la muestra de 41 observaciones la variable endógena EMBI tiene una media de -1,11% de rentabilidad, el indicador de solvencia US\$ 0.30 por cada dólar, el indicador de liquidez presenta media negativa de US\$ -0,012 por dólar, la variable PGP de los bonos US\$ 4,29E+08 como media, la tasa de interés real un promedio de 10,09%, la inversión de cartera neta es deficitaria en promedio con US\$ -1.18E+09, la inversión extranjera directa neta en promedio también es deficitaria con US\$ -2,93E+09 y el PIB per Cápita presenta un ingreso por habitante medio según la muestra utilizada de US\$ 2903,858.

Podemos ver también la gran dispersión que poseen el coeficiente de EMBI, debido al cambio que hubo debido a la emisión de los bonos TES para los mercados internacionales que marco la referencia para poder realizar los spreads, como se mencionó en la metodología de la muestra. También vemos que la variable PGP de los bonos presenta alta desviación estándar.

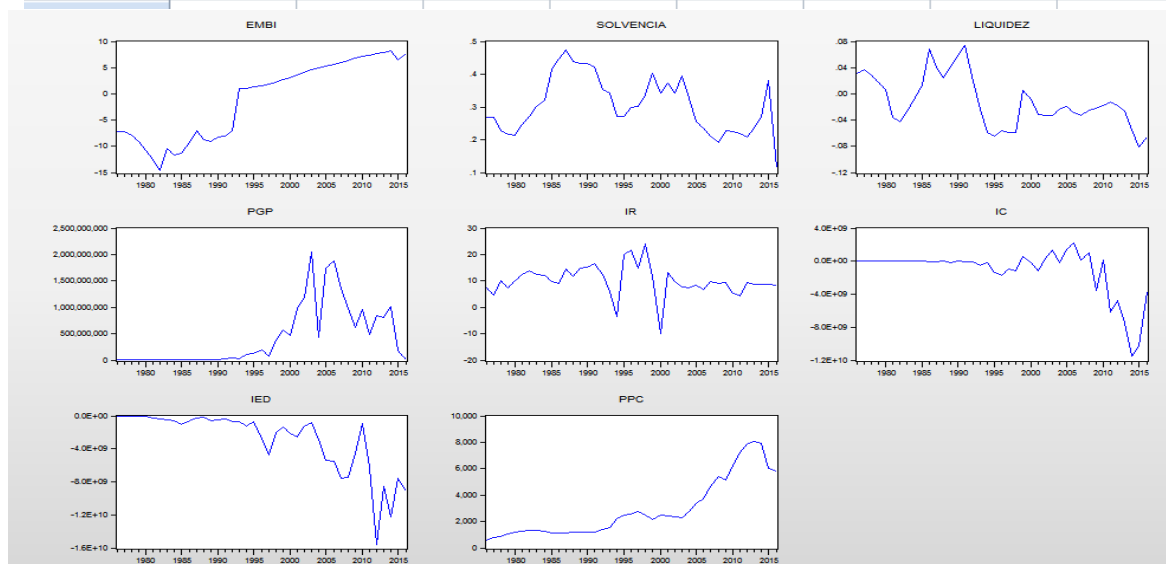
## Caracterización de la muestra

### Líneas de tendencia

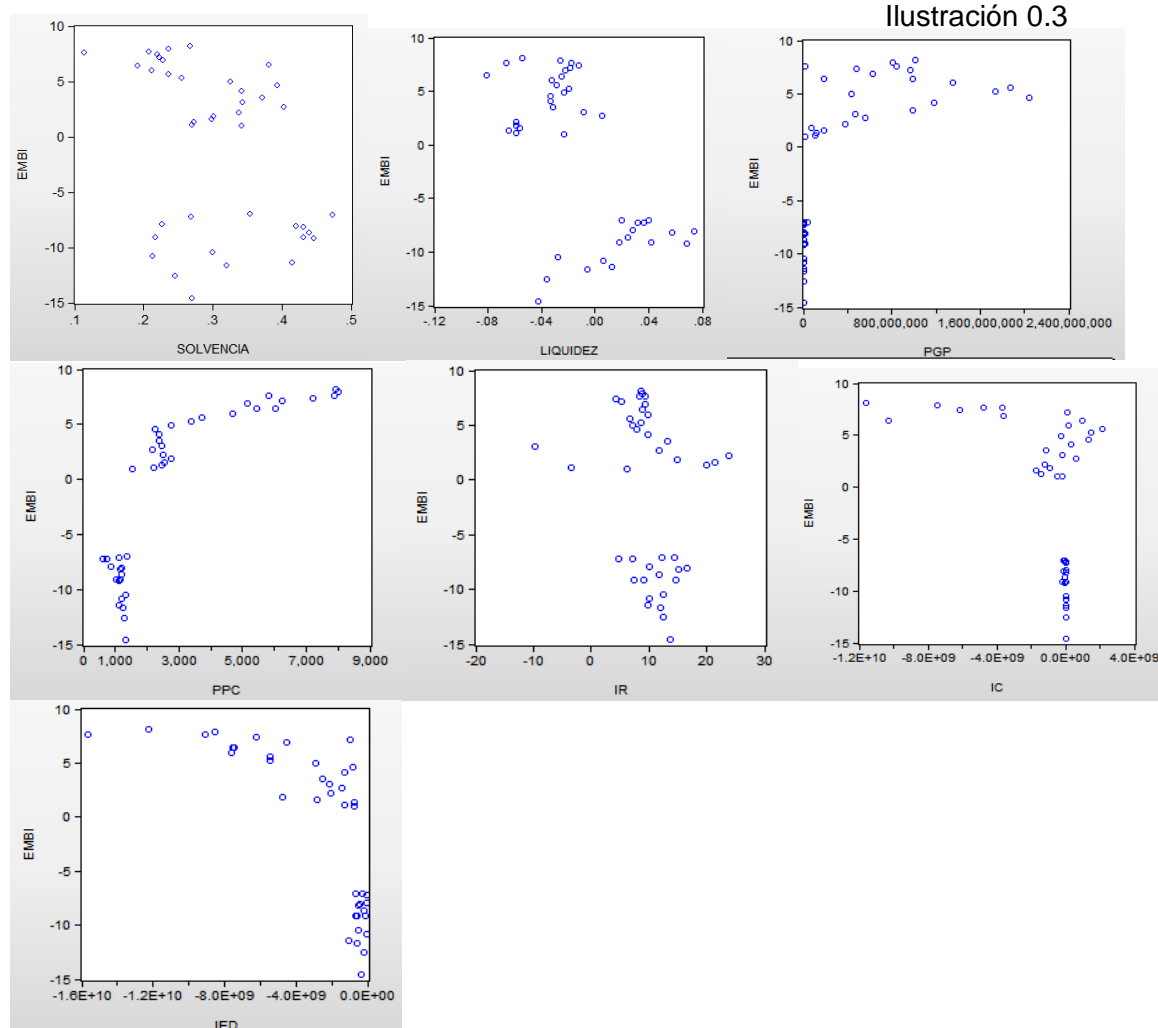
En la ilustración podemos observar el comportamiento de las variables a través de los 41 años, podemos ver que el EMBI está en una senda absoluta de crecimiento. La solvencia ha estado la mayoría del tiempo manejando una tendencia de ciclo económico, la liquidez ha permanecido generalmente por debajo del valor 0 y el PIB per Cápita como un indicador creciente.

Ilustración 0.2

	EMBI	SOLVENCIA	LIQUIDEZ	PGP	IR	IC	IED	PPC
Mean	-1.117676	0.305434	-0.012222	4.29E+08	10.09966	-1.18E+09	-2.93E+09	2903.858
Median	1.577191	0.299064	-0.022184	1.12E+08	9.775205	-30000000	-1.02E+09	2246.257
Maximum	8.146315	0.473897	0.074349	2.04E+09	23.93081	2.16E+09	-14000000	8030.586
Minimum	-14.59000	0.114139	-0.081242	347000.0	-9.847107	-1.16E+10	-1.56E+10	605.8191
Std. Dev.	7.450247	0.085595	0.038816	5.76E+08	5.778509	2.94E+09	3.72E+09	2229.825
Skewness	-0.277165	0.178385	0.445473	1.318921	-0.667097	-2.199000	-1.624977	1.113589
Kurtosis	1.456545	2.207808	2.444934	3.775099	6.018032	7.322276	5.182682	2.949071
Jarque-Bera	4.594622	1.289540	1.882383	12.91327	18.60134	64.95847	26.18243	8.478320
Probability	0.100529	0.524783	0.390163	0.001570	0.000091	0.000000	0.000002	0.014420
Sum	-45.82471	12.52281	-0.501120	1.76E+10	414.0862	-4.82E+10	-1.20E+11	119058.2
Sum Sq. Dev.	2220.247	0.293059	0.060268	1.33E+19	1335.647	3.45E+20	5.52E+20	1.99E+08
Observations	41	41	41	41	41	41	41	41



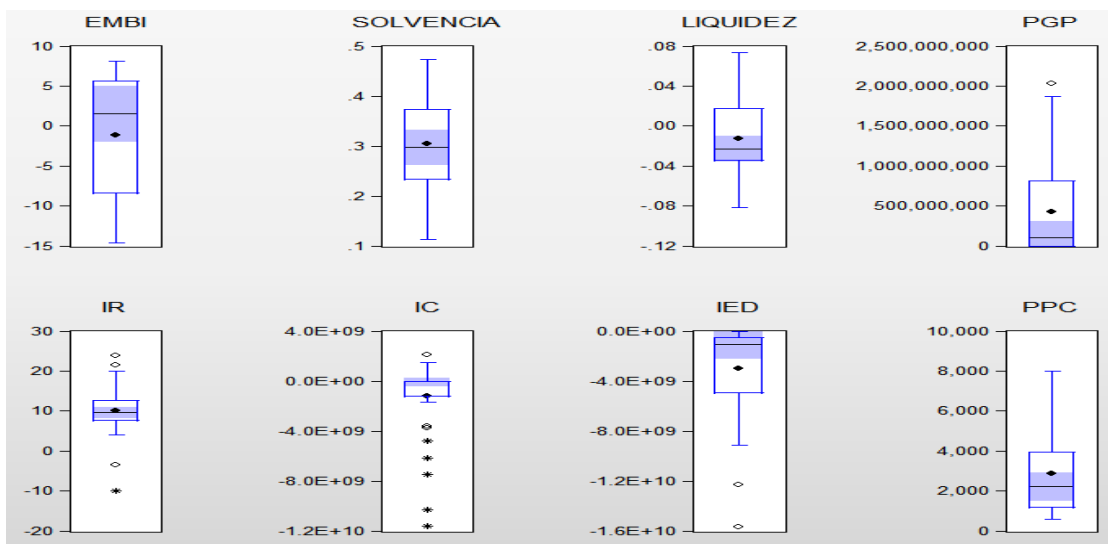
## Gráficos de dispersión



## Gráfico de cajas y bigotes

El gráfico de caja y bigotes nos permite saber si las variables tienen datos atípicos, es decir observaciones que se encuentran distantes del resto de los datos ya sean por encima o por debajo, vemos que en la mayoría de las variables seleccionadas presentan aquellos datos atípicos. Esto puede ser un indicio de la existencia de uno o varios problemas al momento de trabajar el modelo.





### Estimación del modelo

Aquí se llevarán a cabo el desarrollo del modelo, a través del MMCO con las variables descritas, para establecer de manera contundente la relación que guardan con la variable explicada y si de verdad explican su comportamiento. Las estimaciones se realizarán a través de pruebas de ajuste, como lo son las pruebas de normalidad, multicolinealidad, heteroscedasticidad, autocorrelación y endogenidad. Posteriormente se realizarán pruebas y análisis sobre la correcta especificación del modelo.

### Regresión y presentación formal del modelo

Dependent Variable: EMBI  
Method: Least Squares  
Date: 09/29/17 Time: 14:51  
Sample: 1976 2016  
Included observations: 41

Ilustración 0.5

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-13.74603	3.595965	-3.822625	0.0006
SOLVENCIA	17.04394	9.223260	1.847930	0.0736
LIQUIDEZ	-57.49002	18.60379	-3.090231	0.0040
PGP	2.94E-09	1.51E-09	1.948231	0.0599
IR	-0.136228	0.104663	-1.301587	0.2021
IC	4.97E-10	3.94E-10	1.262853	0.2155
IED	-1.34E-11	3.32E-10	-0.040421	0.9680
PPC	0.002541	0.000731	3.476342	0.0014
R-squared	0.810966	Mean dependent var	-1.117676	
Adjusted R-squared	0.770868	S.D. dependent var	7.450247	
S.E. of regression	3.566264	Akaike info criterion	5.554094	
Sum squared resid	419.7020	Schwarz criterion	5.888449	
Log likelihood	-105.8589	Hannan-Quinn criter.	5.675848	
F-statistic	20.22455	Durbin-Watson stat	0.757043	
Prob(F-statistic)	0.000000			

El modelo estimado resultante:

$$\widehat{EMBI} = -13.746 + 17.043SOLVENCIA - 57.45LIQUIDEZ + 2.94E-09PGP - 0.136IR + 4.97E-10IC - 1.34E-11IED + 0.002PPC$$

Fuente: Elaboración Propia

Coeficiente	Des Estándar	CV	Variable
-13,75	3,60	26,16%	C
17,04	9,22	54,11%	SOLVENCIA
-57,49	18,60	0,00%	LIQUIDEZ
2.94E-09	1.51E-09	51,36%	PGP
-0.136228	0.104663	76,83%	IR
4.97E-10	3.94E-10	79,28%	IC
-1.34E-11	3.32E-10	247,61%	IED
0.002541	0.000731	28,77%	PPC

#### Interpretación de la regresión

El modelo de 41 observaciones, con un nivel de confiabilidad del 95% posee un  $R^2$  de 81.09%, lo que muestra una bondad de ajuste que según la teoría se califica como sobresaliente, un  $\bar{R}^2$  del 77.08%, lo que nos puede estar indicando que las variables elegidas si guardan relación con la variable

explicada. De manera individual observamos que:

- De manera autónoma el cambio que se da el en EMBI con una desviación de 3.60 por cada dólar y un coeficiente de variación del 26,16%, poseerá un valor de -13,603% de rentabilidad frente a los T-Bonds.
- En términos de solvencia, por cada US\$1000 que varié este, el EMBI responderá con un cambio positivo de 17,0439%, con una desviación de 9,22pips y un CV de 54,11%.
- Para la liquidez, por cada US\$1000 que cambie, el EMBI variara de manera negativa en 57,49%, lo que es una gran influencia, con desviación de 18,60pips y un CV de 0.
- También, para el valor de la deuda externa con respaldo gubernamental PGP, por cada variación de US\$1000 el EMBI responderá en 0,0000000029%, lo que nos dice que responde muy poco a esta variable, con un error de 0,00000000151pips y un CV de 51,36%.
- En la variable IR, para cada 1% que esta varié, el EMBI responderá con 0,1362% de cambio negativo, con un error de 0.1046pp y un CV de 76,83%.
- Para IC, por cada US\$1000 que varíen los capitales golondrina en el país, el EMBI responderá con 0,000000000497% de cambio positivo, con un error de 0,000000000394pips y un CV de 79,29%.
- Si hablamos de IED, por cada US\$1000 que varié el coeficiente EMBI cambiara en 0,000000000134% negativamente, con un error de 0,000000000332pips y un CV de 247%, este es el dato que presenta más variabilidad en su coeficiente.
- Y por último, en la variable PPC, cuando la renta de los nacionales varia en US\$1 el EMBI cambiara en positivamente en 0,0025%, con un error de 0,00073pips y un CV de 28,77%. Esta variable responde muy bien al modelo.

De esta forma podemos contrastar los resultados de esta estimación con los resultados obtenidos en el modelo sobre el que se apoya este, estableciendo así el antecedente de la relación que tienen los coeficientes con el indicador EMBI. Establecemos que:

Variable	Modelo Edwards	Modelo Carlos
SOLVENCIA	+	+
LIQUIDEZ	-	-
PGP		+

Fuente: Elaboración Propia

IR		-
IC	-	+
IED		-
PPC	+	+

Vemos en el cuadro que las variables *solvenca*, *liquidez* y *PPC*, mantienen la arroja la misma relación en el modelo desarrollado con respecto al modelo de referencia. Lo que nos indica que hay un comportamiento parecido entre los spreads. Sin embargo solo la variable IC tiene una relación contraria a la que se buscaba. Con respecto a las variables *PGP*,

*IR* y *IED*, fueron de autónoma elección para fines de autenticidad y establecimiento de otras relaciones.

### Prueba Global

Para saber si el modelo está bien explica por las variables, se procede utilizando la probabilidad del estadístico F, contenido en la *ilustración 0.5*. Decimos que:

$$H0: \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = \beta_5 = \beta_6 = \beta_7 = 0$$

$$H1: \beta \neq 0$$

Contrastamos el Prob (F-Statistic)

Prob-F	N.S
0,0000	0,05

frente al nivel de significancia:

*CDD*: Como el estadístico es mucho menor que el nivel de significancia, se dice que hay evidencia suficiente para rechazar la  $H_0$ , por lo tanto las variables exógenas presentan una buena explicación del coeficiente EMBI, ya que todos los valores de sus parámetros, son diferentes de 0.

Coefficient Confidence Intervals

Date: 10/01/17 Time: 19:44

Sample: 1976 2016

Included observations: 41

Variable	Coefficient	95% CI	
		Low	High
C	-13.74603	-21.06207	-6.429980
SOLVENCIA	17.04394	-1.720920	35.80881
LIQUIDEZ	-57.49002	-95.33973	-19.64032
PGP	2.94E-09	-1.30E-10	6.01E-09
IR	-0.136228	-0.349167	0.076711
IC	4.97E-10	-3.04E-10	1.30E-09
IED	-1.34E-11	-6.89E-10	6.62E-10
PPC	0.002541	0.001054	0.004029

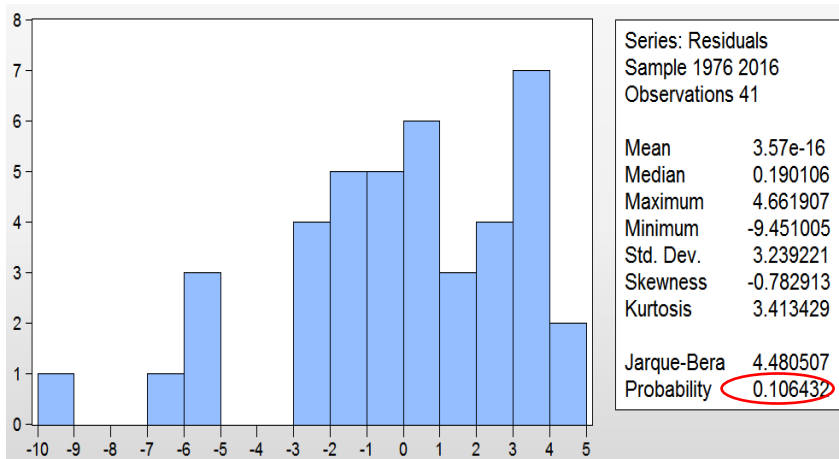
### Pruebas individuales

Se ha de determinar la significancia de las variables explicativas de manera individual, una vez se ha realizado la significancia del modelo en su conjunto. Se ha de utilizar las probabilidades del estadístico T de cada variable, referenciadas en la *ilustración 0.5*. Decimos que:

De esta forma decimos que solo las variables LIQUIDEZ y PPC resultan ser significativas.

Variable	Prob-t	N.S
SOLVENCIA	0.0736	0,05
LIQUIDEZ	0.0040	0,05
PGP	0.0599	0,05
IR	0.2021	0,05
IC	0.2155	0,05
IED	0.9680	0,05
PPC	0.0014	0,05

Posteriormente se estarán realizando pruebas para determinar la redundancia de SOLVENCIA, PGP, IR, IC, IED y establecer un nuevo modelo.



### Intervalos de confianza

Vemos que todos los coeficientes se encuentran dentro de los intervalos menos la variable *IED*

### Prueba de Normalidad

Es un supuesto básico de MMCO, garantiza que "cualquier función lineal de variables normalmente distribuidas estará también normalmente distribuida".

Como los  $\beta_i$  del modelo econométrico planteado son funciones lineales  $\mu$ , si  $\mu$  está normalmente distribuida, los  $\beta_i$  también lo estarán.

Para esta prueba se emplea la prueba de normalidad de Jarque-Bera (JB), y para ello se plantean las hipótesis:

*H0: La varianza de los residuos del modelo se distribuye normalmente*

*H1: La varianza de los residuos del modelo NO se distribuye normalmente*

P-Jarque-Bera	N.S.
0,1064	> 0,05

CDD: Como es estadístico JB es mayor al nivel de significancia, decimos que hay evidencia suficiente para decir que la varianza de los residuos del modelo se distribuyen normalmente, por lo tanto el comportamiento de las variables ha de ser igual.

### Prueba de multicolinealidad

Esta prueba se emplea para encontrar si hay relación entre las variables explicativas del modelo, la cual crearía varianzas y covarianzas grandes que dificultarían una estimación precisa, entre otras cosas por: intervalos muy amplios, "t" no significativas, los estimadores de MCO muy sensibles a pequeños cambios en los datos, entre otros.

Para este se emplea el método de **factor inflador de varianza (FIV)**, la cual requiere de la matriz de correlación de las variables:

Correlation							
	SOLVENCIA	LIQUIDEZ	PGP	IR	IC	IED	PPC
SOLVENCIA	1.000000	0.455906	-0.208019	0.239450	0.184137	0.466385	-0.502276
LIQUIDEZ	0.455906	1.000000	-0.318738	-0.008755	0.379728	0.447549	-0.492984
PGP	-0.208019	-0.318738	1.000000	-0.195072	0.012446	-0.435816	0.472524
IR	0.239450	-0.008755	-0.195072	1.000000	0.037215	0.127356	-0.198169
IC	0.184137	0.379728	0.012446	0.037215	1.000000	0.665080	-0.723482
IED	0.466385	0.447549	-0.435816	0.127356	0.665080	1.000000	-0.883377
PPC	-0.502276	-0.492984	0.472524	-0.198169	-0.723482	-0.883377	1.000000

Variables	$r_{ij}$	$r_{ij}^2$	FIV	Clase
solvencia-liquidez	0,455906	0,20785028	1,26238762	leve
solvencia-pgp	-0,20802	0,0432719	1,04522905	leve
Solvencia-ir	0,23945	0,0573363	1,06082371	leve
solvencia-ic	0,184137	0,03390643	1,03509643	leve
solvencia-ied	0,466385	0,21751497	1,27797972	leve
solvencia-ppc	-0,50228	0,25228118	1,33740114	leve
liquidez-pgp	-0,31874	0,10159391	1,1130824	leve
liquidez-ir	-0,00876	7,665E-05	1,00007666	leve
liquidez-ic	0,379728	0,14419335	1,16848824	leve
liquidez-ied	0,447549	0,20030011	1,25046909	leve
liquidez-ppc	-0,49298	0,24303322	1,32106194	leve
pgp-ir	-0,19507	0,03805309	1,0395584	leve
pgp-ic	0,012446	0,0001549	1,00015493	leve
pgp-ied	-0,43582	0,18993559	1,23446973	leve
pgp-ppc	0,472524	0,22327893	1,28746347	leve
ir-ic	0,037215	0,00138496	1,00138688	leve
ir-ied	0,127356	0,01621955	1,01648696	leve
ir-ppc	-0,19817	0,03927095	1,0408762	leve
ic-ied	0,66508	0,44233141	1,7931797	leve
ic-ppc	-0,72348	0,5234262	2,09831092	leve
ied-ppc	-0,88338	0,78035492	4,55279954	leve

La fórmula empleada es la 65,2: 
$$FIV = \frac{1}{(1-r_{i5}^2)}$$

Debido a que el criterio del FIV establece para un valor mayor a 10 un problema grave de multicolinealidad, decimos que el modelo NO presenta problemas de multicolinealidad.

## Prueba de heteroscedasticidad

Es utilizada para determinar si las varianzas de las perturbaciones son constantes o no a lo largo de las observaciones. Se utiliza la prueba de *Glejser*, ya que la prueba Park no puede ser aplicada debido a la imposibilidad de aplicar logaritmos.

## Prueba Glejser

Heteroskedasticity Test: Glejser					Heteroskedasticity Test: Glejser				
F-statistic	2.184245	Prob. F(1,39)	0.1475		F-statistic	0.298413	Prob. F(1,39)	0.5880	
Obs*R-squared	2.174473	Prob. Chi-Square(1)	0.1403		Obs*R-squared	0.311334	Prob. Chi-Square(1)	0.5769	
Scaled explained SS	1.841371	Prob. Chi-Square(1)	0.1748		Scaled explained SS	0.263642	Prob. Chi-Square(1)	0.6076	
Test Equation:					Test Equation:				
Dependent Variable: ARESID					Dependent Variable: ARESID				
Method: Least Squares					Method: Least Squares				
Date: 09/30/17 Time: 14:33					Date: 09/30/17 Time: 14:19				
Sample: 1976 2016					Sample: 1976 2016				
Included observations: 41					Included observations: 41				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.	Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	2.369328	0.323549	7.322937	0.0000	C	3.137356	1.182942	2.652163	0.0115
LIQUIDEZ	-11.88290	8.040291	-1.477919	0.1475	SOLVENCIA	-2.039031	3.732628	-0.546272	0.5880

Heteroskedasticity Test: Glejser

F-statistic	3.967063	Prob. F(1,39)	0.0534
Obs*R-squared	3.785448	Prob. Chi-Square(1)	0.0517
Scaled explained SS	3.205565	Prob. Chi-Square(1)	0.0734

Test Equation:  
Dependent Variable: ARESID  
Method: Least Squares  
Date: 09/30/17 Time: 14:37  
Sample: 1976 2016  
Included observations: 41

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	2.968212	0.378100	7.850339	0.0000
PGP	-1.06E-09	5.31E-10	-1.991749	0.0534

Heteroskedasticity Test: Glejser

F-statistic	1.851662	Prob. F(1,39)	0.1814
Obs*R-squared	1.858386	Prob. Chi-Square(1)	0.1728
Scaled explained SS	1.573705	Prob. Chi-Square(1)	0.2097

Test Equation:  
Dependent Variable: ARESID  
Method: Least Squares  
Date: 09/30/17 Time: 14:41  
Sample: 1976 2016  
Included observations: 41

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	2.851081	0.396178	7.196459	0.0000
IED	1.15E-10	8.43E-11	1.360758	0.1814

Heteroskedasticity Test: Glejser

F-statistic	2.194998	Prob. F(1,39)	0.1465
Obs*R-squared	2.184607	Prob. Chi-Square(1)	0.1394
Scaled explained SS	1.849953	Prob. Chi-Square(1)	0.1738

Test Equation:  
Dependent Variable: ARESID  
Method: Least Squares  
Date: 09/30/17 Time: 14:41  
Sample: 1976 2016  
Included observations: 41

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	3.116639	0.510045	6.110513	0.0000
PPC	-0.000207	0.000140	-1.481552	0.1465

Heteroskedasticity Test: Glejser

F-statistic	0.336197	Prob. F(1,39)	0.5654
Obs*R-squared	0.350418	Prob. Chi-Square(1)	0.5539
Scaled explained SS	0.296738	Prob. Chi-Square(1)	0.5859

Test Equation:  
Dependent Variable: ARESID  
Method: Least Squares  
Date: 09/30/17 Time: 14:39  
Sample: 1976 2016  
Included observations: 41

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	2.588724	0.340365	7.605720	0.0000
IC	6.31E-11	1.09E-10	0.579825	0.5654

Heteroskedasticity Test: Glejser

F-statistic	2.212625	Prob. F(1,39)	0.1449
Obs*R-squared	2.201209	Prob. Chi-Square(1)	0.1379
Scaled explained SS	1.864012	Prob. Chi-Square(1)	0.1722

Test Equation:  
Dependent Variable: ARESID  
Method: Least Squares  
Date: 09/30/17 Time: 14:38  
Sample: 1976 2016  
Included observations: 41

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	1.703456	0.626338	2.719705	0.0097
IR	0.080311	0.053991	1.487489	0.1449

$$H_0: \hat{\beta}_i = 0 \text{ y } H_1: \hat{\beta}_i \neq 0$$

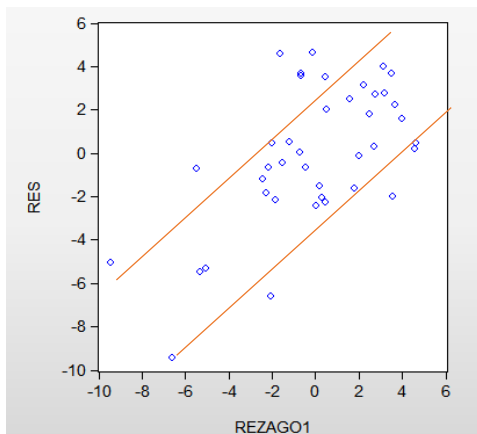
CDD: contratando la probabilidad T y en NS, decimos que todas las variables pasan la prueba. Por lo tanto decimos que el modelo es homocedastico.

## Prueba de autocorrelación

Sirve para evaluar si los residuos pasados tienen relación con los residuos futuros.

## Prueba informal

El grafico de dispersión de los residuos frente a los residuos rezagados, nos muestra que hay una autocorrelación positiva, de manera preliminar.



## Prueba formal

Se utiliza la prueba de *Durbin-Watson*, ya que el modelo cumple con los 6 supuestos necesarios para utilizar esta. Se debe contrastar el estadístico  $d$  de Durbin-Watson que se encuentra en la *ilustración 0.5*, con los valores del intervalo  $dL$ - $dU$  para  $k=7$  y  $n=41$ .

$d$ de Durbin-Watson	$dL$	$dU$
0.757043	1.120	1.924

Como el estadístico  $d$ , se encuentra a la izquierda del intervalo, decimos que el modelo presenta *autocorrelación positiva de orden 1*, de manera definitiva.

### Prueba de variables redundantes

Se procede aplicar sobre las variables que en la *ilustración 0.5* obtuvieron una  $Prob(T)$  mayor a 0,05 (N.S.), a saber, *SOLVENCIA*, *PGP*, *IR*, *IC*, *IED*, mediante el *Test Likelihood ratio*. Y de esta manera se definirá si las variables deben ser excluidas del modelo original bajo el criterio, el cual contrasta la probabilidad del test frente al N.S. Se plantea la hipótesis:

$H_0$  = La variable  $X_i$  es redundante     $H_1$  = La variable  $X_i$  no es redundante

Redundant Variables Test Equation: MODEL1 Specification: EMBI C SOLVENCIA LIQUIDEZ PGP IRICIED PPC Redundant Variables: SOLVENCIA				Redundant Variables Test Equation: MODEL1 Specification: EMBI C SOLVENCIA LIQUIDEZ PGP IRICIED PPC Redundant Variables: IED			
	Value	df	Probability		Value	df	Probability
t-statistic	1.847930	33	0.0736	t-statistic	0.040421	33	0.9680
F-statistic	3.414847	(1, 33)	0.0736	F-statistic	0.001634	(1, 33)	0.9680
Likelihood ratio	4.037230	1	0.0445	Likelihood ratio	0.002030	1	0.9641
Redundant Variables Test Equation: MODEL1 Specification: EMBI C SOLVENCIA LIQUIDEZ PGP IRICIED PPC Redundant Variables: IR				Redundant Variables Test Equation: MODEL1 Specification: EMBI C SOLVENCIA LIQUIDEZ PGP IRICIED PPC Redundant Variables: PGP			
	Value	df	Probability		Value	df	Probability
t-statistic	1.301587	33	0.2021	t-statistic	1.948231	33	0.0599
F-statistic	1.694129	(1, 33)	0.2021	F-statistic	3.795605	(1, 33)	0.0599
Likelihood ratio	2.052579	1	0.1519	Likelihood ratio	4.463705	1	0.0346
Redundant Variables Test Equation: MODEL1 Specification: EMBI C SOLVENCIA LIQUIDEZ PGP IRICIED PPC Redundant Variables: IC							
	Value	df	Probability				
t-statistic	1.262853	33	0.2155				
F-statistic	1.594797	(1, 33)	0.2155				
Likelihood ratio	1.935025	1	0.1642				

*CDD*: Las variables *IR*, *IC*, *IED* poseen evidencia suficiente para no rechazar la hipótesis nulas y proceder a excluirlas del modelo.

### Modelo corregido 1

Debido a que en la prueba de variables redundantes se procedió a excluir del modelo *IR*, *IC*, *IED*, se realiza un nuevo modelo con las variables significativas del modelo original, a saber, *SOLVENCIA*, *LIQUIDEZ*, *PGP*, *PPC*. La cual arroja:

Vemos que todas las variables resaltaron ser significativas a excepción de *SOLVENCIA*, a la cual se le realizó el *Test Likelihood Ratio* de variables redundantes, el cual arrojó que la variable *SOLVENCIA* era redundante, pero no se procede a eliminarla del modelo, ya que la teoría sustenta que es una de las variables más importantes para explicar el comportamiento de los spreads junto con *LIQUIDEZ*. Por lo tanto se procede a realizar las pruebas respectivas.

$$\widehat{EMBI} = -12.05207 + 9.434869SOLVENCIA - 46.43767LIQUIDEZ + 4.40E - 09PGP + 0.001927PPC$$

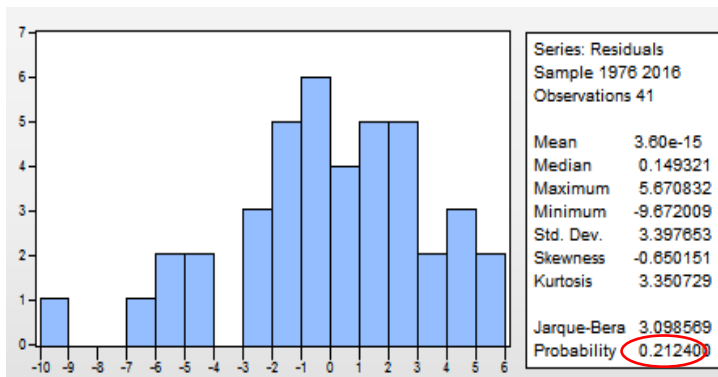


Dependent Variable: EMBI  
Method: Least Squares  
Date: 10/01/17 Time: 13:45  
Sample: 1976 2016  
Included observations: 41

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-12.05207	2.973752	-4.052815	0.0003
SOLVENCIA	9.434869	7.983259	1.181832	0.2450
LIQUIDEZ	-46.43767	17.59381	-2.639432	0.0122
PGP	4.40E-09	1.13E-09	3.907988	0.0004
PPC	0.001927	0.000338	5.696154	0.0000
R-squared	0.792022	Mean dependent var	-1.117676	
Adjusted R-squared	0.768914	S.D. dependent var	7.450247	
S.E. of regression	3.581440	Akaike info criterion	5.503257	
Sum squared resid	461.7618	Schwarz criterion	5.712229	
Log likelihood	-107.8168	Hannan-Quinn criter.	5.579353	
F-statistic	34.27388	Durbin-Watson stat	0.702369	
Prob(F-statistic)	0.000000			

### Prueba de normalidad modelo corregido

CDD: Como es estadístico JB es mayor al nivel de significancia, decimos que hay evidencia suficiente para decir que la varianza de los residuos del modelo se distribuyen normalmente, por lo tanto el comportamiento de las variables ha de ser igual. Prueba de normalidad



P-Jarque-Bera	N.S.
0.2124	> 0,05

### Prueba de multicolinealidad modelo corregido

Correlation				
	SOLVENCIA	LIQUIDEZ	PGP	PPC
SOLVENCIA	1.000000	0.455906	-0.208019	-0.502276
LIQUIDEZ	0.455906	1.000000	-0.318738	-0.492984
PGP	-0.208019	-0.318738	1.000000	0.472524
PPC	-0.502276	-0.492984	0.472524	1.000000

### Método FIV

variables	r	r2	fiv	clase
solvencia-liquidez	0,455906	0,20785028	1,26238762	leve
solvencia-pgp	-0,208019	0,0432719	1,04522905	leve
solvencia-ppc	-0,502276	0,25228118	1,33740114	leve



liquidez-gpg	-0,318738	0,10159391	1,1130824	leve
liquidez-ppc	-0,492984	0,24303322	1,32106194	leve
gpg-ppc	0,472524	0,22327893	1,28746347	leve

CDD: Debido a que el criterio del FIV establece para un valor mayor a 10 un problema grave de multicolinealidad, decimos que el modelo NO posee multicolinealidad.

### Prueba de heteroscedasticidad

Se utilizara la *Prueba de White*:

Heteroskedasticity Test: White

F-statistic	1.258574	Prob. F(4,36)	0.3041
Obs*R-squared	5.030089	Prob. Chi-Square(4)	0.2842
Scaled explained SS	4.558117	Prob. Chi-Square(4)	0.3357

Prob-x <sup>2</sup>	N.S.
0,2842	0,05

Se plantean las hipótesis

$H_0$ :  $\sigma^2$  de los residuos es homocedastica

$H_1$ :  $\sigma^2$  de los residuos NO es homocedastica

CDD: Con base al estadístico de White, decimos que el modelo corregido es homocedastico.

### Prueba de autocorrelación

Se realizaron las pruebas informales y formales sobre el modelo corregido que fueron llevadas a cabo en el modelo origina, a saber, dispersión de residuos frente a residuos rezagados y estadístico *Durbin-Watson*, respectivamente. Los resultados fueron que sigue existiendo el problema de autocorrelación positiva, por lo tanto se procede a realizar la solución respectiva sobre este problema específico.

### Modelo corregido 2

Para solucionar el problema de la autocorrelación existente en *modelo corregido 1*, se aplica el *Método de las Primeras Diferencias*.

$$EMBI = 0.332553 - 1.878136SOLVENCIA - 0.880668LIQUIDEZ + 1.89E - 10PGP + 0.000227PPC$$

Dependent Variable: EMBI3  
Method: Least Squares  
Date: 10/01/17 Time: 16:03  
Sample (adjusted): 1977 2016  
Included observations: 40 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.332553	0.290846	1.143402	0.2606
SOLVENCIA3	-1.878136	5.149855	-0.364697	0.7175
LIQUIDEZ3	-0.880668	12.14446	-0.072516	0.9426
PGP3	1.89E-10	6.61E-10	0.286630	0.7761
PPC3	0.000227	0.000642	0.354341	0.7252
R-squared	0.014899	Mean dependent var		0.371614
Adjusted R-squared	-0.097684	S.D. dependent var		1.682002
S.E. of regression	1.762240	Akaike info criterion		4.087517
Sum squared resid	108.6922	Schwarz criterion		4.298627
Log likelihood	-76.75035	Hannan-Quinn criter.		4.163848
F-statistic	0.132337	Durbin-Watson stat		0.997787
Prob(F-statistic)	0.969474			

Para este modelo observamos un *Durbin-Watson* muy cercano a 2, lo que nos da un claro indicio de la solución del problema de autocorrelación positiva.

#### Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:

F-statistic	2.38E-06	Prob. F(1,34)	0.9988
Obs*R-squared	2.80E-06	Prob. Chi-Square(1)	0.9987

Test Equation:

Dependent Variable: RESID

Method: Least Squares

Date: 10/01/17 Time: 17:43

Sample: 1977 2016

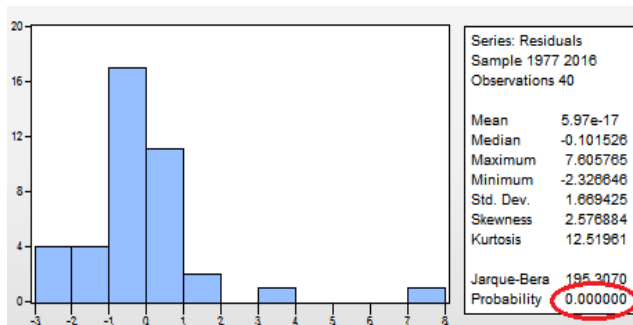
Included observations: 40

Presample missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-2.70E-05	0.295610	-9.13E-05	0.9999
SOLVENCIA3	-0.000455	5.233353	-8.69E-05	0.9999
LIQUIDEZ3	-0.002904	12.46488	-0.000233	0.9998
PGP3	3.13E-14	6.71E-10	4.67E-05	1.0000
PPC3	1.17E-07	0.000656	0.000178	0.9999
RESID(-1)	-0.000272	0.176164	-0.001542	0.9988

R-squared	0.000000	Mean dependent var	5.97E-17
Adjusted R-squared	-0.147059	S.D. dependent var	1.669425
S.E. of regression	1.787968	Akaike info criterion	4.137517
Sum squared resid	108.6922	Schwarz criterion	4.390849
Log likelihood	-76.75035	Hannan-Quinn criter.	4.229114
F-statistic	4.76E-07	Durbin-Watson stat	1.997300
Prob(F-statistic)	1.000000		

hay autocorrelación en el modelo.



#### Variance Inflation Factors

Date: 10/01/17 Time: 18:39

Sample: 1976 2016

Included observations: 40

Variable	Coefficient Variance	Uncentered VIF	Centered VIF
C	0.084591	1.089569	NA
SOLVENCIA3	26.52101	1.188375	1.183268
LIQUIDEZ3	147.4879	1.020289	1.008892
PGP3	4.37E-19	1.021020	1.021019
PPC3	4.12E-07	1.274149	1.184455

#### Prueba de heteroscedasticidad

Como la probabilidad del estadístico de chi-cuadrado del *Test Glejser* es mayo al N.S., el modelo sigue siendo homocedastico.

#### Heteroskedasticity Test: Glejser

F-statistic	0.699525	Prob. F(4,35)	0.5975
Obs*R-squared	2.961102	Prob. Chi-Square(4)	0.5644
Scaled explained SS	4.951957	Prob. Chi-Square(4)	0.2923

#### Prueba Breusch-Godfrey

Mediante este test podemos establecer de manera formal si el modelo NO presenta autocorrelación.

$H_0$ : Los residuos del modelo NO tienen autocorrelación.

$H_1$ : Los residuos del modelo tienen autocorrelación.

Prob- $\chi^2$	N.S.
0,9987	0,05

CDD: Hay evidencia esta suficiente para no rechazar  $H_0$ , por lo tanto decimos que NO

#### Prueba de normalidad modelo corregido 2

Como la probabilidad del estadístico *JB* es inferior al N.S., decimos que los residuos del modelo NO tienen una distribución normal.

#### Prueba de multicolinealidad

Como ninguno de los valores del *FIV* es mayor a 10, decimos que se sigue manteniendo la NO multicolinealidad del modelo.

## Conclusiones

En base a los tres modelos desarrollados podemos decir la variabilidad de los spreads de los bonos del tesoro colombiano a través de los últimos 40 años es mejor explicado por el modelo número 2, ya que es este el que presenta mejor bondad de ajuste  $R^2$  y las variables resultan ser más significativas; sin embargo, se determina que el modelo correcto elegido para los fines teóricos el *modelo corregido 2*, ya que este modelo es aquel que presenta los mejores criterios de especificación con respecto a los otros modelos como puede verse en el apartado de anexos. Aunque el modelo corregido 2 resulte tener una bondad de ajuste muy baja y poca representatividad en las variables, estas son respaldadas por la teoría (a excepción de PGP) como principales determinantes de los spreads.

Las pruebas aplicadas sobre el modelo original arrojaron problema de autocorrelación, el cual fue corregido mediante la aplicación de las *primeras diferencias*.

El hecho de que el modelo corregido 2, que fue elegido como el modelo correcto, presentara NO normalidad en los residuos, nos indica que los estimadores  $T$  y  $F$  no están bien aplicados, lo cual nos hace suponer que sus probabilidades y representatividad no son correctas.

Para el modelo original y el modelo corregido, se presentaron las mismas relaciones para las variables que en el estudio base del marco teórico. No obstante, en el modelo corregido 2 se presentó igual relación de signo solo con una variable.

Para el caso Colombia, la variable *PIB per Cápita* es aquella que explica mejor el comportamiento del coeficiente EMBI, ya que esta resultó ser representativa en todas las pruebas en todos los modelos.

## Bibliografía

LDC Foreign Borrowing and Default Risk: an Empirical Investigation; Figueroa Sebastian E.; <http://www.nber.org/papers/w1172>; 26/09/17; 14:30.

Determinantes de Spread soberano y efecto contagio: el caso Peruano; Olivares Alejandra, Pastrana Jackeline; <http://www.bcrp.gob.pe/docs/Proyeccion-Institucional/Encuentro-de-Economistas/EE-2011/ee-2011-d1-olivares-pastrana.pdf>; 26/09/17; 14:50.

Construcción de un "Índice de Percepción de Riesgo" de los Mercados Financieros Globales; Melo Luis F., Ramírez Juan M., Ramos Mario A.; <http://www.banrep.gov.co/sites/default/files/publicaciones/pdfs/borra344.pdf>; 26/09/17; 15:25.

Banco mundial; <http://databank.bancomundial.org/data/home.aspx>; 27/09/17; 13:05.

J.P. Morgan; <https://datamarket.com/data/set/1dme/jp-morgan-emerging-markets-bond-index-embid#ds=1dme!x88=7.k.b.9.a.i.4.c.f.g.e.m.2.d.5.h.8.n&display=choropleth&map=world&classified=natural&numclasses=5>; 27/09/17; 14:30.

Spreads de los bonos corporativos en la industria del retail Chileno; Gutiérrez Mauricio, Yáñez Isabel, Paillan Robert; <http://www.redalyc.org/pdf/4096/409634370005.pdf>; 27/09/17; 15:15.

Determinantes de los Spreads Soberanos en Economías Emergentes; Díaz Juan D, Montero Esteban; [http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2007/diaz\\_j/sources/diaz\\_j.pdf](http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2007/diaz_j/sources/diaz_j.pdf); 27/09/17; 16:00.

El modelo de Merton para la estimación del riesgo de incumplimiento en Colombia; Suarez Nilia; <http://repository.urosario.edu.co/bitstream/handle/10336/3101/1018407700-2012.pdf>; 27/09/17; 16:05.

EL indicador riesgo país EMBI, tasas de interés y su incidencia en el mercado bursátil de Colombia en el periodo 2002-2009; Casallas Jorge; <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/12452/T10.11%20C262i.pdf?sequence=1>; 27/09/17; 16:30.

## Anexos

### Test de variables omitidas

Para establecer realmente si la decisión que se tomó de excluir las variables *IR*, *IC*, *IED* del modelo original fue correcta, se verifica la probabilidad del *Test Likelihood de Variables Omitidas*, donde:

Ho: La variable  $X_i$  debe omitirse    H1: La variable  $X_i$  NO debe omitirse

Omitted Variables Test				Omitted Variables Test				Omitted Variables Test			
Equation: MODEL2				Equation: MODEL2				Equation: MODEL2			
Specification: EMBI C SOLVENCIA LIQUIDEZ PGP PPC				Specification: EMBI C SOLVENCIA LIQUIDEZ PGP PPC				Specification: EMBI C SOLVENCIA LIQUIDEZ PGP PPC			
Omitted Variables: IC				Omitted Variables: IR				Omitted Variables: IED			
	Value	df	Probability		Value	df	Probability		Value	df	Probability
t-statistic	1.269169	35	0.2128	t-statistic	1.302667	35	0.2012	t-statistic	0.334319	35	0.7401
F-statistic	1.610789	(1, 35)	0.2128	F-statistic	1.696941	(1, 35)	0.2012	F-statistic	0.111769	(1, 35)	0.7401
Likelihood ratio	1.844792	1	0.1744	Likelihood ratio	1.941159	1	0.1635	Likelihood ratio	0.130721	1	0.7177

*CDD*: La evidencia estadística es suficiente para no rechazar la hipótesis nula, por lo tanto estuvo bien excluir las variables *IC*, *IR*, *IED* del modelo original.

### Causalidad de Granger

Esta prueba nos sirve para determinar la relación que tienen las variables explicativas de manera individual con la variable explicada o en qué sentido es la causalidad de su relación.

Ho: NO existe causalidad entre las variables

H1: Existe causalidad entre las variables

### Modelo original

VAR Granger Causality/Block Exogeneity Wald Tests  
Date: 10/01/17 Time: 21:41  
Sample: 1976 2016  
Included observations: 39

Dependent variable: EMBI

Excluded	Chi-sq	df	Prob.
SOLVENCIA	3.940412	2	0.1394
LIQUIDEZ	1.316154	2	0.5178
PGP	0.156225	2	0.9249
IR	0.274256	2	0.8719
IC	1.652961	2	0.4376
IED	0.073272	2	0.9640
PPC	2.179417	2	0.3363
All	6.232248	14	0.9603

*CDD*: Hay evidencia suficiente para NO rechazar la hipótesis nula, por lo tanto, no existe causalidad entre las variables.

## Modelo corregido 2

VAR Granger Causality/Block Exogeneity Wald Tests

Date: 10/01/17 Time: 21:38

Sample: 1976 2016

Included observations: 38

CDD: Hay evidencia suficiente para NO rechazar la hipótesis nula, por lo tanto, no existe causalidad entre las variables.

Dependent variable: EMBI3

Excluded	Chi-sq	df	Prob.
SOLVENCIA3	0.890312	2	0.6407
LIQUIDEZ3	0.008170	2	0.9959
PGP3	0.030645	2	0.9848
PPC3	0.536686	2	0.7646
All	1.278420	8	0.9958

## Métodos de discriminación de modelos

### Criterio de información de Akaike (CIA) y Schwarz (CIS)

El modelo que presenta menor valor en los criterios de información, es el que se considera mejor.

Dependent Variable: EMBI  
Method: Least Squares  
Date: 09/29/17 Time: 14:51  
Sample: 1976 2016  
Included observations: 41

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-13.74603	3.595965	-3.822625	0.0006
SOLVENCIA	17.04394	9.223260	1.847930	0.0736
LIQUIDEZ	-57.49002	18.60379	-3.090231	0.0040
PGP	2.94E-09	1.51E-09	1.948231	0.0599
IR	-0.136228	0.104663	-1.301587	0.2021
IC	4.97E-10	3.94E-10	1.262853	0.2155
IED	-1.34E-11	3.32E-10	-0.040421	0.9680
PPC	0.002541	0.000731	3.476342	0.0014

R-squared	0.810966	Mean dependent var	-1.117676
Adjusted R-squared	0.770868	S.D. dependent var	7.450247
S.E. of regression	3.566264	Akaike info criterion	5.554094
Sum squared resid	419.7020	Schwarz criterion	5.888449
Log likelihood	-105.8589	Hannan-Quinn criter.	5.675848
F-statistic	20.22455	Durbin-Watson stat	0.757043
Prob(F-statistic)	0.000000		

Dependent Variable: EMBI3  
Method: Least Squares  
Date: 10/01/17 Time: 16:03  
Sample (adjusted): 1977 2016  
Included observations: 40 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.332553	0.290846	1.143402	0.2606
SOLVENCIA3	-1.878136	5.149855	-0.364697	0.7175
LIQUIDEZ3	-0.880668	12.14446	-0.072516	0.9426
PGP3	1.89E-10	6.61E-10	0.286630	0.7761
PPC3	0.000227	0.000642	0.354341	0.7252

R-squared	0.014899	Mean dependent var	0.371614
Adjusted R-squared	-0.097684	S.D. dependent var	1.682002
S.E. of regression	1.762240	Akaike info criterion	4.087517
Sum squared resid	108.6922	Schwarz criterion	4.298627
Log likelihood	-76.75035	Hannan-Quinn criter.	4.163848
F-statistic	0.132337	Durbin-Watson stat	1.997787
Prob(F-statistic)	0.969474		

CDD: El modelo corregido 2 es que se asume como mejor, con respecto al modelo original.

### Prueba de forma funcional

Se aplicara el *Test de Reset Ramsey*, el cual verifica regresiones incluyendo las  $\hat{Y}^n$  con las variables del modelo.

*Ho: La forma funcional del modelo es correcta*

*H1: La forma funcional del modelo NO es correcta*

Ramsey RESET Test

Equation: MODEL1

Specification: EMBI C SOLVENCIA LIQUIDEZ PGP IRICIED PPC

Omitted Variables: Powers of fitted values from 2 to 9

	Value	df	Probability
F-statistic	11.42983	(8, 25)	0.0000
Likelihood ratio	63.07802	8	0.0000

Ramsey RESET Test

Equation: MODEL3

Specification: EMBI3 C SOLVENCIA3 LIQUIDEZ3 PGP3 PPC3

Omitted Variables: Powers of fitted values from 2 to 9

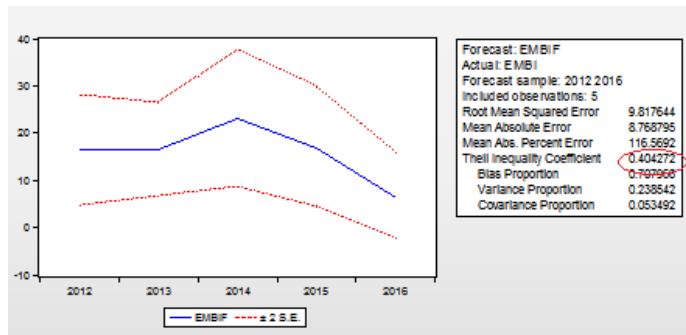
	Value	df	Probability
F-statistic	0.628699	(8, 27)	0.7465
Likelihood ratio	6.832933	8	0.5548

CDD: Al correr una regresión con  $8 \hat{Y}$ , se determina que el modelo corregido 2 es el que tiene la forma funcional correcta.

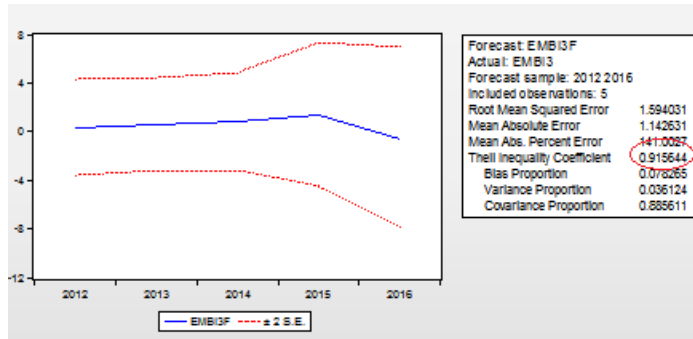
### Prueba de predicción del modelo

Se realizara mediante el *Test de desigualdad de Theil*, que indica que entre menor sea el valor con respecto a 1, el modelo tendrá mejor capacidad predictiva.

Modelo original



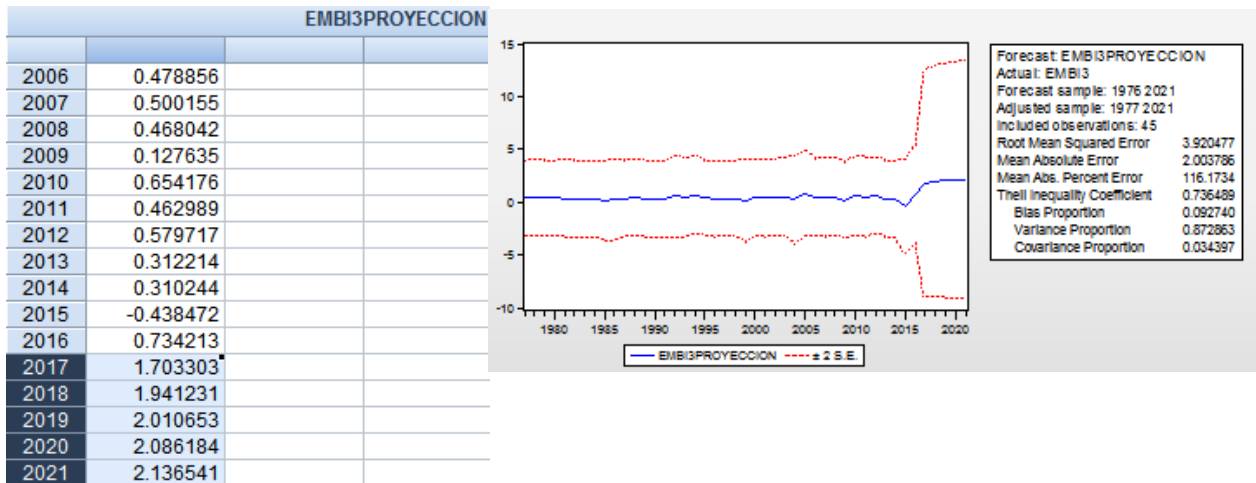
Modelo corregido 2



CDD: El modelo original posee una buena capacidad predictiva. El modelo corregido 2 no posee capacidad predictiva.

## Predicciones

Aunque el que el modelo corregido 2 no presenta capacidad predictiva, se procederá a realizar las proyecciones del comportamiento de los spreads para los próximos 5 años.



Se determina en proyección para los siguientes 5 años, los valores indicados de 1.7033, 1.941231, 2.010653, 2.086184 y 2.136541 para 2017, 2018, 2019, 2020 y 2021 respectivamente.