

ÍNDICE DE ESTRÉS FINANCIERO PARA BOLIVIA

Código 7040

Resumen

La última crisis financiera evidenció una vez más los enormes costos económicos y sociales ocasionados por períodos de inestabilidad financiera, por lo que la construcción de índices que reflejen el nivel de estrés del sistema ha empezado a ser desarrollada en varios países como una alternativa para evaluar los sistemas financieros y establecer un sistema de alerta temprana como parte de las herramientas macroprudenciales, con el fin de implementar medidas correctivas que coadyuven a moderar situaciones de crisis.

La literatura acerca de crisis y estrés financiero ha prestado poca atención a generar una medida contemporánea del estado actual en que se encuentran los sistemas financieros. El caso no es diferente para Bolivia, ya que no existe una medida o indicador global que describa la situación del sistema financiero período a período.

El objetivo de este documento es desarrollar un índice continuo y cuantificable con la capacidad de determinar el nivel de estrés del sistema financiero boliviano considerando indicadores de rentabilidad, liquidez y riesgo de crédito a través de distintas metodologías: igualdad de varianza, componentes principales y en general modelos para datos de conteo.

Palabras Clave: Índices de estrés bancario, instituciones financieras, monitoreo, fragilidad financiera

Clasificación JEL: E44, G21, C25

1. Introducción

El interés de las autoridades monetarias y regulatorias por comprender el desempeño del sector financiero se incrementó en las últimas dos décadas a raíz de la existencia de varios períodos de inestabilidad financiera, que tuvieron como consecuencia enormes costos económicos y sociales. Hoggarth, *et al* (2002) sugieren que las pérdidas del producto interno bruto anual durante episodios de inestabilidad financiera provenientes de crisis bancarias, pueden alcanzar hasta un 15-20%; Friedman y Schwartz (1963) sugieren que el pánico bancario es la principal causa de la contracción monetaria, deflación, y reducción de la actividad económica real.

Específicamente, la crisis financiera internacional de 2007-2009 puso en la agenda de los bancos centrales focalizar sus esfuerzos en preservar la estabilidad financiera además de su tradicional objetivo de estabilidad monetaria. Goodhart, 2010 e Ingves, 2011, señalan que previo a agosto de 2007 los bancos centrales habían conducido la política monetaria de manera impecable, pero ahora se reconoce que la estabilidad de precios no garantiza la estabilidad financiera, por lo que surgen diversos cuestionamientos sobre el rol y/o nuevos instrumentos que deben tener los bancos centrales para afrontar el reto de preservar la estabilidad financiera y a la vez la estabilidad de precios.

En este sentido, los bancos centrales y las autoridades encargadas de la supervisión se encuentran ahora orientando gran parte de su investigación hacia el desarrollo de potenciales indicadores macroprudenciales de alerta temprana, el manejo de escenarios de estrés y estudios acerca de la situación actual del sector financiero.

Los estudios llevados a cabo en los años noventa se fundamentaron en el análisis de los períodos de crisis por los que pasaron los sistemas financieros alrededor del mundo, buscando antecedentes comunes en las crisis e intentando identificar qué tipo de variables podrían haberlas generado. A pesar que este enfoque ayuda a mejorar los diagnósticos de sucesos de crisis, presenta la desventaja que la definición de eventos de crisis y no crisis es completamente subjetiva, ya que las crisis son usualmente clasificadas y medidas por simples variables binarias y tratadas como fenómenos específicamente bancarios, en los cuales se señala, subjetivamente, si se está en período de crisis o no.

Por otra parte, gran parte de los análisis del sistema financiero desarrollados hasta antes de la última crisis estaban basados en el enfoque de un indicador simple¹,

¹ Marcucci Quagliariello (2008) muestra que las provisiones para créditos incobrables son acumuladas por los bancos todo el tiempo, éstas no se incrementan drásticamente durante una crisis, lo que significa que eligiendo a esta variable como un único indicador del nivel de calidad del sistema bancario puede llevar a tener una visión parcial acerca de la solidez del sistema bancario. Por su parte, si la situación de estrés bancario está medida sólo por el crecimiento de los créditos concedidos por los bancos, un nivel alto de créditos puede ser interpretado como un bajo nivel de estrés. Sin embargo, a raíz de la fuerte competencia bancaria, los bancos pueden estar tentados a

por lo que era difícil tener un punto de vista general del fenómeno analizado además de que no se tomaba en cuenta el efecto contagio.

La literatura existente hasta 2007 acerca de crisis y estrés financiero había prestado poca atención a generar una medida contemporánea del estado actual en que se encuentra un sistema financiero. Sin embargo, recientemente han proliferado investigaciones que se han dedicado a desarrollar un indicador agregado que represente un estado continuo de la situación y que describa las condiciones del sector en cada período de tiempo.

Bolivia no cuenta hasta el momento con una medida de este tipo, capaz de describir la situación del sistema financiero período a período y que sirva para detectar situaciones de estrés en el mismo. En consecuencia, el interés de este documento es desarrollar un indicador continuo y cuantificable que permita proveer una idea o aproximación del nivel de estabilidad o estrés del sistema financiero boliviano en el tiempo. Esta meta es alcanzada combinando la información proveniente de varios indicadores en un solo índice, sin embargo, se debe tener especial cuidado primero con la elección de los indicadores que vayan a componer el índice y segundo con la elección del mejor enfoque para generar ponderadores óptimos que permitan agregar los indicadores en uno solo.

Los métodos más comunes para agregar indicadores son el análisis factorial o de componentes principales y el enfoque de igualdad de varianzas. Sin embargo, estos métodos tienen algunas limitaciones: el análisis de componentes principales sólo puede ser usado cuando todas las variables están afectadas por el mismo *shock* y se mueven juntas. Por otro lado, el método de la igualdad de varianzas asume que todas las variables incluidas en el índice son igualmente importantes y tienen por tanto el mismo peso, lo cual no es totalmente cierto.

En este sentido, en este documento para hallar los ponderadores óptimos a ser usados en el índice agregado se desarrolla una metodología basada en técnicas econométricas. En el enfoque econométrico, el número de entidades en situación de estrés es regresionado usando un set de variables explicativas a través de estimaciones *Zero-Inflated Poisson (ZIP)* y estimaciones *Zero-Inflated Binomial Negative (ZIBN)*. Los coeficientes estimados son usados para construir el set de ponderadores óptimos, específicamente, estos últimos se basan en la magnitud de la significancia estadística del impacto marginal de las variables explicativas en la variable dependiente. Para un indicador dado, cuanto más grande es el impacto en el número de entidades en situación de estrés más grande es su ponderador.

Con fines comparativos se elaboraron también los índices calculados mediante la metodología de igualdad de varianzas y componentes principales.

disminuir sus requerimientos de concesión de créditos con el fin de aumentar sus clientes disminuyendo la calidad de sus prestamistas.

Asimismo, las variables seleccionadas tuvieron en cuenta la relevancia sistémica, su capacidad para reflejar el comportamiento de las entidades financieras, los análisis realizados en el sistema financiero, la periodicidad de las series y su disponibilidad, además de los criterios que sugiere la literatura internacional y las sugerencias del Fondo Monetario Internacional (FMI) acerca de los indicadores de solidez financiera.

Se debe destacar que uno de los principales aportes de este trabajo es que desarrolla un indicador de estrés por tipo de entidad: bancos comerciales (BC), mutuales (MUT), entidades especializadas en microfinanzas (MICRO) y cooperativas (COOP), lo cual es de enorme relevancia en cuanto a la supervisión y/o monitoreo del sistema.

El índice de estrés financiero (IE) desarrollado en este estudio, es un índice continuo de frecuencia mensual que utiliza razones de capital, rentabilidad, riesgo de crédito y de liquidez. Los cálculos realizados son comparados con la historia reciente con la finalidad de evaluar la capacidad del índice de reaccionar ante sucesos importantes ya ocurridos.

De esta manera, se busca otorgar a los hacedores de política una propuesta de medida del nivel de estrés en que se encuentra el sistema financiero boliviano para que pueda ser utilizado como insumo adicional en la toma de decisiones y en el diseño de políticas. Contando con mejores y mayores instrumentos de medición tendremos mejores oportunidades para enfrentar futuras crisis que se puedan presentar, y así evitar pérdidas innecesarias.

El documento se divide en cinco secciones. En la segunda sección se presenta la revisión bibliográfica, en la tercera sección las metodologías más comunes para generar indicadores de estrés financiero. En la cuarta se describen las variables seleccionadas y se desarrollan los métodos escogidos para generar la conformación del índice. En la quinta se generan el índice agregado bajo las distintas metodologías y se analizan los resultados obtenidos, adicionalmente se replica el ejercicio para los distintos tipos de entidades que lo conforman. En la sexta sección se realizan algunos pronósticos y por último en la séptima sección se incorporan algunos comentarios finales y conclusiones.

2. Contribuciones teóricas y empíricas: revisión de la literatura

La gran mayoría de estudios empíricos que analizan el nivel de estrés del sistema financiero se ha desarrollado en las últimas dos décadas.

Los primeros estudios abordaron el nivel de vulnerabilidad financiera a partir del análisis de los factores más importantes asociados con la detonación de las crisis bancarias sistémicas.

Demirguc-Kunt y Detragiache (1998) realizaron un análisis tanto de países desarrollados como en desarrollo para el período de 1980 a 1994 bajo un modelo

multinomial *logit*. Los resultados mostraron que el análisis estadístico de las crisis bancarias sistémicas pasadas puede ser usado para construir herramientas de monitoreo que podrían implementarse para medir la vulnerabilidad del sistema bancario. El documento sugiere que los sistemas de alerta temprana generan una señal en caso de que la probabilidad de una crisis exceda cierto umbral. Por su parte, el estudio también mostró que las crisis tienden a generarse cuando el ambiente macroeconómico es débil, es decir cuando el crecimiento económico es moderado y la inflación es alta.

Kaminsky (1998) desarrolló un estudio relacionado con las crisis del mercado cambiario y bancario y concluyó que la mayoría de las crisis se generan en economías frágiles con signos de estrés forjados por varios sectores de la economía. El documento construyó un sistema de alerta temprana utilizando una muestra de 20 países para el período 1970-1995, basado en el enfoque de señales, usando cuatro diferentes formas de conformar un indicador líder al que se evaluó en términos de precisión de pronóstico y calibración. Se probó el indicador líder para la crisis asiática. Los resultados mostraron que estas economías estaban en un nivel muy frágil, con claros signos de estrés alrededor de 18 meses antes del colapso cambiario, lo cual infiere que la crisis pudo haber sido predicha.

González y Hermosillo (1999) también contribuyeron a la literatura de crisis bancarias sistémicas analizando el papel que tienen los factores macro y micro en las crisis bancarias. Para ello desarrollaron un modelo simple de quiebras bancarias basadas en riesgos de crédito, de mercado y de liquidez, en el cual la probabilidad de quiebra de los bancos fue estimada a partir de un modelo *logit* de datos panel. El análisis se desarrolló usando cinco escenarios de crisis bancarias. El documento encontró que bajos niveles de capital y de provisiones sobre cartera vencida son indicadores líderes de estrés financiero.

Bell y Pain (2000) utilizaron en su estudio dos enfoques metodológicos para desarrollar los indicadores de estrés financiero: enfoque de señales y modelos de respuesta cualitativa. El primer enfoque compara la información generada por los indicadores en los períodos de calma en contraste con los períodos de crisis, analizando los errores de tipo I y II generados. Por otro lado, los modelos de respuesta cualitativa emplean regresiones con el fin de estimar la relación entre varios indicadores potenciales y una variable discreta identificada, como por ejemplo una quiebra bancaria o una crisis bancaria.

Otro marco analítico utilizado con frecuencia es el propuesto por el Fondo Monetario Internacional (FMI) en su Guía de Compilación de Indicadores de Solidez Financiera (ISF)², con los cuales se pretende describir la situación financiera actual y la solidez de las instituciones financieras de un país, sus empresas y hogares. Estos constituyen una herramienta de evaluación y vigilancia de los puntos fuertes y de las vulnerabilidades de los sistemas financieros, con el objetivo de reforzar su estabilidad y en particular limitar la probabilidad de fracaso

² Ver Fondo Monetario Internacional (2006).

del mismo. El análisis propuesto cubre aspectos como la fortaleza del capital de las instituciones financieras para amortiguar posibles pérdidas, la calidad de los activos, la exposición a los riesgos más relevantes, la capacidad para la generación de ingresos y el manejo de los gastos.

Además de los ISF, el FMI ha desarrollado el llamado Mapa de Estabilidad Financiera, el cual presenta en su estructura una evaluación de los riesgos y condiciones subyacentes del sistema financiero global y del cual se infiere su estabilidad. Mediante un análisis cuantitativo, se evalúan los riesgos y las condiciones subyacentes, cubriendo seis áreas fundamentales: monetaria y financiera, el apetito por riesgos en los mercados globales, riesgo de mercado y liquidez, riesgo de crédito, riesgo de mercados emergentes y riesgos macroeconómicos.³

Los índices de estrés financiero empezaron a ser desarrollados en la primera década de los años 2000 como alternativa para evaluar la calidad de los sistemas financieros en algunos países.

Bordo *et al.* (2001) realizaron un índice financiero anual para los Estados Unidos que cubre el período de 1790-1997 e incluye series de tiempo de la quiebra de empresas, condiciones bancarias, tasa de interés real y el *spread* de tasas de interés del sector financiero. Para fines de construcción del índice, los autores realizaron un proceso de estandarización de las series, para luego categorizar los diferentes episodios financieros anuales entre estrés severo, estrés y normal.

Illing y Liu (2003) construyeron un índice para determinar el nivel de estrés del sistema financiero canadiense, incluyendo informaciones diarias del sector bancario, tipo de cambio, deuda y mercado de capitales. El índice se construyó utilizando varias técnicas: análisis factorial, análisis econométrico de corte transversal y modelos GARCH. Estudiaron los eventos más estresantes para el sistema financiero, ocurridos durante los últimos 25 años, con cuyos resultados se eligieron las variables para construir el índice, basados en la puntualidad de sus resultados, información prospectiva y capacidad sistémica de reflejar el comportamiento de los agentes. Adicionalmente, evaluaron el índice basados en la habilidad de este para coincidir con los eventos que estresaron el sistema financiero canadiense. Los autores encontraron que sus índices se ajustaban mejor a eventos económicos y financieros que otros índices calculados con anterioridad para la economía canadiense.

Hanshel y Monin (2005) calcularon un índice de estrés con variables puramente cuantitativas como precios de mercado y otras informaciones de la hoja de balance de las entidades. La metodología utilizada fue la de igualdad de varianzas, la cual genera el índice dando el mismo peso a todas las variables. A manera de trabajar con una escala homogénea, los indicadores usados para generar el índice fueron estandarizados asumiendo normalidad. El principal

³ Ver Fondo Monetario Internacional (2007).

problema de este enfoque es que todas las variables usadas tienen el mismo peso, lo cual implica que todas ellas tienen la misma importancia. Los resultados de su modelo encontraron que los desbalances macroeconómicos tienen una gran influencia en el nivel de estrés futuro del sector bancario suizo e identificaron tres períodos donde el nivel de estrés está por encima del promedio, los cuales corresponden a períodos de contracción económica.

Puddu (2008), por su parte, desarrolló para el sistema bancario estadounidense una gran variedad de índices con distintas metodologías como ser enfoque de señales y estimaciones a partir de modelos de datos de conteo. Las variables utilizadas para el índice fueron razones financieras de rentabilidad y riesgo crediticio. En el trabajo se compararon sus resultados con metodologías basadas en el método de igualdad de varianzas y con el de análisis de factores. Las principales diferencias encontradas están en términos del nivel de estrés detectado por el índice, pero el ciclo y las formas de los índices son similares.

Economistas del FMI desarrollaron un índice de estrés financiero para 17 diferentes países⁴. Calculando el promedio de indicadores de mercado en tiempo real y con alta periodicidad, consideraron variables como el riesgo de las acciones del sector bancario, el margen entre las tasas de interés interbancarias y de los bonos del tesoro, la pendiente de la curva de rendimientos, los diferenciales de los bonos corporativos, el rendimiento de las acciones de mercado, la volatilidad del retorno y la volatilidad del tipo de cambio. Los resultados mostraron que en efecto fueron identificados episodios de estrés financiero para aquellos períodos cuando el índice para un país era más de una desviación estándar por encima de la tendencia.

Por su parte, en un trabajo para la Reserva Federal de Kansas, Hakkio y Keeton (2009) propusieron un nuevo índice de estrés financiero, mediante un coeficiente único que captura las variables esenciales que consideran que existen en situaciones de estrés, tales como la volatilidad en los precios de los activos, el costo de los préstamos dado el incremento de la asimetría de la información y los mayores niveles de retorno exigidos por los inversionistas. Para combinar las 11 variables seleccionadas utilizaron la metodología de componentes principales, cuyos resultados sugieren que el índice incrementaba bruscamente en períodos de crisis.

Cheang y Choy (2009), construyeron un índice financiero agregado para Macao. Basados en estudios previos (Cheang, 2009) y en los indicadores de solidez financiera propuestos por el FMI seleccionaron 19 indicadores para un período de 15 años, los cuales combinaron en un índice financiero agregado mediante un proceso de normalización estadística de variables y la asignación de una misma ponderación de los indicadores individuales. Sus resultados mostraron coherencia al señalar en su evolución el deterioro de la estabilidad financiera durante la crisis

⁴ Ver Fondo Monetario Internacional (2008).

financiera asiática de 1997-98, la recesión económica a finales de 1990 y los desequilibrios del año 2008.

En un enfoque basado exclusivamente en hoja de balance, Morales y Estrada (2010) construyeron un índice de estabilidad financiera para Colombia, utilizando tanto el método de igualdad de varianzas, como el de componentes principales, así como modelos de respuesta cualitativa. Consideraron para ello los niveles de rentabilidad, liquidez y probabilidad de incumplimiento del sector bancario, tanto agregado como individual. Los resultados sugirieron que el índice logra determinar el nivel de estrés contemporáneo del sector bancario.

Utilizando un período muestral entre 1995 y 2011, Jhan y Kick (2012) construyen un indicador de estabilidad financiera para el sistema bancario alemán mediante un modelo de probabilidades proporcionales, el cual considera la probabilidad de quiebra de cada banco individual, el diferencial de crédito y una medida que refleja el valor del sector bancario en el mercado de capitales.

Otra alternativa de medición es propuesta por Čihák (2007), utilizando la distribución de las pérdidas sistémicas como medida de riesgo de incumplimiento y consecuentemente como una forma de medir la estabilidad financiera. La medida fue construida mediante un análisis *bottom-up*, es decir, desde quiebras de instituciones individuales hasta pérdidas sistémicas, y cubre, no solo la tendencia, sino la forma completa de la distribución de las pérdidas sistémicas.

Por último desde una perspectiva diferente, Aspachs *et al.* (2006) elaboraron una medida de estabilidad financiera, sobre la base de un modelo de equilibrio general que introduce en la economía un sistema financiero, en donde existen agentes heterogéneos y probabilidad de incumplimiento. El principal aporte de este trabajo es que define de forma endógena una situación de estabilidad financiera en términos de variables relacionadas con el comportamiento de los bancos.

3. Marco teórico

La finalidad del documento es elaborar un índice que sea capaz de mostrar el nivel de estrés en que se encuentra el sistema financiero. La manera en que se combinan las variables para generar dicho índice se constituye en la parte más difícil del proceso dado que esto determina el impacto que va a generar cada variable en el índice de estrés.

La dificultad de establecer las ponderaciones de las variables se encuentra en la falta de un indicador de referencia que permita verificar la incidencia del peso de cada variable. Varias son las metodologías utilizadas para ponderar las variables: el método de igualdad de varianzas, componentes principales o análisis factorial, enfoque de señales y en general aproximaciones econométricas cualitativas.

3.1. Igualdad de varianzas (IV)

Por su facilidad, esta técnica es la más usada en la literatura de índices de estrés. El primer paso consiste en estandarizar las variables para expresarlas en una misma unidad y luego agregarlas usando idénticos ponderadores.

$$I_t = \frac{k}{i=1} \frac{X_{i,t} - X_i}{\sigma_i} \quad (3.1)$$

Donde k es el número de variables que conforman el índice, X_i es la media de la variable i que lo compone y σ_i su desviación estándar. Después el índice es estandarizado para expresarlo en términos de su media y varianza.

Una importante deficiencia de esta aproximación es que genera una misma ponderación para todas las variables estandarizadas que conforman el índice, lo cual no es necesariamente correcto pues pueden existir variables que tengan mayor incidencia en el índice de estrés financiero, dependiendo de la vulnerabilidad del sistema y de la solidez de las entidades. Por ejemplo, se esperaría una incidencia distinta en el nivel de estrés de un episodio de riesgo de crédito versus un episodio de riesgo de liquidez. Bajo esta metodología se supone que las variables están normalmente distribuidas, lo cual podría convertirse en una limitación adicional de esta aproximación.

A pesar de dichas limitaciones, ésta es una técnica muy utilizada como punto de partida para generar un índice de estrés financiero, dada su facilidad y su buen ajuste cuando se compara con técnicas más complejas. Illing y Liu (2003), Hanshel y Monin (2005), y Puddu (2008) utilizan esta metodología como punto base para desarrollar uno de sus índices.

3.2. Componentes principales (CP) y análisis de factores principales (AFP)

A diferencia del método de igualdad de varianzas, esta metodología identifica patrones en los datos, expresándolos de tal manera que se resalten sus similitudes y diferencias.

La idea principal detrás de esta metodología es obtener una serie, en nuestro caso el índice, a partir de la combinación de las variables seleccionadas, de tal manera que dicha combinación explique al máximo la varianza conjunta de las variables. El análisis a partir de CP utiliza las correlaciones entre las variables para desarrollar un pequeño grupo de componentes que empíricamente resumen la correlación entre estas.

La metodología de componentes principales es comparable al análisis de factores principales, utilizados en muchos documentos que tratan de generar índices de estrés, pero difiere en que CP supone que debe tomarse en cuenta toda la

variabilidad generada por los indicadores, mientras que AFP considera la varianza que es común entre las variables. La ventaja de estos métodos es que permiten hallar patrones en los datos y comprimir los datos en un sólo indicador (reduciendo sus dimensiones) sin perder mucha información.

3.3. Enfoque de señales

El enfoque de señales está basado en la habilidad de un indicador particular en detectar un período de crisis y distinguirlo de un período de estabilidad. En el enfoque de señales tradicional, la variable x_i detecta una crisis si se encuentra por encima o debajo de un nivel de umbral x_i . Una vez que un indicador señala una crisis en un período en particular puede haber dos posibilidades. Por un lado, la crisis puede establecerse en un período o en varios períodos; por el otro lado, la crisis puede no haber ocurrido. El ruido de un indicador particular está encontrar la medida de esta precisión, la cual es obtenida combinando los errores del indicador cuando esta no detecta una crisis cuando realmente existe o cuando detecta un período tranquilo cuando no es el caso. Específicamente, el ruido es definido como el ratio entre la probabilidad de no detectar crisis (Error de tipo I) sobre 1 menos la probabilidad de que exista una falsa alarma (Error de tipo II). El nivel de umbral para la variable x_i es endógeno y es elegido minimizando el ruido. Para el mismo nivel de ruido, un indicador específico puede tener un poder más explicativo si la crisis ocurre dentro de un período determinado.

Aun cuando el método de señales es intuitivo y fácil de calcular, tiene al menos dos inconvenientes que pueden afectar los resultados obtenidos. El primer problema es que el enfoque de señales es incapaz de medir la magnitud de los errores. Un indicador con media positiva durante los períodos de crisis, produce el error de tipo I si este se encuentra justo debajo o muy lejos de su umbral. Entre estos dos errores, existe una diferencia importante en términos de tamaño que no es tomada en cuenta por el método de señales.

El segundo problema es que este enfoque está basado en un análisis de equilibrio parcial. Esto significa que los efectos cruzados (efectos contagio) no son tomados en cuenta. Cada indicador afecta al nivel de estrés en el sistema financiero de dos maneras: por un lado el indicador tiene un impacto directo en el nivel de estrés, y por otro lado puede tener también un impacto indirecto, dependiendo de su capacidad en afectar la posición de las otras variables en el mismo período. Esto significa que si la variable x_i tiene una propiedad de contagio más fuerte que la variable x_j , entonces esta tienen una mayor importancia relativa. Estos efectos no son tomados en cuenta por el enfoque de señales.

3.4. Modelos de respuesta cualitativa

Esta metodología emplea estimaciones econométricas para modelar la relación entre las variables indicadoras de estrés (explicativas) y la variable dependiente definida generalmente como número de bancos en quiebra o crisis. Se supone

que las variables que tienen incidencia en las crisis bancarias también la tienen en el nivel de estrés financiero. A partir de los resultados de esta estimación se infieren las ponderaciones de dichas variables explicativas en el índice.

La variable dependiente se construye a partir de información cualitativa que surge de la ocurrencia de las crisis financieras. En la mayoría de los casos dicha variable está conformada por observaciones discretas y se supone que se deriva de una función de probabilidad continua; dependiendo de las características de la variable, se pueden suponer distintas especificaciones de la función de probabilidad, lo cual lleva también a tener distintos resultados.

Muchos trabajos empíricos desarrollaron distintos métodos econométricos, en los cuales el número de crisis bancarias es modelado en función de un grupo de variables explicativas, y entonces los resultados de la regresión son usados para generar las ponderaciones que se le asignan a cada variable. Lo anterior permite inferir que existe una relación positiva y monótonica entre el número de bancos en crisis (observable) y el nivel de estrés en el sistema (no observable). De esta forma es posible concluir que si una variable afecta la cantidad de bancos en crisis, en una dirección en particular, lo mismo sucede con la relación existente entre la variable y el índice de estrés. Es por esto que los resultados de las regresiones basadas en el número de entidades bajo altos niveles de estrés, son usados para inferir la relación existente entre las variables y el índice.

$$y_t = F X_{it} + \varepsilon_t \quad (3.2)$$

La ecuación 3.2, establece la relación existente entre el nivel de estrés financiero y_t y una función de la cantidad de entidades bajo estrés X_{it} más un término de error aleatorio ε_t . Los coeficientes estimados de estos modelos permitirán generar las ponderaciones que toma cada variable en el índice agregado, por lo que las variables más relevantes en el modelo obtienen una mayor ponderación en el índice.

La determinación de las ponderaciones de las variables explicativas en el modelo se basará en los efectos marginales de las variables explicativas sobre la variable dependiente descontados con un criterio de precisión del estimador (varianzas de los estimadores) para generar el vector de ponderadores óptimos.

4. Metodología

Como ya se mencionó anteriormente, el objetivo de este documento es desarrollar un índice continuo y cuantificable que tenga la capacidad de determinar cierto nivel de estrés del sistema financiero boliviano, para lo cual se debe tomar en cuenta dos elementos claves: primero la adecuada elección de las variables y segundo las ponderaciones obtenidas en base a los enfoques de igualdad de

varianzas, componentes principales y modelos de respuesta cualitativa, las cuales son tomadas en cuenta a la hora de agregar el índice.⁵

4.1. Datos

Las series empleadas corresponden a datos mensuales para el período de enero de 2001 hasta abril de 2013 (un total de 148 observaciones). Los datos toman en cuenta 66 entidades financieras existentes durante algún momento del período de análisis, clasificadas en bancos comerciales (BC), bancos especializados en microfinanzas (MICRO), mutuales de ahorro y préstamos para la vivienda (MUT) y cooperativas de ahorro y crédito (COOP).

La muestra no es homogénea en el período de análisis debido a las adquisiciones, fusiones, quiebras y nacimientos de entidades financieras.

4.2. Variables

Las variables a utilizar en la construcción del índice son las siguientes: el número de entidades bajo un alto nivel de estrés (Estrés)⁶ para cada período, cartera en mora⁷ sobre cartera bruta⁸ (CM_CB), activos improductivos con relación al total de activos (AI_A), cartera en mora neta de provisiones sobre patrimonio (CMPREV_P), pérdidas con relación al capital y reservas (PACT_CYR), el retorno sobre activos (ROA), retorno del patrimonio (ROE), cargos netos por incobrabilidad de cartera sobre cartera bruta promedio (CIN_CBP), activos líquidos sobre pasivos de corto plazo (AL_OPKP) y mercados de liquidez⁹ sobre activos líquidos (ML/AL). El resumen estadístico de los datos se muestra en el cuadro 1.

Cuadro 1
Resumen de los datos

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
ESTRÉS	148	10.635	11.328	0	35.000
ROE	148	9.691	6.354	-4.405	18.046
CM_CB	148	8.732	5.842	1.455	18.568
CMPREV_P	148	9.284	19.672	-11.830	48.242
ROA	148	0.967	0.606	-0.447	1.850
CIN_CBP	148	-1.020	0.354	-2.141	-0.487
PACT_CYR	148	3.746	4.686	0	16.022
AI_A	148	20.672	3.526	13.362	26.879
ML_AL	148	13.889	13.760	0.078	90.592
AL_OPKP	148	43.358	6.611	30.006	59.264

Fuente: Autoridad de Supervisión del Sistema Financiero (ASFI)

⁵ El método de enfoque de señales no se pudo utilizar debido a que el sistema financiero boliviano no cuenta con muchos episodios de crisis financieras, lo cual no permite realizar un buen estudio bajo dicha aproximación ya que la técnica se basa en los períodos de crisis y en ciertos umbrales para evaluar las variables que determinan la inestabilidad.

⁶ En el anexo A se detalla la forma en que fue calculada esta variable.

⁷ La cartera en mora está compuesta por la cartera vencida y la cartera en ejecución.

⁸ La cartera bruta se refiere a la cartera total existente en el sistema financiero boliviano.

⁹ Está compuesto por los fondos interbancarios, los reportos que realizan las entidades financieras y los créditos de liquidez que adquieren.

Todos los indicadores seleccionados tratan de satisfacer los análisis realizados para el sistema financiero boliviano, la relevancia sistémica, la habilidad de las variables para reflejar el comportamiento de las entidades financieras, la periodicidad de las series y la disponibilidad de las mismas.

La variable *Estrés* indica el número de entidades financieras que no cumplen los criterios de estabilidad para cada período.

Variables explicativas

Medida de rentabilidad

El ROA y el ROE son indicadores de rentabilidad y muestran el grado de eficiencia al usar los activos y las inversiones de los accionistas para generar ganancias a la entidad, respectivamente. Un bajo nivel de ROA y ROE es signo de un bajo nivel de rentabilidad. Esto significa que cuanto más bajo el ROA y ROE, más grande es el nivel de estrés en el sistema financiero.

Medida de eficiencia operativa

Los activos improductivos con relación al total de activos (AI_A) es un indicador que mide la eficiencia operativa con que trabajan las entidades financieras. Cuanto mayor sea este indicador existe una mayor probabilidad de estrés en el sistema financiero.

Medidas de fragilidad

La cartera en mora (CM_CB) y los cargos netos por incobrabilidad de cartera (CIN_CBP) como proporción de la cartera bruta del sistema financiero son indicadores de riesgo de crédito.¹⁰ Por su parte, los activos líquidos como porcentaje de las obligaciones de corto plazo (AL_OP) y los mercados de liquidez con relación a los activos líquidos (ML_AL) son indicadores de riesgo de liquidez. Por último, la cartera en mora neta de provisiones con relación al patrimonio y las pérdidas sobre capital y reservas son medidas de solvencia de las entidades financieras.

¹⁰ Las provisiones no fueron elegidas como indicador de riesgo de crédito debido a que proporcionan una señal sesgada de crisis porque durante los períodos de estrés la capacidad de los bancos y el incentivo a incrementar sus provisiones disminuye.

Cuadro 2
Descripción de las variables y signo esperado

Variables		Definición	Signo esperado
Retorno de los activos	ROA	Utilidades obtenidas en una gestión divididas sobre el total de activos, expresado como porcentaje	Negativo
Retorno del patrimonio	ROE	Utilidades obtenidas en una gestión divididas sobre el patrimonio, expresado como porcentaje	Negativo
Activos improductivos sobre total de activos	AI_A	Activos que no generan ingresos con relación al total de activos	Positivo
Cartera en mora sobre cartera bruta	CM_CB	Porcentaje de la cartera en mora del sistema con relación a la cartera total del sistema, expresado como porcentaje.	Positiva
Cargos netos por incobrabilidad de cartera sobre la cartera bruta promedio	CIN_CBP	Recuperaciones de cartera menos cargos por incobrabilidad de cartera con relación a la cartera bruta promedio, expresado como porcentaje	Positiva
Activos líquidos sobre obligaciones a corto plazo	AL_OPCP	Activos líquidos ajustados sobre depósitos a corto plazo, expresado como porcentaje	Negativo
Mercados de liquidez sobre activos líquidos	ML_AL	Acceso a fondos interbancarios, reportos y créditos de liquidez sobre activos líquidos, expresado como porcentaje	Positivo
Pérdidas sobre capital y reservas	PACT_CYR	Pérdidas acumuladas y de gestión sobre capital y reservas, expresado como porcentaje	Positivo
Cartera en mora neta de provisiones sobre patrimonio	CMPREV_P	Cartera en mora neta de provisiones por cartera sobre el patrimonio	Positivo
Estrés	NUM_ENT_STRESS	Número de entidades bajo un alto nivel de estrés.	

Todas las variables con excepción de Estrés fueron normalizados de acuerdo a la distribución normal con media cero y desviación estándar 1.

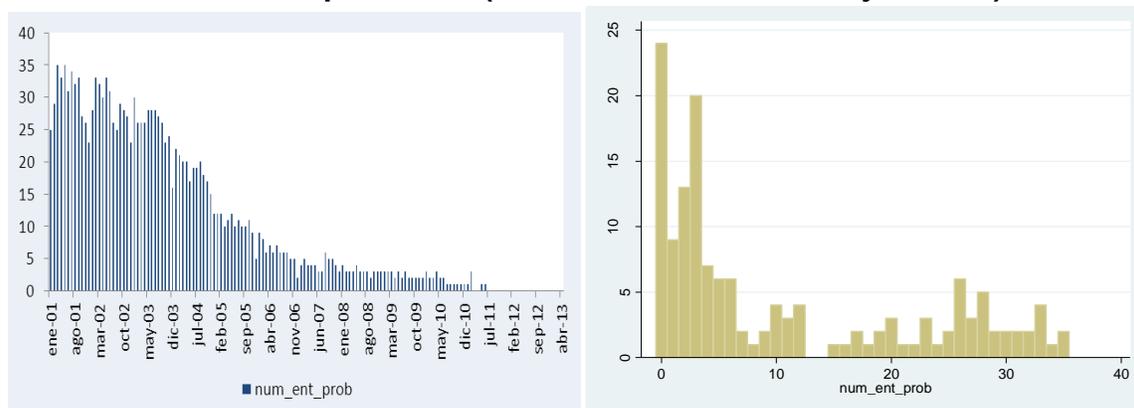
4.3. Estimación del modelo para datos de conteo

4.3.1 Variable dependiente

La variable dependiente está representada por el número de entidades del sistema que presentaron una situación crítica (de estrés) en un período dado. Para su construcción se evaluó cada entidad en el tiempo bajo ciertos criterios de rentabilidad, liquidez, solvencia y riesgo de crédito, utilizando umbrales de estabilidad, los cuales fueron establecidos en base a estándares internacionales, y la experiencia de supervisores y analistas financieros del sistema financiero boliviano (Ver Anexo A).

Al final se genera una variable que define el número de entidades bajo estrés por período. Como se observa en el siguiente gráfico, la distribución de la variable dependiente no es normal, ya que los datos están sesgados hacia la izquierda. Por su parte, se puede observar una alta frecuencia de los ceros en la distribución, ya que hay muchos períodos en que no se observan entidades en situación de crisis (estrés).

Gráfico 1
Variable dependiente (Número de entidades bajo estrés)



Fuente: Autoridad de Supervisión del Sistema Financiero (ASFI)

4.3.2 Estimación

Dada esta naturaleza de la variable dependiente, utilizar métodos econométricos que suponen normalidad como los Mínimos cuadrados ordinarios (MCO) es inapropiado, por lo cual debe estimarse el modelo utilizando datos de conteo.

En este sentido, una de las distribuciones sugeridas para la variable dependiente es la distribución *Poisson*, sin embargo, uno de los principales supuestos de esta distribución es que su media y varianza sean iguales. Si éste no es el caso, entonces las observaciones están muy dispersas con relación al modelo *Poisson*.

Como se observó en el cuadro 1, las observaciones de la variable dependiente están dispersas, es decir que la varianza de esta variable es mayor a su media (10,6 vs 11,3, respectivamente), lo cual puede explicarse por la cantidad de ceros caracterizando la distribución.

Una posible solución a este problema, a la hora de estimar un modelo con datos dispersos donde la varianza es mayor a la media, es la distribución *Binomial Negativa*.

En general dada la cantidad de ceros en la serie, la mejor manera de modelar los datos es a través de modelos que tomen en cuenta los ceros y valores distintos de cero en la variable dependiente. La metodología *Zero-Inflated* toma en cuenta este tipo de consideración, por lo que los modelos *Zero-Inflated Poisson (ZIP)* o *Zero-Inflated Negative Binomial (ZINB)* son la mejor alternativa.¹¹ Estos modelos asumen que la variable dependiente sigue un proceso *Poisson* o *Binomial Negativo*, respectivamente.

Este tipo de aproximaciones consiste en desarrollar las estimaciones bajo dos regímenes distintos. La primera especificación se requiere para definir las variables que afectan la parte distinta de ceros en la variable dependiente (*Parte No Inflated*), mientras que la segunda especificación es necesaria para definir los elementos que caracterizan los datos con valor cero en la variable dependiente (*Parte Inflated*).

En la ecuación 4.3.1 se especifican los dos regímenes:

$$y_t = \begin{cases} F X_{it} + \eta_t & \text{si } y_t > 0, \\ G Z_{it} + \varepsilon_t & \text{si } y_t = 0, \end{cases} \quad (4.3.1)$$

donde la variable dependiente (y_t) es el número de entidades financieras bajo un alto nivel de estrés; $F()$ y $G()$ son funciones que relacionan el vector de variables explicativas con la variable dependiente; X se define como un vector de variables que incluye la cartera en mora sobre cartera bruta (CM_CB), los activos improductivos sobre el total de activos (AL_A), el retorno del patrimonio (ROE), la cartera en mora neta de provisiones sobre el patrimonio (CMPREV_P), las pérdidas sobre el capital y reservas (PACT_CYR) y finalmente el mercado de liquidez sobre los activos líquidos ML_AL. Z es un vector de variables conformado por los retornos sobre activos (ROA), la razón de activos líquidos ajustados sobre depósitos a corto plazo (AL_OPKP) y los cargos netos por incobrabilidad de cartera sobre la cartera bruta promedio (CIN_CBP), en cada período de tiempo. Por su parte, η_t y ε_t representan el término de error de cada régimen.

No existe un criterio claro para la especificación de las variables que deben contener los vectores X y Z del modelo expresados en la ecuación 4.3.1. En esta

¹¹ Puddu (2008) sugiere la utilización de estos modelos de datos de conteo para generar el índice de estrés financiero.

metodología, la composición de los vectores Z depende de dos factores: en primer lugar se tuvieron en cuenta las variables que tienen mayor relevancia en los períodos de estabilidad y en segundo lugar las variables que podrían generar problemas de multicolinealidad si se estimasen en el mismo régimen.¹² Todas las variables se encuentran rezagadas un período con el fin de evitar problemas de endogeneidad.

Para la parte (*no Inflated*) del modelo, se usaron estimaciones ZIP y $ZINB$ basadas en regresiones *Poisson* y Binomial Negativa, respectivamente. Como se mencionó anteriormente este régimen es necesario para definir los elementos que caracterizan esta parte del modelo que no está afectado por los excesos de ceros de la variable dependiente. En cuanto a la parte *Inflated*, un modelo *Probit* es estimado para caracterizar los excesos de ceros de la variable dependiente.

4.3.3 Resultados modelos econométricos

Los resultados de las estimaciones del modelo ZIP y $ZINB$ se reportan en el cuadro 3.¹³

¹² ROE y ROA mostraron tener una alta correlación. De igual manera ML_AL y AL_OPCP mostraron niveles de correlación elevados.

¹³ Los estimadores resultantes de esta metodología son insesgados y consistentes. Sin embargo, realizar inferencia a partir de estos estimadores puede estar sesgada debido a que algunas variables del modelo presentan algún grado de multicolinealidad.

Cuadro 3
Resultados Estimaciones econométricas

	ZIP		ZINB	
	y=0	y>0	y=0	y>0
ROE		-0.2332746*** █ (0.068)		-0.2330939*** █ (0.0689)
CM_CB		0.5645575*** █ (0.135)		0.5660621*** █ (0.137)
AI_A		-0.2309847*** █ (0.075)		-0.2313868*** █ (0.075)
CMPREV_P		0.4666617*** █ (0.084)		0.4669306*** █ (0.085)
PACT_CYR		0.1008263*** █ (0.037)		0.1006954*** █ (0.037)
ML_AL		-0.0466091* █ (0.026)		-0.0466012* █ (0.026)
ROA	3.874226*** █ (1.358)		3.879067*** █ (1.364)	
CIN_CBP	-2.271945** █ (1.046)		-2.275767** █ (1.050)	
AL_OPCP	-2.196338*** █ (0.807)		-2.199241*** █ (0.810)	
Constante	-3.937857*** █ (1.319)	1.753368*** █ (0.054)	-3.945128*** █ (1.328)	1.752425*** █ (0.055)
lnalpha			-7.4275 █ (11.863)	
Vuong Test	2.46			
ZIP Test			0.63	
obs, y=0	24			
obs, y>0	123			
Total Obs	147			

ZIP: Zero Inflated Poisson

ZINB: Zero Inflated Negative Binomial

* Significativo al 10%, ** Significativo al 5% y ***Significativo al 1%

El signo resultante que acompaña cada coeficiente estimado fue igual en ambas aproximaciones. Para la parte *inflated* ($y=0$) del modelo, el ROA mostró un signo positivo, lo cual es consistente con lo esperado; si en el período t el sistema presenta un mayor ROA entonces se esperaría con una mayor probabilidad que las entidades no presenten niveles de estrés. Para el caso del CIN_CBP el signo

estimado también es el esperado, es decir que a menores cargos por incobrabilidad de cartera mayor es la estabilidad del sistema financiero. Por su parte, para el caso de AL_OPCE el signo resulta contra intuitivo dado que señala que ante un aumento en este indicador disminuye la probabilidad de un escenario con cero entidades bajo situación de estrés.

Los signos reportados por los coeficientes estimados en la parte *No Inflated* ($y > 0$), muestran que los coeficientes asociados a CM_CB, CMPREV_P y PACT_CYR presentan signo positivo, lo que indica que ante un aumento de estos indicadores en el período t, la probabilidad de tener entidades financieras bajo situación de estrés es mayor. Con respecto a ROE, el signo señala una relación inversa entre esta variable y la probabilidad de encontrar entidades bajo estrés financiero, es decir que ante un aumento de este indicador disminuye la probabilidad de un escenario de entidades en situación de estrés. Con respecto a los activos improductivos (AI_A) y el acceso a los mercados de liquidez (ML_AL), los signos no son los esperados, debido a que sugieren que ante un aumento de estos indicadores, la probabilidad de encontrar entidades con altos niveles de estrés disminuye.

La prueba de *Vuong*, compara los modelos *ZIP* y *ZINB* con el modelo estándar *Poisson* y *binomial negativo* respectivamente. Dado que el valor z es positivo y significativo, la prueba de *Vuong* muestra que el modelo *Zero-Inflated Poisson* tiene un mejor ajuste que el modelo estándar *Poisson*. Por su parte, la prueba *ZIP* que compara los modelos *Zero-Inflated* entre sí (*ZIP* y *ZINB*), muestra que el modelo *ZIP* tiene un mejor ajuste que el *ZINB*.

4.3.4 Generación del vector de ponderaciones óptimas

Debido a los resultados de las estimaciones y a que el modelo *ZIP* tiene un mejor ajuste que el modelo *ZINB*, la generación del vector de ponderaciones óptimo se basará en la estimación *ZIP*, la cual es coherente con la teoría económica y es estadísticamente significativa.

El índice de estrés es definido como:

$$ESTRES = \omega_1 ROA + \omega_2 ROE + \omega_3 CM_CB + \omega_4 AI_A + \omega_5 CMPREV_P + \omega_6 PACT_{CYR} + \omega_7 ML_AL + \omega_8 CIN_{CBP} + \omega_9 AL_OPCE \quad (4.3.2)$$

donde los ponderadores son una función de los coeficientes estimados en la regresión y sus correspondientes errores estándar. Específicamente:

$$\omega_i = f(\beta_i, \beta_{\neq i}, se(\beta_i), se(\beta_{\neq i})) \quad (4.3.3)$$

Los estimadores del modelo *ZIP* están basados en una regresión *Poisson* para la parte *no-inflated*, y en una regresión *Probit* para la parte *inflated*. Esto implica que

los coeficientes estimados no pueden ser interpretados directamente como efectos marginales de las variables explicativas en la variable dependiente.

4.3.4.1 Ponderaciones fijas basadas en coeficientes marginales

Una alternativa para hallar el impacto generado por las variables explicativas en la variable dependiente consiste en generar un vector de ponderadores a partir del efecto de los cambios marginales de las variables explicativas sobre la variable dependiente.

Los efectos marginales son calculados usando para la parametrización los valores promedio de las variables explicativas durante los períodos de crisis y períodos de tranquilidad.

El vector de ponderadores es obtenido a partir de las estimaciones de los modelos previos, tomando en cuenta el impacto de la variable explicativa en la variable dependiente corregido por su desviación estándar. Esta medida tiene la propiedad de incrementar cuando el impacto marginal estimado incrementa o la desviación estándar disminuye.

Dada una variable explicativa i , se define γ_i como la razón entre el efecto marginal estimado δ y su desviación estándar.

$$\gamma_i = \frac{\delta_i}{1+se(\delta_i)} \quad (4.3.4)$$

Donde γ_i converge al verdadero valor del efecto marginal, δ , cada vez que el error estándar se acerca a cero.

Los diferentes valores de γ_i son usados para construir el vector de ponderadores: la variable con el nivel de γ_i más alto recibe una ponderación más alta en relación a los pesos de los otros indicadores. Específicamente, se define θ como la suma de los valores absolutos de γ_i .

$$\theta = \sum_{i=1}^p \gamma_i \quad (4.3.5)$$

Finalmente, se computan los ponderadores individuales ω_i como la razón entre γ_i y θ . El vector de ponderaciones generado se reporta en el cuadro 4, donde se compara con las anteriores metodologías.

$$\omega_i = \frac{\gamma_i}{\theta} \quad (4.3.6)$$

Este modelo permite generar las ponderaciones óptimas de las variables en el índice, transformando los coeficientes asociados de las regresiones con las ecuaciones anteriores.¹⁴

A partir de estas metodologías (Igualdad de varianza, componentes principales y Regresiones *Zero-Inflated Poisson*) se generaron las ponderaciones de las variables que conforman el índice.¹⁵

Las ponderaciones construidas bajo las distintas metodologías son similares. Para el caso de la metodología de modelos de datos de conteo (*ZIP*) dieron una alta ponderación a las razones de rentabilidad y de riesgo de crédito. En el cuadro 4, se presentan las ponderaciones para el método de igualdad de varianza, componentes principales y modelos *Zero-Inflated Poisson*.¹⁶

Cuadro 4
Ponderaciones de las variables en el índice
Igualdad de Varianzas (%) Componentes Principales (%) ZIP (%)

	Igualdad de Varianzas (%)	Componentes Principales (%)	ZIP (%)
ROE	11.11	12.82	13.23
CM_CB	11.11	12.70	25.84
AI_A	11.11	10.49	12.93
CMPREV_P	11.11	12.98	24.12
PACT_CYR	11.11	12.00	6.54
ML_AL	11.11	9.32	3.20
ROA	11.11	12.72	6.18
CIN_CBP	11.11	8.20	4.07
AL_OPCP	11.11	8.78	3.91

Cálculo propio

5. Índice de Estrés Financiero (IE)

Una vez que el vector de ponderadores ha sido calculado, el último paso a tener en cuenta para hallar el índice de estrés financiero es el signo que deben llevar los distintos indicadores que lo conformarán.

Este documento tomará en cuenta el signo resultante de la teoría económica.

¹⁴ Se realizaron también algunos ejercicios eliminando las variables que podrían generar multicolinealidad y los resultados sugirieron un índice con un comportamiento muy similar aunque con grandes variaciones en su nivel.

¹⁵ El desarrollo de estas distintas metodologías en conjunto, permite reducir las limitaciones que se generarían si se desarrollasen los ponderadores del índice bajo una sola técnica.

¹⁶ El modelo *ZINB* no fue incorporado debido a que la prueba *ZIP* mostró que el Modelo *Zero-Inflated Poisson* era preferible.

Cuadro 5
Signo de los indicadores

	Signo
ROE	-
CM_CB	+
AI_A	+
CMPREV_P	+
PACT_CYR	+
ML_AL	+
ROA	-
CIN_CBP	+
AL_OPCP	-

Cálculo propio

El ROA y el ROE se ponderan con signo negativo dada su relación inversa con los episodios de estrés (a mayor rentabilidad menor probabilidad de episodios de estrés), los activos líquidos como proporción de las obligaciones a corto plazo (AL_OPCP) se pondera también con signo negativo ya que a menor liquidez mayor probabilidad de estrés. El resto de variables se ponderan con signo positivo dada su relación directa con los episodios de estrés. Ante un aumento en estos indicadores se espera un mayor nivel de estrés.

El Índice de Estrés Financiero (IE) es fácil de interpretar ya que cada variable, incluido el mismo índice, ha sido estandarizada con su respectiva media y varianza, entonces el nivel de estrés del período actual puede ser comparado con el histórico en términos de desviaciones de la media. De igual manera, los crecimientos del índice en determinado período de tiempo también proveen información útil acerca de la evolución del nivel de estrés existente en el sistema financiero en el período de análisis.

Los valores del índice mayores a cero equivalen a períodos de estrés financiero mayores que el en promedio, mientras que valores negativos indican períodos donde la situación financiera de las entidades es mejor que en el promedio.

Los tres métodos utilizados para generar las ponderaciones han permitido generar tres índices distintos que muestran, en general, un comportamiento casi idéntico, aunque difieren en términos del nivel de estrés. En este sentido, las conclusiones acerca del nivel de estrés del sistema financiero a las que se puede llegar a través de ellos prácticamente son las mismas.

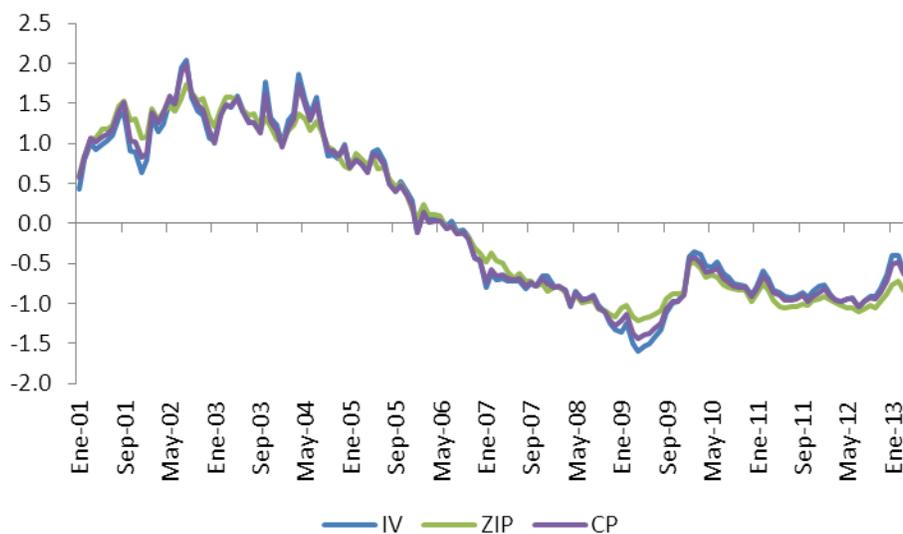
El gráfico 2, muestra la evolución del índice de estrés financiero en el período que va de enero de 2001 a abril de 2013 con una frecuencia mensual. Debido a que el índice está expresado en unidades que representan las desviaciones con respecto a su media, en los períodos en que el índice está por encima de cero se infiere

que el sistema se encuentra en un estado de estrés superior al promedio histórico, por otro lado cuando el índice se encuentra por debajo de cero, el sistema se encuentra en un nivel de estrés inferior al promedio histórico.

Para medir la precisión del índice, la literatura internacional sugiere comparar los niveles de estrés definidos por el índice con las evaluaciones históricas de las crisis financieras. Se espera que en las crisis financieras el índice presente los niveles de estrés financiero más altos.

En este sentido, el índice generado es capaz de capturar la crisis económica-financiera ocurrida en el sistema financiero boliviano a principios de los años 2000. El gráfico 2 muestra que el nivel de estrés financiero sugerido por el índice toma una tendencia creciente desde comienzos del año 2001 hasta el año 2004, alcanzando su pico máximo en 2002. Asimismo, el índice refleja períodos con bajos niveles de estrés a partir de finales de 2005 hasta comienzos de 2009 (períodos de estabilidad financiera y crecimiento económico). Por su parte, también el índice recoge el impacto de la crisis financiera internacional de la crisis *subprime* (mediados de 2009 a mediados de 2010) ya que el índice nuevamente muestra una senda de creciente aunque por debajo del promedio histórico. Por último, el índice también captura el deterioro de la cartera en el sistema financiero boliviano a comienzos del año 2013.

Gráfico 2
Índice de Estrés Financiero



Cálculo propio

El índice de estrés captura el nivel de estrés contemporáneo existente en el sistema financiero y no se espera que este tenga poder de predicción para futuros períodos de estrés o crisis. Para términos de política sería muy útil poder generar

modelos que permitan pronosticar este nivel de estrés, en este caso el índice de estrés podría utilizarse como variable dependiente.

En términos de política y regulación financiera es importante también poder realizar actividades de monitoreo tanto para el sistema financiero como para cada una de las entidades que lo conforman.

En este sentido se genera un índice para bancos comerciales (BC), entidades especializadas en microfinanzas (MICRO), mutuales de ahorro y préstamo para la vivienda (MUT) y cooperativas de ahorro y crédito (COOP) ya que de esta forma se tiene una visión más específica de cómo se encuentra el sistema financiero.

Desde la perspectiva de un índice global muchas veces no se logra visualizar el estado de estrés de algunos tipos de entidades que en el agregado son una proporción pequeña del sistema, pero que podrían generar problemas de contagio afectando al sistema financiero como un todo. Es decir, que nivel de estrés financiero de entidades por período no podría observarse en el índice global dada la pequeña proporción que tiene ese tipo de entidad en el capital total del sistema financiero pero si podría visualizarse en el índice de estrés por tipo de entidad.

Para la generación del IE por tipo de entidad se usó como metodologías la igualdad de varianzas y los componentes principales solamente, ya que los modelos de datos de conteo no se pudieron utilizar debido a que no se cuenta con una variable que defina el número de entidades con un alto nivel de estrés por período para cada tipo de entidad.

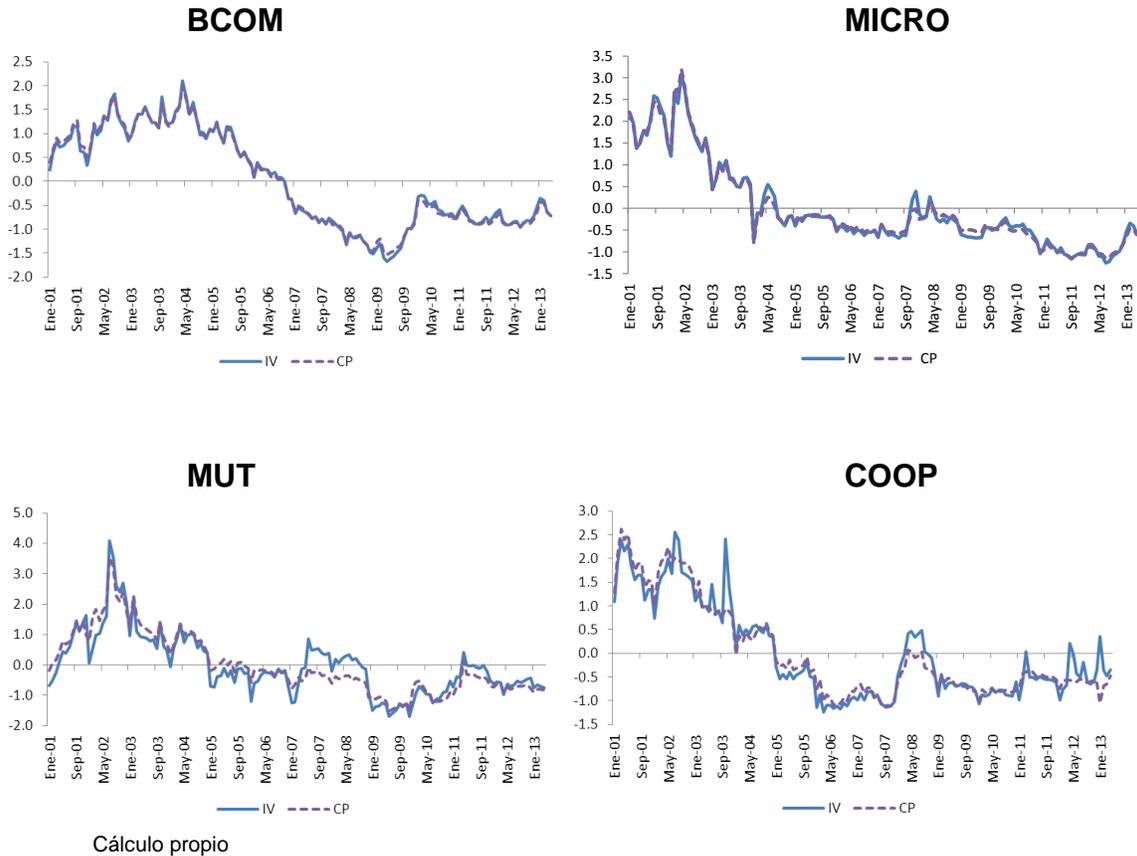
El gráfico 3 muestra que el comportamiento del índice por tipo de entidad, especialmente para los bancos comerciales, tiene una forma similar al presentado por el indicador del sistema. Sin embargo, esta desagregación no permite definir qué tipo de entidades presentan un mayor nivel de estrés.

El índice generado por tipo de entidad muestra que todos los grupos presentaron niveles elevados de estrés especialmente entre 2002 y 2003 y períodos de estabilidad en las entidades no bancarias entre 2004 y 2006 y para los bancos comerciales entre 2006 y 2008.

Las mutuales muestran un leve incremento de sus niveles de estrés por encima del promedio en 2007 a consecuencia del deterioro de una entidad que terminó saliendo del sistema financiero. Por su parte, los bancos comerciales y las mutuales reflejan niveles de estrés financiero entre 2009 y 2010 como efecto de la crisis financiera internacional (*Crisis Subprime*).

Por último todos los tipos de entidades con excepción de las mutuales, muestran que a principios de 2013, los niveles de estrés de estos subgrupos se han incrementado a raíz del deterioro de la cartera que no es la relacionada al crédito de vivienda.

Gráfico 3
Índice de Estrés Financiero por tipo de entidad



6. Pronósticos

Un ejercicio interesante en términos de política y supervisión consiste en pronosticar el nivel de estrés futuro del sistema, ya que de esta manera los organismos encargados de la regulación podrían anticiparse a los momentos críticos instaurando medidas regulatorias que busquen prevenir las vulnerabilidades del sistema financiero.

La metodología usada en este documento estará basada en el modelo estadístico Autorregresivo Integrado de Medias Móviles (ARIMA) basado en el supuesto de que la historia del comportamiento del índice de estrés contiene toda la información necesaria para explicar su comportamiento futuro bajo condiciones normales.

En este sentido, se desarrolló un modelo autorregresivo donde la variable dependiente en el momento t es explicada por su pasado. El test de Dickey–Fuller aumentado mostró que el índice es una serie integrada de orden $I(1)$ por lo que se

aplicó un modelo ARIMA(18,1,12). El modelo elegido tiene residuos esféricos¹⁷ y fue elegido después de analizar los criterios de información de relevante *Akaike* y *Schwarz*, basados en el logaritmo de verosimilitud.¹⁸

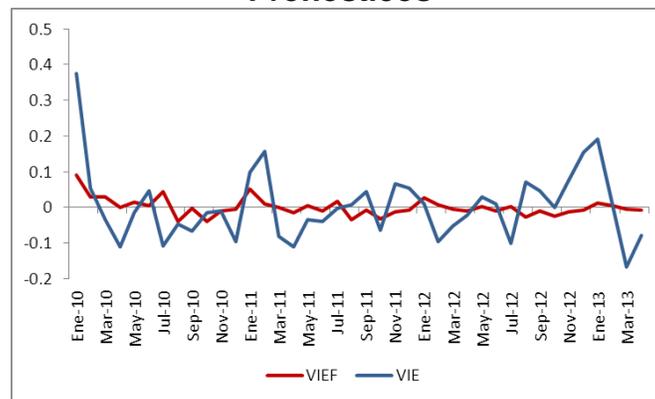
$$1 - L IE_t = -0.008799 + 0.6839 1 - L IE_{t-12} - 0.1044IE_{t-18} - 0.8898\epsilon_{t-12}$$

Donde IE_t es el índice de estrés, L es un operador de rezagos y ϵ es el término de error aleatorio.

A partir de este modelo se calcularon las proyecciones del índice tomando en cuenta la muestra.

En primer lugar se estimó el modelo de enero de 2001 a diciembre de 2009 y se realizó el pronóstico hacia adelante hasta abril de 2013. Los resultados muestran las observaciones de las variaciones del IE y los pronósticos estimados por el modelo.

**Gráfico 4
Pronósticos**



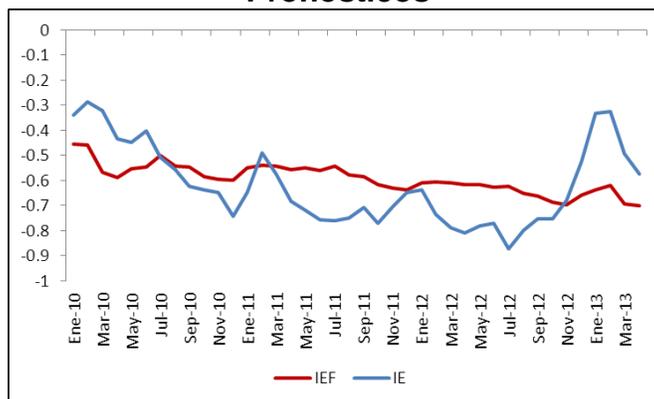
Cálculo propio

El gráfico 5, muestran los pronósticos para el IE pero en niveles, bajo esta aproximación los pronósticos parecen sobre estimar los datos observados y sub estimarlos cuando la serie muestra períodos de estrés elevados. Sin embargo, los pronósticos logran capturar la tendencia del índice, lo cual es bueno en términos de análisis del nivel de estrés en el sistema financiero.

¹⁷ Para demostrar que los residuos son esféricos estos deben ser ruido blanco, homocedásticos y normales. Un buen modelo debe ser admisible por los datos, parsimonioso y con parámetros estables.

¹⁸ A un valor más pequeño del criterio le corresponderá un criterio positivo de selección del modelo. En los criterios se toma el más pequeño como elemento relevante.

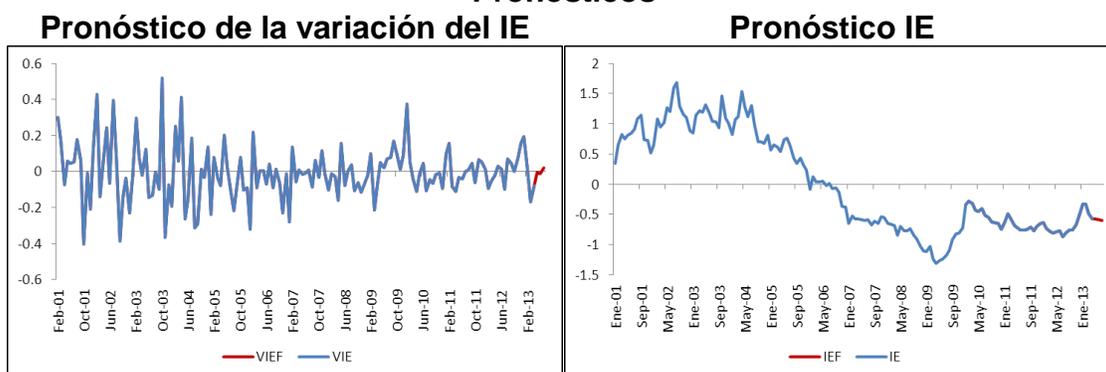
**Gráfico 5
Pronósticos**



Cálculo propio

Cuando se hacen pronósticos fuera de la muestra (de mayo de 2013 a julio de 2013), se puede observar que el índice logra modelar la tendencia del índice (Gráfico 6).

**Gráfico 6
Pronósticos**



Cálculo propio

7. Conclusiones

El presente documento desarrolló un índice de estrés financiero con la finalidad de determinar el nivel de estrés en que se encuentra el sistema financiero boliviano en el tiempo, proporcionando así una visión más clara de las vulnerabilidades que afectan lo afectan período a período.

Una de las virtudes del índice es que este es una medida continua y cuantificable en el tiempo, lo cual permite ejercer una labor de monitoreo más exhaustiva, además de ser fácil de interpretar y comunicar, coadyuvando en la toma de decisiones oportunas y acertadas en materia de regulación financiera sobre todo en períodos inestables.

En la literatura tradicional, son dos las metodologías generalmente usadas para generar índices agregados. Por un lado está el enfoque de análisis de factores y componentes principales que es usado cuando todos los indicadores están afectados por un *shock* de la misma naturaleza por lo que las variables se mueven todas juntas. Por el otro lado, cuando ese no es el caso, generalmente se usa el enfoque de igualdad de varianzas, sin embargo, este método asume el mismo peso a todas las variables.

El presente documento utilizó además de estas metodologías tradicionales, el enfoque de modelos de datos de conteo basados en regresiones *Zero-Inflated Poisson* y *Zero-Inflated Binomial Negativa* para generar las ponderaciones óptimas a ser utilizadas en la construcción del índice de estrés. Un aporte adicional del trabajo consistió en la generación del índice por tipo de entidad, ya que esto permitiría realizar un mejor seguimiento del sistema financiero y saber que entidades muestran períodos de vulnerabilidad.

La generación del IE tomó en cuenta la fragilidad del sistema financiero medida por el riesgo de crédito y de liquidez, rentabilidad, solvencia y eficiencia operacional. Por su parte, los índices construidos con las ponderaciones obtenidas a través de los tres enfoques presentaron un comportamiento muy similar y en general dieron una mayor ponderación a los indicadores de fragilidad que tienen como componente a la cartera en mora e indicadores de rentabilidad, mostrando el rol primordial que jugaron a lo largo del tiempo estas variables. Por su parte, todas las metodologías coincidieron en establecer un rol secundario al resto de las variables incluidas en el análisis.

Los resultados de los pronósticos del IE tomando en cuenta la muestra se ajustaron muy bien al comportamiento del índice en diferencias aunque parecen sobreestimar las observaciones en niveles en algunos períodos y subestimarlas cuando el índice muestra niveles de estrés mayores. Sin embargo, estos logran modelar la tendencia que el índice toma en el futuro cuando se hacen pronósticos *one-step ahead*.

Como se dijo anteriormente, el IE genera una medida contemporánea del nivel de estrés que presenta el sistema financiero de un país en cada período de tiempo, por lo que en términos de política y supervisión, en un trabajo futuro se podría desarrollar un modelo de pronóstico usando variables macroeconómicas, como lo hacen (Hanschel y Monnin (2005) y Puddu (2008) con la finalidad también de realizar inferencia estadística y prueba de hipótesis.

En síntesis, este documento buscó desarrollar un indicador de alerta temprana para el caso boliviano y que detecte el nivel de estrés en que se encuentra el sistema financiero y se espera que pueda ser utilizado para futuros estudios de estabilidad financiera ya sea como variable dependiente (en modelos dicotómicos en los que se definan si se está en un período de crisis o no) y también como variable independiente para explicar otros comportamientos.

8. Referencias

Aspachs, O., Goodhart, C.A.E., Segoviano, M., Tsomocos, D. and L. Zicchino. (2006), Searching for a Metric for Financial Stability. *LSE Financial Markets Group Special Paper Series*. Special paper No. 167.

Bell, J. and D. Pain. (2000). Leading indicator model of banking crisis - a critical review. *Financial Stability Review Bank of England*, pp. 113-129, December 2000.

Boss, M., Krenn, G., Schwaiger M. and Wegschaider, W. (2004). Stress Testing the Austrian Banking System. Austrian National Bank *Österreichisches Bankarchiv*, pp. 841-852, 2004.

Cihák M. (2004). Stress Testing: A Review of Key Concepts Czech National Bank Research Policy Note, 2004.

Demirguc-Kunt, A. and E. Detragiache. (1998). The determinants of Banking Crises in Developing and Developed Countries. *IMF Papers Vol. 45 No. 1*, 1998.

Demirguc-Kunt A. and E. Detragiache. (1999). "Monitoring Banking Sector Fragility: A Multivariate Logit Approach with an Application to the 1996/97 Banking Crises". *World Bank Policy Research Working Paper No. 2085*, November 1999.

Disyatat, P. (2001). Currency crises and the real economy: The role of banks. *IMF working paper 01*, 49.

Estrada D. y Morales M. (2009) Índice de Estabilidad Financiera para Colombia, Reporte de Estabilidad Financiera. Banco de la República de Colombia, Marzo 2009.

Gosselin M. and G. Tkacz (2001). Evaluating Factor Models: An application to forecasting inflation in Canada. Bank of Canada. Working Paper 18, 2001.

González-Hermosillo B. (1999). Determinants of Ex-ante Banking System Distress: A Macro-Micro Empirical Exploration of Some Recent Episodes, *IMF Working paper*, 99/33, 1999.

Gurmu, S. and P. Trivedi. (1994). Recent developments in model of event counts: A survey. Discussion paper 261, 1994.

Hanschel, E. and P. Monnin. (2005). Measuring and forecasting stress in the banking sector: evidence from Switzerland". *BIS Papers No 22*, 2005.

Illing, M. and Y. Liu. (2003) An index of financial stress for Canada. Bank of Canada. Working papers, no 14, 2003.

Kaminsky, G. and C. Reinhart, (1996). The twin crises: The cause of banking and

balance-of-payment problems. *Board of Governors of the Federal Reserve System*, International Finance Discussion Paper no. 544.

Kaminsky G. (1998). Currency and Banking Crises: The Early Warnings of Distress. *International Finance Discussion Paper*, No. 629, 1998.

Logan, A. (2000). The early 1990s small banks crisis: Leading indicators, *Bank of England Financial Stability Review* 9: 130-45.

Oet M., R. Eiben, T. Bianco, D. Gramlich and S. Ong (2011). The Financial Stress Index: Identification of Systemic Risk Conditions. Federal Reserve Bank of Cleveland. Working Paper 30, 2011.

Puddu S.(2008). Optimal Weights and Stress Banking Indexes. HEC-Université de Lausanne Switzerland, 2008.

Quagliariello M. (2004). Banks's Performance over the Business Cycle: A Panel Analysis on Italian Intermediaries. Discussion Papers 04/17. Department of Economics, University of York, 2004.

Támola A. (2004). A financial stress index to identify banking crisis. Universidad Nacional de La Plata. Argentina, 2004.

Vila, A. (2000). Asset price crises and banking crises: Some empirical evidence. *BIS conference papers* no. 8, (March): 232-52.

9. Anexos

Anexo A Definición de la variable dependiente para el modelo ZIP y ZINB

Para desarrollar el modelo de datos de conteo se hizo necesario construir la variable dependiente, para lo cual se calculó el número de entidades con altos niveles de estrés durante cada período de la muestra (mensual).

La idea básica fue primeramente construir razones financieras de riesgo de crédito, liquidez, operativo y solvencia para todas las entidades financieras y evaluarlas con respecto a ciertos umbrales, para así determinar si se está en una situación de estrés financiero o no.

Los umbrales fueron establecidos de acuerdo a umbrales usados internacionalmente, y la experiencia de supervisores y analistas financieros del ámbito financiero boliviano.

Cuadro 6
Umbrales establecidos

	Umbrales
ROE	0
CM_CB*	> 11
AI_A	>14
CMPREV_P	50
PACT_CYR	30
ML_AL	> al promedio del sistema
ROA	0
CIN_CBP	> al promedio del sistema
AL_OPCP	> al promedio del sistema

* Para las entidades bancarias >11 y para las no bancarias >7

Después de realizar la evaluación con relación a los umbrales establecidos, el procedimiento consistió en contar el número de entidades que se encontraban por encima o por debajo de cada umbral según sea el caso.

Después de identificar las entidades que no satisficieron alguno de los criterios descritos anteriormente, se hizo necesario identificar cuales entidades presentaron razones financieras que incumplieron más de tres criterios en el mismo período; esto se hizo en busca de identificar qué entidades presentaron debilidades en sus balances en el período t.

El siguiente gráfico muestra el número de entidades bajo estrés para cada período t. El gráfico muestra que para el período de mayo de 2001 se alcanzó un máximo

histórico con un total de 35 entidades en situación de estrés, mientras que a partir de julio de 2011 no se encuentran entidades bajo estrés.

Gráfico 7
Número de entidades bajo estrés

