



# **BANCO CENTRAL DE BOLIVIA**

**Gerencia de Operaciones Internacionales  
Subgerencia de Reservas  
Departamento de Negociaciones de Inversión**

## **Modelo de pronósticos de nivel de reservas internacionales**

**Raúl Alberto Ballón Fernández\***

**Nota Técnica N.º 12**

**Revisado por: Daniel Tarqui Mangudo**

**Septiembre 2018**

---

\* El presente documento no necesariamente refleja la visión del BCB y de sus autoridades. Sus conclusiones y/u omisiones son de exclusiva responsabilidad del autor.

## Resumen

A partir la gestión 2006, las Reservas Internacionales Netas (RIN) del Banco Central de Bolivia (BCB) se han incrementado de manera importante, llegando a alcanzar una participación de 30% con relación al Producto Interno Bruto de Bolivia en 2016. Dado el alto respaldo de las RIN hacia la economía boliviana, resulta importante poder predecir el comportamiento de esta variable para una toma adecuada de decisiones.

En este sentido, el documento pretende brindar una primera aproximación hacia modelos de comportamiento de las reservas y realizar pronósticos a corto plazo de las RIN del BCB, tomando como base modelos con teoría económica subyacente combinándolos con modelos de serie de tiempo. Para seleccionar el modelo de pronóstico más adecuado, se utiliza el criterio del error cuadrático medio. La serie de datos tiene frecuencia trimestral, corresponde al periodo 1999-2016 y el pronóstico se realiza para la gestión 2017 y el primer trimestre de 2018.

**Palabras Clave:** *Reservas internacionales, modelo, pronósticos*

# Forecast model for Bolivia's International Reserves level

## Abstract

Since 2006, Net International Reserves (RIN for its acronyms in Spanish) of Central Bank of Bolivia (BCB for its acronyms in Spanish) have increased significantly reaching a 30% share of Bolivia's GDP in 2016. Due to RIN support for Bolivian economy, it is important to predict the behavior of this variable for proper decision-making.

In this sense, the document intends to provide a first approximation towards reserves behavior models and to make short-term forecasts of RIN based on models with underlying economic theory, and combining them with time series models. To select the most appropriate forecast model, the mean square error criterion is computed. Data series has a quarterly frequency, and corresponds to 1999-2016 period, while forecasts for 2017 and for the first quarter of 2018 are made.

**Keywords:** *International reserves, model, forecasts*

## **I. Introducción**

La Ley N° 1670 del 31 de octubre de 1995 (Gaceta Oficial de Bolivia, 1995) establece las funciones del Banco Central de Bolivia (BCB). Entre estas se tienen las funciones en relación a las Reservas Internacionales, estableciendo que: *“El BCB velará por el fortalecimiento de las Reservas Internacionales de manera que permitan el normal funcionamiento de los pagos internacionales de Bolivia”*<sup>1</sup>.

Si bien el objetivo principal de la tenencia de reservas internacionales por parte del BCB puede ser caracterizado como precautorio o transaccional, ya que su principal función es dar soporte de liquidez internacional a Bolivia, la teoría económica establece que la acumulación de reservas tiene otros beneficios como la reducción de la percepción de riesgo país, y la disminución de la vulnerabilidad externa, entre otros.

Desde el año 2006, las reservas internacionales del BCB han presentado una tendencia creciente debido a factores relacionados con el cambio en la Ley de Hidrocarburos (Gaceta Oficial de Bolivia, 2005) que ha permitido tener un mayor flujo de fondos como consecuencia de las exportaciones de gas, que a su vez se vieron favorecidas por factores externos reflejados en un incremento del precio de esta materia prima en el mercado internacional hasta el año 2014, cuando las reservas internacionales del BCB alcanzaron un nivel máximo histórico cercano a los USD15.000 millones.

Dada la relevancia de las reservas internacionales para la economía boliviana, resulta de gran utilidad contar con modelos de pronóstico de reservas que puedan dar ideas sobre la dirección de la variación de este indicador para, de esta manera, poder tener un mejor proceso de toma de decisiones tanto de política como de inversión de portafolios.

El documento se encuentra estructurado de la siguiente manera, inicialmente se considera aspectos referidos a trabajos relacionados con los modelos de pronósticos de reservas y descripción de los mismos; posteriormente se tiene la sección empírica que corresponde a la descripción de datos, resultados y medidas de evaluación de pronóstico, para finalmente establecer las conclusiones.

## **II. Trabajos relacionados**

La literatura relacionada con los modelos de pronóstico de reservas no es muy extensa y esta ha sido realizada principalmente para economías con un grado de dinamismo mucho

---

<sup>1</sup> Artículo 14 de la Ley N° 1670.

más alto que el de las economías de América Latina. En el caso boliviano no se pudieron encontrar trabajos relacionados con el tema.

El primer trabajo relacionado con reservas se remonta a Kenen y Yudin (1965) quienes consideraron diferentes factores que influyen en la demanda por reservas internacionales en base a modelos de errores. Por otro lado Frenkel (1974) en base a la función Cobb-Douglas aplicada a la apertura comercial, estima diferentes niveles de reservas para economías desarrolladas y en desarrollo.

Posteriormente, entre los estudios más actuales a nivel de economías con repercusión mundial, destaca el estudio de Gupta et al. (2014) quienes desarrollan modelos para determinar los posibles predictores del crecimiento de las reservas internacionales de China en base a modelos dinámicos promedio o *Dynamic Model Averaging* (DMA por sus iniciales en inglés) encontrándose que estos pueden superar a modelos de tipo recursivo, como los ARIMA y los modelos bayesianos promedio o *Bayesian Model Averaging* (BMA por sus iniciales en inglés).

Otro estudio relacionado con el crecimiento de las reservas de China, es el de Yang y Li (2012) donde, en base al análisis de correlación de Grey, se determinan cuáles son los principales factores que inciden sobre el comportamiento de las reservas y su pronóstico.

A nivel de América Latina, se puede mencionar el documento de Espinosa (2016) el cual realiza una evaluación de pronóstico de reservas internacionales mediante la utilización de ecuaciones provenientes de modelos económicos estructurales y modelos de serie de tiempo del tipo ARIMA para la economía de Colombia.

Relacionado con el anterior trabajo, Gamez (2004) establece una estimación indirecta del nivel de reservas para Nicaragua, una vez calculado el coeficiente de compensación de la base monetaria.

A continuación se presenta un estudio para la estimación de un modelo de pronóstico de reservas para Bolivia, el mismo que toma como base los trabajos de Espinosa (2016) y Gamez (2004) es decir, se consideran los resultados de los modelos económicos subyacentes combinados con modelos de series de tiempo univariadas.

### **III. Modelos macroeconómicos y de series de tiempo**

Para la estimación de los modelos de pronóstico de reservas, se consideran en primera instancia, modelos con teoría económica del tipo monetario, keynesiano y de balance de

portafolio, y por otro lado, los modelos exclusivos de series de tiempo como son los de tipo ARIMA y GARCH.

Es importante notar que para el caso de los modelos de tipo económico subyacente, se consideran las ecuaciones de la forma reducida en cada uno de los casos, es decir, que son la solución de un modelo estructural que abarca la generalidad de mercados que pueden existir en una economía pequeña y abierta.

Se asume que se tienen cuatro grandes mercados como son: el mercado de bienes, el mercado doméstico de bonos, el mercado de dinero, el mercado extranjero de bonos. Por otro lado, el modelo general contempla cuatro sectores: gobierno o Estado, sector privado, banco central, y sector externo<sup>2</sup>.

Las ecuaciones de la forma reducida presentan una solución expresada en términos de variación de las reservas internacionales, es decir, las mismas expresan la solución a un determinado sistema de ecuaciones por lo que los parámetros son magnitudes que no necesariamente tienen una interpretación económica.

A continuación, se presentan las especificaciones en base a los modelos monetarista, keynesiano y de balance de portafolio.

$$\Delta RIN_t = \beta_0 + \beta_1 \Delta AIN_t + \beta_2 \Delta ING_t + \beta_3 \Delta P_t + \beta_4 \Delta i_t + u_{1,t} \quad (1)$$

donde:

$\Delta RIN_t$ : Variación de las Reservas Internacionales Netas

$\Delta AIN_t$ : Variación de Activo Interno Neto<sup>3</sup>

$\Delta ING_t$ : Ingreso o producto de la economía

$\Delta P_t$ : Variación del nivel de precios

$\Delta i_t$ : Variación del nivel de tasa interés doméstica

$u_{1,t}$ : Factor de error del modelo

La ecuación (1) es establecida en base a la derivación del modelo general, asumiendo una visión monetarista de la economía. Considera el equilibrio en el mercado monetario,

---

<sup>2</sup> Para mayor detalle sobre la parametrización del modelo estructural véase el trabajo de Gámez (2004).

<sup>3</sup> También conocido como Crédito Interno Neto.

asumiendo una cercana relación entre las RIN y los excesos monetarios, donde la balanza de pagos se ajusta en función del equilibrio en la oferta y demanda de dinero.

$$\begin{aligned} \Delta RIN_t = & \delta_0 + \delta_1 \Delta AIN_t + \delta_2 AG_t + \delta_3 AG_{t-1} + \delta_4 KO_t + \delta_5 i_{t-1} + \delta_6 r_{s,t} + \delta_7 r_{s,t-1} \\ & + \delta_8 ING_t^* + \delta_9 ING_{t-1}^* + \delta_{10} P_t^* + \delta_{11} P_{t-1}^* + \delta_{12} \Delta i_t^* \\ & + \delta_{13} \Delta TD_t^e + \delta_{14} \pi_t^e + \delta_{15} \pi_{t-1}^e + u_{2,t} \quad (2) \end{aligned}$$

donde:

$AG_t$ : Es la absorción del gobierno

$\Delta P_t$ : Variación del nivel de precios

$KO_t$ : Cuenta capital

$r_{s,t}$ : Tipo de cambio *spot* del periodo

$ING_t^*$ : Ingreso o producto externo

$\Delta i_t^*$ : Variación de la tasa de interés externa

$\Delta TD_t^e$ : Variación de las expectativas de devaluación

$\pi_t^e$ : Inflación esperada

$u_{2,t}$ : Factor de error del modelo

La ecuación (2) plantea interacciones y toma en cuenta el efecto de la tasa de cambio real y el gasto público sobre las reservas internacionales (Espinosa, 2016) así como de variables de escala que afectan la posición externa, como el ingreso, tasa de interés y precios externos.

A continuación se presenta el modelo de portafolio.

Este modelo asume que la economía puede tener bonos nacionales y extranjeros o que se puede invertir en los mismos:

$$\begin{aligned} \Delta RIN_t = & \alpha_0 + \alpha_1 \Delta AIN_t + \alpha_2 C_t + \alpha_3 \Delta ING_t + \alpha_4 \Delta P_t + \alpha_5 \Delta i_t^* + \alpha_6 \Delta TD_t^e + \alpha_7 KO_t \\ & + u_{3,t} \quad (3) \end{aligned}$$

donde:

$C_t$ : Saldo en cuenta corriente

$u_{3,t}$ : Factor de error del modelo

En cuanto a los modelos basados exclusivamente en series de tiempo, se tienen los modelos ARIMA, los cuales buscan explicar el comportamiento de una variable únicamente en base a información contenida en valores pasados de la misma y de las desviaciones del modelo generado con referencia al valor realizado, es decir, el proceso generador de datos no considera el efecto de variables externas de manera directa.

$$Y_t = \mu + \sum_{i=1}^p \phi_i Y_{t-i} + \varepsilon_t - \sum_{i=1}^q \theta_i \varepsilon_{t-i} \quad (4)$$

Los parámetros  $\phi_i$  corresponden al componente autorregresivo de orden  $p$ , y los parámetros  $\theta_i$  son los parámetros de media móvil y orden  $q$  donde se asume que la variable en niveles es no estacionaria, tiene  $d$  raíces unitarias y los errores del modelo  $\varepsilon_t$  son ruido blanco.

La anterior especificación tiene una forma lineal, por lo que en algunas ocasiones no puede capturar el nivel de volatilidad de las series. En este sentido, se plantea una expansión de los modelos ARIMA y se asume que, aunque la varianza no condicional es constante, la varianza condicional a los valores pasados de la serie es variable, ya que depende de estos (Bollerslev, 1986).

$$Y_t = \phi_0 + \sum_{i=1}^p \phi_i Y_{t-i} - \sum_{i=1}^q \theta_i \varepsilon_{t-i} \quad (5)$$

$$\varepsilon_t = \sigma \varepsilon_t$$

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^m \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^s \beta_j \sigma_{t-j}^2 \quad (6)$$

Los términos de error  $\varepsilon_t$  poseen las propiedades estadísticas habituales con media cero y varianza constantes.

#### IV. Estimaciones y evaluación

A continuación, se presenta una breve descripción de las variables utilizadas para la posterior estimación de los modelos. Las mismas tienen frecuencia trimestral desde 2001 hasta 2016; sin embargo, las variaciones y tasas de crecimiento reflejan una tasa anual.

**Cuadro 1: VARIABLES UTILIZADAS EN EL MODELO**

Variable	Acrónimo	Descripción
Ingreso domestico	ING	PIB real Bolivia
Nivel de precios domésticos	P	Promedio índice de precios al consumidor Bolivia
Nivel de precios externos	P*	Promedio índice de precios al consumidor EE.UU
Ingreso del resto del mundo	ING*	PIB real EE.UU
Activo interno neto	AIN	Crédito interno neto expresado en USD
Reservas	RIN	Reservas internacionales netas
Tasa interés doméstica nominal	i	Promedio tasa depósitos a 90 días
Tasa interés internacional	i*	Promedio tasa libor en USD a 90 días
Tipo de cambio	r	Tipo de cambio nominal spot de fin de período
Tasa de devaluación esperada para un trimestre	Td <sup>e</sup>	Tasa de devaluación del trimestre anterior debido a estabilidad del tipo de cambio
Tasa de inflación esperada para un trimestre	$\pi^e$	Tasa de inflación del trimestre anterior debido a estabilidad de precios
Capital oficial	KO	Saldo en cuenta capital
Saldo en cuenta corriente	C	Saldo en cuenta corriente
Absorción del gobierno	AG	Consumo e inversión del gobierno

Fuente: Elaboración propia

En base a los modelos especificados en la sección anterior se procedió a realizar una estimación econométrica de los mismos (Apéndice A); para ello se utilizó la técnica de mínimos cuadrados en dos etapas (MCO2E) para las ecuaciones con modelo económico subyacente.

En el caso del modelo monetarista, la estimación MCO2E ayuda a reducir la simultaneidad entre las reservas internacionales y el activo interno neto, ingreso doméstico, nivel general de precios domésticos y tasas de interés doméstica.

Para el modelo keynesiano, la estimación MCO2E ayuda a reducir la simultaneidad entre la variable endógena del activo interno neto y las reservas, En el modelo de portafolio, las variables de activo interno neto, el saldo en cuenta corriente, el ingreso doméstico y el nivel general de precios domésticos, son las que presentan simultaneidad.

Las estimaciones econométricas, permiten observar que en todos los modelos existen parámetros con valores elevados, ya sean positivos o negativos, y que en muchos casos se tienen valores no significativos (Cuadro 2).

**Cuadro 2: ESTIMACIONES DE ECUACIONES DEL MODELO ECONÓMICO  
SUBYACENTE**

**Variable Endógena DRIN**

Variable	Coeficiente y Probabilidad					
	Monetario	Prob	Keynesiano	Prob	Portafolio	Prob
Constante	-361,71	0,00	-1214,00	0,19	-237,93	0,03
DAIN	-1,09	0,00	-1,14	0,00	-1,03	0,00
D(log(ING))	13081,21	0,00	-	-	5243,15	0,12
DIPC	23,22	0,19	-	-	-	-
Di	3256,36	0,30	-	-	-	-
AG	-	-	0,02	0,63	-	-
AG(-1)	-	-	0,00	0,96	-	-
KO	-	-	0,08	0,24	0,128	0,06
i(-1)	-	-	-2405,49	0,09	-	-
dr	-	-	-2471,94	0,00	-	-
dr(-1)	-	-	-2682,14	0,00	-	-
d(log(ING*))	-	-	-0,000127	0,65	5243,15	0,12
d(log(ING*(-1)))	-	-	0,000120	0,70	-	-
d(log(IPC*))	-	-	-10,70	0,74	-	-
d(log(IPC*(-1)))	-	-	18,46	0,58	-	-
Di*	-	-	-3682,64	0,06	1175,45	0,56
DTD <sup>e</sup>	-	-	-1567,05	0,76	3347,92	0,00
$\pi^e$	-	-	7665,33	0,24	-	-
$\pi^e_{-1}$	-	-	-553,97	0,84	-	-

En respuesta a la primera observación, en primer lugar y tal como se mencionó anteriormente, las variables incluidas en la estimación son una solución matemática a un modelo multiecuacional de equilibrio general, que al ser estimadas de manera empírica, presentan magnitudes tanto altas como bajas; en cuanto a la segunda observación, si bien se tienen valores no significativos, estos ayudan al ajuste de las ecuaciones a resultados reales de la serie en cuestión (cambio de las RIN o DRIN).

Buscando observar el ajuste histórico de las series, se presentan las estimaciones de los modelos contra la serie real (Apéndice B) pudiéndose observar que el modelo que tiene un menor error es el de portafolio, seguido por el modelo keynesiano y finalmente el modelo de tipo monetario.

Por otro lado, también se realizaron las estimaciones (Apéndice C) de los modelos en base a series de tiempo para los modelos ARIMA y GARCH, cuyos principales resultados son presentados a continuación.

**Cuadro 3: ESTIMACIONES ECUACIONES – SERIES DE TIEMPO**

**Variable Endógena DRIN**

Variable	Coeficiente y Probabilidad			
	AR(2)	Prob	AR(2) - ARCH(1)	Prob
Constante	348,95	0,54	399,4	0,73
AR(1)	1,46	0,00	1,55	0,00
AR(2)	0,53	0,00	-0,64	0,00
Ecuación de la Varianza				
Constante	-	-	1227	0,01
$\varepsilon^2_{t-1}$	-	-	12,66	0,09

Es importante notar que los modelos de series de tiempo estimados, cumplen con las condiciones referidas a número de raíces de la estimación y propiedades relacionadas con los términos de error para un buen desempeño del modelo (Apéndice D).

Se puede observar que la ecuación para el modelaje de la tendencia central del estimador del cambio de las reservas, puede ser caracterizada como un proceso autorregresivo de orden 2 o AR (2), mientras que la ecuación de la varianza sigue un proceso ARCH (1).

Una vez determinados los modelos de comportamiento, tanto de los modelos con enfoque económico subyacente, como de series de tiempo, se procede al cálculo de la raíz del error cuadrático medio (RMSE por sus iniciales en inglés) y del error medio absoluto (MAE por sus iniciales en inglés) para posteriormente escoger aquel modelo que tenga el menor valor de estos indicadores.

$$RMSE(m) = \sqrt{\frac{\sum_{r=0}^{w-m} ((\hat{Z}_{n-w+r+m} - Z_{n-w+r+m})^2)}{(w-m+1)}}$$

$$MAE(m) = \frac{\sum_{r=0}^{w-m} |\hat{Z}_{n-w+r+m} - Z_{n-w+r+m}|}{(w-m+1)}$$

donde:

Z: Variable a pronosticar

m: Horizonte de predicción

n: Tamaño de la serie

w: Número de observaciones que se restan de la serie para comparación

Una vez calculadas las medidas de evaluación de los modelos que comprenden, tanto la evaluación histórica en el periodo 1999-2016, como la evaluación fuera de la muestra en el período 2017-2018, se pudo observar que el modelo de tipo keynesiano es el que presenta un mayor ajuste a la variación de las RIN de Bolivia (Cuadro 3).

**Cuadro 3: EVALUACIÓN DE LOS MODELOS DE PRONÓSTICO**

<b>Modelo</b>	<b>RMSE</b>	<b>MAE</b>
Monetario	180,99	139,96
Keynesiano	123,30	96,65
Portafolio	130,59	105,77
AR(2)	1.371,32	1.007,69
AR(2)- ARCH(1)	1.368,39	1.013,07

Tomando como punto de partida la ecuación del modelo keynesiano, se realizó el pronóstico de la variación de las RIN (DRIN) para el periodo 2017 y 2018, hasta el primer trimestre de la gestión, obteniéndose los resultados que se muestran en el Cuadro 4, aclarándose que se trata de variaciones anuales de las RIN.

Para la generación de los pronósticos, en el caso de los modelos con teoría económica subyacente, se realizaron supuestos de comportamiento para las variables de cada ecuación. En aras de la simplicidad, se asumió un comportamiento promedio de los últimos tres años para cada variable, siendo un punto a mejorar la calibración a futuro.

**Cuadro 4: VALORES PRONOSTICADOS – MODELO KEYNESIANO<sup>4</sup>**

(En millones de USD)

<b>Período</b>	<b>Cambio Pronosticado</b>	<b>Cambio Observado</b>	<b>Nivel RIN Pronosticado</b>	<b>Nivel RIN Observado</b>
1 Trim 2017	-2.228,08	-2.221,94	10.827,82	10.260,82
2 Trim 2017	-1.236,30	-1.303,25	11.246,46	10.305,74
3 Trim 2017	-820,85	-909,28	10.788,14	10.129,55
4 Trim 2017	-200,00	179,68	10.838,82	10.260,64
1 Trim 2018	-752,38	-456,22	9.328,58	9.804,61

Tomando como punto de partida la información del modelo keynesiano, se puede observar que el modelo presenta valores relativamente próximos al valor observado de las RIN desde la gestión 2017 al primer trimestre de la gestión 2018.

<sup>4</sup> Los niveles iniciales para añadir el cambio estimado, corresponden a los niveles de RIN del trimestre correspondiente a la gestión inmediatamente anterior.

Buscando ampliar la gama de resultados obtenidos, a continuación se presentan los resultados de los demás modelos estimados, tanto en referencia a la variable de cambio en las reservas, como al nivel de reservas derivado de dicho cambio (Cuadro 5).

**Cuadro 5: VALORES PRONOSTICADOS – OTROS MODELOS**  
(En millones de USD)

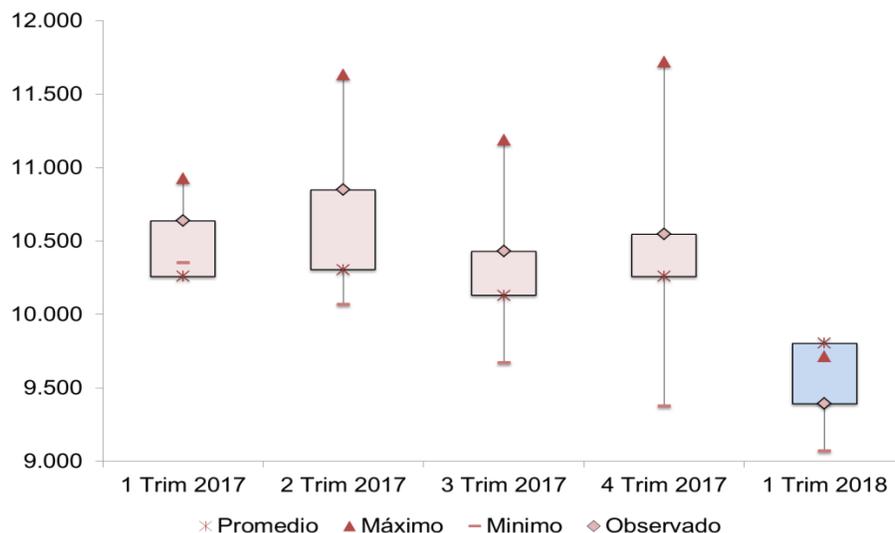
Período	Monetario	Portafolio	AR(2)	AR(2) - ARCH(1)
1 Trim 2017	-2.393,26	-2.307,00	-2.623,13	-2.528,83
2 Trim 2017	-1.334,27	-1.397,98	-2.222,16	-1.972,81
3 Trim 2017	-910,01	-943,39	-1.823,64	-1.396,66
4 Trim 2017	131,46	-67,40	-1.454,95	-860,20
1 Trim 2018	-640,99	-802,93	-848,28	-398,44

Período	Nivel RIN Pronosticado Monetario	Nivel RIN Pronosticado Portafolio	Nivel RIN Pronosticado AR(2)	Nivel RIN Pronosticado AR(2) -ARCH(1)
1 Trim 2017	10.662,64	10.748,90	10.432,77	10.527,07
2 Trim 2017	11.148,49	11.084,78	10.260,60	10.509,95
3 Trim 2017	10.698,98	10.665,60	9.785,35	10.212,32
4 Trim 2017	11.170,28	10.971,42	9.583,87	10.178,62
1 Trim 2018	9.439,97	9.278,03	9.232,68	9.682,52

En términos generales, se puede observar que, tomando en cuenta todos los pronósticos realizados, estos se encuentran en la mayor parte de los casos por encima del valor realizado durante cuatro de los cinco trimestres observados. (Gráfico 1) asumiendo un intervalo de confianza de 95%.

**Gráfico 1: VELAS DE PRONÓSTICOS Y VALORES OBSERVADOS DE LAS RIN**  
(En millones de USD)



## V. Conclusiones

Este trabajo constituye una primera aproximación para tener un pronóstico interno del nivel de reservas internacionales del BCB ayudando, de esta manera, a mejorar el proceso de toma de decisiones del BCB. Se tomaron como base modelos relacionados realizados para Nicaragua y Colombia.

Las ecuaciones estimadas para los modelos con fundamento económico subyacente, mostraron un buen ajuste histórico a los datos. En el caso de las ecuaciones de los modelos de serie de tiempo, estas cumplieron con las propiedades estadísticas esperadas.

En referencia a los modelos estimados, tanto en aquellos con un fundamento macroeconómico subyacente derivados de un modelo general, como en aquellos modelos de serie de tiempo del tipo ARMA y GARCH, se pudo determinar que el modelo keynesiano presenta el menor nivel de error en base a los indicadores RMSE y MAE. La serie histórica utilizada consideró datos trimestrales para el periodo 1999-2016 y se realizaron pronósticos para 2017 y el primer trimestre de 2018, observándose cierta cercanía de los valores estimados a los valores realizados de las reservas internacionales

Para el caso del pronóstico de los modelos con fundamento macroeconómico subyacente, se debieron realizar supuestos de comportamiento de todas las variables incluidas en cada ecuación. Por simplicidad, se asumió un comportamiento promedio de los últimos dos años, aspecto que constituye una debilidad en los pronósticos realizados y debe ser mejorada a futuro para mejorar los pronósticos.

Buscando establecer una gama más amplia de resultados, se tomó un promedio de resultados de todos los modelos y se estableció un intervalo de confianza, pudiéndose observar que los resultados estimados se encontraron generalmente dentro del rango establecido.

## Referencias bibliográficas

BOLLERSLEV, T. (1986). "Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity" *Journal of Econometrics*, 31, pp. 307 - 327

ESPINOSA, O. A. (2016). "Evaluación de pronósticos de las reservas internacionales netas en Colombia" Universidad Nacional de Colombia, *Ensayos de Economía*, 26 (48), pp. 115 - 140

FRENKEL, J. A. (1974). "The Demand for International Reserves by Developed and Less-Developed Countries" *Economica*, 41 (161), pp. 14 - 24

GACETA OFICIAL DE BOLIVIA (2005). *Ley N° 3058, Ley de hidrocarburos*, de 17 de mayo

GACETA OFICIAL DE BOLIVIA (1995). *Ley N° 1670, Ley del Banco Central de Bolivia*, de 31 de octubre

GÁMEZ, O. (2004). *Estimación del coeficiente de compensación en Nicaragua (Aplicación de los modelos monetarista, balance de portafolio y keynesiano)*, tesis de magíster, Pontificia Universidad Católica de Chile, Instituto de Economía

GUPTA, R., S. HAMMOUDEH, W. J. KIM, B. D. SIMO-KENGNE (2014). "Forecasting China's foreign exchange reserves using dynamic model averaging: The roles of macroeconomic fundamentals, financial stress and economic uncertainty" *The North American Journal of Economics and Finance*, 28, pp.170 - 189

KENEN, P. B. and E. B. YUDIN (1965). "The Demand for International Reserves" *The Review of Economics and Statistics*, 47 (3), pp. 242 - 250

YANG, S. and D. LI (2012). "Analysis and forecast about China's foreign exchange reserves based on grey system" *Asian Social Science*, 8 (2), pp. 153 - 158

# APÉNDICES

## APÉNDICE A. Estimaciones de ecuaciones - modelo económico

### Modelo monetario

Variable endógena DRIN				Variable endógena DRIN			
Variable	Coefficiente	Desv, Est	Prob	Variable	Coefficiente	Desv, Est	Prob
Constante	-361,71	107	0,00	Constante	-237,93	111,95	0,03
DAIN	-1,09	0,039	0,00	DAIN	-1,03	0,02	0,00
D(log(ING))	13081,21	4.211	0,00	DC	0,05	0,08	0,52
DIPC	23,22	18	0,19	D(log(ING))	5243,15	3567,89	0,12
Di	3256,36	3.104	0,30	Di*	1175,45	11,67	0,56
R cuadrado	0,98			D(IPC)	68,36	1718,6	0,00
R cuadrado ajustado	0,97			DTD <sup>e</sup>	3347,92	899,38	0,00
Error de la Regresión	192,79			KO	0,128	0,007	0,06
Estadístico D-W	1,26			R cuadrado	0,91		
Prob(F-statistic)	0,00			R cuadrado ajustado	0,92		
				Error de la Regresión	139,8		
				Estadístico D-W	1,74		
				Prob(F-statistic)	0,00		

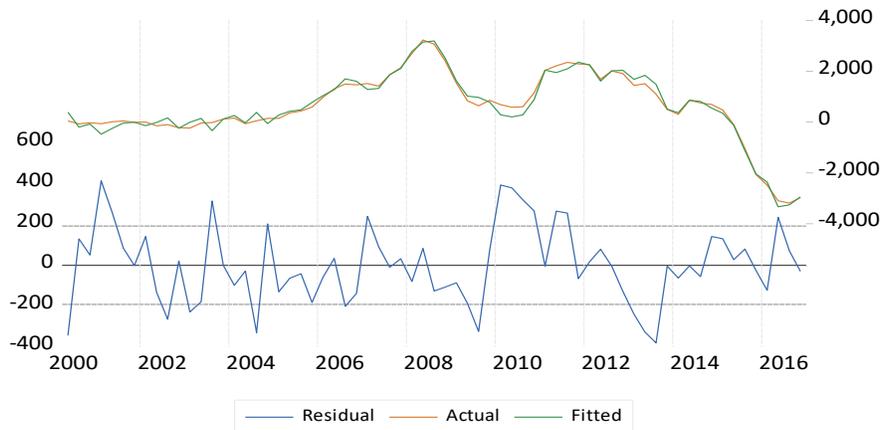
### Modelo portafolio

### Modelo keynesiano

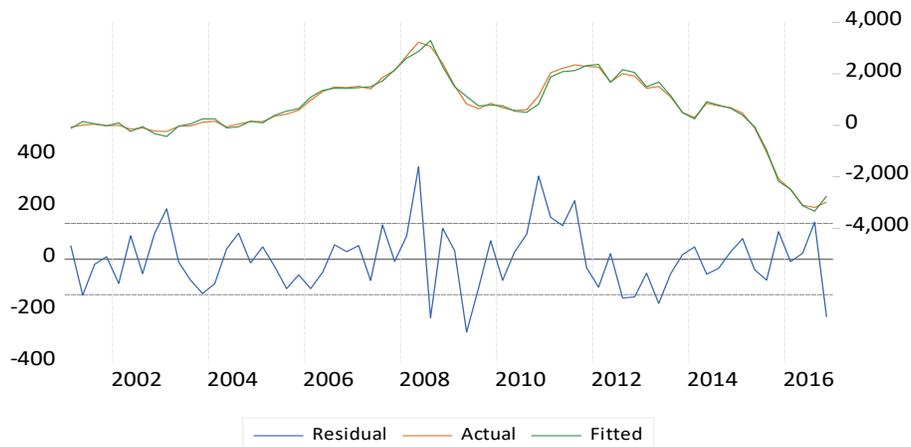
Variable endógena DRIN			
Variable	Coefficiente	Desv, Est	Prob
Constante	-1214	-1,342	0,19
DAIN	-1,14	-35,665	0,00
AG	0,02	0,484	0,63
AG(-1)	-0,002	-0,045	0,96
KO	0,08	1,196	0,24
i(-1)	-2.405	-1,724	0,09
dr	-2471,936	-3,640	0,00
dr(-1)	-2682,14	5,116	0,00
d(log(ING*))	-0,00013	-0,452	0,65
d(log(ING*(-1)))	0,00012	0,387	0,70
d(log(IPC*))	-10,700	-0,332	0,74
d(log(IPC*(-1)))	18,460	0,562	0,58
Di*	-3682,64	-1,911	0,06
DTD <sup>e</sup>	-1567,05	-0,306	0,76
$\pi^e$	7665,33	1,199	0,24
$\pi^e_{-1}$	-553,97	-0,199	0,84
R cuadrado	0,90		
R cuadrado ajustado	0,92		
Error de la Regresión	139,8		
Estadístico D-W	1,74		
Prob(F-statistic)	0,00		

## APÉNDICE B. Ajuste histórico

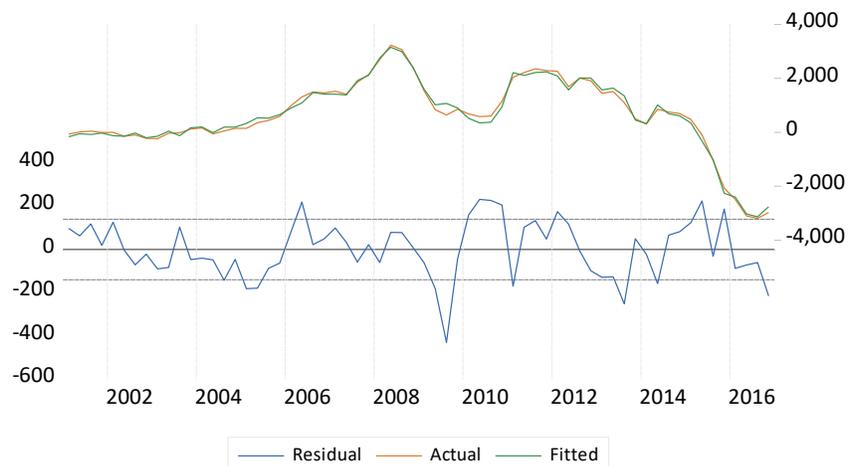
### Gráfico B.1: CAMBIO EN EL NIVEL DE LAS RIN – MODELO MONETARIO



### Gráfico B.2: CAMBIO EN EL NIVEL DE LAS RIN – MODELO KEYNESIANO



### Gráfico B.3: CAMBIO EN EL NIVEL DE LAS RIN – MODELO PORTAFOLIO



**APÉNDICE C. Estimaciones de ecuaciones – modelo serie de tiempo**

<b>Variable endógena DRIN</b>			
<b>Variable</b>	<b>Coefficiente</b>	<b>Desv, Est</b>	<b>Prob</b>
Constante	348,95	569,97	0,5424
AR(1)	1,46	0,08	0,00
AR(2)	0,53	0,07	0,00
R cuadrado	0,89		
R cuadrado ajustado	0,90		
Error de la Regresión	348,43		
Estadístico D-W	1,89		
Prob(F-statistic)	0,00		

<b>Variable endógena DRIN</b>			
<b>Variable</b>	<b>Coefficiente</b>	<b>Desv, Est</b>	<b>Prob</b>
Constante	399,4		0,73
AR(1)	1,55		0,00
AR(2)	-0,64		0,00

<b>Ecuación de la Varianza</b>			
Constante	1227		0,01
$\varepsilon^2_{t-1}$	12,66		0,09
R cuadrado	0,91		
R cuadrado ajustado	0,92		
Error de la Regresión	354,03		
Estadístico D-W	2,01		

## APÉNDICE D

### CORRELOGRAMA DE ERRORES AL CUADRADO

#### Modelo AR(2)

Sample: 1999Q1 2018Q1

Included observations: 73

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
.  **	.  **	1	0.280	0.280	5.9797	0.014
.  .	.  *	2	-0.006	-0.092	5.9828	0.050
.  .	.  *	3	0.047	0.081	6.1522	0.104
.  .	.  .	4	0.045	0.008	6.3142	0.177
.  .	.  .	5	0.000	-0.011	6.3142	0.277
.  *	.  *	6	0.079	0.093	6.8274	0.337
.  *	.  *	7	0.162	0.118	8.9942	0.253
.  .	.  .	8	0.067	-0.006	9.3725	0.312
.  *	.  *	9	0.169	0.183	11.817	0.224
.  *	.  .	10	0.164	0.058	14.141	0.167
.  *	.  .	11	0.091	0.049	14.876	0.188
.  .	.  .	12	0.013	-0.021	14.892	0.247
.  .	.  .	13	0.052	0.035	15.135	0.299
.  *	.  *	14	0.118	0.081	16.434	0.288
.  *	.  *	15	0.138	0.086	18.241	0.250
.  *	.  **	16	-0.078	-0.210	18.824	0.278
.  .	.  .	17	-0.007	0.056	18.829	0.338
.  *	.  .	18	0.095	0.019	19.733	0.348
.  *	.  .	19	0.089	0.038	20.539	0.363
.  .	.  *	20	0.008	-0.069	20.546	0.424
.  .	.  .	21	0.030	0.001	20.640	0.481
.  *	.  *	22	0.190	0.179	24.533	0.320
.  .	.  *	23	-0.012	-0.122	24.548	0.374
.  *	.  *	24	-0.074	-0.106	25.152	0.398
.  .	.  .	25	-0.042	-0.022	25.350	0.443
.  .	.  .	26	-0.049	-0.036	25.626	0.484
.  .	.  *	27	0.022	0.082	25.685	0.536
.  *	.  .	28	0.132	0.034	27.819	0.474
.  .	.  *	29	0.055	-0.078	28.197	0.507
.  .	.  .	30	-0.061	0.005	28.672	0.535
.  .	.  .	31	-0.064	-0.057	29.206	0.558
.  .	.  .	32	-0.017	-0.042	29.244	0.607

## CORRELOGRAMA DE ERRORES AL CUADRADO (Cont.)

### Modelo AR(2) – ARCH(1)

Sample: 1999Q1 2016Q4

Included observations: 68

Q-statistic probabilities adjusted for 2 ARMA terms

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob*	
. .	. .	1	-0.064	-0.064	0.3063	
. *	. *	2	0.132	0.128	1.6109	
. *	. *	3	0.076	0.093	2.0455	0.153
. .	. *	4	-0.065	-0.074	2.3723	0.305
. .	. .	5	0.034	0.002	2.4604	0.482
. .	. .	6	-0.035	-0.021	2.5569	0.634
. **	. **	7	0.214	0.224	6.2625	0.282
. *	. *	8	-0.185	-0.174	9.0647	0.170
. *	. .	9	0.105	0.042	9.9826	0.190
. .	. .	10	-0.015	-0.005	10.003	0.265
. *	. *	11	0.132	0.203	11.515	0.242
. .	. .	12	0.019	-0.029	11.546	0.317
. .	. .	13	-0.003	-0.021	11.547	0.399
. *	. *	14	0.169	0.096	14.151	0.291
. *	. .	15	-0.103	0.020	15.138	0.299
. .	. *	16	-0.063	-0.191	15.506	0.344
. *	. *	17	-0.150	-0.175	17.669	0.280
. *	. **	18	0.210	0.264	21.978	0.144
. *	. *	19	-0.196	-0.101	25.806	0.078
. .	. .	20	0.092	-0.003	26.667	0.085
. .	. *	21	-0.041	-0.189	26.845	0.108
. **	. *	22	-0.290	-0.182	35.718	0.017
. .	. .	23	-0.002	-0.012	35.718	0.024
. *	. .	24	-0.076	0.048	36.357	0.028
. *	. .	25	0.167	0.062	39.509	0.017
. .	. *	26	-0.038	0.119	39.678	0.023
. .	. .	27	0.073	-0.002	40.302	0.027
. *	. *	28	-0.082	-0.083	41.107	0.030
. .	. .	29	-0.022	0.002	41.167	0.040
. .	. .	30	-0.062	-0.063	41.649	0.047
. *	. *	31	-0.128	-0.075	43.777	0.039
. .	. *	32	-0.023	-0.171	43.847	0.049

\*Probabilities may not be valid for this equation specification.