

# MODELO DE PRONÓSTICO DE INFLACIÓN:

## Nota Metodológica

CIMAT Unidad Monterrey

---

### 1. INTRODUCCIÓN<sup>1</sup>

Actualmente para realizar la proyección de la inflación se necesita una herramienta analítica capaz de incluir los fundamentales económicos de manera multivariada. El modelo de pronóstico de inflación de CIMAT incluye este análisis partiendo de la interacción del mercado monetario, la estructura de costos, y la demanda del mercado.

El mercado monetario incluye tasas de interés, base monetaria, entre otros. El mercado de costos se refiere a la relación con sus socios comerciales (que para el caso mexicano es significativo considerar solo a EUA). De esta manera se relacionan los costos de los insumos y productos del mercado mexicano. Por último, el mercado de demanda incluye la información tanto estructural como coyuntural de los distintos sectores económicos, así como de desempleo.

El modelo para el pronóstico del INPC captura las dinámicas de corto y largo plazo, que a su vez captura la tendencia común entre las variables que satisfacen una combinación lineal predecible. Metodológicamente, se busca la tendencia común que “mejor” se relacione con la normalización asociada a pronosticar, en este caso el INPC.

Con el objetivo de pronosticar la inflación en México, el modelo desarrollado por CIMAT busca cumplir con las siguientes características:

- Dinámica económica: Incorporar los aspectos que la teoría dictamina, permitiendo conjuntarlos con una especificación estadística.
- Desequilibrios de corto y largo plazo: Conocer y medir aquellos aspectos que son de duración transitoria y permanente.
- Importancia de controlar el largo plazo: Controlar el comportamiento más importante dentro de una estructura multivariada para el pronóstico.

### 2. DATOS

A largo plazo la inflación es un fenómeno puramente monetario<sup>2</sup>; sin embargo, en el corto plazo la inflación puede ser afectada por otras variables: perturbaciones en la demanda agregada relativa a la oferta agregada; cambios inesperados en variables como los salarios; movimientos del tipo de cambio (que afectan a los precios de bienes importados), el señoreaje<sup>3</sup>, entre otros.

1. Tomado de: *Reporte INPC, CIMAT 2010*.

2. Este enunciado está basado en la teoría cuantitativa del dinero.

3. El señoreaje es el ingreso o utilidad que percibe un gobierno o autoridad monetaria como resultado

La selección de variables explicativas debe permitir generar modelos útiles para entender las causas de la inflación y producir pronósticos razonables. Partiendo de la interacción del mercado monetario, la estructura de costos, y la demanda del mercado como ejes potenciales de la dinámica inflacionaria, se busca pronosticar el índice nacional de precios al consumidor (INPC) utilizando las variables explicativas de la tabla 1. Los detalles de estas variables se describen en el Apéndice A.

Eje	Variable macroeconómica
Mercado de Costos	Salarios reales
	Índice Nacional de Precios al Consumidor de los Estados Unidos.
	Índice de producción industrial de los Estados Unidos.
	Tipo de cambio nominal.
Mercado Monetario	Billetes y monedas.
	Índice global de la actividad económica.
	Tasa de interés interbancaria a 28 días.
	Tasa de interés interbancaria a 91 días.
Mercado de Demanda	IGAE de actividades económicas primarias, secundarias y terciarias.
	Actividad Industrial: Minería, Manufactura, Construcción y Energía.
	Tasa de Desempleo Abierta.

Tabla 1: Variables macroeconómicas utilizadas en la modelación de inflación.

## 4. METODOLOGÍA

La metodología seguida en el modelo de pronóstico de inflación de CIMAT se puede descomponer en tres etapas. Estas corresponden a la *reducción de dimensionalidad* a través del uso de Mínimos cuadrados Parciales (PLS); a la *selección del modelo* para determinar aquellos que son robustos ante condiciones indeseables, para lo cual se utiliza reiteradamente el método de cointegración de Johansen; y la *evaluación del desempeño* para determinar el error en las estimaciones. A continuación se describen estas etapas dentro del contexto de su aplicación en el modelo de pronóstico de CIMAT.

### 4. 1. Etapa 1: Reducción de Dimensionalidad

El uso de técnicas para reducir la dimensionalidad permite conservar la mayor cantidad de información relevante sin saturar los modelos. En este caso se utilizó la técnica PLS [1,2],

de su poder monopólico para la emisión de moneda.

la cual es robusta ante situaciones de colinealidad y alta dimensionalidad; es decir, cuando las series de tiempo involucradas son combinación lineal una de la otra, y cuando el número de variables excede el número de observaciones, respectivamente.

Para cada uno de los 3 ejes considerados (mercado de costos, mercado monetario, y mercado de demanda ) se aplicó PLS tomando como variable dependiente el logaritmo del INPC, y estandarizando todas las variables predictoras, donde se tiene la opción de seleccionar el valor del INPC nacional o regional (Frontera Norte, Noroeste, Noreste, Centro Norte, Centro Sur, Sur, y Metropolitana). Para definir el número de componentes del modelo se utilizó el criterio de considerar aquellos que absorben el 80% de la varianza.

Como resultado de la aplicación de PLS se obtienen 3 indicadores que se utilizaron para pronosticar la inflación. Este método genera componentes conforme al peso de las cargas correspondientes. Los componentes de cada indicador representan un peso significativo sobre la inflación.

#### **4.2. Etapa 2: Selección del Modelo**

Mediante modelos de cointegración se establecen relaciones estadísticamente estables, es decir, se obtienen series estacionarias a través de la combinación lineal de las series de tiempo originales. Esto permite identificar comportamientos comunes entre las variables utilizadas.

En esta etapa, una vez hecho el ejercicio de PLS, se concatena la variable de INPC junto con los indicadores obtenidos en la etapa anterior, y se le denomina matriz de variables endógenas. Esta matriz es el objeto de entrada en el procedimiento de pronóstico seguido por CIMAT.

Este procedimiento consiste en proponer un conjunto de modelos, y validar si cada uno de ellos es robusto ante ciertas condiciones estadísticas, buscando minimizar o maximizar ciertos criterios, según sea el caso. Es importante enfatizar que esto no se hace de manera exhaustiva, sino que solamente se evita en la medida de lo posible las situaciones indeseables más comunes. Los modelos que cumplen con los criterios son lo que se toman en cuenta para evaluar el desempeño global en la última etapa.

En específico, se consideran 363 modelos, los cuales surgen al variar la estacionalidad, el retraso, el tipo de tendencia, y tener en cuenta todas las posibles combinaciones. La estacionalidad y el retraso se varían de 1 a 11 meses, mientras que para la tendencia se consideran 3 opciones: tendencia lineal, tendencia constante, y sin tendencia.

Una vez considerado lo anterior se aplicó el siguiente procedimiento a cada uno de los 363 modelos:

- i. Se le estima la cointegración de Johansen [3] a la matriz de variables endógenas, con la especificación de largo plazo y el estadístico del máximo valor propio. Asimismo, se estima el número de variables necesarias para formar una serie de

tiempo estacionaria como combinación lineal de las variables originales. Esto con un nivel de significancia al 10%. Si no existen relaciones de cointegración se considera el siguiente modelo.

- ii. Una vez modeladas las variables originales a través del análisis de cointegración, se representa el modelo de vectores de corrección de error (VECM) [4] resultante en un modelo de vectores autorregresivos (VAR) [4] en niveles. De esta manera se obtiene una estimación más eficiente de los coeficientes al momento de hacer el pronóstico.
- iii. Se determinan los valores atípicos en el modelo VAR, y se repiten los pasos i y ii, considerando estos valores como variables exógenas al momento de estimar la cointegración de Johansen nuevamente. De esta manera la metodología es robusta ante datos atípicos, tanto en la variable objetivo como en las variables auxiliares, de modo que los pronósticos son estables a su vez ante cambios abruptos en las series de tiempo.
- iv. Se realiza el pronóstico para los siguientes 6 meses utilizando el modelo VAR obtenido en el paso anterior (considerando datos atípicos). Se añaden los valores predichos a las variables endógenas y se realiza la estimación de Johansen a las variables aumentadas. Si no existen relaciones de cointegración al incluir alguno de los valores del pronóstico, el modelo se desecha. De igual manera, si el pronóstico cae fuera del rango de valores de la muestra del INPC, el modelo se desecha.
- v. Se guarda la matriz de cointegración normalizada, las ecuaciones de cointegración, los pesos obtenidos en la última estimación de Johansen, así como la tendencia común única, su pronóstico, y el estadístico de relación. En caso de que el pronóstico de la tendencia común única se encuentre fuera del rango de los valores de la muestra, se desecha el modelo.

### 4.3. Etapa 3: Evaluación del Desempeño

En esta etapa se evalúa el desempeño de los modelos dentro de la muestra. Para esto se divide la muestra en dos partes. La primera submuestra se utiliza para realizar el pronóstico a través de la metodología mencionada en la etapa anterior, y el valor predicho se compara con los valores reales de la segunda submuestra, la cual consta de los últimos 6 meses de observación. Enseguida se calculan los errores mediante las siguientes medidas: Error Porcentual Absoluto Medio (MAPE), Error Cuadrático Medio (MSE), La medida U1 propuesta por H. Theil [5], y una medida de sesgo<sup>4</sup>. Se calcula el promedio de estos errores considerando todos los modelos que se preservan. Por último, para cada uno de estos modelos se guardan los valores de verosimilitud, el promedio del pronóstico durante los 6 meses, el coeficiente de determinación ajustado, y la tendencia común.

4. Si  $x$  es el valor real, y  $x'$  el valor estimado, esta medida se obtiene mediante la expresión:

$$(\overline{x'} - \bar{x})^2 / (\overline{x' - x})^2$$

## 5. COMENTARIOS FINALES

En el anexo a este documento se realiza el ejercicio de pronóstico del INPC utilizando esta metodología. Esto se hizo considerando como variables explicativas las mostradas en la tabla 1. Para ello se consideraron las observaciones desde enero de 2005 a diciembre de 2017, y se pronosticó para enero a junio de 2018, con la intención de comparar las estimaciones con los valores reales.

El objetivo del anexo es la interpretación de los resultados desde la teoría económica, por lo que no está enfocado en dar detalles técnicos acerca del cálculo de las estimaciones. Para esto último se recomienda revisar las versiones más actualizadas de esta nota metodológica.

## 6. REFERENCIAS

- [1]. Agnar Hoskuldsson. PLS Regression Methods. Journal Of Chemometrics, Vol. 2, 211-228 (1988).
- [2]. Paul H. Garthwaite. An Interpretation of Partial Least Squares. Journal of the American Statistical Association, Vol. 89, No. 425 (Mar., 1994), pp. 122-127.
- [3]. S. Johansen. Statistical Analysis Of Cointegration Vectors. Journal Of Economic Dynamics And Control 12 (1988) 231-254. North-Holland.
- [4]. H. Lutkepohl. New introduction to multiple time series analysis. Springer, New York (2006).
- [5]. H. Theil. Applied Economic Forecasts. Amsterdam- North Holland, (1966).

## Apéndice A

En la tabla A.1 se describen las especificaciones, fuente, y ruta de acceso de la variables macroeconómicas utilizadas en la modelación del pronóstico de inflación.

Variable macroeconómica	Especificaciones	Fuente	Ruta
Salarios reales	Salarios Mínimos, General, Índice real, Dic2012=100. Niveles. SL11127	SIE*	Laboral>Salarios Mínimos.
Índice Nacional de Precios al Consumidor de los Estados Unidos.	Consumer Price Index for All Urban Consumers: All Items (CPIAUCNS). Index 1982-1984=100. Not Seasonally Adjusted.	BLS**	Consumer Price Index > Data > Consumer Price Index (CPI) Databases.
Índice de producción industrial de los Estados Unidos.	Estados Unidos (Índice base 2010 = 100). <sup>1,2</sup> Cifras desestacionalizadas.	BIE***	Indicadores internacionales > Índices de la producción industrial.
Tipo de cambio nominal.	Tipo de cambio Pesos por dólar E.U.A., Para solventar obligaciones denominadas en moneda extranjera, Fecha de liquidación Cotizaciones promedio. Niveles. SF329.	SIE	Tipos de cambio y resultados históricos de las subastas > Tipo de cambio promedio del mes.
Billetes y monedas.	Fuentes y usos de la base monetaria, Usos, Billetes y monedas en circulación. Niveles. SF1.	SIE	Billetes y monedas, Billetes y monedas en circulación
Índice global de la actividad económica.	Total(Índice base 2013=100). Cifras preliminares: A partir de 2016/01.	BIE	Indicadores económicos de coyuntura > Indicador global de la actividad económica, base 2013 > Series originales > Índice de volumen físico.
Tasa de interés interbancaria a 28 días.	TIIE a 28 días, Tasa de interés promedio mensual, en por ciento anual. Niveles. SF283.	SIE	Tasas y precios de referencia > Tasas de Interés Interbancarias, Fondeo y Pagaré Bancario Bursátil.
Tasa de interés interbancaria a 91 días.	TIIE a 91 días, Tasa de interés promedio mensual, en por ciento anual. Niveles. SF17801	SIE	Tasas y precios de referencia > Tasas de Interés Interbancarias, Fondeo y Pagaré Bancario Bursátil.
IGAE de actividades económicas primarias, secundarias y terciarias.	i. Actividades primarias(Índice base 2013=100) . ii. Actividades secundarias Total actividades secundarias(Índice base 2013=100). iii. Actividades terciarias Total	BIE	Indicadores económicos de coyuntura > Indicador global de la actividad económica, base 2013 > Series originales > Índice de volumen físico.

	actividades terciarias(Índice base 2013=100).		
Actividad Industrial: Minería, Manufactura, Construcción y Energía.	i. Minería. 2013=100. Niveles. SR16691. ii. Electricidad, agua y suministro de gas por ductos al consumidor final. 2013=100. Niveles. SR16692 iii. Construcción. 2013=100. Niveles. SR16693. iv. Industrias manufactureras. 2013=100. Niveles. SR16694.	SIE	Producción > Indicadores de la actividad industrial > Base 2013 > Actividad industrial > Índice de volumen de la producción industrial (Resumen) > Series Originales.
Tasa de Desempleo Abierta.	Población Total . Porcentaje. Cifras preliminares: A partir de 2005/01. <sup>3</sup>	BIE	Ocupación, empleo y remuneraciones > Tasas de ocupación, desocupación y subocupación (resultados mensuales de la ENOE, 15 años y más) > Nacional.
Índice Nacional de Precios y Cotizaciones.	Base segunda quincena de julio de 2018=100 > Mensual > Índice Índice general(Índice base segunda quincena de julio 2018 = 100).	BIE	Indicadores económicos de coyuntura > Precios e inflación > Índice nacional de precios al consumidor.

Tabla A.1

1. Se refiere a los bienes y servicios producidos por los sectores: minería, manufacturas y, electricidad, gas y agua.

2. Fuente: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). Banco de Datos.

3. Notas: Para el cálculo de los indicadores de la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE), se utilizan los datos de población de las proyecciones demográficas del CONAPO publicadas en abril de 2013. Al disponer de los resultados de la Encuesta Intercensal (EIC) 2015, así como de otras fuentes de información recientes, como son: la Encuesta Nacional de la Dinámica Demográfica (ENADID) 2014, los Registros administrativos de nacimientos y defunciones, la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo y la American Community Survey de los Estados Unidos de América, se cuenta con los elementos útiles para revisar y en su caso actualizar las estimaciones de población. Con base en esas fuentes de información, el INEGI continúa evaluando la utilización de dichas estimaciones de población, con el propósito de calcular los indicadores de la ENOE y otros proyectos.

\* Bureau of Labor Statistics.

\*\* Sistema de Información Económica del Banco de México.

\*\*\* Banco de Información Económica de INEGI.