

The background features a collage of financial data visualizations. On the left, there are bar charts and line graphs. In the center, there are two overlapping circles, one pink and one blue. On the right, there is a pie chart with segments labeled 25%, 65%, and 10%. The overall color palette is light blue and purple.

Jornadas virtuales de  
**Investigación  
Económica** 2022

BC  
CR BANCO  
CENTRAL DE  
COSTA RICA

# Una curva de rendimiento soberana en dólares: el uso de un enfoque dinámico

**Autores:**

Carlos Segura Rodríguez y César Ulate Sancho

---

25 de noviembre, 2022

Las ideas expresadas en este documento son de los autores y no necesariamente representan las del Banco Central de Costa Rica.

## Resumen

- Se desarrolla una metodología dinámica para el cálculo de las curvas soberanas en USD dólares.
- El método dinámico provee una mejor aproximación del mercado de deuda soberana en USD dólares.
- La curva de rendimientos a partir de la metodología dinámica evidencia un buen compromiso entre ajuste dentro y fuera de muestra y se puede estimar sin importar la cantidad de transacciones efectuadas durante la semana.

## Motivación

- Uno de los objetivos del Banco Central es promover un sistema financiero estable, competitivo y eficiente.
- Los agentes requieren de información para tomar decisiones adecuadas en los mercados financieros.
- El gobierno de Costa Rica emite tanto deuda en colones como en dólares.
- El contar con una curva de rendimientos soberana local en moneda extranjera permite conocer mejor la coyuntura en el mercado.
- El contar con curvas de rendimientos en colones y en dólares a partir de metodologías análogas permite obtener estimaciones de las expectativas de variación cambiaria.

## Está investigación

- Busca obtener una curva semanal de rendimientos soberana en dólares, a partir de una metodología similar a la que el BCCR utiliza actualmente para estimar una curva de rendimientos en colones.

## Está investigación

- Busca obtener una curva semanal de rendimientos soberana en dólares, a partir de una metodología similar a la que el BCCR utiliza actualmente para estimar una curva de rendimientos en colones.
- Utiliza una metodología que pondera la historia transaccional y presenta una solución de estimación en un mercado poco profundo.

## Definición de la curva rendimientos

- Una curva de rendimientos es un gráfico que relaciona el plazo de las transacciones financieras y su tasa de interés.
- Las transacciones deben contar con un riesgo similar. Por tanto, se consideran solo transacciones del mercado primario y secundario.
- Es una curva de los rendimientos promedio implícitos a partir de las negociaciones de mercado, no es una curva cero cupón ni una curva par.
- Idea es estimar a partir de la información observada la mejor curva de rendimientos que refleje el comportamiento del mercado.
- Existen diferentes métodos utilizados en la literatura para la estimación:
  - Interpolación polinomial
  - Interpolación spline
  - Nelson-Siegel
  - Svensson
  - Modelos dinámicos

## Datos

- Base de datos de todas las transacciones en el mercado local de bonos en dólares del gobierno central para el periodo entre 2009 y noviembre de 2021.
- La base de datos contiene:
  - fecha de operación,
  - tipo de operación,
  - tipo de instrumento,
  - emisor,
  - rendimiento negociado,
  - valor facial, y
  - valor transado.
- Para el corto plazo se utiliza la tasa promedio ponderada de las transacciones en moneda extranjera en el Mercado Integrado de Liquidez (MIL).



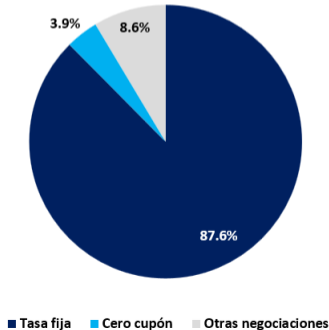
## Limitaciones de los datos

- El mercado de bonos emitidos por el gobierno de Costa Rica en el mercado local es pequeño.
- Esto genera que para algunas semanas no se observe una gran cantidad de transacciones.
- En particular:
  - para plazos largos es común que en una semana o varias semanas consecutivas no se observe ninguna transacción, y
  - los rendimientos negociados por bonos de corto plazo son muy volátiles (incluida la tasa a la que se negocia en el MIL de dólares).

## Estadísticas descriptivas

El mercado local de negociación de bonos en dólares emitidos por el gobierno de Costa Rica es pequeño. La mayoría de bonos en dólares negociados son tasa fija y cero cupón.

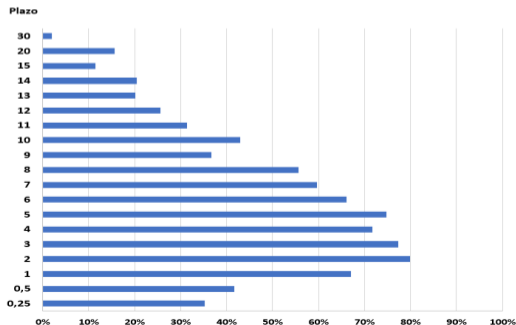
**Gráfico.** Porcentaje del total de montos transados en el periodo 2009-2021, según instrumento financiero en US\$.



## Estadísticas descriptivas

Es común que en una semana o varias semanas consecutivas no se observe ninguna transacción para algunos plazos, principalmente para plazos largos.

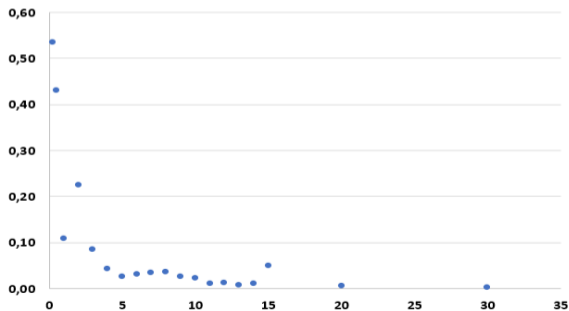
**Gráfico.** Proporción de número de semanas en el periodo 2009-2021, con negociaciones de bonos en dólares según plazo en años de la operación.



# Estadísticas descriptivas

Los rendimientos negociados para bonos de corto plazo son muy volátiles.

**Gráfico.** Cambio absoluto promedio semanal de rendimiento negociado según plazo.



## Tratamiento de datos

- Se consideran solo las negociaciones a tasa fija y cero cupón emitidos por el Ministerio de Hacienda. Representan un **92%** del número de negociaciones de bonos emitidos en Moneda extranjera.
- Se considera eliminación de observaciones con plazo menor a 3 o 6 meses.
- En algunas estimaciones se utiliza información del pasado para crear un punto de referencia para el plazo de diez años. Se utiliza sí no hay información en esa semana para plazos mayores a 9 años.
- Para generar el punto de referencia se utiliza las transacciones con plazos entre 9 y 11 años.
  - Si hay transacciones en las tres semanas previas, se considera solo la información de esas semanas.
  - En caso contrario, se utiliza la información de las últimas 12 semanas.
  - Si no hay información para las últimas 12 semanas no se construye.

## Método de Nelson-Siegel

- El método de Nelson-Siegel (1987) utiliza una aproximación exponencial de la curva de rendimientos.
- Se estima la regresión no lineal

$$r(\tau) = \beta_0 + \beta_1 \frac{1 - e^{-\lambda\tau}}{-\lambda\tau} + \beta_2 \left( \frac{1 - e^{-\lambda\tau}}{-\lambda\tau} - e^{-\lambda\tau} \right).$$

y a partir del pronóstico de la regresión se estima la curva de rendimientos.

- Por tanto, el valor de la curva no necesariamente coincide con las tasas observadas.

## Método de Svensson

- Svensson (1994) propuso una variación del método de Nelson-Siegel que permite un comportamiento más flexible de la curva de rendimientos.
- Esto lo logra al utilizar un componente extra en la regresión no lineal a estimar:

$$r(\tau) = \beta_0 + \beta_1 \frac{(1 - e^{-\tau\lambda_1})}{-\tau\lambda_1} + \beta_2 \left( \frac{(1 - e^{-\tau\lambda_1})}{-\tau\lambda_1} - e^{-\tau\lambda_1} \right) + \beta_3 \left( \frac{(1 - e^{-\tau\lambda_2})}{-\tau\lambda_2} - e^{-\tau\lambda_2} \right).$$

- En un mercado con pocas negociaciones estimar dos parámetros extras se puede convertir en un desafío.

## Curva de rendimientos dinámica Diebold, Rudebusch y Arouba (2006)

- La idea es utilizar la información del pasado para informar la estimación de la curva de rendimientos para una semana en específico.
- Se utiliza un modelo estadístico que permite incorporar la información del pasado de forma óptima.
- El modelo trata los parámetros de la curva de Nelson-Siegel como variables estado:

$$X_t = (\beta_{0t}, \beta_{1t}, \beta_{2t}, \lambda_t).$$



## Curva de rendimientos dinámica

- El modelo consiste de dos ecuaciones:

$$r_t(\tau) = \beta_{0t} + \beta_{1t} \frac{1 - e^{-\lambda_t \tau}}{-\lambda_t \tau} + \beta_{2t} \left( \frac{1 - e^{-\lambda_t \tau}}{-\lambda_t \tau} - e^{-\lambda_t \tau} \right) + \epsilon_t(\tau) \quad \text{Ecuación de medida}$$

$$(X_t - \mu) = A(X_{t-1} - \mu) + \eta_t \quad \text{Ecuación de transición}$$

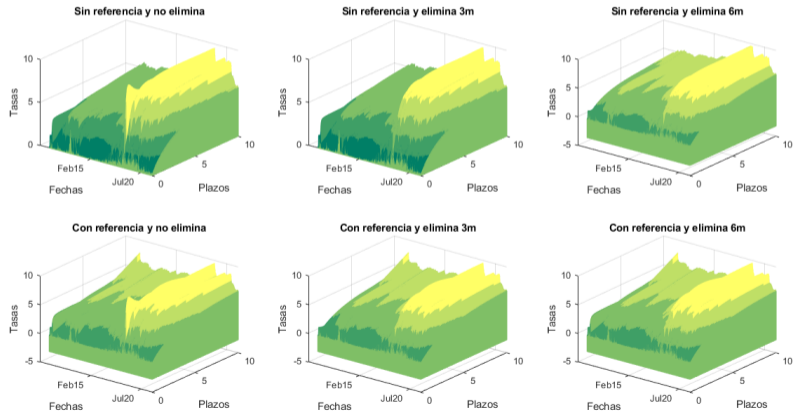
- Para estimar los estados, dados los parámetros, se utiliza el Filtro de Kalman Extendido.
- Los parámetros del modelo se estiman a partir de la maximización de la función de verosimilitud.

## Métodos de evaluación de resultados

1. Análisis de la forma de las curvas.
2. Resultados atípicos.
3. Criterios de monotonía.
4. Ajuste de los métodos.

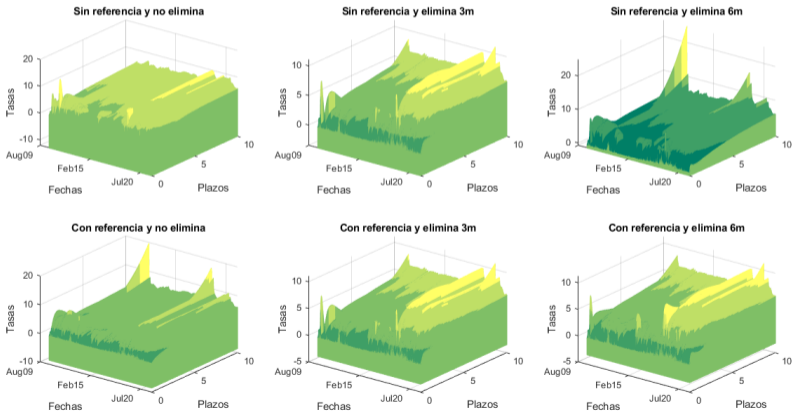
# Resultados Nelson Siegel

**Gráfico.** Curva de rendimientos estimada bajo diferentes supuestos 2010-2021



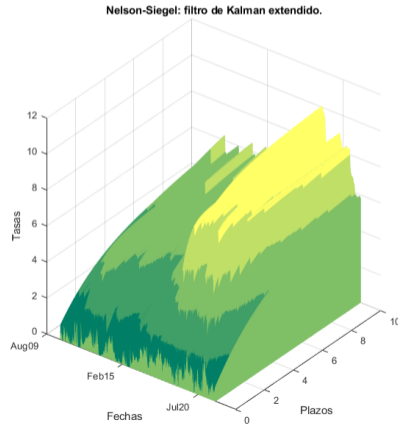
# Resultados Svensson

**Gráfico.** Curva de rendimientos estimada bajo diferentes supuestos 2010-2021



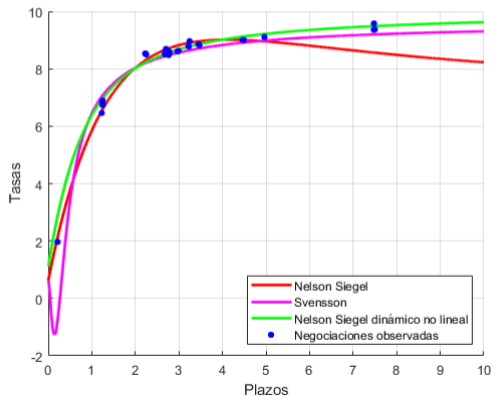
# Resultados con filtro de Kalman

**Gráfico.** Curva de rendimientos estimada bajo diferentes supuestos 2010-2021



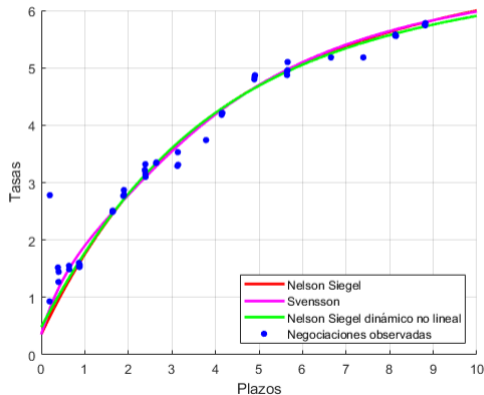
## Resultados (Semana con pocos datos)

**Gráfico.** Curva de rendimientos estimada con diferentes métodos.



## Resultados (Semana con muchos datos)

**Gráfico.** Curva de rendimientos estimada con diferentes métodos.



## Estadísticos de evaluación

**Cuadro.** Estadísticos descriptivos de evaluación. Toda la muestra. 2010-2021

Método	Elimina	Monotonicidad	Semanas negativas	RECM	EAM	Aciertos
Nelson	No	91 %	0	0,26	0,21	0,92
Siegel	Men 6 m	93 %	1	0,23	0,18	0,94
Sven	No	71 %	11	0,16	0,13	0,97
	Men 6 m	74 %	15	0,14	0,11	0,98
Din no lin	Men 6 m	99 %	0	0,21	0,17	0,95



## Conclusiones

- El introducir un punto de referencia de 10 años no parece mejorar la estimación de la curva de rendimientos.
- La curva de rendimientos de Svensson presenta un problema de sobreajuste dentro de muestra.
  - Muy buen ajuste dentro de muestra.
  - Comportamientos anómalos de la curva en tramos sin observaciones.
  - Resultado de tener pocas observaciones para ajustar la curva.
- La curva de rendimientos con Nelson-Siegel resuelve la no monotonidad de la curva pero presenta un menor ajuste dentro de muestra.

## Conclusiones

- La curva de rendimientos dinámica no lineal evidencia un buen compromiso entre ajuste dentro y fuera de muestra.
  - Es monótona para casi todas las semanas estimadas.
  - No genera estimaciones de rendimientos negativos.
  - Genera un error dentro de muestra intermedio entre Svensson y Nelson-Siegel.
- Se puede estimar para todas las semanas sin importar cuantas transacciones se observaron para esa semana.
- No es necesario identificar un plazo específico para el uso de datos del pasado.

The background features a collage of financial data visualizations, including line graphs, bar charts, and pie charts, all in shades of blue and purple. The Banco Central de Costa Rica logo is prominently displayed in the upper right quadrant. The main title is centered in a large, bold, dark blue font.

Jornadas virtuales de  
**Investigación  
Económica** 2022

BC  
CR  
BANCO  
CENTRAL DE  
COSTA RICA

# Una curva de rendimiento soberana par en dólares: el uso de un enfoque dinámico

**Autores:**

Carlos Segura Rodríguez y César Ulate Sancho

---

25 de noviembre, 2022