



Universidad de San Andrés

Escuela de Administración y Negocios

Maestría en Finanzas

Comparación de modelos sobre la base de Nelson y Siegel: Bonos Argentinos en Dólares Ley Nueva York

Trabajo Final de Graduación

Autor: Jessica Carolina Paviolo

DNI:33.964.496

Director: Marcelo Zencenko

Ciudad Autónoma de Buenos Aires, 26 de noviembre de 2018

Tabla de contenido

Tabla de contenido	1
Introducción	3
Revisión Literaria	4
Datos Utilizados	8
Metodología	8
Resultados Obtenidos	12
Conclusiones	17
Referencias.....	19
Anexo	21

Índice de Tablas

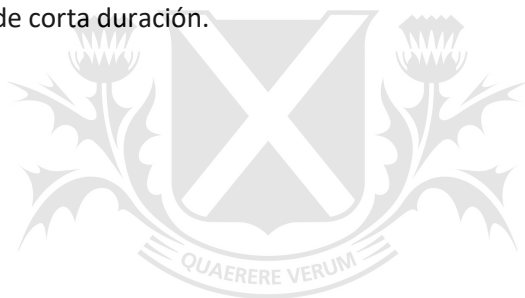
Tabla 1 - Resultados de medidas de bondad de ajuste para cada modelo	13
--	----

Índice de Gráficos

Figura 1 - Estructura Temporal de Tasas de Interés	4
Figura 2 - Componentes de la curva Nelson y Siegel.....	7
Figura 3 - Curva Cupón Cero.....	14
Figura 4 - Nodos Curvas Cupón Cero	15
Figura 5 - Evolución de Parámetros.....	15
Figura 6 - Boxplot: Error de Valuación.....	16
Figura 7 - Error de Ajuste del Modelo	16
Figura 8 - Volatilidad	17

Resumen

Este trabajo tiene por objetivo comparar diferentes modelos para la estimación de la estructura temporal de tasas de interés en Argentina para bonos en dólares bajo Ley Nueva York. El periodo de análisis inicia el 29 junio de 2017 y finaliza el 31 de julio del 2018. En un contexto de alta volatilidad en el mercado y escasa liquidez es difícil determinar una curva de rendimiento que ajuste bien, sea estable y parsimoniosa, por este motivo es importante identificar cuál es el modelo más apropiado para su estimación. La comparación se realiza tomando como base la metodología planteada por Nelson y Siegel (1987) y ponderando la función objetivo del modelo por uno, por liquidez y por duración de manera tal de encontrar el mejor ajuste en un mercado con escases de bonos, escases de liquidez y alta volatilidad. A través del análisis de las medidas de bondad de ajustes se determinó que el modelo más estable y que mejor ajusta el comportamiento del mercado de bonos dólares en Argentina es aquel que da mayor importancia a los bonos de corta duración.



Universidad de
San Andrés

Introducción

La estructura temporal de tasas tiene una doble importancia. En política monetaria por la información que esta brinda respecto a las expectativas de los agentes económicos sobre la evolución de la economía, y en finanzas por su múltiple uso por analistas financieros para realizar proyecciones, análisis de sensibilidad y valoración de instrumentos financieros. Por lo tanto, es necesario determinar cuál es el modelo más adecuado para su estimación.

Existen diferentes métodos para la estimación de la curva de tasas de interés. Principalmente se distinguen dos enfoques: modelos de equilibrio y técnicas estadísticas.

Los modelos de equilibrio postulan diferentes supuestos sobre la naturaleza de los procesos estocásticos que explican la tasa interés y deducen una caracterización de la estructura temporal implícita en un mercado eficiente (Vasicek y Fong, 1982).

Las técnicas estadísticas se enfocan en obtener una curva de rendimiento a partir de datos de tipo transversal de los bonos con cupones basado en técnicas de ajuste que permiten describir una variedad de patrones de rendimientos más reales (Chou, et al., 2009).

Una de las técnicas estadísticas más populares es la que plantean Nelson & Siegel (1987). El modelo define la estructura temporal de tasas de interés suave o parsimoniosa a partir de cuatro parámetros que tienen una interpretación económica: nivel, pendiente, curvatura y velocidad de convergencia a las tasas de largo plazo.

En países emergentes generalmente se cuenta con pocos instrumentos de renta fija líquidos con cotización diaria debido a que los mercados financieros son poco desarrollados. Los precios en este tipo de mercados generalmente presentan primas por iliquidez y fricciones de mercado, por lo tanto, algunos activos tienden a tener diferentes cotizaciones lo que hace difícil encontrar la curva de tasas de interés óptima del mercado. Para resolver este problema Subramanian (2001) propone ponderar los diferentes activos con algún factor que penalice por iliquidez o que pondere con mayor fuerza determinados bonos.

El propósito de este trabajo es realizar una comparación de diferentes modelos de curva de tasa de interés, tomando como base la metodología propuesta por Nelson y Siegel (1987) y determinar cuál es el que mejor ajusta para los bonos en dólares de Argentina. La comparación se realizará entre modelos que tienen diferentes ponderadores.

El trabajo se encuentra estructurado de la siguiente manera: en la segunda sección se realiza una revisión de la literatura. En la tercera sección se definen los datos y el perímetro de análisis, mientras que en la cuarta sección se detalla la metodología a usar. En la quinta sección se

exponen los resultados obtenidos y, por último, en la sexta sección se desarrollan las conclusiones.

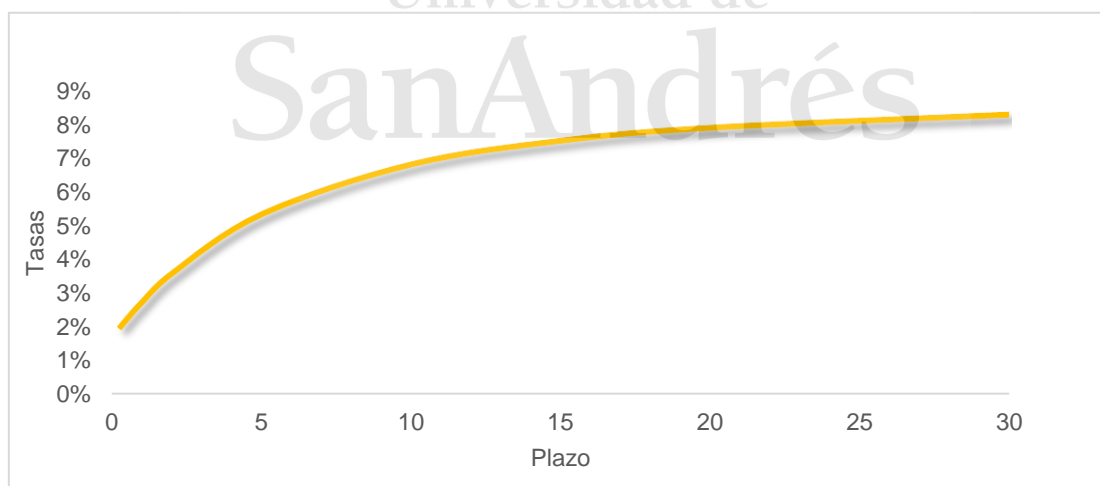
Revisión Literaria

Teoría de las expectativas

La Estructura Temporal de Tasas de Interés (ETTI, en adelante) es la relación entre tasas de interés y plazos que se presenta en la economía en un momento particular. Esta estructura no siempre es observable debido a la inexistencia de bonos para todos los plazos, los tipos de bonos de mercado, falta de liquidez de los instrumentos, escasez de cotizaciones, entre otras razones.

Las curvas de rendimiento pueden presentar diferentes formas y movimientos. Esta se suele representar en un diagrama que relaciona plazo con rendimiento. Una curva con pendiente positiva indica que mientras mayor sea el plazo a vencimiento del activo mayor será el rendimiento que se espera, lo inverso ocurre en una curva con pendiente negativa. Esta curva por lo tanto está reflejando las expectativas que tienen los inversionistas a futuro (Figura1). Según la teoría de las expectativas de tasa de interés bajo ciertos supuestos es posible determinar la tasa de interés de largo plazo como un promedio de las tasas de interés de corto plazo.

Figura 1 - Estructura Temporal de Tasas de Interés



Fuente: elaboración propia

Los movimientos en la tasa de interés tienen un gran impacto en los mercados financieros y en los intermediarios. Los agentes económicos tratan de maximizar sus beneficios en función a las tasas de interés de corto y largo plazo. El impacto de la tasa de interés afecta aspectos micro, ayudando a inversores a alertar posibles situaciones de recesión o crecimiento de la economía.

La curva de tasas de interés puede ser usada como referencia para valorar otros activos con similares condiciones a los que generaron esta curva. También es posible realizar proyecciones y de esta manera los gestores de instrumentos de renta fija pueden obtener beneficios por encima del promedio de las tasas internas de retorno (TIR, en adelante) de los bonos. A nivel macro la ETTI impacta en las decisiones de consumo y de inversión de los agentes económicos y por lo tanto en la demanda agregada.

Esta curva podría construirse directamente a través de precios de operaciones *forwards*, pero como estas no son muy comunes se la puede valorar a partir de la estructura de tasas *forwards* obtenidas de los instrumentos existentes. La curva *forward* representa las expectativas de tasa de interés en el futuro, mientras que la curva de rendimiento *spot* puede ser interpretada como el promedio de las tasas *forward*.

Modelos de tasa de interés

Existen diferentes métodos para estimación la curva de tasas de interés. Como se mencionó anteriormente, una gran distinción es entre modelos de equilibrio y métodos estadísticos. Los modelos de equilibrio son aquellos que postulan diferentes supuestos sobre la naturaleza de los procesos estocásticos que explican el comportamiento de la tasa de interés en el marco de un mercado eficiente. Sin embargo, las curvas de rendimientos obtenidas por este tipo de modelos tienen una forma funcional que depende solo de unos pocos parámetros y generalmente las curvas de rendimientos observadas tienen formas funcionales más variadas y complejas que las justificadas por los modelos de equilibrio (Chou, Su y Tang, 2009). Ejemplos de estos modelos son Vasicek (1977), Dothan (1978), Brennan y Schwartz (1979), Cox et al. (1985) y Duffie y Kan (1996).

Los modelos estadísticos, por otra parte, permiten lograr un mejor ajuste de la curva a las tasas observadas a partir de los precios de los activos con funciones mas “suaves”. Estos modelos se pueden dividir en dos tipos: modelos con formas funcionales parsimoniosas y modelos polinómicos o basados en *splines*.

Los modelos polinómicos dividen los datos observados (precios) en segmentos y se ajusta un polinomio a cada segmento uniéndose entre sí en manera suavizada. Luego se ajusta un polinomio para cada tramo de la curva de rendimiento que unidos generan la estructura temporal de tasas. Algunos autores que aplicaron este tipo de modelos son Mc Culloch (1971), Fisher, Nychka y Zervos (1995), Waggoner (1997) y Vasicek y Fong (1982).

Los modelos paramétricos permiten estimar la curva de rendimientos a partir de una serie parámetros que permiten replicar una forma funcional. Los más conocidos son los planteados

por Nelson, Siegel (1987) y Svensson (1994), quienes proponen una función continua para describir la trayectoria de tasa de interés *forward* a partir de un conjunto de parámetros y del plazo. En el caso del modelo de Nelson y Siegel hay cuatro parámetros, mientras que en el de Svensson son seis parámetros (Pereda, 2010).

Según Pereda los modelos *splines* poseen un mejor ajuste que los modelos paramétricos pero su principal desventaja es que no tienen una forma de curva determinada por lo que son muy sensibles a la muestra de datos disponibles. En general se usan en países que cuentan con gran número de bonos para el tramo más largo de la curva.

Los modelos paramétricos, en cambio, poseen una mayor suavidad de la curva de rendimiento. En el caso del modelo Nelson y Siegel tiene como principal ventaja que sus cuatro parámetros tienen una interpretación económica de nivel, pendiente, curvatura y velocidad de convergencia de la tasa de largo plazo.

El modelo de Nelson y Siegel es muy popular debido a que además de ser flexible y parsimonioso es simple y estable (Aljinović, et al., 2012).

Modelo Nelson - Siegel

El modelo utiliza un método paramétrico que permite la derivación de la curva de rendimiento a partir de la información disponible de mercado, donde la tasa de rendimiento depende de la madurez de los instrumentos utilizados. Una característica de este modelo es que presenta consistencia entre la tasa *forward* y la curva de de rendimiento. Nelson y Siegel definen la tasa *forward* instantánea para el plazo m con lo siguiente función:

$$f(m) = \beta_0 + \beta_1 e^{(-\frac{m}{\tau})} + \beta_2 \left[\left(\frac{m}{\tau} \right) e^{(-\frac{m}{\tau})} \right] \quad (1)$$

El primer parámetro β_0 representa la tasa de interés de largo plazo. Los parámetros β_1 y β_2 indican la pendiente y la curvatura (magnitud y dirección de la “joroba”), respectivamente. Finalmente, el parámetro τ es la velocidad de convergencia a la tasa de interés de largo plazo, indica en qué momento se presenta la “joroba” en la curva.

La tasa “spot” es el promedio de las tasas “forwards” por lo tanto se aplica la media sobre la ecuación (1):

$$s(m) = \frac{1}{m} \int_0^m f(x) dx \quad (2)$$

Resolviendo la ecuación (2) se obtiene como resultado que la tasa *spot* tiene la siguiente forma funcional:

$$s(m) = \beta_0 + (\beta_1 + \beta_2) \frac{(1 - e^{-\frac{m}{\tau}})}{\frac{m}{\tau}} - \beta_2 e^{-\frac{m}{\tau}} \quad (3)$$

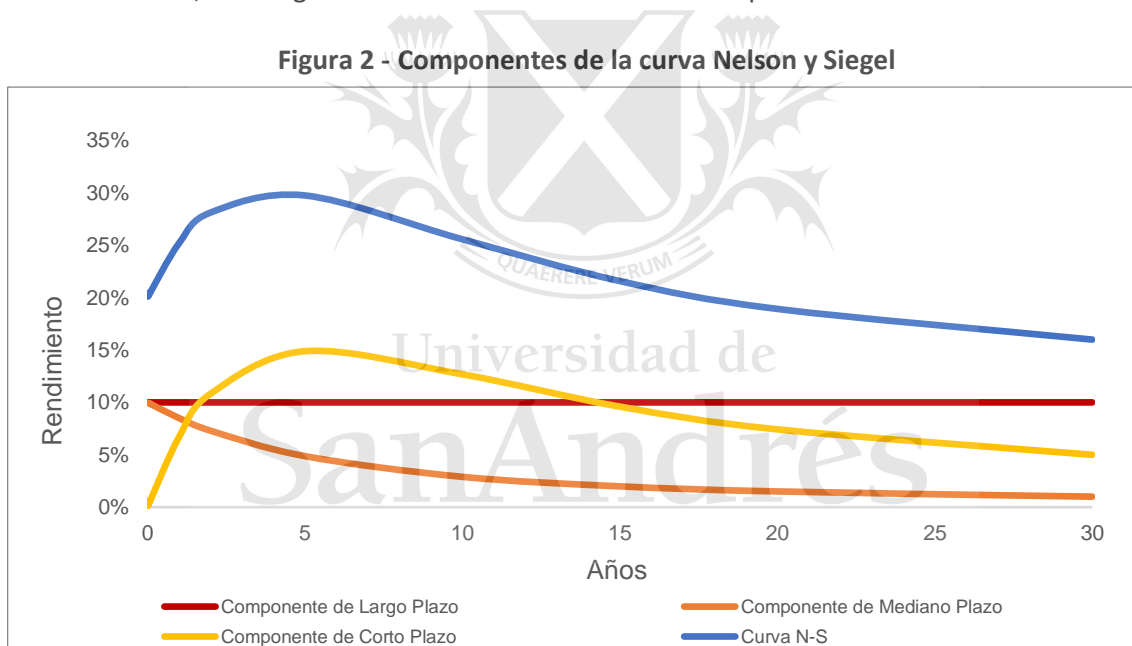
Esta función es lineal en coeficientes, manteniendo dado τ . Algunas implicancias que se pueden sacar de la ecuación (3) son:

- El valor límite de $s(m)$ cuando m tiende a infinito es β_0 .
- El valor límite de $s(m)$ cuando m tiende a cero es $(\beta_0 + \beta_1)$.

Otra forma de interpretar estos parámetros es considerar a β_0 como la contribución en la tasa de interés de largo plazo. Mientras que los parámetros β_1 y β_2 muestran la contribución en la tasa de interés en el corto y mediano plazo respectivamente.

El parámetro τ mide la velocidad a la cual los parámetros de corto y mediano plazo convergen al largo plazo.

A continuación, en la Figura 2 se muestran los diferentes componentes de la curva.



Fuente elaboración propia en base a Nelson y Siegel (1987).

Entonces, el precio de un bono se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$P_i = \sum_{i=1}^n c_i e^{-s(i)t} \quad (4)$$

Donde c_i es el cupón del bono en el momento i y $s(i)$ de la tasa spot en el momento i definida de acuerdo con la función planteada por Nelson y Siegel.

A partir del precio de mercado de los bonos en un día es posible determinar los parámetros que caracterizan a $s(m)$ mediante una optimización. Por lo tanto, se debe minimizar la diferencia entre el precio de mercado y el precio teórico del bono al cuadrado.

Debido a que en Argentina el mercado de bonos es chico, en general los precios de los bonos reflejan la falta de liquidez. Por este motivo, es usual, ponderar los errores al cuadrado para dar mayor peso a determinadas especies de manera tal que la curva ajuste mejor.

Datos Utilizados

En este trabajo se buscará obtener la curva de rendimiento de bonos argentinos en dólares emitidos con Ley New York mediante el modelo planteado por Nelson y Siegel (1987) para el periodo 29 de junio del 2017 al 31 de julio de 2018. El período corresponde a un año de información, con 260 observaciones lo que se considera una cantidad de datos razonables y susceptibles de ser trabajados. Adicionalmente, debido a que, en diciembre 2017 se inició una crisis cambiaria en el país que generó una alta volatilidad en variables macroeconómicas, el intervalo de datos elegido permite evaluar el ajuste del modelo en momentos de estabilidad económica y en momentos de alta volatilidad de las variables macroeconómicas.

Bonos seleccionados

En el mercado argentino durante el periodo de análisis existían 14 bonos en dólares emitidos bajo la Ley New York con diferentes plazos de vencimiento. Se dispone, por lo tanto, de bonos que caracterizan el mediano, el corto y el largo plazo en la determinación de la curva de tasas de interés.

En el Anexo A se especifican las principales características de los bonos emitidos bajo esta Ley en base a los cuales se construyeron los flujos de pagos de cada bono (Anexo B).

La fuente de precios que se emplea es la proporcionada por Bloomberg genérica ("BGN"), que es una composición en tiempo real basada en múltiples contribuidores. También se usaron para determinar la liquidez de los bonos los precios *Bid* y *Ask* de cada bono para todo el periodo de análisis.

Metodología

La estimación de la curva de rendimiento se realizará mediante el modelo planteado por Nelson y Siegel debido a que como se comentó anteriormente es un modelo que ajusta bien, es parsimonioso, sus parámetros tienen una justificación económica y es sencillo de calcular.

Entonces, en primer lugar, se armaron los flujos de pago de cupón de cada bono en función de las condiciones de emisión. A partir de los flujos y suponiendo que la tasas se comportan según la ecuación 3, se calculan los precios del modelo mediante la ecuación 4.

Luego, para estimar los parámetros $\beta_i = \beta_{1,i}, \beta_{2,i}, \beta_{3,i}, \tau_{1,i}$ se realizó una optimización que minimiza la suma de los errores al cuadrado (SEC) entre el precio de mercado observado de un bono en un momento dado ($P_{j,i}$) y el precio estimado por el modelo para ese bono en el mismo momento ($\hat{P}_{j,i}$).

$$SEC_t = \sum_{j=1}^n e_j^2 = \sum_{j=1}^n (P_{j,i} - \hat{P}_{j,i})^2 \quad (5)$$

Debido a que la estructura temporal depende fuertemente de los precios de mercado y los precios de mercado suelen ajustarse por la liquidez del bono consecuentemente esta se encuentra sujeta a errores. Para mitigar este problema Subramanian (2001) sugiere realizar una ponderación sobre los errores al cuadrado de cada bono bajo análisis. Hladíková y Rodová (2012) buscan considerar esta prima de liquidez mediante un ponderador que considere la diferencia entre el precio bid-ask.

Para Bolder y Stréliski (1999), centrarse solo en el error de precios para obtener las tasas de rendimientos puede generar problemas en el ajuste de las tasas de rendimientos. Por lo tanto, un elemento importante en la optimización es la ponderación de los errores de precios, necesaria para corregir la heteroscedasticidad que se produce en diferencial de precios. Entonces, Bolder y Stréliski (1999) consideran que debido a que un cambio en un rendimiento de un bono de largo plazo produce un cambio mucho mayor en el precio que un cambio en un bono corto, la optimización sobre ajusta los precios de los bonos de largo plazo a expensas de los bonos a corto plazo. Con el fin de corregir este problema se pondera el error por la inversa de la duración. Este razonamiento coincide con el criterio considerado por Bliss (1996).

En este trabajo se va a comparar la curva de rendimiento que mejor ajusta ponderando los precios con 3 tipos de ponderadores:

- 1) $W_i=1$, a todas especies se le asigna igual ponderador
- 2) $W_i = \frac{1}{Duration_i}$, se ponderan más las especies en el corto plazo, siguiendo a Bolder y Stréliski (1999) y Bliss (1996)
- 3) $W_i = \frac{1}{\sum_{j=1}^n \frac{P_{ask,i} - P_{bid,i}}{P_{ask,i,j} - P_{bid,i,j}}}$, la diferencia entre el *Precio Bid* y el *Precio Ask* da una idea de la

liquidez del bono, con lo cual se le da un mayor peso a aquellos bonos que tengan un diferencial *bid-ask* menor. En línea con lo planteado por Hladíková y Rodová (2012).

También se estimará la estructura temporal de tasas con un τ fijo igual. En general los parámetros obtenidos cuando τ es fijo son más estables, por este motivo se decidió incluir en la

comparación el modelo con un τ fijo igual a 3 (valor promedio que surge del modelo sin restricción en τ y que emplea el segundo ponderador indicado anteriormente). Algunos trabajos que restringen este parámetro son Barrett, et al. (1995), Willner (1996), Fabozzi, et al. (2005) y Diebold & Li (2006).

Entonces el problema de optimización se plantea de la siguiente forma:

$$\min_{\beta_0, \beta_1, \beta_2, \tau} \sum_{j=1}^n w_j (P_{j,i} - \hat{P}_{j,i})^2 \quad (6)$$

La optimización se realiza usando un algoritmo de optimización no lineal restringida.

Para cada día se realizarán 6 optimizaciones, en cada una se determinan diferentes puntos de partida:

- 1) SP1 = [0,095 -0,065 0,05 3] con restricciones $0 < \beta_0 < \infty, -\infty < \beta_1 < 0, 0 < \beta_2 < \infty, 0 < \tau < \infty, \beta_0 + \beta_1 \geq 0$
- 2) SP2 = [0,08 -0,055 0,1 6] con restricciones $0 < \beta_0 < \infty, -\infty < \beta_1 < 0, -\infty < \beta_2 < \infty, 0 < \tau < \infty, \beta_0 + \beta_1 \geq 0$
- 3) SP3 = [0,1 -0,055 0,05 2] con restricciones $0 < \beta_0 < \infty, -\infty < \beta_1 < \infty, -\infty < \beta_2 < \infty, 0 < \tau < \infty$
- 4) SP4 = [0,07 -0,045 0,2 8] sin restricciones
- 5) SP5 = [0,09 -0,06 0,05 4] sin restricciones
- 6) SP6 = [0,08 -0,05 0,2 10] sin restricciones

Para concluir se usa el algoritmo que permite encontrar el mínimo global ya que se pueden presentar mínimos locales. Por lo tanto, de las soluciones obtenidas el valor óptimo de cada parámetro $(\beta_0^*, \beta_1^*, \beta_2^*, \tau^*)$ es aquel que tiene menor distancia relativa con respecto a la solución del día anterior.

En último lugar se estiman algunas medidas estadísticas que permiten determinar la flexibilidad y bondad de ajuste del modelo. Las más comunes en la literatura son:

- 1) Error Absoluto Promedio (MAE):

$$MAE = \sum_{i=1}^N \frac{|\hat{P}_i - P_i|}{N}$$

2) Error Absoluto Relativo Promedio (MAPE):

$$MAPE = \sum_{i=1}^N \frac{|\hat{P}_i - P_i|}{P_i} * \frac{100}{N}$$

3) Error Absoluto Promedio entre Tasas Internas de Retornos (MAETIR):

$$MAETIR = \sum_{i=1}^N \frac{|\hat{Y}_i - Y_i|}{N}$$

4) Raíz Cuadrada del Error Cuadrático Promedio (RMSE):

$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=1}^N \frac{(\hat{P}_i - P_i)^2}{N}}$$

5) Raíz Cuadrada del Error Cuadrático Relativo Promedio (RMSPE):

$$RMSPE = \sqrt{\sum_{i=1}^N \left(\frac{\hat{P}_i - P_i}{P_i}\right)^2} * \frac{100}{N}$$

6) Coeficiente de Determinación (R^2):

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (\hat{P}_i - P_i)^2 / (N - K)}{\sum_{i=1}^N (\bar{P}_i - P_i)^2 / (N - 1)}$$

Donde P_i es el precio de mercado del bono, \hat{P}_i es el precio estimado por modelo, \hat{Y}_i es la TIR estimada por el modelo, Y_i es la TIR del bono, N es la cantidad de bonos y K es la cantidad de parámetros.

Las medidas RMSE y RMSPE indican que, a menor valor, el modelo es en promedio más flexible y por lo tanto ajusta mejor. Aunque las medias de error absoluto (MAE y MAPE) tienen una interpretación similar, estas presentan una menor sensibilidad a los valores extremos.

Por otra parte, MAPE y RMSPE al determinarse a partir del error relativo al precio, evita penalizar los errores en aquellas especies que tienen un mayor precio (por ejemplo, bonos que capitalizan) por sobre aquellas en tienen un precio en términos absolutos menor.

MAETIR a diferencia del resto de las medidas se enfoca en el error de las TIR. Esta es importante debido a que la finalidad del modelo es encontrar la curva de rendimientos, y esta medida permite evaluar ajuste en base a tasas y no a precios.

Finalmente, el coeficiente de determinación es una medida que indica que tan bueno es el modelo y determina que proporción de la variación de los resultados se explica por el modelo.

En el caso de las primeras cinco medidas, un menor valor indica una mayor flexibilidad o un mejor ajuste. En el caso del coeficiente de determinación, un mayor valor en el indicador es señal de un mejor ajuste.

Chou, et al. (2009) basan sus resultados en las medidas RMSPE, RMSE y al R^2 . Por otra parte, Andersen (2018) en su trabajo que busca dar un marco conceptual en la estimación de la curva de rendimiento tomando como evidencia el modelo de curva de rendimiento del Banco Central Europeo elige MAE y RMSE para determinar los resultados. En este trabajo para la determinación de resultados se seguirá a Hladíková y Rodová (2012), quienes toman en consideración las primeras cinco medias enumeradas y se incorporara al análisis el R^2 .

Resultados Obtenidos

Comparación de Modelos

En la Tabla 1 se resumen de las medidas de bondad de ajuste para:

- A. Modelo Nelson y Siegel sin ponderar
- B. Modelo Nelson y Siegel ponderado por la inversa de la duración
- C. Modelo Nelson y Siegel ponderado por la inversa de la duración con τ fijo igual 3.
- D. Modelo Nelson y Siegel ponderado por liquidez

Se puede observar que los cuatro modelos planteados presentan un coeficiente de determinación superior a 0.99 lo que muestra que todos los modelos presentan buenos resultados. Según este indicador el modelo que mejor ajusta es el que pondera por la inversa de la duración sin restringir τ ($R^2 = 0.996329$).

El modelo que mejores resultados tiene en la mayoría de las medidas de bondad de ajuste plateadas en el apartado anterior es el B. Esto se debe a que además de tener el mayor

coeficiente de determinación es el que tiene un menor error que el resto de los modelos en las medidas MAETIR y RMSE.

Sin embargo, por ejemplo, para MAPE y RMSPE el modelo que pondera por liquidez ajusta mejor que el que pondera por inversa de duración (0,7723 y 0,978784 contra 0,790601 y 0,989918). No obstante, el modelo que pondera por liquidez presenta un mayor desvío estándar para los indicadores MAPE (22,66%) y RMSPE (27,47%) que en el modelo que pondera por la inversa de la duración (21,79% y 24,68% respectivamente). Un mayor desvío estándar indica que estos indicadores presentan una mayor variabilidad en los resultados a lo largo del periodo considerado.

También se debe destacar que el modelo que pondera por la inversa de la duración presenta los mejores resultados en el indicador MAETIR que es la mas importante dado que se centra en la diferencia de TIR del modelo contra la real.

En conclusión, el modelo que pondera por la inversa de la duración es el que mejores resultados tiene en medidas de bondad de ajuste y además los resultados de estas medidas son estables y por lo tanto presentan una baja volatilidad en el periodo de análisis.

Tabla 1 - Resultados de medidas de bondad de ajuste para cada modelo

	MAE				MAPE				MAETIR			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
MEDIA	0,7861	0,7938	0,8051	0,7992	0,7896	0,7906	0,8033	0,7723	0,0010	0,0010	0,0011	0,0010
DESUDIO ESTANDAR	22,99%	22,97%	22,26%	24,73%	21,94%	21,79%	21,17%	22,66%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%
MAXIMO	1,4367	1,4460	1,4376	1,4128	1,3968	1,3947	1,3862	1,3506	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017
MINIMO	0,3432	0,3534	0,3793	0,3017	0,3479	0,3567	0,3750	0,2775	0,0005	0,0005	0,0005	0,0004

	RMSPE				RMSE				R2			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
MEDIA	1,0243	0,9899	1,0157	0,9788	0,9827	0,9733	0,9962	1,0272	0,9963	0,9963	0,9962	0,9959
DESUDIO ESTANDAR	25,74%	24,68%	23,63%	27,47%	28,09%	27,86%	26,90%	31,48%	0,22%	0,22%	0,21%	0,25%
MAXIMO	1,7018	1,6703	1,6667	1,6526	1,7916	1,7815	1,7808	1,8006	0,9993	0,9993	0,9992	0,9993
MINIMO	0,4160	0,4208	0,4407	0,3533	0,4459	0,4500	0,4702	0,4420	0,9879	0,9881	0,9881	0,9878

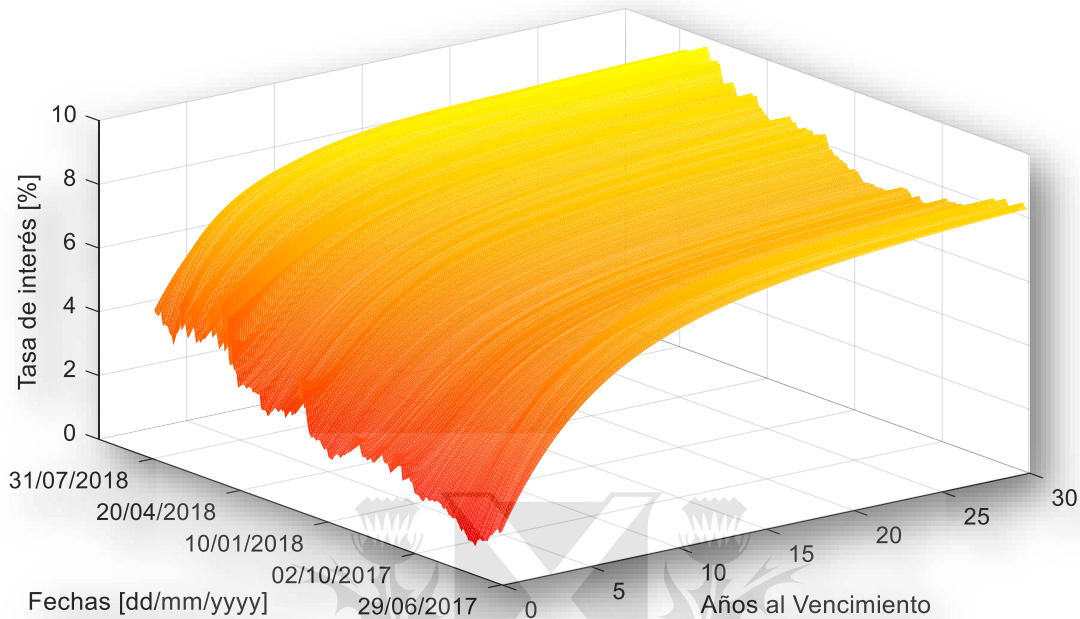
Fuente: Elaboración propia en base a resultados de la optimización.

Resultados obtenidos en modelos Nelson y Siegel que pondera por la inversa de la duración

En la Figura 3 se muestra la estructura temporal de tasas de interés en forma diaria obtenida por el modelo Nelson y Siegel que optimiza ponderando los desvíos por la inversa de la duración. Como se comentó en el apartado anterior, este es el modelo que presenta mejores resultados en términos de error de ajuste. La estimación de tasas de rendimiento se realiza para plazos que

van de 3 meses a 30 años. Como se puede observar es una curva parsimoniosa y positiva en todo el periodo de análisis.

Figura 3 - Curva Cupón Cero

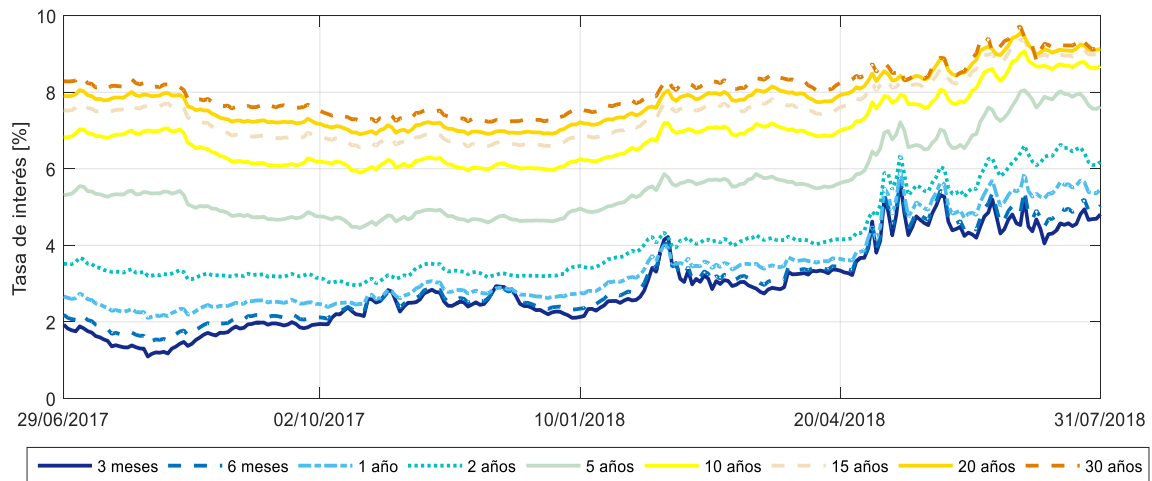


Fuente: Elaboración propia sobre la base de precios "BGN" de Bloomberg.

En la Figura 4 es posible observar la evolución de los diferentes nodos considerados en el periodo bajo análisis. Es posible observar que los que los nodos de 10, 15, 20 y 30 años presentan una mayor estabilidad que los plazos más cortos. Se destaca el alza en las oscilaciones y niveles de tasas en el segundo trimestre del año 2018, para este periodo la volatilidad de las observaciones se corresponde con el contexto macroeconómico.

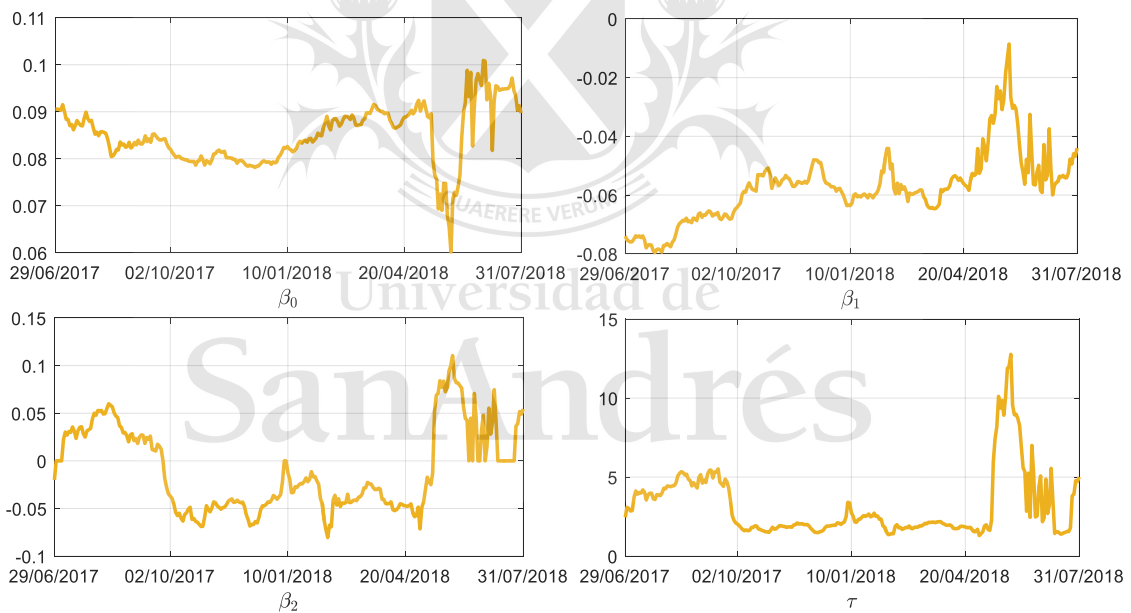
La evolución en los parámetros se expone en la Figura 5. El parámetro β_0 oscila entre 8% y 10% durante 2017 y el primer trimestre de 2018. En abril de 2018 este parámetro fluctúa entre un 6% y 10% en concordancia con una mayor volatilidad en las variables macroeconómicas del mercado. El parámetro β_1 , la pendiente, que indica la diferencia entre la tasa de corto y largo plazo en el límite es negativo en todo el periodo de análisis, esto tiene que ver con la relación positiva que existe entre plazo y rendimiento en la curva de tasas de interés. La curvatura, que está dada por β_2 muestra cierta estabilidad al rondar entre -0.1 y 0.1. Finalmente, la velocidad de convergencia al largo plazo, τ , es en promedio 3 años.

Figura 4 - Nodos Curvas Cupón Cero



Fuente: Elaboración propia sobre la base de precios “BGN” de Bloomberg.

Figura 5 - Evolución de Parámetros

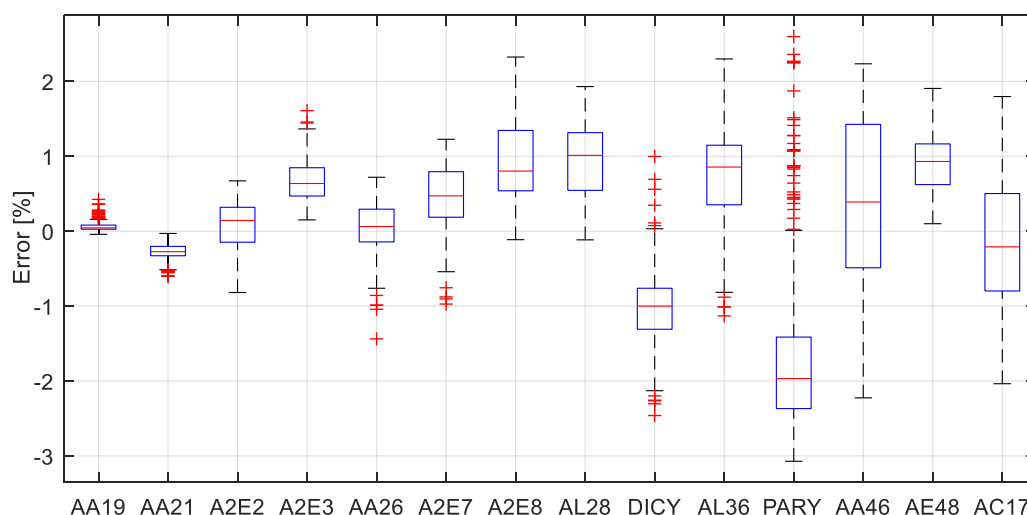


Fuente: Elaboración propia sobre la base de precios “BGN” de Bloomberg.

El error porcentual de valuación de cada bono se encuentra representado en el *Boxplot*¹ graficado en la Figura 6. Como puede observarse, el error de valuación de todos los bonos oscila en cero y es inferior al 3% en términos absolutos.

¹ Boxplot es un diagrama que permite graficar los datos divididos en cuartiles. El primero cuartil se es la parte superior de la caja, la línea media es el cuartil 2 o mediana de la distribución y el cuartil 3 corresponde a la parte inferior de la caja. Las líneas que salen de la caja muestran los valores extremos. Finalmente, las cruces en rojo reflejan los valores atípicos.

Figura 6 - Boxplot: Error de Valuación



Fuente: Elaboración propia sobre la base de precios “BGN” de Bloomberg.

Por último, en la Figura 7 se visualiza la evolución en el error de ajuste del modelo durante todo el periodo de análisis. El error cuadrático es relativamente pequeño al no tomar valores superiores 4.

Figura 7 - Error de Ajuste del Modelo



Fuente: Elaboración propia sobre la base de precios “BGN” de Bloomberg.

Análisis de volatilidad de la curva de tasas de interés

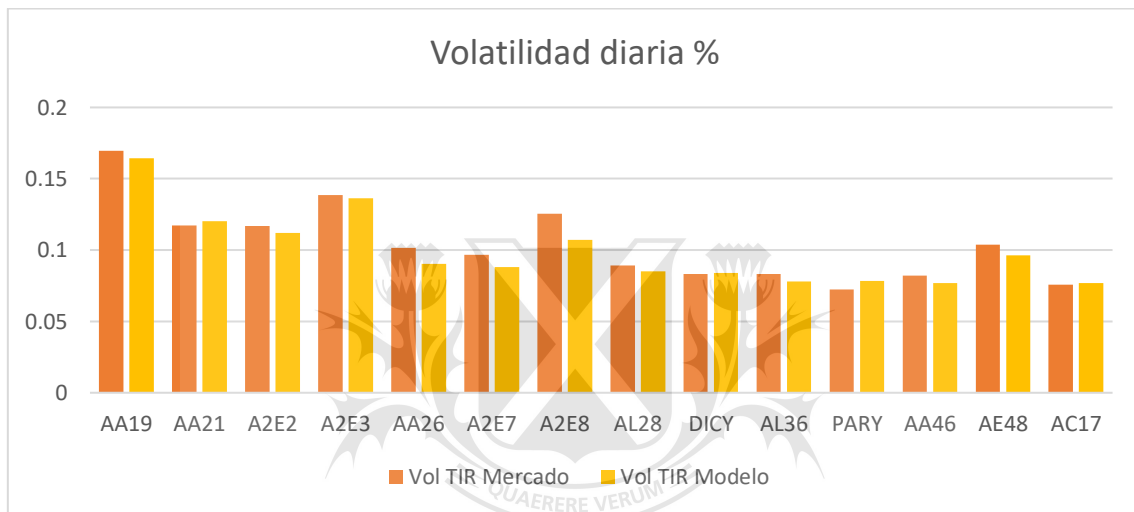
Adicionalmente a las medidas de bondad de ajuste mencionadas en el apartado anterior, es importante evaluar la estabilidad del modelo en el tiempo.

Esta característica es importante dado que en mercados de baja liquidez y, por lo tanto, con bajo volumen de operaciones, los datos de mercado pueden presentar distorsiones, de modo que, la estabilidad permite juzgar que tan confiable es la ETTI estimada.

A los efectos de evaluar la volatilidad del modelo, se realiza una comparación entre la volatilidad de las TIR de mercado de los bonos y de las TIR obtenidas del modelo seleccionado.

En la Figura 8 se muestra la comparación de la volatilidad diaria en términos porcentuales de las TIR de los bonos ordenados en función al vencimiento. En naranja se observa la volatilidad de las TIR estimadas a partir de precios de mercado, mientras que en amarillas las estimadas tomando como base la curva de rendimientos estimada por Nelson y Siegel que pondera por duración.

Figura 8 – Volatilidad



Fuente: Elaboración propia sobre la base de precios “BGN” de Bloomberg,

Como es de esperar los bonos con vencimientos más largos presentan menor volatilidad que los más cortos. También se puede observar que la volatilidad de las TIR estimadas por el modelo es muy similar a la que presentan la mayoría de las tasas de los bonos de mercado.

Considerando los resultados obtenidos en términos de volatilidad se puede concluir que el modelo es estable en el tiempo.

Conclusiones

A lo largo de este trabajo se buscó determinar cuál es el mejor modelo para la estimación de la estructura temporal de tasas de interés en el mercado argentino, específicamente para bonos en dólares con Ley Nueva York.

En primera instancia, se identificaron los diferentes modelos y técnicas estadísticas destacando sus ventajas y desventajas. El modelo planteado por Nelson y Siegel fue el elegido para estimar la estructura temporal de tasas de interés debido a su simplicidad para la estimación, ya que

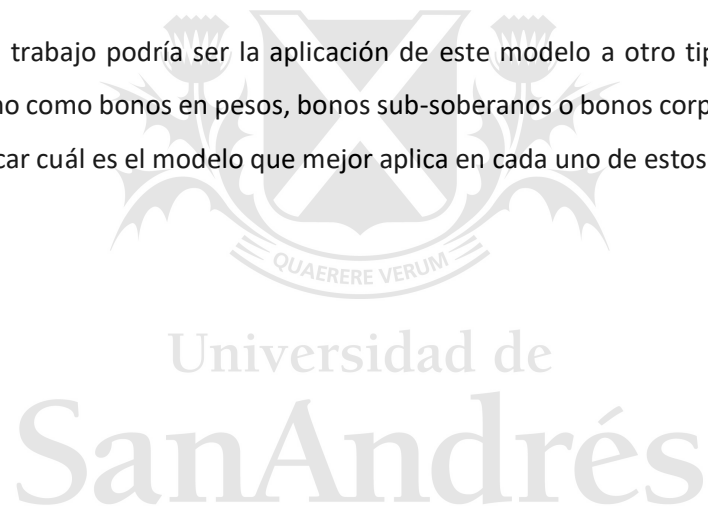
solo depende de 4 parámetros, y a los buenos resultados en bondad de ajuste y suavidad en mercados con poca liquidez y escasa cantidad de bonos.

Luego se definieron diferentes estimaciones en base al modelo Nelson y Siegel ponderando los errores de estimación de manera tal de asignar un mayor peso en determinados bonos para la estimación de la curva más representativa de mercado. Se realizó una comparación de cuatro casos: sin ponderar, ponderando por la inversa de la duración, ponderando por la inversa de la duración con τ fijo y ponderando por liquidez.

En base a diferentes medidas de bondad de ajuste se determinó que el modelo que mejor ajusta es el que pondera los errores de la función objetivo por la inversa de la duración.

Finalmente, se evaluó la estabilidad del modelo elegido mediante la comparación de la volatilidad de las TIR estimadas por el modelo elegido y la de los retornos de los bonos en base a los precios de mercado y los resultados fueron satisfactorios.

Futuras líneas de trabajo podría ser la aplicación de este modelo a otro tipo de bonos en el mercado argentino como bonos en pesos, bonos sub-soberanos o bonos corporativos. También se podría identificar cuál es el modelo que mejor aplica en cada uno de estos casos.



Referencias

- Aljinović, Z., Poklepović, T. & Katalinić, K., 2012. Best Fit Model For Yield Curve Estimation. *Croatian Operational Research Review*, Volumen 3.
- Andersen, N., 2018. Yield curve modelling and a conceptual framework for estimating yield curves: evidence from the European Central Bank's yield curves. *ECB Statistics Paper Series*, Issue 27.
- Andrada-Félix, J., Fernandez-Perez, A. & Fernández-Rodríguez, F., 2015. Fixed income strategies based on the prediction of parameters in the NS model for the Spanish public debt market. *Series Journal of the Spanish Economic Association*, Volumen 6, pp. 207-245.
- Barrett, B. W., Gosnell, T. F. & Heuson, A. J., 1995. Yield Curve Shifts and the Selection of Immunization Strategies. *The Journal of Fixed Income*, 5(2), pp. 53-64.
- Bliss, R. R., 1996. Testing Term Structure Estimation Methods. *Advances in Futures and Options Research*, Issue Working Paper96-12a.
- Bolder, D. & Stréliski, D., 1999. Yield Curve Modelling at the Bank of Canada. *Technical Report, Bank of Canada*, Issue 84.
- Chou, J.-H., Su, Y.-S. & Tang, H.-W., 2009. Fitting the term structure of interest rates in illiquid. *Investment Management and Financial Innovations*, Volumen 6.
- Cortazar, G., Schwartz, E. & Naranjo, L., 2003. Term Structure Estimation in Low-Frequency Transaction Markets: A Kalman Filter Approach with Incomplete Panel-Data. *Working paper, The Anderson School, University of California Los Angeles*.
- Cox, J. C., Ingersoll, J. E. & Ross, S. A., 1985. A Theory of the Term Structure of Interest Rate. *Econometrica*, 53(2), pp. 385-407.
- Diebold, F. & Li, C., 2006. Forecasting the term structure of government bond yields. *Journal of Econometrics*, Volumen 130, pp. 337-364.
- Donati, P. & Donati, F., 2018. Modelling and Forecasting the Yield Curve under Model Uncertainty. *ECB Working Paper Series*, Issue 917.
- Dutta, G., Basu, S. & Vaidyanathan, K., 2005. Term Structure Estimation in Illiquid Government Bond Markets: An Empirical Analysis for India. *Journal of Emerging Market Finance*, Volumen 4, p. 63.
- Fabozzi, F. J., Martellini, L. & Priaulet, P., 2005. Predictability in the Shape of the Term Structure of Interest Rates. *The Journal of the Fixed Income*, 15(1), pp. 40-53.

- Fisher, M., Nychka, D. & Zervos, D., 1995. Fitting the Term Structure of Interest Rates with Smoothing Splines. *Working Paper 95-01*.
- Hladíková, H. & Rodová, J., 2012. Term Structure Modelling by Using. *European Financial and Accounting Journal*, 7(2), pp. 36-55..
- Mc Culloch, J. H., 1971. Measuring the Term Structure of Interest Rates. *Journal of Business*, 44(1), pp. 19-31.
- Nelson, C. R. & Siegel, A. F., 1987. Parsimonious Modeling of Yield Curves. *Journal of Business*, 60(4), pp. 473-489.
- Pereda, J., 2010. Estimación de la curva de rendimiento cupón cero para el Perú y su uso para el análisis monetario. *Economía*, Volumen 33, pp. 103-132.
- Subramanian, K., 2001. Term Structure Estimation in Illiquid Markets. *The Journal of Fixed Income*, 11(1), pp. 77-86.
- Svensson, L., 1994. Estimating and Interpreting Forward Interest Rates: Sweden 1992-1994. *National Bureau of Economic Research Working Paper Series 4871*.
- Vasicek, O., 1977. An Equilibrium Characterization of the Term Structure. *Journal of Financial Economics*, Volumen 5, pp. 177-188.
- Vasicek, O. & Fong, G., 1982. Term Structure Modeling Using Exponential Splines. *The Journal of Finance*, 3(2), pp. 339-348.
- Velásquez Giraldo, M., Gutiérrez Betancur, J. C. & Almonacid Hurtado, P. M., 2016. Calibración de parámetros de los modelos de tasas de interés NS y NSS. *Journal of Economics, Finance*, Volumen 21, pp. 73-80.
- Waggoner, D., 1997. Spline Methods for Extracting Interest Rate Curves from Coupon Bond Prices. *Working Paper 97-10*.
- Willner, R., 1996. A New Tool for Portfolio Managers: Level, Slope and Curvature Durations. *The Journal of Fixed Income*, 6(2), pp. 48-59.
- Zincenko, M., 2015. A Methodology to Estimate the Argentine. *Documentos de Trabajo*.

Anexo A - Condiciones de Emisión de Bonos

BONARES EN DOLARES						
Tipo de bono	Normas de emisión	Fecha de emisión	Amortización	Pago de intereses	Tasa de interés	Vencimiento
BIRAD 6,25% 2019 BONOS INTERNACIONALES DE LA REPUBLICA ARGENTINA EN DOLARES ESTADOUNIDENSES 6,25% 2019	Res. 146/2016	22/04/2016	Integra al Vencimiento	Pagadero semestralmente los días 22 de octubre y abril.	6,250%	22/04/2019
BIRAD 6,875% 2021 BONOS INTERNACIONALES DE LA REPUBLICA ARGENTINA EN DOLARES ESTADOUNIDENSES 6,875% 2021	Res. 146/2016	22/04/2016	Integra al Vencimiento	Pagadero semestralmente los días 22 de octubre y abril.	6,875%	22/04/2021
BIRAD 5,625% 2022 BONOS INTERNACIONALES DE LA REPUBLICA ARGENTINA EN DOLARES ESTADOUNIDENSES 5,625% 2022	Res. 5-E/2017	26/01/2017	Integra al Vencimiento	Pagaderos semestralmente los días 26 de julio y enero de cada año.	5,625%	26/01/2022
BIRAD 7,5% 2026 BONOS INTERNACIONALES DE LA REPUBLICA ARGENTINA EN DOLARES ESTADOUNIDENSES 7,5% 2026	Res. 146/2016	22/04/2016	Integra al Vencimiento	Pagadero semestralmente los días 22 de octubre y abril.	7,500%	22/04/2026
BIRAD 6,875% 2027 BONOS INTERNACIONALES DE LA REPUBLICA ARGENTINA EN DOLARES ESTADOUNIDENSES 6,875% 2027	Res. 5-E/2017	26/01/2017	Integra al Vencimiento	Pagaderos semestralmente los días 26 de julio y enero de cada año.	6,875%	26/01/2027
BIRAD 6,25% 2028 BONOS INTERNACIONALES DE LA REPUBLICA ARGENTINA EN DOLARES ESTADOUNIDENSES 6,25% 2028	Res. Coni. 32 SF y 122 SH	06/07/2016	Integra al Vencimiento	Pagadero semestralmente los días 6 de enero y de julio	6,250%	06/07/2028
DISC USD (DICY) Bonos Internacionales de la República Argentina con Descuento en Dólares Estadounidenses 8,28% 2033	Dec. 1735/04 Res.Nro. 20/05	31/12/2003	20 cuotas iguales y semestrales, pagaderas el 30-jun y 31-dic; última: 31-dic-33. Primer pago: 30-jun-24	Semestral. Tasa anual 8,28% con capitalización parcial (ver detalle "tasa de interés")	(1) Del 31-dic-03 (inclusive) al 31-dic-08 (exclusive): 3,97% pago en efvo., 4,31% capitaliza (2) Del 31-dic-08 (inclusive) al 31-dic-13 (exclusive): 5,77% pago en efvo., 2,51% capitaliza (3) Del 31-dic-13 (inclusive) al 31-dic-33 (exclusive): 8,28% pago en efvo.	31/12/2033
BIRAD 7,125% 2036 BONOS INTERNACIONALES DE LA REPUBLICA ARGENTINA EN DOLARES ESTADOUNIDENSES 7,125% 2036	Res. Coni. 32 SF y 122 SH	06/07/2016	Integra al Vencimiento	Pagadero semestralmente los días 6 de enero y de julio	7,125%	06/07/2036
BIRAD 7,625% 2046 BONOS INTERNACIONALES DE LA REPUBLICA ARGENTINA EN DOLARES ESTADOUNIDENSES 7,625% 2046	Res. 146/2016	22/04/2016	Integra al Vencimiento	Pagadero semestralmente los días 22 de octubre y abril.	7,625%	22/04/2046
PAR USD (PARY) Bonos Internacionales de la República Argentina a la Par en Dólares Estadounidenses Step up 2038	Dec. 1735/04 Res.Nro. 20/05	31/12/2003	20 cuotas iguales. Las primeras 19 pagaderas el 31-mar y 30-sep; última 31-dic-38. Primer pago: 30-sep-29	Semestral, pagaderos el 31-mar y 30-sep; último pago: 31-dic-38	(1) Del 31-dic-03 (inclusive) al 31-mar-09 (exclusive) 1,33% (2) Del 31-mar-09 (inclusive) al 31-mar-19 (exclusive) 2,50% (3) Del 31-mar-19 (inclusive) al 31-mar-29 (exclusive) 3,75% (4) Del 31-mar-29 (inclusive) al 31-dic-38 (exclusive) 5,25%	31/12/2038
BONOS INTERNACIONALES DE LA REPUBLICA ARGENTINA EN DOLARES ESTADOUNIDENSES 7,125% 2117	Res. 97-E/2017	28/06/2017	Integra al Vencimiento	Pagaderos semestralmente los días 28 de junio y diciembre de cada año.	7,125%	28/06/2117
BONOS INTERNACIONALES DE LA REPUBLICA ARGENTINA EN DOLARES ESTADOUNIDENSES 4,625% 2023	Res. 3-E/2017	11/01/2018	Integra al Vencimiento	Pagaderos semestralmente los días 11 de julio y 11 de enero de cada año.	4,625%	11/01/2023
BONOS INTERNACIONALES DE LA REPUBLICA ARGENTINA EN DOLARES ESTADOUNIDENSES 5,875% 2028	Res. 3-E/2017	11/01/2018	Integra al Vencimiento	Pagaderos semestralmente los días 11 de julio y 11 de enero de cada año.	5,875%	11/01/2028
BONOS INTERNACIONALES DE LA REPUBLICA ARGENTINA EN DOLARES ESTADOUNIDENSES 6,875% 2048	Res. 3-E/2017	11/01/2018	Integra al Vencimiento	Pagaderos semestralmente los días 11 de julio y 11 de enero de cada año.	6,875%	11/01/2048

Anexo B -Flujo de Fondos de Bonos en Dólar Ley Nueva York

AA19		AA21		A2E2		A2E3	
Fecha	Cupón	Fecha	Cupón	Fecha	Cupón	Fecha	Cupón
22/04/2016	-	22/04/2016	-	26/01/2017	-	11/01/2018	-
22/10/2016	3,13	22/10/2017	3,44	26/07/2017	2,81	11/07/2018	2,31
22/04/2017	3,13	22/04/2018	3,44	26/01/2018	2,81	11/01/2019	2,31
22/10/2017	3,13	22/10/2018	3,44	26/07/2018	2,81	11/07/2019	2,31
22/04/2018	3,13	22/04/2019	3,44	26/01/2019	2,81	11/01/2020	2,31
22/10/2018	3,13	22/10/2019	3,44	26/07/2019	2,81	11/07/2020	2,31
22/04/2019	103,13	22/04/2020	3,44	26/01/2020	2,81	11/01/2021	2,31
		22/10/2020	3,44	26/07/2020	2,81	11/07/2021	2,31
		22/04/2021	103,44	26/01/2021	2,81	11/01/2022	2,31
				26/07/2021	2,81	11/07/2022	2,31
				26/01/2022	102,81	11/01/2023	102,31

AA26		A2E7		A2E8		AL28	
Fecha	Cupón	Fecha	Cupón	Fecha	Cupón	Fecha	Cupón
22/04/2016	-	26/01/2017	-	11/01/2018	-	06/07/2016	-
22/10/2016	3,75	26/07/2017	3,44	11/07/2018	2,94	06/01/2017	3,31
22/04/2017	3,75	26/01/2018	3,44	11/01/2019	2,94	06/07/2017	3,31
22/10/2017	3,75	26/07/2018	3,44	11/07/2019	2,94	06/01/2018	3,31
22/04/2018	3,75	26/01/2019	3,44	11/01/2020	2,94	06/07/2018	3,31
22/10/2018	3,75	26/07/2019	3,44	11/07/2020	2,94	06/01/2019	3,31
22/04/2019	3,75	26/01/2020	3,44	11/01/2021	2,94	06/07/2019	3,31
22/10/2019	3,75	26/07/2020	3,44	11/07/2021	2,94	06/01/2020	3,31
22/04/2020	3,75	26/01/2021	3,44	11/01/2022	2,94	06/07/2020	3,31
22/10/2020	3,75	26/07/2021	3,44	11/07/2022	2,94	06/01/2021	3,31
22/04/2021	3,75	26/01/2022	3,44	11/01/2023	2,94	06/07/2021	3,31
22/10/2021	3,75	26/07/2022	3,44	11/07/2023	2,94	06/01/2022	3,31
22/04/2022	3,75	26/01/2023	3,44	11/01/2024	2,94	06/07/2022	3,31
22/10/2022	3,75	26/07/2023	3,44	11/07/2024	2,94	06/01/2023	3,31
22/04/2023	3,75	26/01/2024	3,44	11/01/2025	2,94	06/07/2023	3,31
22/10/2023	3,75	26/07/2024	3,44	11/07/2025	2,94	06/01/2024	3,31
22/04/2024	3,75	26/01/2025	3,44	11/01/2026	2,94	06/07/2024	3,31
22/10/2024	3,75	26/07/2025	3,44	11/07/2026	2,94	06/01/2025	3,31
22/04/2025	3,75	26/01/2026	3,44	11/01/2027	2,94	06/07/2025	3,31
22/10/2025	3,75	26/07/2026	3,44	11/07/2027	2,94	06/01/2026	3,31
22/04/2026	103,75	26/01/2027	103,44	11/01/2028	102,94	06/07/2026	3,31
						06/01/2027	3,31
						06/07/2027	3,31
						06/01/2028	3,31
						06/07/2028	103,31

DICY		AL36		PARY		AA46		AE48	
Fecha	Cupón	Fecha	Cupón	Fecha	Cupón	Fecha	Cupón	Fecha	Cupón
31/12/2003	-	06/07/2016	-	31/12/2003	-	22/04/2016	-	11/01/2018	-
30/06/2004	5,80	06/01/2017	3,56	30/09/2017	1,25	22/10/2016	3,81	11/07/2018	3,44
31/12/2004	5,80	06/07/2017	3,56	31/03/2018	1,25	22/04/2017	3,81	11/01/2019	3,44
30/06/2005	5,80	06/01/2018	3,56	30/09/2018	1,25	22/10/2017	3,81	11/07/2019	3,44
31/12/2005	5,80	06/07/2018	3,56	31/03/2019	1,88	22/04/2018	3,81	11/01/2020	3,44
30/06/2006	5,80	06/01/2019	3,56	30/09/2019	1,88	22/10/2018	3,81	11/07/2020	3,44
31/12/2006	5,80	06/07/2019	3,56	31/03/2020	1,88	22/04/2019	3,81	11/01/2021	3,44
30/06/2007	5,80	06/01/2020	3,56	30/09/2020	1,88	22/10/2019	3,81	11/07/2021	3,44
31/12/2007	5,80	06/07/2020	3,56	31/03/2021	1,88	22/04/2020	3,81	11/01/2022	3,44
30/06/2008	5,80	06/01/2021	3,56	30/09/2021	1,88	22/10/2020	3,81	11/07/2022	3,44
31/12/2008	5,80	06/07/2021	3,56	31/03/2022	1,88	22/04/2021	3,81	11/01/2023	3,44
30/06/2009	5,80	06/01/2022	3,56	30/09/2022	1,88	22/10/2021	3,81	11/07/2023	3,44
31/12/2009	5,80	06/07/2022	3,56	31/03/2023	1,88	22/04/2022	3,81	11/01/2024	3,44
30/06/2010	5,80	06/01/2023	3,56	30/09/2023	1,88	22/10/2022	3,81	11/07/2024	3,44
31/12/2010	5,80	06/07/2023	3,56	31/03/2024	1,88	22/04/2023	3,81	11/01/2025	3,44
30/06/2011	5,80	06/01/2024	3,56	30/09/2024	1,88	22/10/2023	3,81	11/07/2025	3,44
31/12/2011	5,80	06/07/2024	3,56	31/03/2025	1,88	22/04/2024	3,81	11/01/2026	3,44
30/06/2012	5,80	06/01/2025	3,56	30/09/2025	1,88	22/10/2024	3,81	11/07/2026	3,44
31/12/2012	5,80	06/07/2025	3,56	31/03/2026	1,88	22/04/2025	3,81	11/01/2027	3,44
30/06/2013	5,80	06/01/2026	3,56	30/09/2026	1,88	22/10/2025	3,81	11/07/2027	3,44
31/12/2013	5,80	06/07/2026	3,56	31/03/2027	1,88	22/04/2026	3,81	11/01/2028	3,44
30/06/2014	5,80	06/01/2027	3,56	30/09/2027	1,88	22/10/2026	3,81	11/07/2028	3,44
31/12/2014	5,80	06/07/2027	3,56	31/03/2028	1,88	22/04/2027	3,81	11/01/2029	3,44
30/06/2015	5,80	06/01/2028	3,56	30/09/2028	1,88	22/10/2027	3,81	11/07/2029	3,44
31/12/2015	5,80	06/07/2028	3,56	31/03/2029	2,63	22/04/2028	3,81	11/01/2030	3,44
30/06/2016	5,80	06/01/2029	3,56	30/09/2029	7,63	22/10/2028	3,81	11/07/2030	3,44
31/12/2016	5,80	06/07/2029	3,56	31/03/2030	7,49	22/04/2029	3,81	11/01/2031	3,44
30/06/2017	5,80	06/01/2030	3,56	30/09/2030	7,36	22/10/2029	3,81	11/07/2031	3,44
31/12/2017	5,80	06/07/2030	3,56	31/03/2031	7,23	22/04/2030	3,81	11/01/2032	3,44
30/06/2018	5,80	06/01/2031	3,56	30/09/2031	7,10	22/10/2030	3,81	11/07/2032	3,44
31/12/2018	5,80	06/07/2031	3,56	31/03/2032	6,97	22/04/2031	3,81	11/01/2033	3,44
30/06/2019	5,80	06/01/2032	3,56	30/09/2032	6,84	22/10/2031	3,81	11/07/2033	3,44
31/12/2019	5,80	06/07/2032	3,56	31/03/2033	6,71	22/04/2032	3,81	11/01/2034	3,44
30/06/2020	5,80	06/01/2033	3,56	30/09/2033	6,58	22/10/2032	3,81	11/07/2034	3,44
31/12/2020	5,80	06/07/2033	3,56	31/03/2034	6,44	22/04/2033	3,81	11/01/2035	3,44
30/06/2021	5,80	06/01/2034	3,56	30/09/2034	6,31	22/10/2033	3,81	11/07/2035	3,44
31/12/2021	5,80	06/07/2034	3,56	31/03/2035	6,18	22/04/2034	3,81	11/01/2036	3,44
30/06/2022	5,80	06/01/2035	3,56	30/09/2035	6,05	22/10/2034	3,81	11/07/2036	3,44
31/12/2022	5,80	06/07/2035	3,56	31/03/2036	5,92	22/04/2035	3,81	11/01/2037	3,44
30/06/2023	5,80	06/01/2036	3,56	30/09/2036	5,79	22/10/2035	3,81	11/07/2037	3,44
31/12/2023	5,80	06/07/2036	103,56	31/03/2037	5,66	22/04/2036	3,81	11/01/2038	3,44
30/06/2024	12,81			30/09/2037	5,53	22/10/2036	3,81	11/07/2038	3,44
31/12/2024	12,52			31/03/2038	5,39	22/04/2037	3,81	11/01/2039	3,44
30/06/2025	12,23			30/09/2038	5,26	22/10/2037	3,81	11/07/2039	3,44
31/12/2025	11,94			31/12/2038	5,07	22/04/2038	3,81	11/01/2040	3,44
30/06/2026	11,65					22/10/2038	3,81	11/07/2040	3,44
31/12/2026	11,36					22/04/2039	3,81	11/01/2041	3,44
30/06/2027	11,07					22/10/2039	3,81	11/07/2041	3,44
31/12/2027	10,78					22/04/2040	3,81	11/01/2042	3,44
30/06/2028	10,49					22/10/2040	3,81	11/07/2042	3,44
31/12/2028	10,20					22/04/2041	3,81	11/01/2043	3,44
30/06/2029	9,91					22/10/2041	3,81	11/07/2043	3,44
31/12/2029	9,62					22/04/2042	3,81	11/01/2044	3,44
30/06/2030	9,33					22/10/2042	3,81	11/07/2044	3,44
31/12/2030	9,04					22/04/2043	3,81	11/01/2045	3,44
30/06/2031	8,75					22/10/2043	3,81	11/07/2045	3,44
31/12/2031	8,46					22/04/2044	3,81	11/01/2046	3,44
30/06/2032	8,17					22/10/2044	3,81	11/07/2046	3,44
31/12/2032	7,88					22/04/2045	3,81	11/01/2047	3,44
30/06/2033	7,59					22/10/2045	3,81	11/07/2047	3,44
31/12/2033	7,30					22/04/2046	103,81	11/01/2048	103,44

AC17		AC17		AC17		AC17	
Fecha	Cupón	Fecha	Cupón	Fecha	Cupón	Fecha	Cupón
28/06/2017	-	28/12/2047	3,56	28/06/2078	3,56	28/12/2108	3,56
28/12/2017	3,56	28/06/2048	3,56	28/12/2078	3,56	28/06/2109	3,56
28/06/2018	3,56	28/12/2048	3,56	28/06/2079	3,56	28/12/2109	3,56
28/12/2018	3,56	28/06/2049	3,56	28/12/2079	3,56	28/06/2110	3,56
28/06/2019	3,56	28/12/2049	3,56	28/06/2080	3,56	28/12/2110	3,56
28/12/2019	3,56	28/06/2050	3,56	28/12/2080	3,56	28/06/2111	3,56
28/06/2020	3,56	28/12/2050	3,56	28/06/2081	3,56	28/12/2111	3,56
28/12/2020	3,56	28/06/2051	3,56	28/12/2081	3,56	28/06/2112	3,56
28/06/2021	3,56	28/12/2051	3,56	28/06/2082	3,56	28/12/2112	3,56
28/12/2021	3,56	28/06/2052	3,56	28/12/2082	3,56	28/06/2113	3,56
28/06/2022	3,56	28/12/2052	3,56	28/06/2083	3,56	28/12/2113	3,56
28/12/2022	3,56	28/06/2053	3,56	28/12/2083	3,56	28/06/2114	3,56
28/06/2023	3,56	28/12/2053	3,56	28/06/2084	3,56	28/12/2114	3,56
28/12/2023	3,56	28/06/2054	3,56	28/12/2084	3,56	28/06/2115	3,56
28/06/2024	3,56	28/12/2054	3,56	28/06/2085	3,56	28/12/2115	3,56
28/12/2024	3,56	28/06/2055	3,56	28/12/2085	3,56	28/06/2116	3,56
28/06/2025	3,56	28/12/2055	3,56	28/06/2086	3,56	28/12/2116	3,56
28/12/2025	3,56	28/06/2056	3,56	28/12/2086	3,56	28/06/2117	103,56
28/06/2026	3,56	28/12/2056	3,56	28/06/2087	3,56		
28/12/2026	3,56	28/06/2057	3,56	28/12/2087	3,56		
28/06/2027	3,56	28/12/2057	3,56	28/06/2088	3,56		
28/12/2027	3,56	28/06/2058	3,56	28/12/2088	3,56		
28/06/2028	3,56	28/12/2058	3,56	28/06/2089	3,56		
28/12/2028	3,56	28/06/2059	3,56	28/12/2089	3,56		
28/06/2029	3,56	28/12/2059	3,56	28/06/2090	3,56		
28/12/2029	3,56	28/06/2060	3,56	28/12/2090	3,56		
28/06/2030	3,56	28/12/2060	3,56	28/06/2091	3,56		
28/12/2030	3,56	28/06/2061	3,56	28/12/2091	3,56		
28/06/2031	3,56	28/12/2061	3,56	28/06/2092	3,56		
28/12/2031	3,56	28/06/2062	3,56	28/12/2092	3,56		
28/06/2032	3,56	28/12/2062	3,56	28/06/2093	3,56		
28/12/2032	3,56	28/06/2063	3,56	28/12/2093	3,56		
28/06/2033	3,56	28/12/2063	3,56	28/06/2094	3,56		
28/12/2033	3,56	28/06/2064	3,56	28/12/2094	3,56		
28/06/2034	3,56	28/12/2064	3,56	28/06/2095	3,56		
28/12/2034	3,56	28/06/2065	3,56	28/12/2095	3,56		
28/06/2035	3,56	28/12/2065	3,56	28/06/2096	3,56		
28/12/2035	3,56	28/06/2066	3,56	28/12/2096	3,56		
28/06/2036	3,56	28/12/2066	3,56	28/06/2097	3,56		
28/12/2036	3,56	28/06/2067	3,56	28/12/2097	3,56		
28/06/2037	3,56	28/12/2067	3,56	28/06/2098	3,56		
28/12/2037	3,56	28/06/2068	3,56	28/12/2098	3,56		
28/06/2038	3,56	28/12/2068	3,56	28/06/2099	3,56		
28/12/2038	3,56	28/06/2069	3,56	28/12/2099	3,56		
28/06/2039	3,56	28/12/2069	3,56	28/06/2100	3,56		
28/12/2039	3,56	28/06/2070	3,56	28/12/2100	3,56		
28/06/2040	3,56	28/12/2070	3,56	28/06/2101	3,56		
28/12/2040	3,56	28/06/2071	3,56	28/12/2101	3,56		
28/06/2041	3,56	28/12/2071	3,56	28/06/2102	3,56		
28/12/2041	3,56	28/06/2072	3,56	28/12/2102	3,56		
28/06/2042	3,56	28/12/2072	3,56	28/06/2103	3,56		
28/12/2042	3,56	28/06/2073	3,56	28/12/2103	3,56		
28/06/2043	3,56	28/12/2073	3,56	28/06/2104	3,56		
28/12/2043	3,56	28/06/2074	3,56	28/12/2104	3,56		
28/06/2044	3,56	28/12/2074	3,56	28/06/2105	3,56		
28/12/2044	3,56	28/06/2075	3,56	28/12/2105	3,56		
28/06/2045	3,56	28/12/2075	3,56	28/06/2106	3,56		
28/12/2045	3,56	28/06/2076	3,56	28/12/2106	3,56		
28/06/2046	3,56	28/12/2076	3,56	28/06/2107	3,56		
28/12/2046	3,56	28/06/2077	3,56	28/12/2107	3,56		
28/06/2047	3,56	28/12/2077	3,56	28/06/2108	3,56		



Universidad de
San Andrés