

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD
CATÓLICA DEL PERÚ**

FACULTAD DE CIENCIAS SOCIALES



La dinámica de la prima por plazo en soles: un estudio de sus componentes
para el caso peruano entre el 2007 y 2022

Tesis para obtener el título profesional de Licenciados en Economía presentado
por:

López Cueva, Eyleen Lizeth

Montero de la Cruz, Yordan Isaac

Asesor:

Villavicencio Vásquez, Julio Alberto

Lima, 2023

Informe de Similitud

Yo, Villavicencio Vásquez, Julio Alberto, docente de la Facultad de Ciencias Sociales de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesor(a) de la tesis/el trabajo de investigación titulado La dinámica de la prima por plazo en soles: un estudio de sus componentes para el caso peruano entre el 2007 y 2022 del/de la autor (a)/ de los(as) autores(as) López Cueva, Eyleen Lizeth y Montero de la Cruz, Yordan Isaac dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 24%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 28/11/2023.
- He revisado con detalle dicho reporte y la Tesis o Trabajo de Suficiencia Profesional, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lugar y fecha: Lima, 28 de noviembre del 2023

Apellidos y nombres del asesor / de la asesora: <u>Villavicencio Vásquez, Julio Alberto</u>	
DNI:	Firma
ORCID: 0000-0002-0357-3475	

AGRADECIMIENTOS

Mi gratitud a Julio Villavicencio, mi asesor, por la paciencia y predisposición durante todo este proceso de investigación. Sin su apoyo constante, nada de esto hubiera sido posible. A mis padres, Martha Cueva y Jorge López, por ser mis referentes de fortaleza y disciplina, este logro es solo una pequeña muestra del equipo formidable que formaron, fuente inagotable de amor y apoyo. A mis pequeños, Bello y Bella, gracias a ellos aprendí del amor en todas sus formas. A mis tíos, Juan y Jesu, quienes me enseñaron que el significado de familia no solo implica un vínculo biológico. Finalmente, agradezco a cada persona que conocí durante este largo camino académico.

Eyleen López

Manifesto mi agradecimiento a mi familia por respaldarme de manera constante y orientarme en la exploración de conocimientos y sabiduría durante este intenso periodo de investigación. Mi padre me ha inspirado desde temprana edad, infundiendo en mí el espíritu de investigación, curiosidad y la voluntad de cuestionar diversos aspectos de la vida. Agradezco a mi madre por sus valiosos consejos y por exigir que no tomara el camino más fácil, lo que me ha permitido un crecimiento significativo. Además, deseo expresar mi sincera gratitud a los miembros del jurado y, sobre todo, a mi asesor, Julio, cuya paciencia y guía han enriquecido enormemente este trabajo. Sin su apoyo constante, aliento y sabios consejos, esta tesis no habría sido posible. Por último, expreso mi gratitud hacia mis amistades y colegas laborales, quienes me han impartido lecciones sobre la importancia del trabajo arduo y el desarrollo en todo sentido de la vida.

Yordan Montero

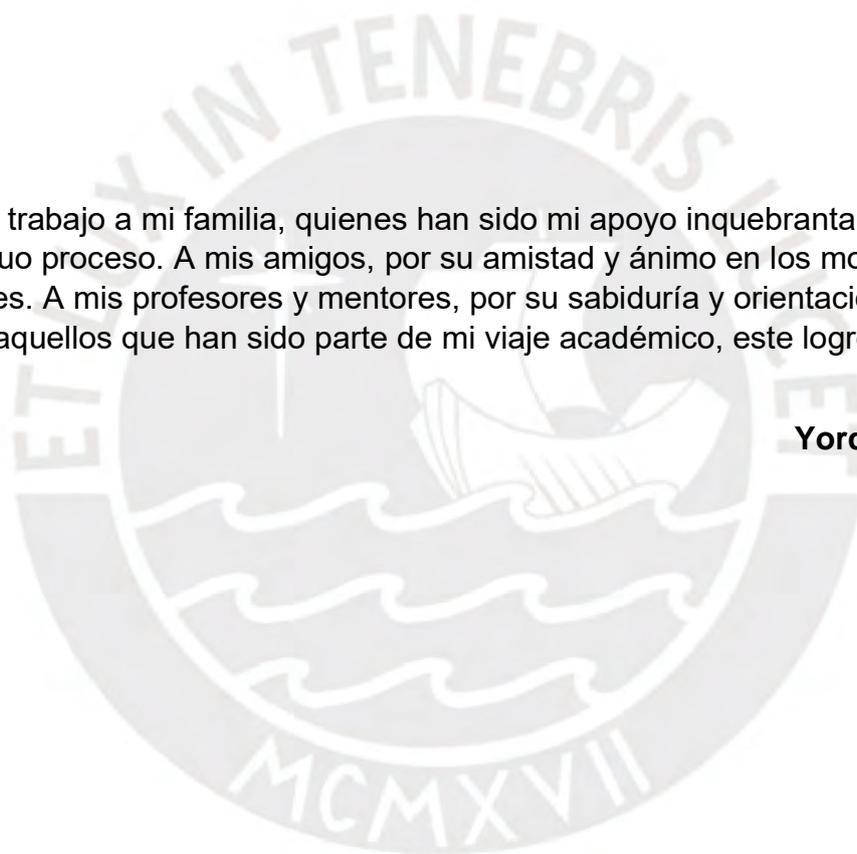
DEDICATORIA

A Martha Cueva, mi madre, quien me enseñó el significado de resiliencia, fuerza y determinación. A Jorge López, mi padre, por forjarme desde muy pequeña la disciplina y constancia. A mis mejores amigos, Valery y José, por todo su cariño y motivación, sin su amistad este proceso hubiera sido mucho más complejo. A mis tíos, Juan y Mila, por su apoyo incondicional en cada uno de mis retos. A mi familia, por brindarme el soporte durante todos estos años de carrera. Finalmente, a quienes tuve la oportunidad de conocer durante este complejo y retador camino académico.

Eyleen López

Dedico este trabajo a mi familia, quienes han sido mi apoyo inquebrantable a lo largo de este arduo proceso. A mis amigos, por su amistad y ánimo en los momentos más desafiantes. A mis profesores y mentores, por su sabiduría y orientación valiosa. A todos aquellos que han sido parte de mi viaje académico, este logro es también suyo.

Yordan Montero

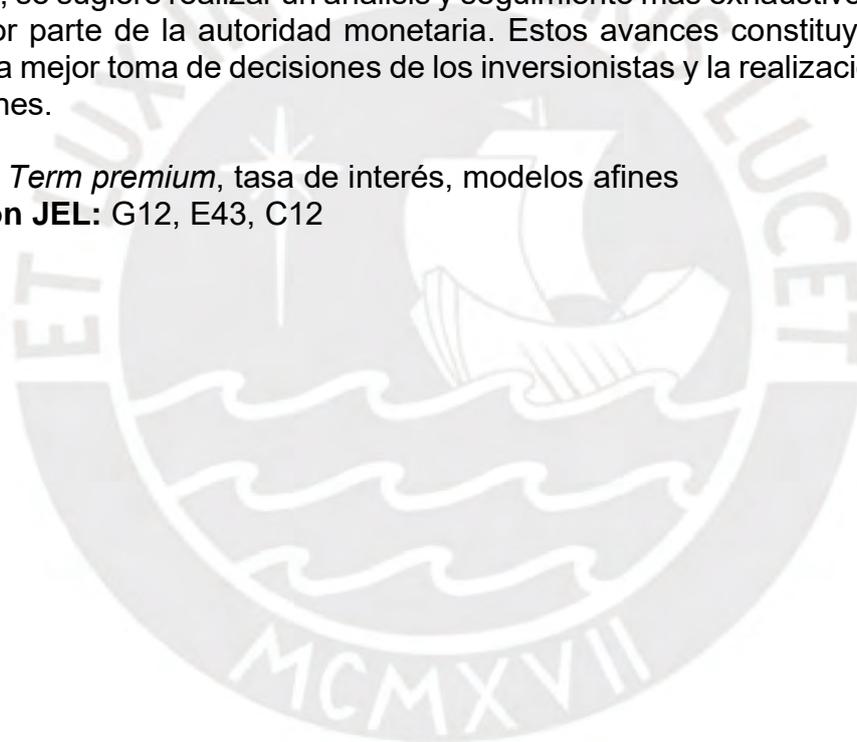


Resumen

La prima por plazo proporciona información valiosa para la formulación de políticas monetarias adecuadas, el mejoramiento de la habilidad predictiva y la valoración de riesgos, y rendimientos en distintos plazos de inversión. En ese sentido, el trabajo tiene como objetivo principal la estimación de la prima por plazo en soles y el análisis de sus principales componentes para el caso peruano entre 2007 y 2022. Para su estimación, se utiliza el modelo ACM propuesto por Adrian Crump y Moench (2013), mientras que el análisis de sus componentes se realiza a través del método de MCO. Los resultados obtenidos resaltan la importancia de la prima plazo como reflejo del riesgo macrofinanciero. Así, se evidencia que su dinámica está principalmente influenciada por la prima por plazo de Estados Unidos, lo cual demuestra la relevancia del riesgo global. Asimismo, las expectativas de inflación surgen como variable de riesgo local más significativa debido a que impacta en la prima por plazo en todos sus horizontes. Además, las expectativas de depreciación, el EMBIG, la volatilidad de la BVL y la tasa de referencia también ejercen un impacto positivo. A partir de todo lo mencionado, se sugiere realizar un análisis y seguimiento más exhaustivos de la prima por plazo por parte de la autoridad monetaria. Estos avances constituyen una base sólida para la mejor toma de decisiones de los inversionistas y la realización de futuras investigaciones.

Key words: *Term premium*, tasa de interés, modelos afines

Clasificación JEL: G12, E43, C12



Índice de contenido

Introducción	1
1. Hechos estilizados	5
1.1. Evolución de la prima por plazo en el caso peruano	5
1.2. Correlación de la prima por plazo frente a variables de estudio	8
2. Pregunta económica	10
3. Hipótesis.....	10
4. Marco Teórico.....	11
4.1. Teoría de las Expectativas Puras	11
4.2. Teoría de la Segmentación de Mercado (1975)	11
4.3. Teoría de Hábitat Preferido (1966)	12
4.4. Teoría de la Preferencia por Liquidez (1946)	12
5. Revisión de la Literatura	14
5.1. Economías avanzadas.....	14
5.2. Economías emergentes	18
5.3. En el Perú.....	21
6. Datos	25
7. Metodología	27
7.1. Adrian, Crump y Moench-ACM (2013).....	28
7.2. Modelo Paramétrico.....	33
7.3. Modelo de regresión lineal	34
8. Resultados.....	37
8.1. Análisis de la prima por plazo en diferentes escenarios de estrés en el Perú	37
8.2. Conjeturas esperadas del modelo	40
8.3. Análisis de resultado de la regresión lineal con la corrección de Newey-West...	45
9. Conclusiones	50
10. Referencias bibliográficas	53
Anexos	58
Anexo 1. Precio real y nominal de un bono cupón cero.....	58
Anexo 2. Desarrollo del sistema recursivo.....	60
Anexo 3. Modelo de regresión lineal sin corrección de la autocorrelación	62
Anexo 4. Modelo de regresión lineal AR(1) ACM Perú 10 años	63
Anexo 5. Test de Durbin Watson.....	64
Anexo 6. Prima por plazo 2 años según la metodología de Pereda (2009) Newey- West.....	67
Anexo 7. Modelo de regresión lineal y la corrección de Newey West	68
Anexo 8. Apéndice metodológico	69

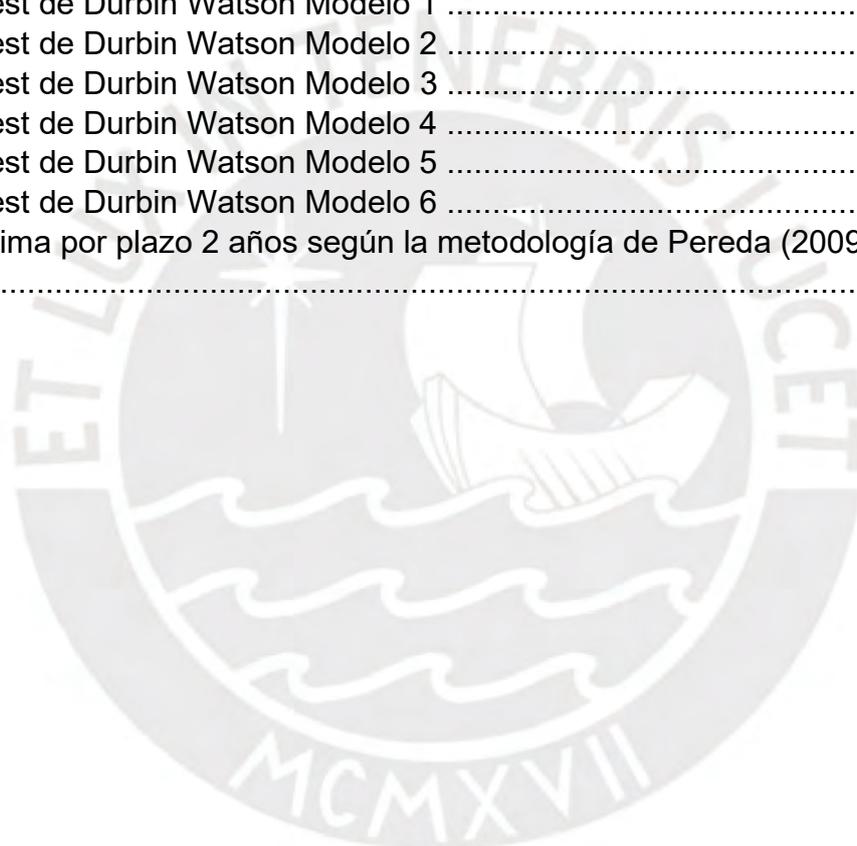
Índice de figuras

Figura 1. Evolución de la prima por plazo como <i>spread</i> 2007-2022	6
Figura 2. Prima por plazo y error de expectativas de la tasa <i>forward</i>	34
Figura 3. Evolución de la prima por plazo 10 años	37
Figura 4. Evolución de la prima por plazo 5 años	39
Figura 5. Evolución de la prima por plazo 2 años	39



Índice de Tablas

Tabla 1. Correlación de variables de estudio.....	9
Tabla 2. Conjeturas esperadas en las regresiones.....	42
Tabla 3. Análisis de normalidad	43
Tabla 4. Análisis de colinealidad entre variables de estudio	43
Tabla 5. Análisis de heterocedasticidad	44
Tabla 6. Análisis de autocorrelación.....	44
Tabla 7. Regresión prima por plazo a 10 años (2007-2022).....	45
Tabla 8. Prima por plazo 5 años (2007-2022)	47
Tabla 9. Prima por plazo 2 años (2007–2022).....	48
Tabla 10. Modelo de regresión lineal sin corrección de autocorrelación	62
Tabla 11. Modelo de regresión lineal AR(1) ACM Perú 10 años.....	63
Tabla 12. Test de Durbin Watson Modelo 1	64
Tabla 13. Test de Durbin Watson Modelo 2	64
Tabla 14. Test de Durbin Watson Modelo 3	65
Tabla 15. Test de Durbin Watson Modelo 4	65
Tabla 16. Test de Durbin Watson Modelo 5	66
Tabla 17. Test de Durbin Watson Modelo 6	66
Tabla 18. Prima por plazo 2 años según la metodología de Pereda (2009) Newey- West.....	67



Introducción

El estudio de la dinámica de las tasas de interés de largo plazo cumple un rol fundamental en el análisis macrofinanciero debido a que los cambios en su comportamiento pueden afectar las decisiones de consumo e inversión de los agentes económicos. En esta línea, la hipótesis de las expectativas de la Estructura Temporal de Tasas de Interés (ETTI) señala que las tasas de largo plazo deberían ser comparables al promedio de las expectativas de tasas de corto plazo en el largo plazo. Sin embargo, la evidencia empírica sugiere que las tasas de largo plazo requieren de una compensación para los inversionistas que deciden mantener activos de largo plazo. Esta compensación exigida es conocida como prima por plazo y se analiza como un componente que podría tener un efecto predominante sobre la determinación de las tasas de largo plazo.

Al respecto, el estudio de la prima por plazo cobró importancia luego de un caso atípico en la economía estadounidense, donde, tras la implementación de la política de reducción de tasas iniciada en el 2000, la Reserva Federal (Fed) empezó a aplicar un ciclo de alzas en las tasas de interés entre el 2004 y 2006 con un ajuste de 425 pbs, generando una variación de 1% al 5.25%. Esto se tradujo en un incremento de las tasas de corto plazo e hizo esperar que las tasas futuras de largo plazo mantuvieran una tendencia alcista. Sin embargo, en contraste con la teoría tradicional, las tasas de largo plazo se redujeron, por lo que la ETTI empezó a reducir su pendiente para tramos superiores a los 2 años. Esta reacción de tasas fue denominada por Alan Greenspan, ex presidente de la Fed, como *conundrum* o enigma debido al comportamiento anómalo de la curva de rendimiento en el largo plazo. Frente a esta conducta de las tasas de interés, se emprendieron investigaciones centradas en distinguir la relevancia de la prima por plazo como un factor fundamental en la determinación de las tasas de largo plazo.

Dentro de los estudios en economías avanzadas, autores como Ang y Piazzesi (2003), Kim y Orphanides (2007), Adrian, Crump y Moench (2013), y Bernanke (2013) analizan la dinámica de la prima por plazo, donde evidencian que factores como el cambio de percepción del riesgo y la demanda de los activos de largo plazo pueden afectar la dinámica de la prima por plazo. Específicamente, encuentran que factores como las expectativas de crecimiento, inflación y la política monetaria determinan su dinámica.

Por otro lado, en el caso de economías en desarrollo, autores como Espinosa, Melo y Moreno (2014), Cuadros (2015), Albagli, Ceballos, Claro y Romero (2018), Özbek y Talasli (2020), y Aguilar-Arguez, Diego-Fernández, Elizondo y Roldán-Peña (2020) muestran que los movimientos de la prima por plazo tendrían diferentes efectos a causa de la menor liquidez en los mercados financieros. Así, la prima por plazo no solo dependería de la incertidumbre local o la tasa de política monetaria, sino también a partir de los choques originados en economías avanzadas y choques idiosincráticos.

Para el caso peruano, si bien se realizan investigaciones como Pereda (2009), y Olivares, Rodríguez y Ataurima (2017), donde se estima la prima por plazo, estas no se enfocan en el estudio de su dinámica de manera específica, orientando sus esfuerzos en la ETTI. Por otro lado, desde un enfoque de política monetaria, la poca concentración en la estimación de la prima por plazo no le resta importancia a su estudio debido a que en el esquema actual de metas explícitas de inflación aplicado desde el 2002, el Banco Central de Reserva del Perú (BCRP) tiene como meta operativa de política monetaria a la tasa de interés de muy corto plazo. En ese sentido, el grado en que las decisiones del BCRP se transmiten hacia el resto de los horizontes en las tasas, conocido también como el efecto traspaso o *pass through*, determinará la efectividad de la política monetaria en la ETTI (Pereda 2010). En esta línea, el estudio de la prima por plazo resulta trascendental para la autoridad monetaria debido a que es posible evaluar de forma más precisa la efectividad del canal de transmisión de política a través de su análisis.

De esta manera, el estudio de la prima por plazo permite mantener un mayor análisis de la ETTI, ello mejora la perspectiva de las expectativas del mercado y permite ajustar las tasas de interés de manera adecuada en función de la situación económica, y las expectativas del mercado, generando un mejor control de la inflación, además de estimular el crecimiento económico. Asimismo, facilita una gestión más efectiva de la curva de rendimiento, garantizando la estabilidad financiera del país e incrementando la capacidad de pronóstico para la toma de decisiones en el diseño de políticas monetarias y fiscales.

Por otro lado, desde el enfoque financiero, el análisis de la prima por plazo es relevante debido a que proporciona información más precisa sobre las tasas de largo plazo y la valoración de activos. Así, la evaluación de los riesgos y rendimientos

asociados a diferentes plazos de inversión tiende a mejorar la toma de decisiones de los inversionistas, dado que son más acertadas, están basadas en el perfil de inversión y la aversión al riesgo, lo cual permite la mejora de estrategias de inversión y cobertura frente a situaciones de incertidumbre.

De forma más específica, los inversionistas activos pueden incluir este análisis en sus estrategias de negociación y arbitraje, aprovechando las expectativas de cambios futuros en las tasas de interés. Además, la métrica de la prima por plazo es esencial para la planificación financiera a largo plazo, ya que permite determinar qué inversiones pueden generar flujos de ingresos más constantes o mayores rendimientos con el tiempo.

En ese sentido, el objetivo principal de la presente investigación se centra en la determinación de los principales componentes de la dinámica de la prima por plazo durante el periodo comprendido entre el 2007 y 2022 para el caso peruano. Así, es importante resaltar que, si bien en la literatura peruana se analizó la prima por plazo como un complemento del estudio de la ETTI, entre ellos Pereda (2009), quien realiza una aproximación del riesgo de liquidez; y Olivares, Rodríguez y Ataurima (2017), los autores estiman la prima utilizando la metodología de Ang y Piazzesi (2003); estas investigaciones no se enfocaron en el análisis de su comportamiento.

En esta línea, la presente investigación busca cerrar la brecha frente a países de la región con un enfoque centrado en la determinación de los componentes de la prima por plazo. Para ello, se emplea la metodología seguida por Adrian et al. (2013). Además, se realiza una comparación de los resultados obtenidos a través de la metodología seguida por Pereda (2009) en el caso peruano. Así, una vez estimada la prima por plazo, será tomada como variable endógena para periodos de 2, 5 y 10 años, para luego estimar seis modelos de regresión lineal mediante Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) con el objetivo de hallar los determinantes de riesgo global y local de la prima por plazo durante el periodo comprendido entre 2007 y 2022 en el caso peruano.

El documento está dividido de la siguiente manera. En la siguiente sección se abordan los hechos estilizados en torno a la dinámica de la prima por plazo. En la segunda y tercera sección se aborda la pregunta de investigación e hipótesis, respectivamente. En la cuarta sección se desarrolla el marco teórico en relación con

los movimientos de las tasas de interés. En la quinta sección se realiza la revisión de la literatura en torno al estudio de la prima por plazo en economías avanzadas, emergentes y el caso peruano. La siguiente sección muestra los datos utilizados en la presente investigación. En la séptima sección se desarrollan los aspectos metodológicos que serán empleados para la determinación de la dinámica de la prima por plazo. En la siguiente sección se presentan los resultados de los seis modelos descritos. Finalmente, las dos últimas secciones muestran las conclusiones y Anexos.



1. Hechos estilizados

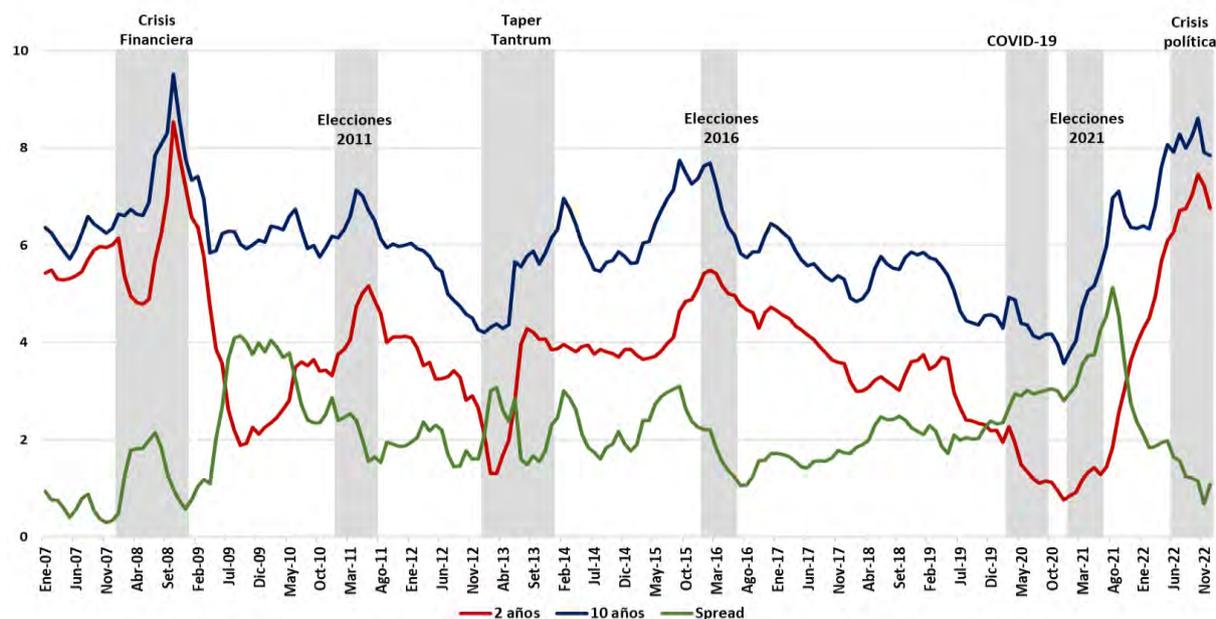
1.1. Evolución de la prima por plazo en el caso peruano

Dentro de la literatura de la prima por plazo es posible considerar diferentes aproximaciones. Tang y Tandon (2019) realizan una recopilación y describen las características de la prima por plazo, donde se refieren a la prima por plazo como el exceso de rendimiento que los agentes del mercado exigen por mantener bonos a más largo plazo en lugar de renovar los de corto plazo. Así, indican que para estimar la prima por plazo es necesario emplear un modelo. Una alternativa al uso de modelos es la aproximación empírica, la cual hace referencia al *spread* o pendiente de la ETTI. De esta manera, es posible aproximar la prima por plazo mediante el diferencial de tasas de largo plazo frente a las tasas de corto plazo.

En línea con lo mencionado anteriormente, la siguiente sección busca realizar un análisis preliminar, donde se relaciona la naturaleza de la prima por plazo en un horizonte temporal para el caso peruano. En primer lugar, la prima por plazo se aproxima de forma empírica como el *spread* de tasas de 10 y 2 años, con el objetivo de relacionar la naturaleza de la prima por plazo en periodos de estrés.

En la Figura 1 se muestran series de las tasas de 10 años, de 2 años y el *spread* a lo largo de siete eventos de estrés financiero a nivel local e internacional, los cuales se pueden observar mediante las barras sombreadas para mayor identificación: la Crisis Financiera del 2008, elecciones presidenciales del 2011, 2016 y 2021, el *taper tantrum* del 2013, el inicio de la pandemia como consecuencia del COVID-19 en el año 2020 y la agudización del enfrentamiento entre el poder Ejecutivo y el Legislativo junto a la crisis inflacionaria internacional del 2022.

Figura 1.
Evolución de la prima por plazo como spread 2007-2022



Fuente: SBS. Elaboración propia.

De acuerdo con la Figura 1, se puede observar que el *spread* 10 – 2 años tuvo un cambio en su evolución. En el caso de la Crisis Financiera Global (CFG) del 2008 se originó como consecuencia del quiebre de Lehman Brothers, generando una mayor volatilidad en el mercado financiero. En respuesta, el BCRP redujo la tasa de referencia a 100 pbs como parte de su política; así, la autoridad monetaria buscó incentivar la demanda. Esto originó que, si bien las tasas de largo plazo se redujeron, la disminución de las tasas de corto plazo fue mayor, esto conllevó a que exista un mayor *spread*, generando que los inversionistas exigieran una mayor prima para invertir en el largo plazo.

En las elecciones del 2011, la prima por plazo presentaba una tendencia decreciente desde el fin de la CFG. Sin embargo, hubo un pequeño incremento previo al cambio de gobierno en julio del 2011, esto se puede explicar por un aumento en la incertidumbre sobre los resultados de las elecciones percibidas a través de las encuestas (IPE 2013). Asimismo, en los días posteriores su reducción continuó debido a la flexibilización de ambos candidatos a través de una hoja de ruta, lo cual conllevó a una reducción de la incertidumbre y, por ende, una menor tasa de largo plazo.

En el 2013, la Fed anunció la posibilidad de disminuir la compra de valores (*taper tantrum*), generando una interpretación de cambio la postura de la política monetaria en Estados Unidos. Esto ocasionó que los inversionistas provoquen una

recomposición de sus carteras de inversiones y, por ende, una mayor volatilidad en el mercado financiero. En consecuencia, a pesar de una reducción en las tasas de corto plazo, la prima por plazo tuvo un incremento considerable, generando un incremento de las tasas de largo plazo.

Más adelante, en las elecciones del 2016 no se observó el mismo comportamiento de las elecciones del 2011 dado a que la prima por plazo tuvo un descenso continuo luego del incremento de tasas por el *taper tantrum*. Esto se pudo haber dado debido a que no se presentó la misma incertidumbre que se originó en el 2011, ya que ambos candidatos de la segunda vuelta no se encontraban en polos opuestos dentro de sus propuestas políticas.

Cuatro años más tarde se produjo uno de los mayores choques a nivel global como consecuencia de la propagación del COVID-19. En respuesta, las tasas de referencia alrededor del mundo disminuyeron, esto originó que los inversionistas demanden una prima más alta por invertir en el largo plazo debido a la mayor incertidumbre. De esta manera, se experimentó un incremento leve en las tasas de largo plazo, el cual puede ser interpretado desde diferentes perspectivas. Por ejemplo, las expectativas de crecimiento se redujeron en gran medida, generando que las tasas de largo plazo no se incrementen. Asimismo, que el incremento de la prima por plazo resultó menor que la reducción de expectativas.

Posteriormente, en el caso de las elecciones del 2021, la prima por plazo tuvo un incremento debido a la incertidumbre generada por las elecciones. A diferencia de anteriores elecciones, la prima por plazo no tuvo un decrecimiento, sino un alza continua. De esta manera, esto se vio reflejado en el aumento de las tasas de largo plazo. En el segundo semestre del mismo año, la Fed anunció que era muy probable una situación de *taper tantrum* similar al 2013. En consecuencia, se observa un continuo crecimiento del *spread* en el 2022, esto debido a que el mercado se vio sorprendido por la decisión de la Fed de anunciar una reducción en el monto mensual de inyecciones de liquidez en Estados Unidos (Doriga 2021). Asimismo, este *spread* se vio incrementado por la mayor incertidumbre producto de la tensión entre el Poder Ejecutivo y el Poder Legislativo.

En esta línea, es preciso mencionar que, si bien se realizó un análisis de la prima por plazo como el *spread* o pendiente de tasas, esto no resulta suficiente debido

a que es una aproximación empírica de la pendiente. Así, Tang y Tandon (2019) mencionan que se debería estimar la prima como la compensación de los inversionistas por invertir en el largo plazo a través de un modelo. Al respecto, los autores mencionan:

“Un profesional intentaría calcular la prima por plazo descomponiendo la curva de rendimiento actual en los tipos de compensación de sus componentes y vinculando cada componente con los impulsores macro o técnicos. Hacerlo requiere la separación del rendimiento actual del rendimiento implícito en la trayectoria futura esperada de las tasas de interés a corto plazo. Sin embargo, es un desafío encontrar un buen indicador para las proyecciones de tasas a corto plazo a largo plazo; fuentes como la Encuesta de pronosticadores profesionales administrada cada trimestre por la Reserva Federal, o tasas implícitas derivadas de los mercados de futuros de fondos federales o eurodólares, y los mercados de inflación simplemente no van lo suficientemente lejos. Además, la poca frecuencia de las actualizaciones de las encuestas las vuelve inútiles para los profesionales de la inversión que intentan construir un modelo de prima por plazo más completo. Como resultado, los diferenciales de rendimiento en el extremo más largo de la curva, como el diferencial de 5 a 10 años o de 10 a 30 años, a menudo se toman como indicadores indirectos débiles de la prima por plazo” (p. 3).

En ese sentido, es necesario realizar aproximaciones de la prima por plazo que no se limiten a un spread de tasas, sino también a través de otras metodologías. En esta línea, en las siguientes secciones se desarrollará el análisis en torno a la descomposición de tasas de largo plazo, donde se toma como referencia a la prima por plazo como la compensación requerida por los inversionistas por mantener bonos a mayor plazo.

1.2. Correlación de la prima por plazo frente a variables de estudio

En esta sección se analiza la relación de la prima por plazo de las tasas cupón cero (*spread*) y sus componentes principales: (i) prima por riesgo inflacionario, (ii) prima por riesgo cambiario¹, y (iii) prima por plazo real². Según Abrahams, Adrian, Crump y Moench (2015) y Bauer et al. (2014) muestran que la prima por plazo real y la prima por riesgo inflacionario son los principales factores de la prima por plazo. Además, se muestra que existe un efecto contagio de la prima por plazo de Estados Unidos en países emergentes. Asimismo, Koijen, Nijman y Werker (2010) muestra que

¹ La prima por riesgo de inflación se calcula como la diferencia entre el rendimiento de los bonos nominales y los bonos reales mientras que la prima por riesgo cambiario se calcula como la depreciación esperada.

² La compensación real es un *proxy* de la prima por plazo real, estimada como la diferencia entre las tasas de interés reales a 10 años y 3 años (Aguilar-Argaez et al. 2020).

la prima por riesgo de inflación y la prima por riesgo de moneda también tienen valores significativos en la dinámica de la prima por plazo.

Para la estimación de las variables se realizaron aproximaciones empíricas según lo mencionado por autores como Soldevilla (2019), Koijen Nijman y Werker (2007), y Ang Dong y Piazzesi (2007) a partir de los rendimientos de la ETTI. La prima por riesgo de inflación se calcula como la diferencia entre el rendimiento de los bonos nominales (PEN) y los bonos reales (VAC) obtenidas a partir de la curva de rendimientos. Mientras que la prima por riesgo cambiario se calcula como la depreciación esperada. La compensación real es un *proxy* de la prima por plazo real, por lo que es estimada como la diferencia entre las tasas de interés reales (VAC) a 10 años y 3 años (Aguilar-Argaez et al. 2020). La prima por plazo de EE. UU. se obtiene de Bloomberg.

En ese sentido, para efectos de la presente investigación, en la Tabla 1 se muestra los tres componentes teóricos de la prima por plazo, junto a la prima por plazo de Estados Unidos con el objetivo de observar su correlación.

Tabla 1.
Correlación de variables de estudio

	Spread	Prima por inflación	Compensación real	Prima por riesgo cambiario	Prima por plazo EEUU
Spread	1				
Prima por inflación	-0.01119	1			
Compensación real	0.837	-0.3167	1		
Prima por riesgo cambiario	-0.2408	0.0458	-0.0676	1	
Prima por plazo EEUU	0.0246	0.4355	-0.0232	-0.0826	1

Fuente: SBS, BCRP, Bloomberg. Elaboración propia.

De acuerdo con la Tabla 1, se observan variables que mantienen una correlación negativa y que, además, la correlación entre ellas es baja. De esta forma, la prima por plazo tomada como *spread* no guarda mucha correlación con otras variables, solo con la compensación real. En ese sentido, es necesario complementar el análisis, donde se tome en cuenta la definición de la prima por plazo como la compensación que los inversionistas exigen para invertir en el largo plazo. Asimismo, es preciso mencionar que debido a que las variables se consideran como componentes teóricos, estas se pueden expresar también con variables medibles

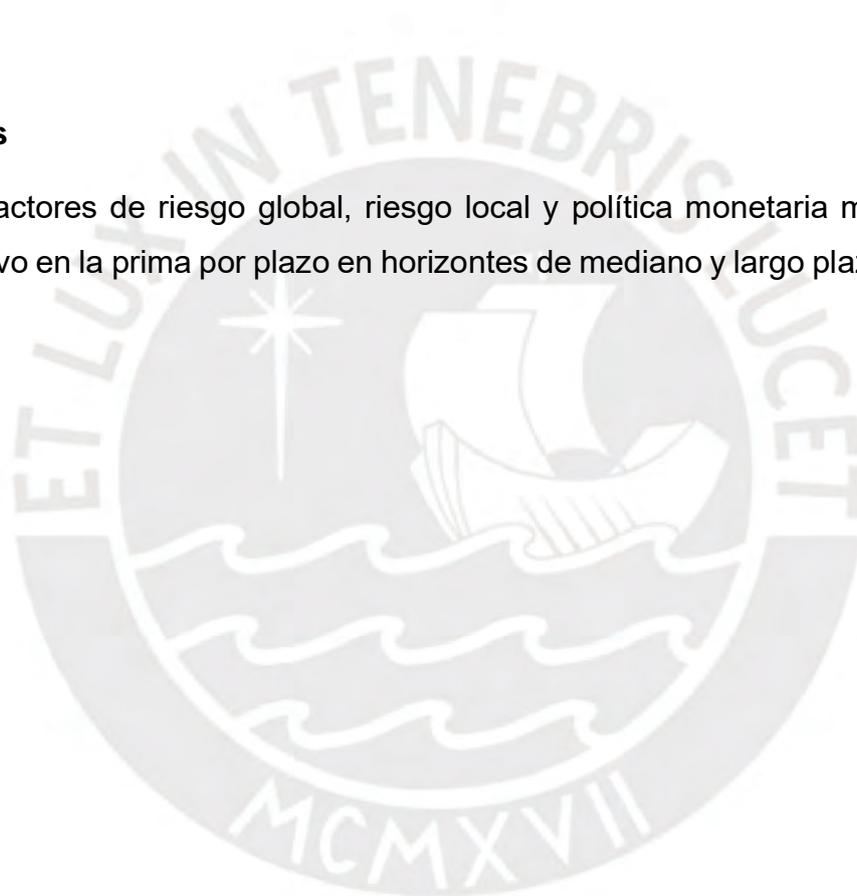
como las expectativas de inflación, de depreciación, etc., con lo cual es posible encontrar los determinantes más importantes de la dinámica de la prima por plazo.

2. Pregunta económica

La presente investigación pretende responder la siguiente pregunta económica: ¿De qué manera los factores de riesgo local, internacional y de política monetaria explican la dinámica de la prima por plazo en soles para el caso peruano entre el 2007 al 2022?

3. Hipótesis

Los factores de riesgo global, riesgo local y política monetaria mantienen un efecto positivo en la prima por plazo en horizontes de mediano y largo plazo en el caso peruano.



4. Marco Teórico

En la siguiente sección, se analizan los principales elementos que permiten entender los aspectos relacionados a la evolución de la prima por plazo. Para ello, se realiza un análisis descriptivo de teorías que permiten explicar los movimientos en la estructura temporal de tasas de interés (ETTI) a diferentes plazos. Las teorías que permiten explicar la dinámica de la ETTI se centran en: (i) Teoría de las expectativas puras, (ii) Teoría de la segmentación de mercado, (iii) Teoría del hábitat preferido, y (iv) Teoría de la preferencia por liquidez.

4.1. Teoría de las Expectativas Puras

La teoría pura de las expectativas señala que la forma de la estructura temporal de tasas de interés se determina por las expectativas de los agentes sobre la trayectoria futura de las tasas de interés, las cuales constituyen el mejor estimador disponible en el mercado debido al proceso de arbitraje entre las diferentes opciones de inversión. Los orígenes de esta teoría se encuentran en Fisher (1896, 1930). De forma más específica, la teoría señala que los inversionistas son neutrales al riesgo y el único elemento que determina sus decisiones de inversión son las expectativas. En ese sentido, el rendimiento al vencimiento de un bono de largo plazo es igual al rendimiento esperado de inversiones de bonos de corto plazo, con ello se evidencia que las tasas *forward* son estimadores insesgados de las tasas *spot* futuras.

4.2. Teoría de la Segmentación de Mercado (1975)

La teoría de la segmentación del mercado fue propuesta por Culbertson (1957). Esta establece que los inversionistas prefieren invertir en horizontes específicos. La preferencia se debe a los costos de información, regulación gubernamental, entre otros; lo cuales resultan indistintas a las primas de riesgo otorgadas por distintos valores de mercado. De esta forma, conllevará a que las tasas de interés estén determinadas por las condiciones de oferta y demanda.

Las características mencionadas conllevan a que existirá un costo por la decisión de inversión, por lo que modificarla resultaría más costoso. Sin embargo, al no existir una relación en los diferentes periodos de madurez, su valorización y comercialización se realiza de forma independiente en cada periodo.

4.3. Teoría de Hábitat Preferido (1966)

La teoría del hábitat preferido, propuesta por Modigliani y Sutch (1966), postula que los agentes económicos, al ser aversos al riesgo, tienden a eliminar cualquier riesgo sistémico al ubicarse en un horizonte de inversión o hábitat preferido. En ese contexto, al encontrarse en su hábitat preferido, los agentes se sitúan en un punto de equilibrio donde el vencimiento de sus activos coincide con el de sus pasivos. Es decir, el rendimiento para cada plazo de inversión se determina mediante una función de oferta y demanda de recursos para ese horizonte temporal.

Sin embargo, existirán vencimientos en los que la demanda de fondos resulta insuficiente, obligando a los emisores de bonos a ofrecer tasas de interés más altas que incluyan una prima de riesgo para incentivar que los agentes abandonen su hábitat preferido. Esta prima, ya sea positiva o negativa, representa la compensación por el riesgo de desequilibrio en la curva de rendimientos, la cual está condicionada tanto por el horizonte de inversión como por la importancia relativa de los inversionistas. Por ende, la prima de riesgo no debería aumentar monótonicamente con el vencimiento.

De esta manera, la teoría indica que la forma de la Estructura Temporal de Tasas de Interés (ETTI) está determinada por las expectativas de las tasas de interés futuras y las primas de riesgo que motivan a los agentes a abandonar sus hábitats preferidos. Estas primas no siguen necesariamente una función positiva y creciente del plazo hasta el vencimiento de cada inversión; por lo que, la ETTI presenta picos de valor en ciertos periodos dentro de un horizonte

4.4. Teoría de la Preferencia por Liquidez (1946)

La teoría de preferencia por liquidez fue propuesta por Hicks en 1946. Se menciona que los inversionistas son adversos al riesgo. Además, considera que los inversionistas cambian sus preferencias respecto al avance del tiempo. Esto conllevará a que la ETTI tenga pendiente positiva; en consecuencia, las tasas *forward* resultarán mayores al *spot* de su respectivo periodo. La diferencia entre ambas tasas se origina debido a que los agentes económicos demandan más rendimiento por invertir en periodos más largos.

El requerimiento que demandan los inversionistas por las tasas de largo plazo corresponde a la prima por plazo. En consecuencia, las inversiones de mayor horizonte tendrán una mayor volatilidad debido a que existe un factor adicional como compensación por liquidez. Además, también se requiere que pueda compensar la pérdida por liquidez al aceptar una inversión con un mayor horizonte frente a una corta. Precisamente, a partir de esta compensación junto a otros tipos de riesgo es que partimos la presente investigación.



5. Revisión de la Literatura

En la literatura, la prima por plazo se ha estudiado desde diferentes perspectivas. En principio, surgen estudios de la prima como el *spread* o el factor pendiente para aproximarse al componente de riesgo de la ETTI. Más adelante, se estima la prima por plazo a través de los modelos de estructura afín sin arbitraje³, donde la aproximación se realiza sobre la base de la descomposición de tasas de largo plazo. En esta línea, en la siguiente sección se reseñan los estudios sobre la prima por plazo en economías avanzadas, emergentes y en el Perú con el objetivo de resaltar los principales aportes y resultados encontrados hasta la actualidad.

5.1. Economías avanzadas

Las estimaciones en torno a la prima por plazo parten del cálculo de la Estructura Temporal de Tasas de Interés (ETTI). Entre las metodologías utilizadas para la estimación de la ETTI se encuentran los modelos paramétricos y de estructura temporal sin arbitraje.

Dentro de los modelos paramétricos, se encuentran investigaciones como Nelson y Siegel (1987), quienes realizan una descomposición de la ETTI en tres parámetros (nivel, pendiente y curvatura), además se propone una función continua que representa el trayecto de la tasa de interés *forward* instantánea. Asimismo, Svensson (1994) descompone la curva en cuatro parámetros (se agrega la joroba), lo cual genera una mayor adaptabilidad del modelo. Así, si bien los autores no estiman la prima por plazo, al emplear los modelos paramétricos se pueden obtener las tasas de largo plazo y, a través de encuestas respecto a las expectativas de tasas, se pueden diferenciar ambos para obtener la prima por plazo.

Particularmente, Ferderer y Shadbegian (1993) realizan una comparación entre la estimación de la prima por plazo a partir de la pendiente de la ETTI y el uso de encuestas empleando el forecast de tasas de interés de Goldsmith-Nagan entre 1979 a 1982 para EE. UU. Entre sus resultados, el autor menciona que el uso de encuestas tiene una desventaja potencial referida a que la muestra no resulta ser representativa para los participantes del mercado y, por ende, se tendría una prima por plazo

³ Un modelo de estructura afín sin arbitraje es una herramienta matemática utilizada en finanzas para modelar las tasas de interés a diferentes plazos, asegurándose de que no haya oportunidades de ganancias sin riesgo. Se basa en relaciones lineales y es coherente con las condiciones reales del mercado.

sesgada. Por ello, los autores que estudian el componente de riesgo de la ETTI se empezaron a enfocar en los modelos de estructura temporal afín sin arbitraje.

De esta manera, en Estados Unidos, Fama y Bliss (1987) estudian las expectativas de tasas de corto plazo y el *spread* de tasas en relación con su poder de predicción de las tasas en horizontes de 2 a 4 años de anticipación. Para ello, utilizan los datos del rendimiento de los bonos del Tesoro durante el periodo de 1965-1985. Los autores muestran que la prima por plazo es distinta a un valor de cero y que varía con relación al tiempo; además, evidencian que la prima por plazo tiene una relación positiva con la actividad comercial. Por último, muestran que las expectativas de la prima pueden tender a ser negativas cuando el entorno empresarial muestra periodos de crisis, tal como sucedió en 1973 y 1979.

Años posteriores, Ang y Piazzesi (2003) presentan el comportamiento de la prima por plazo a partir de una estimación de los bonos del Tesoro a 1, 3, 12, 26 y 60 meses entre junio de 1952 y diciembre del 2000. Para ello, presentan una modificación de los modelos afines de estructura temporal que incluye factores macroeconómicos. Estos factores son calculados en base al método de descomposición de componentes principales (PCD) aplicado al crecimiento económico e inflación. A partir de la estimación de las tasas de largo y corto plazo, sus resultados explican de mejor manera las variaciones de la ETTI en relación con los factores macroeconómicos.

Bajo el mismo enfoque de la regresión de Fama y Bliss (1987), Kim y Orphanides (2004) estiman la prima por plazo incluyendo el pronóstico de encuestas de las tasas de interés en una muestra de datos de entre 1990 y 2003 de los bonos del Tesoro. Muestran que la inclusión de encuestas en los pronósticos de los participantes del mercado brinda estimaciones más razonables y estables del modelo de estructura temporal. De esta manera, los autores encuentran primas por plazo positivos y variables en el tiempo para horizontes de corto y largo plazo. Asimismo, mientras más se incrementa el vencimiento de la inversión, la prima por plazo cobra mayor relevancia frente a las expectativas de las tasas.

Más adelante, Kim y Wright (2005) elaboran un modelo de tres factores no observables para las tasas de los bonos de Estados Unidos en un periodo de 1990-2005. Para ello, agregaron datos sobre los pronósticos de encuestas de la tasa del tesoro a 3 meses para mejorar la estimación de Kim y Orphanides (2004). De esta

manera, encuentran que entre junio del 2004 y julio del 2005, cuando la Fed incrementó la tasa de política monetaria en 250 pbs hubo una caída de 50 pbs en la tasa de los bonos a diez años, esto fue explicado por la caída en 80 pbs en la prima por plazo⁴. A partir de ello, se resalta que el principal factor del movimiento de las curvas de largo plazo fue la prima por plazo. Asimismo, es importante resaltar que, a diferencia de investigaciones anteriores, gracias a este estudio la prima por plazo cobró mayor relevancia en relación a la política monetaria de la FED.

En la misma línea, Cochrane y Piazzesi (2005), con una variación de la metodología de Kim y Wright (2005), estudian la dinámica de la prima por plazo de los bonos en una muestra de datos entre 1964 y 2002. Para ello, presentan un modelo afín de cuatro factores, donde el primero es el factor denominado bond-return forecasting factor⁵. Los otros factores tradicionales (nivel, pendiente y curvatura) son obtenidos a partir de un análisis de componentes principales de las tasas de interés. Así, los autores muestran que el factor de pronóstico de rendimiento tiene una clara correlación con el ciclo económico. Este factor puede pronosticar los rendimientos de las acciones, lo que sugiere una prima variable en el tiempo. Por último, el factor de pronóstico del rendimiento está más relacionado con el movimiento de nivel, pendiente y curvatura en el rendimiento de los bonos. Por lo tanto, representa un factor de las tasas que no está siendo capturado por las investigaciones. En conjunto, Kim y Orphanides (2004), y Cochrane y Piazzesi (2005) muestran que la prima por plazo tiene una influencia en la estructura de plazo de corto y largo plazo de años posteriores.

Posteriormente, Adrian et al. (2013) estima la prima por plazo a través de un modelo de estructura temporal afín en una muestra entre 1987 y 2011 de los bonos del Tesoro de Estados Unidos. Para ello, toman en cuenta la metodología estructura afín de Duffee (2002) y plantean un modelo afín de tres etapas en el que emplean regresiones lineales. Los resultados muestran que la prima por plazo, frente al modelo de Kim y Wright (2005), presentan estimaciones similares dentro del mismo periodo muestral. Sin embargo, la especificación de Adrian et al. (2013) tiene un mejor pronóstico por fuera de la muestra; asimismo, el modelo presentado tiene un enfoque computacional más rápido. Por otro lado, encuentran resultados similares a la prima

⁴ Hubo un incremento de 30 pbs por efecto de la expectativa de tasas.

⁵ Factor de pronóstico de rendimiento

por plazo estimada por Kim y Wright, y muestran que su variación temporal está asociada con el nivel de riesgo e incertidumbre.

En esta línea, Abrahams et al. (2015) estiman la prima por plazo de los bonos del Tesoro de Estados Unidos entre 1999 y 2014 con el objetivo de relacionarla con sus componentes teóricos. Para ello, utilizan un modelo de estructura afín en base a Adrian et al. (2013). Los autores encuentran que la dinámica de la prima por plazo está relacionada principalmente a la prima por plazo real y la prima por riesgo de inflación. Así, la prima por plazo real explica la respuesta positiva a cambios sorpresivos de la política monetaria. Adicionalmente, muestran que la prima por riesgo de inflación se redujo drásticamente cuando se adopta una política de metas de inflación. Estos resultados apoyan la noción de que un canal de transmisión de la política de tipos de interés se debe realizar mediante la fijación de precios de equilibrio de riesgo en la economía.

Finalmente, luego de extraer la prima por plazo, se realizaron investigaciones que buscaron identificar variables de riesgo global, local y de política monetarias con un poder explicativo sobre el comportamiento de la prima por plazo. En esta línea, sobre la identificación de los componentes de la prima por plazo, Wright (2011), y Bauer Rudebusch y Wu (2014) señalan que la incertidumbre relacionada con la inflación y el crecimiento económico son los principales impulsores en un panel de diez economías desarrolladas. Además, muestran que la política monetaria de Estados Unidos tiene efectos significativos tanto en las tasas de interés de economías avanzadas como emergentes.

Más adelante, Vásquez (2018) estima la prima por plazo de las tasas del Tesoro de Estados Unidos para un periodo entre 1983 y 2014. Para ello, estima la prima por plazo a través del modelo de estructura afín en base a Adrian et al. (2013) y el modelo DSGE bajo aprendizaje adaptativo. Ello con el objetivo de comparar la estimación de la prima por plazo y encontrar una relación con variables como la inflación, la tasa de reserva federal, la tasa de política monetaria, crecimiento del consumo real, inversión real, riqueza y el PBI real. El autor encuentra que las medidas de prima por plazo son persistentes y anticíclicas al crecimiento, y que la tasa de fondos federales tiene más efecto en la prima por plazo. En cuanto a los choques de la política monetaria, el autor encuentra que estas explican una parte considerable (20%) de las fluctuaciones de la

prima por plazo. De igual manera, el autor señala que variables como el consumo, inversión real, etc., determinan a la prima por plazo debido a que se relaciona a las decisiones de los inversionistas y el consumo.

Por otro lado, Bernanke (2006, 2013) estudió la prima por plazo a través de modelos de estructura afín en relación con la política monetaria. El autor concluye que, si la ETTI se invierte debido a la disminución de la prima por plazo, la autoridad monetaria debe incrementar la tasa de política monetaria de forma acelerada. Esto se debe a que la demanda ya se encuentra estimulada en el corto plazo, por lo que el efecto principal se manifiesta en las tasas de largo plazo. El autor menciona que las primas por plazo se ven influenciadas por las acciones del Banco Central en apoyo a la recuperación económica. Por lo tanto, el comportamiento de la prima por plazo se basa del estado de la economía de los países y las implicaciones de estas mismas con relación a las políticas de sus Bancos Centrales. De esta manera, al igual que Kim y Wright (2005), resalta la importancia de la prima por plazo en la política monetaria.

Por lo mencionado anteriormente, las investigaciones muestran una evolución respecto a la metodología para la estimación de la prima por plazo a partir de la ETTI. Así, la prima por plazo se estima, en principio, como el *spread* de tasas de largo plazo frente al corto plazo. Sin embargo, a partir de investigaciones como Kim y Wright (2005) se considera la descomposición de tasas en expectativas de tasas de corto plazo y la prima por plazo. Más adelante, con la metodología de Adrian et al. (2013) las estimaciones y pronósticos de la prima por plazo mejoraron; por lo que se empezó a analizar el comportamiento y su relación con factores de riesgo local, global y de política monetaria.

5.2. Economías emergentes

Los mercados financieros de países emergentes están en desarrollo y, normalmente, sus instrumentos de capital y de deuda son menos líquidos. En ese sentido, los avances relacionados a la prima por plazo en la ETTI son menores frente a economías avanzadas. Los estudios se enfocan en su interacción de la prima con variables macrofinancieras locales y su relación con la prima por plazo de EE. UU.

Respecto a las primeras investigaciones que estiman la prima por plazo, a través del *spread* de tasas cupón cero de largo y corto plazo, se encuentra Cortés y Ramos-Francia (2008), quienes realizan un estudio para el caso mexicano entre 2001 y 2007. Así, utilizan un modelo de estructura afín de dos factores, incorporando variables macroeconómicas siguiendo a Ang y Piazzesi (2003). Los autores analizan los choques macroeconómicos y sus efectos sobre la ETTI. De esta manera, es posible estimar la prima por plazo como el *spread* de las tasas de largo y corto plazo. Además, encuentran que la estimación de la prima por plazo sigue un comportamiento contra cíclico al crecimiento e incrementan en función del nivel de la tasa de inflación. Por último, cuando la curva se convierte en flat se explica por la acción del banco central o autoridad monetaria, la cual aumenta las tasas de corto plazo luego de un choque, y por la dinámica en el tiempo de las primas de riesgo.

Luego de la investigación de Adrian et al. (2013) respecto a la prima por plazo a través de esta nueva metodología, estudios como Espinosa, Melo y Moreno (2014) empiezan a utilizar con mayor frecuencia. Así, los autores estiman la prima por plazo a través de un modelo afín de 4 factores para los rendimientos de los bonos soberanos de Colombia. Para ello, utilizan la metodología de Adrian et al. (2013) durante el periodo 2003 y 2014. Los autores encuentran tres resultados principales; el primero está asociado a que la prima por plazo es mayor y presenta mayor volatilidad a medida que el vencimiento aumenta. El segundo muestra que las expectativas de tasas explican en mayor medida los movimientos de la curva en el corto plazo. El tercer punto menciona que la prima por plazo es decreciente a través del tiempo lo cual podría estar asociado a una mejor condición del mercado de bonos soberanos, la mayor estabilidad y mayor liquidez. De esta manera, encuentran que los resultados son coherentes con lo mencionado en la literatura de economías avanzadas.

Por otro lado, Ceballos y Romero (2015) estudian el comportamiento de las tasas de interés de largo plazo para 22 países a través la metodología de Adrian et al (2013). Para ello, se analizan los dos canales⁶ que afectaron el movimiento de las tasas de interés en diferentes regímenes de política monetaria. Los autores encuentran que las expectativas de tasas de corto en el largo plazo y la prima por plazo afectan a las tasas de largo plazo en economías avanzadas. Para el caso de las

⁶ Las expectativas de tasas de corto en el largo plazo y la prima por plazo.

economías en desarrollo, las expectativas cobran menos relevancia, mientras que la prima por plazo se muestra como el factor principal para el movimiento de las tasas de largo plazo, la misma que está asociada a la prima por plazo de EE. UU.

En esta misma línea, Albagli, Ceballos, Claro y Romero (2018) realizan un estudio de la prima por plazo sobre la influencia de la política monetaria de EE. UU. en los mercados de bonos de países desarrollados y emergentes. Los autores encuentran que los efectos de política monetaria de EE. UU. se concentran en las expectativas de tasas de corto en el largo plazo para los países en desarrollo. Sin embargo, el efecto de política es predominante en la prima por plazo para los países emergentes. Por otro lado, se resalta la importancia de la volatilidad del tipo de cambio o riesgo cambiario es relevante en los movimientos de la prima por plazo.

Más adelante, Cuadros (2016) estudia la prima por plazo a través de un modelo afín de cuatro factores para la descomposición de la ETTI de los bonos soberanos de EE. UU. y Colombia a través de la metodología de Adrian et al. (2013). El autor encuentra que existe una mayor volatilidad en la prima por plazo cuando el horizonte de vencimiento se incrementa. Por otro lado, concluye que los periodos de estrés de EE. UU. afectan principalmente a los excesos de retornos esperados y, a su vez, este efecto se incrementa cuando el vencimiento aumenta, lo cual explicaría la mayor volatilidad de la prima por plazo. Así, este riesgo se observa en el incremento de la demanda de retorno, el cual se obtiene a través de un mayor horizonte.

Por su parte, Özbek y Talasli (2020) resaltan la importancia de analizar la dinámica de la prima por plazo y las tasas de interés futuras. Esto porque permiten comprender el comportamiento de las tasas de interés a largo plazo. Asimismo, contribuyen en la toma de decisiones de inversión y de demanda porque tienden a depender de las tasas de interés a mediano y largo plazo. De esta manera, utilizando la metodología ACM propuesta por Adrian (2013) buscan descomponer las tasas de interés de mediano y largo plazo para 16 economías⁷ con mercados emergentes. Los autores estiman el efecto de la incertidumbre relacionada con la inflación, el crecimiento económico, la aversión al riesgo global y las condiciones de liquidez del mercado relacionadas para rendimientos de 5 a 10 años utilizando una regresión de

⁷ Brasil, Colombia, Filipinas, Hungría, India, Indonesia, Malasia, México, Perú, Polonia, República Checa, Rusia, Sudáfrica, Filipinas, Taiwán, Tailandia y Turquía.

panel. Encuentran que los indicadores de inflación como el índice de sorpresa de inflación y el índice de sorpresa económica son factores relevantes para el movimiento de la prima por plazo. Asimismo, que la incertidumbre relacionada con el tipo de cambio, el índice VIX y el riesgo de liquidez tienen un efecto positivo en la prima por plazo.

En el caso de Aguilar-Argaez et al. (2020), se estima la prima por plazo en los bonos gubernamentales mexicanos a 10 años, y se examinan los principales factores que influyen en su comportamiento durante el periodo comprendido entre el 2004 y 2019. La metodología empleada descompone la tasa de interés de largo plazo en dos elementos: el promedio esperado de tasas de interés a corto plazo en un periodo de 10 años y la prima por plazo, utilizando el enfoque propuesto por Adrian et al. (2013) y Kim y Wright (2005). Los resultados indican que la prima por plazo experimenta aumentos significativos en tres momentos específicos: i) la crisis financiera global, ii) el *taper tantrum* y iii) las elecciones presidenciales de Estados Unidos en 2016. En contraste, esta prima disminuye a niveles históricamente bajos durante el *Quantitative Easing* y el *Operation Twist* de Estados Unidos. Además, se observa que la compensación por riesgo cambiario, la compensación real y la prima por plazo estadounidense son determinantes que explican la dinámica de la prima por plazo en el caso mexicano.

Luego de la revisión de la literatura en economías emergentes, es posible indicar que las investigaciones respecto a la prima por plazo presentan los mismos resultados que en economías avanzadas. En principio, las investigaciones se enfocaron en la prima por plazo como un *spread* y, posteriormente, se emplearon modelos como Adrian et al. (2013); así, durante este proceso se establecieron relaciones de la prima por plazo con variables macroeconómicas, de política monetaria local y de Estados Unidos con el objetivo de analizar su efecto contagio. Asimismo, se relaciona a eventos importantes que originaron choques en el mercado financiero.

5.3. En el Perú

En la literatura peruana, la extensión de investigaciones realizadas con relación a la dinámica de la prima por plazo es bastante reducida. La mayoría de autores

estudia la prima como un componente de riesgo aproximado con la pendiente de la ETTI o *spread* de tasas. En esta línea, si bien el análisis de la pendiente de la ETTI brinda información relevante sobre la prima por plazo, estos estudios se enfocan en aproximaciones empíricas y no toman en cuenta la definición de la prima por plazo como la compensación que debe recibir un inversionista por mantener activos de largo plazo, por lo que el uso de modelos afines cobra mayor relevancia.

Una primera aproximación de la prima por plazo se muestra en Pereda (2009), quien realiza un análisis comparativo sobre el ajuste, flexibilidad y estabilidad de los parámetros de la ETTI utilizando el modelo Nelson y Siegel (1987) y Svensson (1994). Asimismo, se destaca la necesidad de estimar el riesgo de liquidez con el fin de mejorar el análisis de la ETTI, debido a que un mercado emergente presenta menor liquidez, por lo que estimar ese riesgo brindará más información al momento de analizar la ETTI y sus tasas *forward*. En esta línea, estima la prima a partir de la diferencia entre la tasa *forward* interbancaria de la curva de rendimiento y la tasa interbancaria esperada tomada de encuestas de expectativas del BCRP.

Años posteriores, a través de un modelo de Nelson y Siegel (1987) dinámico, Carrillo y Montes (2014) determinan el impacto de las principales variables macroeconómicas como la inflación, el producto, el tipo de cambio y la tasa interbancaria sobre la ETTI entre el 2005 y 2014, para ello estudian sus componentes, entre ellos, la pendiente, la cual es calculada como la diferencia entre los rendimientos de 15 años frente a la de 3 meses. Los investigadores mencionan que el *spread* o pendiente en la ETTI es un indicador que aproxima a la prima por riesgo para el Perú, y que además presenta una volatilidad más alta. Finalmente, sostienen que para estimar la pendiente a través de un modelo es suficiente utilizar el método de máxima verosimilitud con el Filtro de Kalman con una etapa, debido a que presenta mejor ajuste frente al método de dos etapas.

Por su parte, Olivares et al. (2017) estudian la relevancia de las variables macroeconómicas sobre la estructura temporal de tasas de interés siguiendo la metodología de Ang y Piazzesi (2003). Los autores emplean un modelo gaussiano que les permite entender la dinámica conjunta de las variables de actividad económica como la inflación y la actividad real, y el rendimiento de los bonos peruanos el 2005 y 2015. Asimismo, estiman un modelo VAR mediante un modelo estructural asumiendo

condiciones de no arbitraje, mediante el que analizan las funciones de impulso respuesta. Los autores encuentran resultados opuestos a los de Carrillo y Montes (2014); así, afirman que los factores macroeconómicos mejoran el modelo y explican gran parte de la variación de los rendimientos de los bonos. Más específicamente, muestran que los choques positivos de las variables macroeconómicas aumentan el rendimiento de los bonos.

A partir de la estimación de la ETTI y su relación con variables macroeconómicas, los autores estiman la prima por plazo como el *forward term premium*, el cual es la diferencia del *yield risk* premia de 10 años frente al de 2 años. Para estimar las tasas, se utiliza como base el modelo de estructura afín propuesto por Ang y Piazzesi (2003). De esta manera, analizan la prima por plazo como el *spread* de tasas de interés durante épocas de crisis. Los resultados muestran que tuvo un incremento en los periodos de crisis que se vio acompañado por una desaceleración de la actividad económica. Estos periodos que analiza son la Crisis Financiera del 2008 y el *taper tantrum* del 2013.

Luego de la revisión del estudio de la prima por plazo en la literatura peruana se puede afirmar que, en la mayoría de los casos, los estudios se centraron en la estimación de la ETTI, su relación con variables macroeconómicas y sucesos importantes. Rodríguez y Villavicencio (2005), y Carrillo y Montes (2014) entre otros estudiaron la ETTI en base al modelo de Nelson y Siegel, y su relación con otras variables macroeconómicas, eventos de mercado locales e internacionales. A pesar de ello, se puede aproximar la prima por plazo a través de los resultados que se obtuvieron con la pendiente y el *spread* de tasas.

La presente investigación tiene como objetivo el estudio de la prima por plazo y su relación con sus componentes teóricos en el caso peruano. El modelo ACM utilizado ofrece una ventaja significativa en comparación con el enfoque de *spread* de tasas de largo plazo frente al corto plazo, ya que permite capturar cambios más sutiles en la prima por plazo. En contraste, el enfoque del *spread* puede ser menos sensible a estos cambios y llevar a subestimar o sobreestimar la prima por plazo en ciertos escenarios. Además, esta investigación se enfoca en analizar la determinación de la prima por plazo y el análisis de sus componentes a través de un modelo de estructura

afin adaptado al contexto peruano, tomando en cuenta las actualizaciones y diferentes enfoques utilizados por investigaciones internacionales y la FED.



6. Datos

La investigación tiene dos etapas, en la primera parte se realiza la estimación de la prima por plazo siguiendo la metodología propuesta por Adrian et.al (2013), mientras que la segunda pretende hallar los determinantes de la prima por plazo mediante variables macrofinancieras que explican su dinámica.

Para obtener la prima por plazo es necesario realizar estimaciones de tasas a diferentes horizontes utilizando los parámetros de la ETTI. En ese sentido, se toman como *inputs* las tasas cupón cero en soles publicadas en la página web de la Superintendencia de Banca y Seguro (SBS). Respecto a las variables exógenas, siguiendo a autores como Aguilar-Argaez et al. (2020) y Abrahams et al. (2015), Özbek y Talasli (2020), se consideran indicadores de riesgo esperado, riesgo económico y política monetaria.

Respecto a las variables de riesgo esperado, se considera a las expectativas de inflación como medida de riesgo inflacionario y las expectativas de depreciación como variable de riesgo cambiario, ambos con plazos de 1 y 2 años por la disponibilidad de los datos. En relación a este último factor, según la paridad descubierta de tasas de interés, la paridad descubierta de tasas de interés en la moneda local y otra en moneda extranjera equivale a la depreciación anticipada de la moneda local, permitiendo así calcular la depreciación esperada en el "mercado". Las tasas de interés y la depreciación esperada se calculan utilizando las encuestas mensuales llevadas a cabo por el Banco Central de Reserva del Perú (BCRP)⁸

En el caso de los indicadores de riesgo económico, se consideran dos tipos de variables: riesgo local y riesgo global. En el primer caso, se toma en cuenta a la dispersión del rendimiento de la BVL como una aproximación de la volatilidad local y el *Emerging Markets Bond Index Global* (EMBIG), estos datos son extraídos de Bloomberg. Por otro lado, se incluye a la prima por plazo de Estados Unidos como variable de riesgo global utilizando la metodología de Adrian et al. (2013), esta se encuentra disponible en Bloomberg. Finalmente, con el objetivo de hallar el poder

⁸ Las expectativas de inflación a un año se calculan como el promedio simple de las expectativas a doce meses del sistema financiero y de los analistas económicos. Para cada uno de ellos, se obtiene un estimado de la expectativa a doce meses ponderado a la expectativa del año por el número de meses restantes y las expectativas del año siguiente por el número de meses que faltan para completar los doce meses. Lo mismo para el caso de las expectativas a 12 meses. Para el caso de la depreciación, se obtiene el tipo de cambio esperado y se estima para 12 y 24 meses.

predictivo de la política monetaria del Banco Central, siguiendo el análisis de Bernanke (2013) por lo ocurrido en Estados Unidos durante el 2004⁹, se considera a la tasa de referencia. Esta información se obtiene de la página web del BCRP en frecuencia mensual.



⁹ Conocido como *conundrum* gracias ex presidente de la FED, Alan Greenspan.

7. Metodología

En este capítulo, se describirá la aplicación de la metodología de ACM (2013) y KW (2005) en su investigación. En línea con lo descrito anteriormente, se debe tener en cuenta que la descomposición de las tasas de largo plazo está representada a través de la prima por plazo y las expectativas de las tasas de corto plazo, lo cual se muestra en la ecuación (1):

$$r_t^n = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} E_t(r_{t+i}) + Term\ Premium_t^n \quad (1)$$

Donde r_t^n corresponde a la tasa de largo plazo con vencimiento n , mientras que $\frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} E_t(r_{t+i})$ describe el promedio de las expectativas de tasas de corto plazo y $Term\ Premium_t^n$ muestra la prima por plazo para un horizonte n .

Como se observa en la ecuación (1), despejando el lado izquierdo, la prima por plazo puede ser estimada una vez obtenidas las tasas y sus expectativas de corto en el largo plazo, como se muestra en la ecuación (2).

$$Term\ Premium_t^n = r_t^n - \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} E_t(r_{t+i}) \quad (2)$$

Entre las metodologías de estimación de la estructura de tasas, se encuentran los modelos paramétricos y los modelos de estructura temporal afín. Respecto a los primeros, comúnmente, se toma como referencia a Nelson y Siegel (1987), y Svensson (1994). Estos modelos proporcionan una forma simple de estimación de la estructura de tasas a través de parámetros o factores latentes como la pendiente, nivel y curvatura. Así, para poder estimar la prima por plazo, se realiza la estimación de tasas de largo plazo para luego restar los resultados con las tasas de encuestas a los inversionistas. Sin embargo, estas encuestas no se encuentran presentes para todos los horizontes y mantienen una profundidad histórica muy modesta.

Por otro lado, los modelos de estructura temporal afín son los más utilizados en la estimación de las expectativas de tasas. Entre los más populares se encuentra la metodología de Adrian et al. (2013), la cual es estimada comúnmente por la FED. De esta manera, para fines de la presente investigación se toma en cuenta como principal

metodología la propuesta por Adrian et al. (2013); y, además, en línea con el estudio de Pereda (2009), se realiza una comparación con la estimación mediante el modelo paramétrico.

7.1. Adrian, Crump y Moench-ACM (2013)

Con relación a la estimación de la prima por plazo, el modelo de ACM tiene un buen pronóstico fuera de la muestra (Adrian et al. 2013). Asimismo, este modelo no requiere el supuesto de no correlación serial en los errores de los rendimientos, con lo cual la estimación es computacionalmente más simple y menos pesada a diferencia de otros modelos¹⁰, como el desarrollado por Kim y Wright (2005), donde se utiliza la máxima verosimilitud. Todo porque se basa en la regresión lineal y no en la optimización numérica y ofrece resultados estables.

En general, los factores pueden ser reescritos como el nivel, pendiente y curvatura de la curva de rendimiento.

Los supuestos claves de los modelos de estructura afín en general son:

- 1) Las tasas de la curva de rendimiento dependen de un número de K factores latentes X_t , el cual es una matriz $K \times 1$. Los autores asumen que estos factores evolucionan de acuerdo a un proceso VAR(1)¹¹, el cual será la siguiente ecuación de transición:

$$X_t = \mu + \phi X_{t-1} + u_t \text{ (Ecuación de transición)} \quad (3)$$

- 2) Los choques se distribuyen normalmente con un valor esperado igual a 0 y una matriz de varianza-covarianza Σ .

$$u_{t+1}|X_t \sim N(0, \Sigma)$$

¹⁰ El modelo de Kim y Wright (2005) es uno de los modelos más importantes al igual que ACM. Este mantiene una metodología más compleja en base a un enfoque econométrico conocido como el modelo de cambio de régimen.

¹¹ El Modelo Vector Autorregresivo (VAR) es un conjunto de k regresiones temporales con k variables y p variables independientes rezagadas.

- 3) El supuesto de no arbitraje implica la existencia de un factor de descuento único que se supone que es exponencialmente afín M_{t+1} ¹², el cual es el factor de descuento estocástico.

$$P_t^{n+1} = E_t[M_{t+1}P_{t+1}^n] \quad (4)$$

En el que P_t^n indica el precio en el tiempo t de un bono cupón cero con madurez en el tiempo n. Se asume que el factor de descuento estocástico M_{t+1} es exponencialmente afín¹³. De esta manera, se tiene la siguiente ecuación:

$$M_{t+1} = \exp\left(-r_t - \frac{1}{2}\lambda'_t\lambda_t - \lambda'_t\Sigma^{-\frac{1}{2}}u_{t+1}\right) \quad (5)$$

Donde λ_t representa el precio de riesgo de mercado que cambia en el tiempo asociado con las fuentes de incertidumbre u_t , y r_t denota la tasa libre de riesgo. Por lo que reemplazando la ecuación (5) en la ecuación (4) resulta lo siguiente:

$$P_t^{n+1} = E_t\left[\exp\left(-r_t - \frac{1}{2}\lambda'_t\lambda_t - \lambda'_t\Sigma^{-\frac{1}{2}}u_{t+1}\right)P_{t+1}^n\right] \quad (6)$$

Por otro lado, se debe considerar a los precios de riesgo de mercado λ_t dependen linealmente de los factores latentes como lo sugiere Duffe (2002):

$$\lambda_t = \Sigma^{-\frac{1}{2}}(\lambda_0 + \lambda_1 X_t) \quad (7)$$

Asimismo, el proceso de precios es afín y mantiene la equivalencia¹⁴ de $P_t = e^{-rt}$. Por lo que asumiendo que los rendimientos de los bonos cupón cero dependen linealmente de los factores latentes, se podría tener formar la siguiente ecuación:

$$-r_t = \mathcal{A}_n + \mathcal{B}'_n X_t + e_t^n \quad (8)$$

¹² El factor de descuento estocástico en tiempo discreto es la tasa marginal de sustitución entre el consumo en dos periodos de tiempo. Sin embargo, esta relación se origina de manera aleatoria.

¹³ Ver Anexo 1 sobre resolución matemática del factor de descuento estocástico.

¹⁴ La equivalencia de $P_t = e^{-rt}$ es la forma continua de llevar el precio de un bono a valor presente.

Para coeficientes \mathcal{A}_n y \mathcal{B}_n que dependen del tiempo de madurez n . Entonces, sería equivalente los precios a $P_t = e^{(\mathcal{A}_n + \mathcal{B}'_n X_t + e_t^n)}$ con la ecuación (8). Ello implica que los precios de los bonos en logaritmos son combinaciones lineales de los factores latentes:

$$\ln P_t^n = \mathcal{A}_n + \mathcal{B}'_n X_t + e_t^n \quad (9)$$

Por lo tanto, los rendimientos de un bono cupón cero son iguales a:

$$y_t^n = -\frac{1}{n} \ln P_t^n = -\frac{1}{n} (\mathcal{A}_n + \mathcal{B}'_n X_t + e_t^n) \quad (10)$$

$$y_t^n = -\frac{1}{n} (\mathcal{A}_n + \mathcal{B}'_n X_t + e_t^n) \quad (\text{Ecuación de medida}) \quad (11)$$

Donde se puede reescribir reemplazando las variables de la siguiente manera: $A_n = -\frac{1}{n} (\mathcal{A}_n)$ y $B'_n = -\frac{1}{n} (\mathcal{B}'_n)$. De esta forma, se podría generar la siguiente ecuación que relaciona los coeficientes A_n y B'_n con la tasa libre de riesgo, el cual sería la ecuación de medida (12):

$$r_t^n = A_n + B'_n X_t + e_t^n \quad (\text{Ecuación de medida}) \quad (12)$$

Adicionalmente, se puede demostrar que el exceso de retorno también es una combinación lineal de los factores latentes.

$$\text{ExcessRet}_{t+1} = f(X_t) \quad (13)$$

De esta manera, se puede obtener el proceso generador de datos de los excesos de retorno a partir de un modelo de valoración dinámico con un factor de descuento exponencialmente afín. Luego, se estiman los parámetros del modelo a través de regresiones lineales de tres pasos y se deriva la prima por plazo a través de la diferencia de las tasas de largo plazo y las expectativas de tasas libres de riesgo.

La fórmula general para el exceso de retorno obtenido por la tenencia de un bono con un vencimiento n de $t - 1$ a t en comparación con la tasa libre de riesgo.

Esta ecuación se refiere al rendimiento del precio del bono del próximo periodo con un vencimiento $n - 1$ frente al precio del vencimiento n . De esta manera, el exceso de rendimiento se define de la siguiente manera:

$$ExcessRet_{t+1}^{n-1} = \ln P_{t+1}^{n-1} - \ln P_t^n - r_t \quad (14)$$

La ecuación anterior se puede reescribir reemplazando el valor de las ecuaciones (9) que relaciona los precios con los factores latentes:

$$ExcessRet_{t+1}^{n-1} = A_{n-1} + B'_{n-1}X_{t+1} + u_{t+1}^{n-1} - A_n + B'_nX_t + u_t^n - r_t \quad (15)$$

Por tanto, a partir de la ecuación (11) y (13), se obtienen mejor los rendimientos en exceso y analizar el precio de riesgo del mercado. De esta manera, es posible extrapolar la prima por plazo del exceso de retorno.

- Estimación de los parámetros

Existen diferentes maneras para extraer la prima por plazo del exceso de retorno. Para ello, se debe tener en cuenta que en esta especificación el término prima se expresa en términos nominales, lo que refleja tanto una prima por plazo real (*spread* de tasas de largo y corto plazo) y una prima por riesgo de inflación. Por lo que, a partir de los supuestos anteriores, la metodología de ACM propone un procedimiento de tres pasos para estimar los parámetros del modelo basado en regresión lineal.

En primer lugar, los factores latentes se calculan a partir de los rendimientos. Luego se derivan los parámetros μ y ϕ en la ecuación (1) usando mínimos cuadrados ordinarios (MCO) y de estas estimaciones se obtiene la matriz de varianza-covarianza Σ ($\hat{\Sigma} = \frac{\hat{V}\hat{V}'}{T}$), donde \hat{V} es la matriz de residuos.

En segundo lugar, se estima una regresión de los rendimientos en exceso de los bonos sobre los factores rezagados X_t y de la matriz \hat{V} .

$$ExcessRet = a + \beta'\hat{V} + cX_t + E \quad (16)$$

En tercer lugar, luego de obtener $\hat{\Sigma}$, $\hat{\sigma}^2$, \hat{a} , $\hat{\beta}$ y \hat{c} se puede derivar el estimador de λ_0 y λ_1 . De esta manera, los precios de riesgo de mercado tienen la siguiente forma:

$$\widehat{\lambda}_0 = (\widehat{\beta}\widehat{\beta}')^{-1}\widehat{\beta}(\widehat{a} + \frac{1}{2}(\widehat{B} * \text{vec}(\widehat{\Sigma}) + \widehat{\sigma}^2 i_N) \quad (17)$$

$$\widehat{\lambda}_1 = (\widehat{\beta}\widehat{\beta}')^{-1}\widehat{\beta}\widehat{c} \quad (18)$$

De tal manera que $a = \beta'\lambda_0 - \frac{1}{2}(B * \text{vec}(\Sigma) + \sigma^2 i_N)$ y $c = \beta'\lambda_1$.

En la especificación de ACM, la tasa libre de riesgo que se introdujo en las ecuaciones (6), (12) y (19) es el rendimiento obtenido en un bono que tiene un vencimiento de 1 periodo (1 mes en el análisis). Se puede expresar como una función lineal de los factores latentes:

$$r_t = \delta_0 + \delta'_1 X_t + \epsilon_t \quad (19)$$

La ecuación (19) muestra un caso específico de la ecuación (9), donde δ_0 y δ_1 pueden ser obtenidos a través del MCO. Una vez estimado μ , ϕ , σ^2 , λ_0 , λ_1 , δ_0 y δ_1 se puede obtener el modelo en rendimientos como indica la ecuación (9), usando el siguiente sistema recursivo de ecuaciones¹⁵.

$$A_{n+1} = -\delta_0 + A_n + B'_n \mu - B'_n \lambda_0 + \frac{1}{2}(B'_n \Sigma B_n + \sigma^2) \quad (20)$$

$$B'_{n+1} = -\delta'_1 + B'_n \phi - B'_n \lambda_1 \quad (21)$$

$$A_0, B'_0 = 0$$

$$A_1 = -\delta_0$$

$$B'_1 = -\delta'_1$$

Asumiendo que, $\lambda_0 = 0$ y $\lambda_1 = 0$, y calculando las ecuaciones 18 y 19, se puede obtener los rendimientos libres de riesgo en el que se calculan como $-\left(\frac{1}{n}\right)(A_n^{RF} + B_n^{RF})$. Esta ecuación es igual a las expectativas de la tasa de interés de corto plazo en el tiempo t para el horizonte n. En esa línea, la prima por plazo puede ser calculada como la diferencia entre el rendimiento neutral al riesgo y el rendimiento de largo plazo estimado por el modelo.

¹⁵ Revisar Anexo 2 para observar la lógica matemática del sistema recursivo

7.2. Modelo Paramétrico

En la investigación de Pereda (2009), el autor plantea una metodología para obtener la prima por plazo a través del modelo de Nelson y Siegel (1987) en el que estima las tasas de largo plazo y resta con los datos de encuestas de expectativa de tasas. El modelo de Nelson y Siegel (1987) propone una función continua para describir la trayectoria de la tasa de interés *forward* instantánea en función de un vector de 4 parámetros y del plazo de vencimiento, m . Ello se muestra en la ecuación (22):

$$f(m; b) = \beta_0 + \beta_1 \exp\left(-\frac{m}{\tau_1}\right) + \beta_2 \frac{m}{\tau_1} \exp\left(-\frac{m}{\tau_1}\right) \quad (22)$$

Donde $\exp(x)$ denota la función exponencial e^x y los parámetros son $b = (\beta_0, \beta_1, \beta_2, \tau_1)$. La forma de curva *forward* o *spot* del modelo del Nelson y Siegel (1987) está determinada por el valor de sus parámetros; así, el parámetro β_0 fija la tasa a la que converge la curva o tasa de largo plazo, ello es válido para la curva *spot* y *forward*. El parámetro β_1 indica qué tan lejos se ubica la tasa del periodo inicial respecto de la tasa de largo plazo. Por su parte, β_2 indica si la curva presenta una curvatura (cuando es positiva) o una forma de "U" (cuando es negativa). Finalmente, el parámetro τ_1 indica la posición de la "joroba" o "U" y la velocidad en que las tasas de corto y mediano plazo convergen a su tasa de largo plazo.

Asimismo, se puede formar una relación entre la tasa *spot* y la tasa *forward* instantánea:

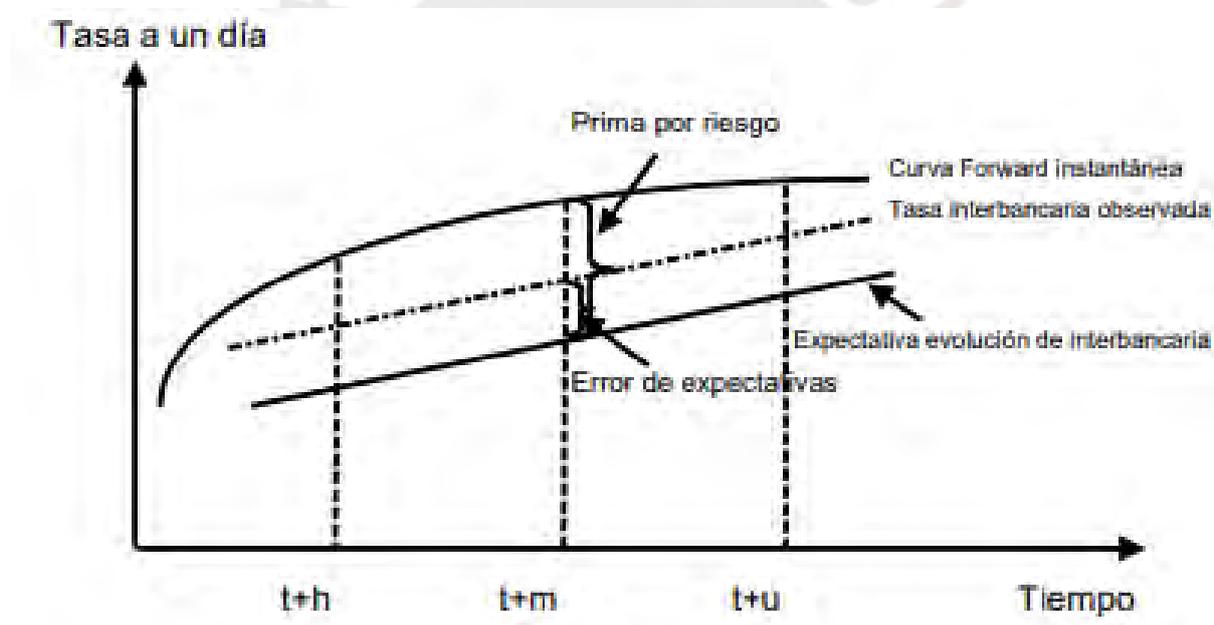
$$i(t, t + m) = \frac{1}{m} \int_{s=0}^m f(t, t + s) ds \quad (23)$$

Entonces, la tasa de interés *spot* con un plazo de vencimiento igual a m , en el periodo t , está dado por $i(t, t + m)$, o de manera abreviada se puede escribir de la siguiente forma:

$$i(m, b) = \beta_0 + \beta_1 \left(\frac{1 - e\left(\frac{-m}{\tau_1}\right)}{\frac{m}{\tau_1}} \right) + \beta_2 \left(\frac{1 - e\left(\frac{-m}{\tau_1}\right)}{\frac{m}{\tau_1}} - e\left(\frac{-m}{\tau_1}\right) \right) \quad (24)$$

De lo anterior, se puede estimar las tasas a lo largo de un horizonte. Asimismo, para obtener las expectativas de tasas de corto plazo se debe recurrir a la información de encuestas acerca de la expectativa de las tasas de corto plazo. Por lo que la prima es estimada a partir de la diferencia entre la tasa de largo plazo de la curva de rendimiento y la tasa interbancaria esperada tomada de encuestas de expectativas del BCRP. Este tema relacionado al cálculo de la prima por plazo se puede observar en la Figura 2.

Figura 2.
Prima por plazo y error de expectativas de la tasa forward



Fuente: Pereda (2009).

7.3. Modelo de regresión lineal

Luego la estimación de la prima por plazo mediante ambas metodologías, siguiendo a Adrian et al. (2013), en la siguiente sección se presenta un modelo de regresión lineal con parámetros que varían en el tiempo, donde se considera a la prima como variable endógena con el objetivo de determinar su dinámica, para ello se toman en cuenta indicadores de riesgo esperado, riesgo local, riesgo global y política

monetaria. El detalle respecto al modelo de regresión lineal y su corrección de Newey West se encuentran en el Anexo 7.

Grupos de regresión

Las estimaciones se realizarán por grupos; en ese sentido, se presentan seis modelos en tres horizontes de madurez: 2, 5 y 10 años. Se realizaron grupos de regresión para analizar la significancia estadística de las variables en diferentes escenarios y asegurarse de que no tengan un comportamiento teóricamente similar (por ejemplo, el EMBIG abarcando en parte las expectativas de inflación y depreciación). En el primer grupo de análisis, se puede observar los resultados en la Tabla 7. Como se mencionó anteriormente, para la elección de las variables se consideró a Aguilar-Argaez et al. (2020), quienes estudian los principales componentes de la prima por plazo. Entre los principales componentes teóricos se muestran a la prima por riesgo inflacionario junto con la prima por riesgo cambiario, compensación real y la prima por plazo de Estados Unidos. Sin embargo, se requiere de un análisis de comportamiento de estos riesgos a través de variables observables, por lo que se tomará a las expectativas de inflación, expectativas de depreciación y la prima por plazo estadounidense.

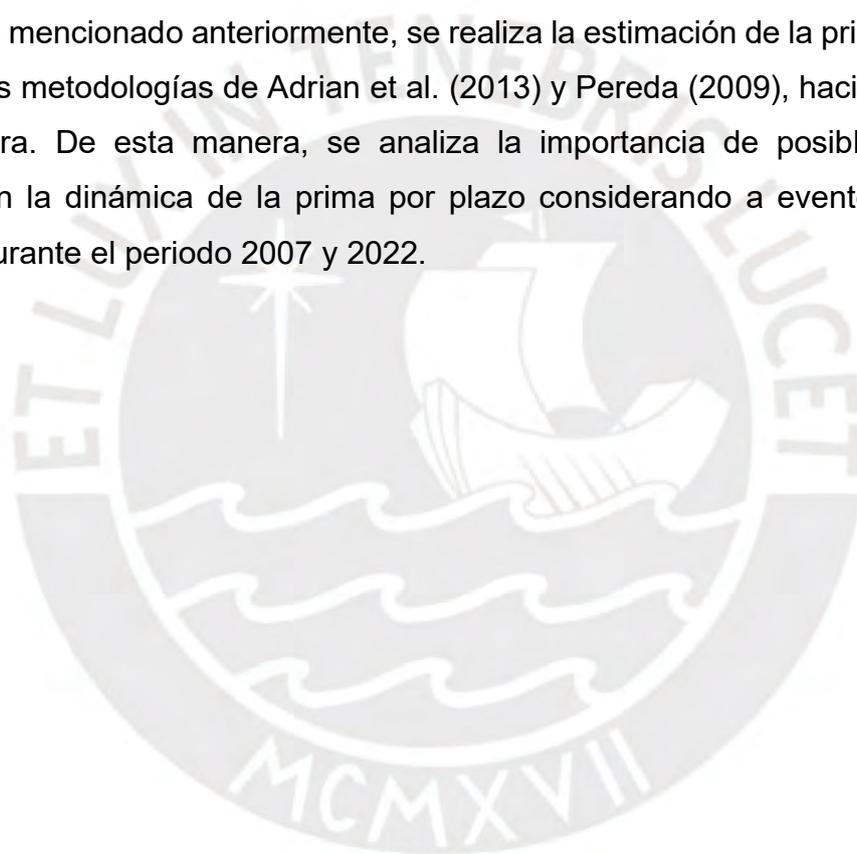
En el segundo modelo, se considera a la depreciación esperada de mercado en lugar de las expectativas de depreciación basadas en la información del BCRP. Esta depreciación es el resultado de la teoría de paridad descubierta de tasas de interés y se toma con el objetivo de analizar si las expectativas de depreciación de mercado tienen el mismo resultado frente a las expectativas de depreciación a partir de la información de las encuestas del BCRP.

Para el tercer modelo, se toma como referencia la investigación de Özbek y Talasli (2020), en el que se estima una regresión con el índice VIX, el cual representa la volatilidad del mercado financiero. En el caso peruano, se usará como *proxy* a la volatilidad del rendimiento de la Bolsa de Valores de Lima. Acorde a Chambi y Wong (2017), la economía peruana, al ser una economía pequeña, tiende a tener un efecto contagio en la transmisión de la volatilidad y riesgo de mercados internacionales más grandes. Por ello, en este modelo, no se estimará la regresión con la prima por plazo de Estados Unidos.

En el cuarto modelo, se considera la prima por plazo estadounidense, expectativas de inflación y el EMBIG con el objetivo de evaluar la reacción de la prima por riesgo del país frente al riesgo global. Además, se evalúa junto a las expectativas de inflación porque teóricamente el riesgo inflacionario es el más importante.

En los últimos 2 modelos, se analiza la eficiencia de la tasa de referencia en la prima por plazo de largo plazo del Perú. No se incluirán las expectativas de inflación debido a que el BCRP incluye dentro de su política monetaria las expectativas. Asimismo, se evalúa solo en relación con variables de riesgo como la volatilidad del índice de la bolsa de valores y el EMBIG.

Por lo mencionado anteriormente, se realiza la estimación de la prima por plazo siguiendo las metodologías de Adrian et al. (2013) y Pereda (2009), haciendo énfasis en la primera. De esta manera, se analiza la importancia de posibles variables exógenas en la dinámica de la prima por plazo considerando a eventos de estrés financiero durante el periodo 2007 y 2022.



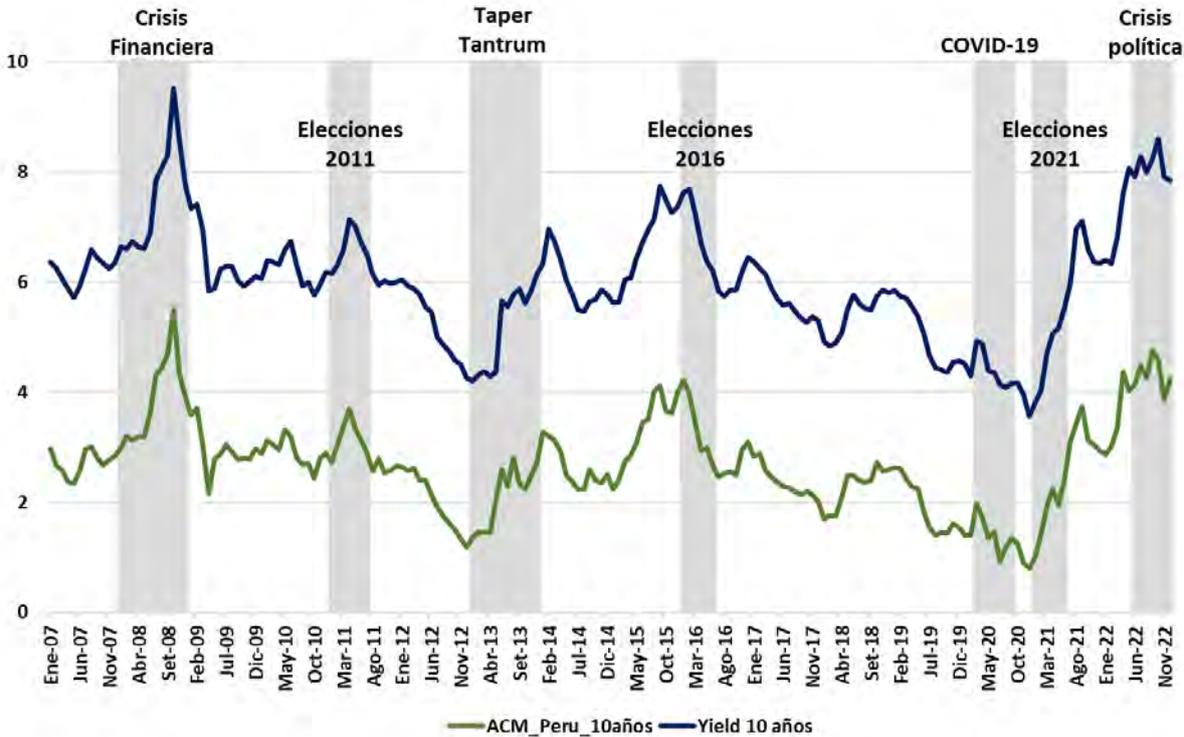
8. Resultados

En la siguiente sección se presentan los resultados del modelo descrito anteriormente. Se divide de la siguiente manera: (i) análisis de la prima por plazo en diferentes escenarios de estrés al igual que su relación con la tasa del mismo horizonte en el Perú, (ii) conjeturas esperadas del modelo de regresión, (iii) análisis estadístico de los datos, (iv) análisis de resultados de regresión. Cabe resaltar que se realiza una comparación de los resultados en tres horizontes de vencimiento: 2 años, 5 años y 10 años.

8.1. Análisis de la prima por plazo en diferentes escenarios de estrés en el Perú

En esta sección, se analizan los escenarios de sensibilidad y la importancia de la prima por plazo en las tasas de rendimientos de su mismo horizonte de madurez. Los escenarios de estrés financiero que se estudian son la crisis financiera del 2008, las elecciones del 2011, el *taper tantrum*, las elecciones del 2016, COVID-19, las elecciones del 2021 y la agudización de la crisis política entre el Ejecutivo y el Legislativo en ese mismo periodo legislativo.

Figura 3.
Evolución de la prima por plazo 10 años



Fuente: SBS. Elaboración propia.

En el caso de la Figura 3 se muestra que la prima por plazo tuvo un incremento debido a la Crisis Financiera. Asimismo, en las elecciones del 2011, especialmente en el ingreso del gobierno de Ollanta Humala. A partir de esto, es posible mencionar que la estabilidad económica del Perú generó que la prima por plazo se reduzca; sin embargo, el *Tapper Tantrum* del 2013 a causa de las acciones de la FED, la prima tuvo un incremento; en efecto tuvo un plazo de duración hasta fines del 2014. Se muestra un aporte aproximado del 60% en el nivel de las tasas de largo plazo, tomando una ratio móvil de los promedios, y este porcentaje se observa que aumenta en periodos de escenarios de crisis internacional como de incertidumbre local. Asimismo, las expectativas de tasas de corto plazo tienen un valor constante, por lo que la prima por plazo define su movimiento.

Respecto a los otros periodos de madurez, la evolución de la prima por plazo del Perú se puede observar en las Figuras 4 y 5.

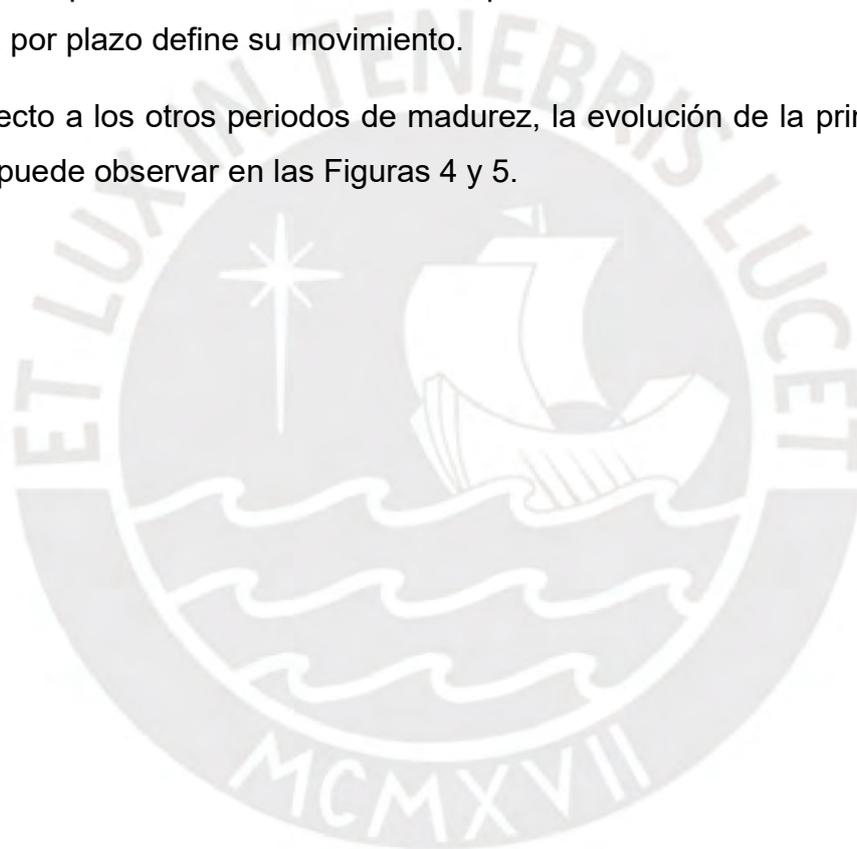
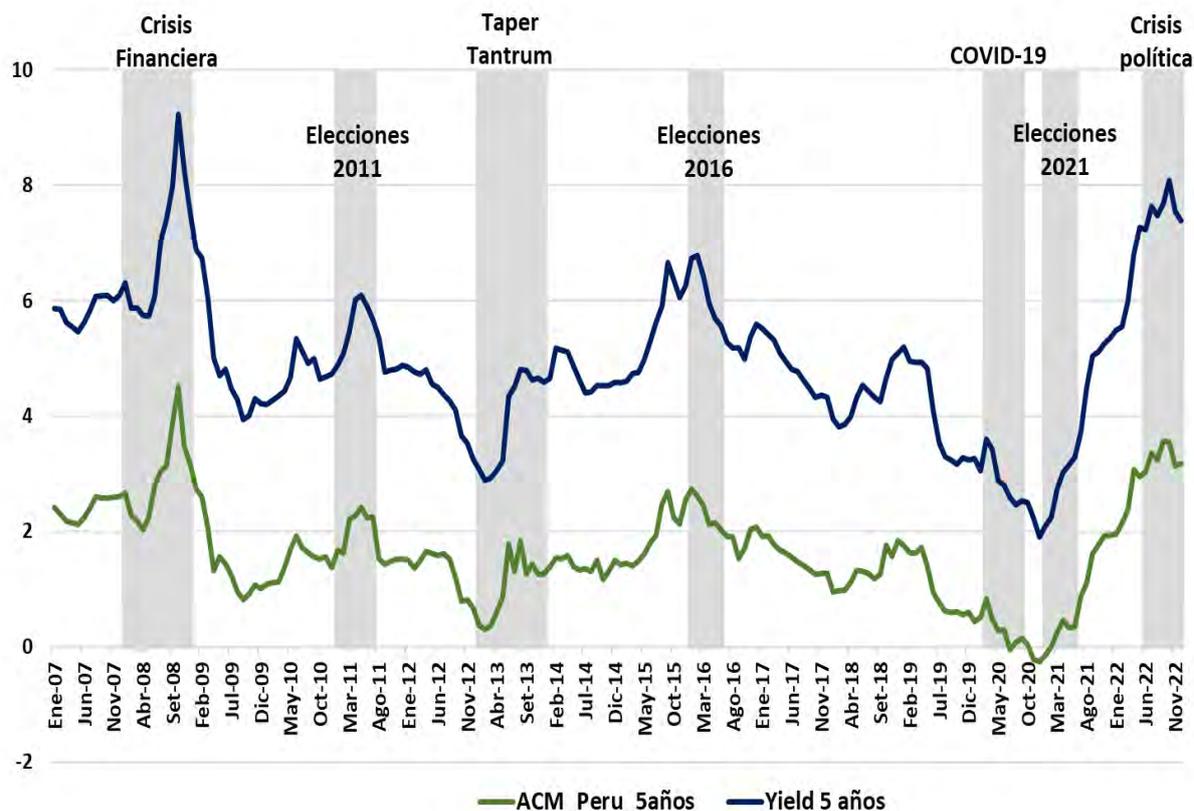
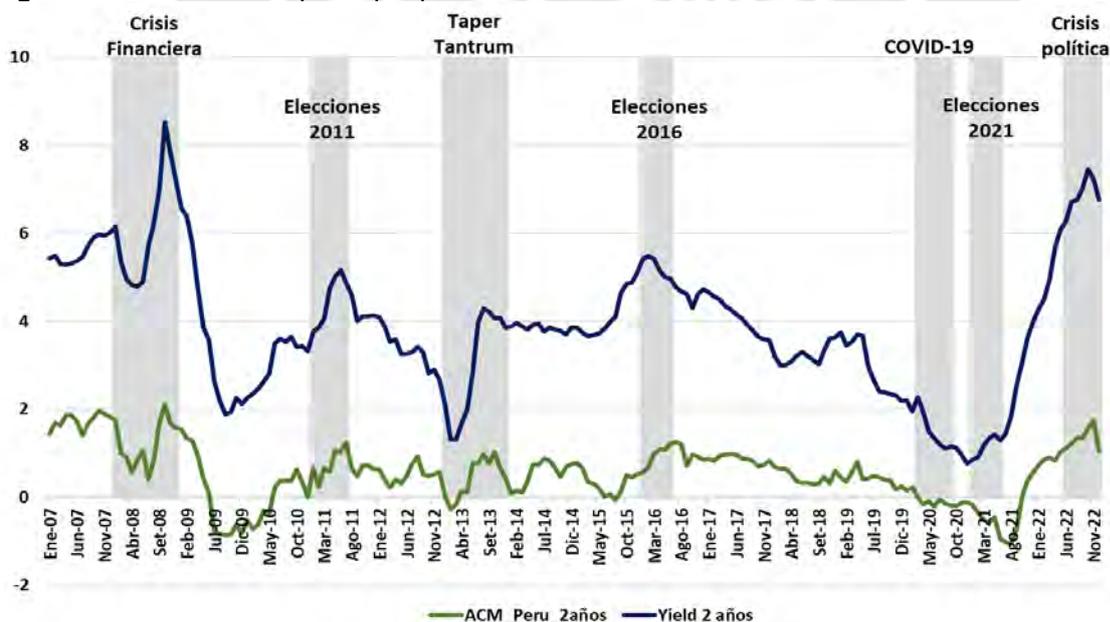


Figura 4.
Evolución de la prima por plazo 5 años



Fuente: SBS. Elaboración propia.

Figura 5. Evolución de la prima por plazo 2 años



Fuente: SBS. Elaboración propia.

De acuerdo con las Figuras 4 y 5, se puede observar que la prima por plazo empieza a disminuir su efecto en las tasas. Asimismo, la importancia respecto al

movimiento también disminuye hasta llegar a valores negativos. Por lo que se puede concluir que la prima por plazo disminuye su efecto e importancia en el nivel de las tasas de rendimientos cuando el horizonte es menor.

8.2. Conjeturas esperadas del modelo

De acuerdo con la literatura, se espera una reacción e importancia de las variables estudiadas en el movimiento de la prima por plazo. Wright (2011) encuentra una fuerte relación positiva entre la prima por plazo y el riesgo inflacionario. Ello debido a que cuando existe una mayor expectativa de inflación e incremento de precios, los inversionistas exigirán una mayor compensación. Asimismo, el incremento de las expectativas de inflación implicaría una mayor inestabilidad macroeconómica si no está respaldado por el crecimiento económico.

En el caso del comportamiento de las expectativas de depreciación, como una medida del riesgo cambiario, respecto a la prima por plazo; Soldevilla (2018) menciona que la prima tendrá un incremento por presentar una mayor inestabilidad macroeconómica. Asimismo, las economías en mercados emergentes mantienen rendimientos esperados en inversiones de divisas como parte importante en la inversión y un aumento de ese riesgo podría originar que los inversionistas exijan una mayor prima por plazo. Por otro lado, el incremento de la depreciación esperada causaría un desajuste temporal entre los compromisos de pago, lo que genera un impacto directo en los flujos de caja, estados de resultados, etc. en las compañías financieras. También generaría un incremento en la sensibilidad de diferentes activos y puede tener un impacto sobre la competitividad de la compañía y su estrategia empresarial (KPMG, 2021); en consecuencia, los inversionistas exigen una mayor prima por plazo.

Es importante señalar que Aguilar-Argaez et al. (2020) menciona que la prima por riesgo cambiario tiende a efectos de riesgo inflacionario porque, ante una depreciación del tipo de cambio significativa, genera un aumento de la exportación y de la brecha del producto. Ello generará que existan mayores presiones inflacionarias, los cuales incrementarán la prima por riesgo inflacionario. Por ello es esperable que, si se muestran ambas variables al mismo tiempo, la significancia sea menor en una

de ellas dependiendo al factor que sea más relevante para los inversionistas en un mercado.

En el caso de la prima por plazo estadounidense, la variable refleja los cambios de oferta y demanda de activos con mayor seguridad dentro del contexto internacional. En el caso de que exista un incremento, significará que hay un riesgo relacionado al contexto internacional. Lara (2016) menciona que los choques de Estados Unidos influyen en el exceso de los retornos esperados de la ETTI, y este efecto es creciente con el vencimiento, en línea con la dinámica de la prima por plazo. De esta manera, el riesgo que implica la incertidumbre internacional se traduce en una mayor demanda de retorno la cual se obtiene vía una mayor prima por plazo.

En el caso del índice de volatilidad de la Bolsa de Valores de Lima (BVL), se espera la relación positiva entre los factores financieros y la prima por plazo. Esta variable será utilizada como un símil al índice VIX que se considera en la investigación de Özbek y Talasli (2020). En ese sentido, por la misma naturaleza de las variables, se debería tener un efecto positivo en la prima por plazo debido a que el incremento de la volatilidad de la bolsa de valores implicará una mayor percepción de riesgo por parte de los inversionistas.

En el caso del EMBIG, Diaz, Gallego y Pallicera (2007) mencionan que es la compensación que tienen los inversionistas en invertir en un país emergente frente a Estados Unidos. Este tipo de riesgo engloba los principales como los temas políticos, operacionales, el mercado, de política fiscal, etc. De esta manera, se espera que tenga una influencia positiva en la prima por plazo.

Con relación a la tasa de referencia, Bernanke (2006 y 2013) menciona que la política monetaria es planteada en base a las expectativas macroeconómicas. Asimismo, distingue que, si las expectativas y las tasas de rendimiento de largo plazo se reducen debido a la disminución de la prima por plazo, entonces se debería incrementar la tasa de referencia con el objetivo de estimular la demanda. Así, el efecto del incremento en la tasa de referencia en el largo plazo debería conllevar a aumentar las expectativas de crecimiento de los rendimientos de corto en el largo plazo. Además, estos movimientos agresivos reflejan una variación en las expectativas de los inversionistas respecto a la política de la FED, el cual incrementa la incertidumbre percibida. Este efecto es más notable cuando el horizonte de

rendimiento es menor. A continuación, se muestra un cuadro resumen sobre las conjeturas desarrolladas líneas arriba.

Tabla 2.
Conjeturas esperadas en las regresiones

Variable	Signo	Conjetura	Literatura
Prima por plazo – Prima por plazo TP		La prima por plazo es una compensación por el riesgo que asumen los inversionistas al mantener sus inversiones en el largo plazo.	
Inflación esperada $E(\pi)$	+	Los inversionistas, al esperar un incremento de precios y estar expuestos a una devaluación real de sus activos, exigirán una compensación mayor en rendimientos más altos en el largo plazo. Asimismo, los inversionistas exigirán una compensación mayor y rendimientos más altos en el largo plazo al esperar un incremento de precios y estar expuestos a una devaluación real de sus activos.	Aguilar-Argaez et al. (2020) Vásquez (2018) Wright (2011) Bauer et al. (2014)
Depreciación esperada $E(dep)$	+	La pérdida de valor de las inversiones generada por la depreciación de la moneda local causará un mayor rendimiento para poder compensar el riesgo adicional que se asume.	Aguilar-Argaez et al. (2020) Soldevilla (2018)
Tasa de referencia (r_{ref})	+	La tasa de referencia más elevada indica una política monetaria restrictiva. Esto conllevaría a que se eleven los costos de financiamiento a corto plazo, lo cual puede generar una mayor compensación para que el mercado asuma más riesgo en el largo plazo.	Vásquez (2018) Ceballos y Romero (2015) Bernanke (2013)
Prima por plazo EE. UU. (TP^{US})	+	La prima por plazo de EE. UU. es considerada un indicador de riesgo global debido a la importancia del dólar en los mercados financieros internacionales y el desempeño de la economía estadounidense. En esta línea, si el mercado percibe un mayor riesgo global exigirá un rendimiento más alto para compensar el riesgo de inversión en el largo plazo.	Özbek y Talasli (2020) Cuadros (2015) Adrian et al. (2013)
Riesgo país (EMBIG)	+	El incremento del riesgo país (EMBIG) indica un incremento en la probabilidad de incumplimiento de pagos debido condiciones económicas y políticas más inestables. Esto genera que se incremente el riesgo de mantener activos en el largo plazo, lo cual implica un incremento de su compensación o prima por plazo.	
Volatilidad del rendimiento de la BVL	+	La volatilidad del índice de la BVL se interpreta como un incremento de la fluctuación de los precios como consecuencia de una mayor incertidumbre y riesgo en el mercado financiero. En consecuencia, los inversionistas exigen una prima por plazo más alta para compensar el mayor riesgo percibido en el mercado y su incertidumbre.	

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 2 muestra un resumen sobre las conjeturas expuestas por la literatura en torno a la prima por plazo y las variables independientes en estudio. En ese sentido, para demostrar su relevancia es necesario realizar diferentes modelos de regresión que demuestren el efecto o signo en diferentes horizontes de tiempo. Adicionalmente,

es importante recurrir a diferentes pruebas estadísticas que evalúen la estructura y distribución de los datos, lo cual permitirá distinguir características de las variables consideradas.

Normalidad

Se analiza la normalidad en la siguiente tabla a través del test de Jarque Bera.

Tabla 3.
Análisis de normalidad

Variable	Skewness/Kurtosis tests for Normality				
	Obs	Pr(Skewness)	Pr(Kurtosis)	adj chi2(2)	joint Prob>chi2
error	183	0.8946	0.0833	3.05	0.2171

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 3 permite observar que, según la hipótesis nula, los datos no están distribuidos normalmente. Al analizar el chi2, se observa que se rechaza la hipótesis nula, por lo que la distribución de errores se distribuye normalmente. Este resultado se repite en todos los modelos que se estiman en esta investigación.

Colinealidad

Se analiza la colinealidad de las variables a través de una tabla de correlación. Se observa que ninguna de las variables tiene una correlación alta. Esto descartaría cualquier problema de colinealidad.

Tabla 4.
Análisis de colinealidad entre variables de estudio

	TP Perú 10 años	TP Perú 5 años	TP Perú 2 años	Expectativa de inflación	Expectativa de depreciación	Depreciación de mercado esperada	Tasa de referencia	EMBIG	TP EE.UU. 10 años
TP Perú 5 años	0.8797	1							
TP Perú 2 años	0.393	0.7586	1						
Expectativa de inflación	0.6766	0.6929	0.4384	1					
Expectativa de depreciación	0.4068	0.4296	0.3349	0.3212	1				
Depreciación de mercado esperada	0.0006	-0.0891	-0.1956	0.2708	0.2874	1			
Tasa de referencia	0.4679	0.7284	0.824	0.6098	0.2863	-0.2194	1		
EMBIG	0.5362	0.4683	0.2656	0.4217	0.2266	-0.2357	0.3245	1	

TP EE. UU. 10 años	0.5202	0.3983	0.1247	0.275	-0.0826	-0.566	0.3572	0.4107	1
Volatilidad del índice de la BVL	0.3774	0.2778	0.0536	0.2374	-0.0689	-0.4834	0.1693	0.6637	0.6016

Fuente: Elaboración propia.

TP es *Term premium* o prima por plazo

Heterocedasticidad

Se analiza la presencia de heterocedasticidad en las regresiones a través del test de White.

Tabla 5.

Análisis de heterocedasticidad

White's test for H_0 : homoskedasticity
against H_a : unrestricted heteroskedasticity

chi2(9) = 30.84
Prob > chi2 = 0.0003

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 5 se tiene que la hipótesis nula es la presencia de homocedasticidad. Se observa que la $\text{prob} > \text{chi}^2$ es menor a 0.05, por lo que se rechaza la hipótesis nula. De esta manera, existe un problema de heterocedasticidad. Para poder solucionar este problema, se debe realizar una regresión robusta.

Autocorrelación

Se analiza la presencia de autocorrelación a través del test de Durbin Watson.

Tabla 6.

Análisis de autocorrelación

Durbin-Watson d-statistic(4, 183) = .2923056

Fuente: Elaboración propia.

En este caso, si los estadísticos se aproximan a los valores de 0 o 4, significa que el error de la variable endógena mantendrá una autocorrelación con su periodo rezagado. Para poder corregir este problema se puede utilizar la transformación de Newey-West o una regresión con sus rezagos. Se tomará como resultados principales

la corrección de Newey-West debido a que este ya incorpora la corrección de autocorrelación y heterocedasticidad. Asimismo, se presenta los resultados de las regresiones con sus periodos rezagados en el Anexo 4 incorporadas con variables robustas.

Es necesario resaltar que esta corrección no ha sido aplicada en otras investigaciones que plantean una regresión OLS frente a otras variables exógenas, por lo que es necesario revisar la justificación de tal omisión en la metodología y los resultados.

8.3. Análisis de resultado de la regresión lineal con la corrección de Newey-West

En esta sección, se analizarán las variables mencionadas en la metodología, además de los resultados de regresión de los seis modelos. Asimismo, se analizarán los efectos a través del signo y su significancia estadística. Por último, se examinará la importancia de las variables como factores que explican el movimiento de la prima por plazo.

Tabla 7.
Regresión prima por plazo a 10 años (2007-2022)

	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5	Modelo 6
Prima por plazo EEUU (ACM)	0.247*** (6.18)	0.295*** (6.10)		0.184*** (5.37)		
Expectativa de inflación 2 años	1.580*** (9.20)	1.613*** (11.73)	1.543*** (9.42)	1.586*** (11.87)		
Expectativa de depreciación 2 años	0.0435* (2.31)		0.0342 (1.75)		0.0661** (3.24)	0.0841*** (3.67)
Depreciación esperada (Paridad descubierta)		0.131 (1.75)				
Volatilidad del rendimiento de la BVL			0.304*** (3.46)			0.427*** (4.04)
EMBIG				0.200* (2.12)	0.505*** (3.99)	
Tasa de referencia					0.181*** (3.72)	0.201*** (4.08)
Constant	-1.624*** (-3.79)	-1.915*** (-5.14)	-1.829*** (-4.71)	-1.919*** (-5.50)	1.053*** (4.17)	1.260*** (6.44)
R-squared	0.687	0.68	0.64	0.685	0.49	0.461
Observaciones	192	192	192	192	192	192

Nota:

Coefficientes normalizados beta entre parentesis

Significancia estadística:

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 7 se observa que en el Modelo 1 las variables de expectativas de inflación y depreciación, y la prima por plazo de Estados Unidos tienen una

significancia estadística en el movimiento de la prima por plazo del Perú a 10 años. Los signos son positivos y son coherentes con las conjeturas. Es decir, el incremento de las expectativas de inflación implica que existirá un aumento de la incertidumbre económica debido a que los agentes económicos tendrán que reevaluar sus expectativas e inversión frente a un mercado más volátil. En consecuencia, implica que el costo de tenencia valores a más largo plazo se incrementa. Asimismo, la prima por plazo de EE. UU. tiene un efecto positivo debido a que los choques internacionales influyen a un mayor exceso de los retornos esperados, y este efecto es creciente con el vencimiento, lo cual conlleva a que exista una mayor demanda de retornos debido a que se exige una mayor prima por vencimiento.

Respecto al Modelo 2, se utilizan las expectativas de depreciación como resultado de la teoría de paridad descubierta de tasas de interés¹⁶. El signo se mantiene en línea con lo descrito por la literatura; sin embargo, la variable no es estadísticamente significativa. Esto se debe a que la depreciación esperada, dada la teoría de la paridad descubierta de interés, no es coherente para todos los periodos en el caso peruano (Humala 2014). De esta manera, se descarta el uso de esta variable como uno de los factores relevantes para el movimiento de la prima por plazo. Por ello, se utiliza la información de las expectativas de depreciación que brinda el BRCP a través de las encuestas mensuales.

Sobre Modelo 3, se puede observar que la volatilidad del rendimiento del índice de la BVL mantiene mayor significancia debido a que esta variable agrupa los otros tipos de riesgo que no recopila el riesgo inflacionario ni el riesgo cambiario. Estos resultados son comparables a lo mencionado por Özbek y Talasli (2020), el cual utiliza el índice VIX y observa que sus efectos son positivos en la prima por plazo.

En el Modelo 4 se incluye de manera conjunta una variable de riesgo global y el riesgo país junto a la variable más importante de la prima por plazo: el *proxy* del riesgo inflacionario. Se puede observar que el EMBIG no resulta ser significativo frente a las otras variables. Esto debido a que el riesgo país incluye todos los tipos de riesgo en general como el de inflación, el cambiario, de liquidez, etc. De esta manera, cuando se incluye con otro tipo de riesgo, la variable pierde significancia debido a que los

¹⁶ La teoría de la paridad descubierta de tasas de interés establece que las tasas de interés nominales entre dos países deben reflejar las expectativas de depreciación o apreciación de la moneda de esos países en relación entre sí.

riesgos específicos le quitan todo el efecto. Por otro lado, sirve para completar las variables restantes o como sustituto de los riesgos en país.

Siguiendo el análisis, los Modelos 5 y 6 buscan analizar el comportamiento de la tasa de referencia. Ahora bien, se observa que todos los signos son positivos y coherentes con la teoría; asimismo, la tasa de referencia en el largo plazo tiene un efecto igual de relevante que las demás. Esto indica que en el periodo de estudio la tasa de política monetaria logró afectar a la prima por plazo. Este efecto es coherente y significativo con la prima por plazo del Perú a 10 años.

En el siguiente grupo de modelos se utiliza la prima por plazo del Perú a 5 años con las mismas variables exógenas del horizonte anterior; entre los resultados obtenidos se espera que las variables de expectativa y de riesgo disminuyan su significancia, mientras que la tasa de referencia debería cobrar mayor relevancia.

Tabla 8.
Prima por plazo 5 años (2007-2022)

	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5	Modelo 6
Prima por plazo EEUU (ACM)	0.239*** (4.57)	0.219*** (4.23)		0.163*** (3.46)		
Expectativa de inflación 1 año	0.770*** (10.94)	0.844*** (11.78)	0.752*** (9.86)	0.773*** (12.81)		
Expectativa de depreciación 1 año	0.0735*** (4.37)		0.0700*** (3.92)		0.0581** (2.76)	0.0738** (3.19)
Depreciación esperada (Paridad descubierta)		-0.0153 (-0.32)				
Volatilidad del rendimiento de la BVL			0.225** (2.83)			0.221* (2.34)
EMBIG				0.179** (2.66)	0.267** (2.66)	
Tasa de referencia					0.348*** (10.90)	0.358*** (10.53)
Constant	-0.647** (-3.04)	-0.778*** (-3.86)	-0.866*** (-3.96)	-0.916*** (-3.78)	-0.122 (0.64)	-0.00303 (-0.02)
R-squared	0.66	0.621	0.645	0.635	0.677	0.699
Observaciones	192	192	192	192	192	192

Nota:

Coeficientes normalizados beta entre parentesis

Significancia estadística:

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la Tabla 8, se observa que en el Modelo 1 la prima por plazo de EE. UU. mantiene su t-estadístico, esto quiere decir que mantiene su relevancia con relación a la prima por plazo de 5 años. En el caso del segundo modelo, las expectativas de depreciación de mercado, a partir de la teoría de paridad descubierta de intereses aun no tienen significancia estadística. De la misma forma, en el tercer modelo la volatilidad del rendimiento del índice de la BVL disminuyó su significancia.

Respecto a los modelos 5 y 6, la significancia de la volatilidad del rendimiento de la BVL y el EMBIG se ha reducido, mientras que la tasa de referencia se ha incrementado respecto a los modelos de la prima por plazo de 10 años. Esto es coherente debido a que mientras la prima por plazo se encuentre en un horizonte más corto, tendrá más influencia de la tasa de referencia.

Cabe resaltar que se están utilizando las expectativas de inflación y depreciación de 1 año debido a que los resultados empíricos demuestran que estos tienen relevancia en el corto y mediano plazo. De esta manera, en el caso que se utilice las expectativas de 2 años, estas variables perderían la significancia.

Para la prima por plazo a un plazo de 2 años, considerada como muestra para el corto plazo, se debe esperar que las variables exógenas pierdan significancia. Asimismo, también se está considerando las expectativas de inflación y de depreciación a 1 año.

Tabla 9.
Prima por plazo 2 años (2007–2022)

	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5	Modelo 6
Prima por plazo EEUU (ACM)	-0.00158 (-0.01)	-0.0764 (-0.49)		-0.0908 (-0.55)		
Expectativa de inflación 1 año	0.316*** (3.65)	0.259** (2.97)	0.319*** (3.71)	0.333*** (4.39)		
Expectativa de depreciación 1 año	0.0438* (2.05)		0.0435* (2.17)		0.0234 (1.47)	0.0174 (1.02)
Depreciación esperada (Paridad descubierta)		0.098 (1.03)				
Volatilidad del rendimiento de la BVL			-0.012 (-0.11)			-0.116* (-2.08)
EMBIG				0.0728 (0.76)	-0.0871 (-1.23)	
Tasa de referencia					0.327*** (10.62)	0.328*** (11.71)
Constant	-0.362 (-1.36)	-0.339 (-1.39)	-0.351 (-1.64)	-0.516 (-1.74)	-0.446*** (3.70)	-0.436*** (-4.80)
R-squared	0.187	0.193	0.187	0.169	0.655	0.662
Observaciones	192	192	192	192	192	192

Nota:

Coefficientes normalizados beta entre parentesis

Significancia estadística:

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 9 muestra que para el Modelo 1 la prima por plazo de EE. UU. a 2 años pierde significancia en general. Las expectativas de inflación mantienen significancia junto con las expectativas de depreciación, lo cual refleja la importancia del riesgo de inflación y riesgo cambiario para la prima por plazo en todos los horizontes.

Por otro lado, se puede observar que la tasa de referencia incrementa su significancia hasta convertirse en la variable más importante que explica los movimientos de la prima por plazo. De tal manera que el R-cuadrado se incrementa a un mayor nivel que otros modelos presentados anteriormente. En contraste, los modelos analizados que no incluyen esta variable presentan un R-cuadrado más reducido que los mostrados en otros horizontes.

Asimismo, se debe resaltar que la prima por plazo rompe la relación con las otras variables debido a que los inversionistas no consideran como relevantes la prima por plazo en el corto plazo. Ello debido a que ambas tendrán como causa de movimiento otras variables relacionadas a las expectativas de tasas, los cuales no forman parte de esta investigación.

Por otro lado, se puede comparar la prima por plazo de la misma forma que la metodología de Pereda (2009). Este resultado se puede observar en el Anexo 4 y solo se pudo estimar en la prima por plazo en un horizonte de 2 años debido a la disponibilidad de información. Estos resultados son comparables con la prima por plazo del Perú a 2 años. Así, se resalta que la prima por plazo estimada en Pereda (2009) tiene como variable estadísticamente significativa la tasa de referencia, esta muestra un signo positivo, mientras las otras variables no son estadísticamente significativas. De esta manera, se muestra que la prima por plazo comparte resultados similares en ambas metodologías y en el horizonte de dos años, en específico por la tasa de referencia.

Como conclusión sobre los resultados obtenidos en los modelos con la metodología de Adrian et al (2013), es posible resaltar que la prima por plazo de EE. UU., las expectativas de inflación y depreciación son las variables más importantes en el largo plazo. Asimismo, otras variables representativas de riesgo local como el EMBIG y la volatilidad del rendimiento del índice de la BVL constituyen un sustituto de la prima por plazo de EE. UU. y otros riesgos locales como el riesgo de inflación y cambiario. Por otro lado, mientras el horizonte disminuye, la tasa de referencia tiene mayor significancia; a pesar de ello, la política monetaria tiene relevancia positiva en el largo plazo, lo cual es concordante con la investigación de Bernanke (2013).

9. Conclusiones

La investigación señala que existe una brecha en el estudio de la prima por plazo entre economías avanzadas y emergentes, como el caso peruano. Sobre este último punto, las investigaciones se enfocan en el estudio de la ETTI y sus componentes relacionados con la pendiente, nivel y curvatura, o caso contrario, la prima por plazo se aproxima a partir de la pendiente o *spread* de la ETTI.

En este contexto, es posible resaltar la importancia del estudio de la prima por plazo bajo diferentes perspectivas. En primer lugar, al analizar la prima por plazo es posible brindar una mejor perspectiva de las expectativas del mercado, esto resulta crucial para la formulación de la política monetaria, permitiendo un ajuste de tasas de interés en función de la situación económica y las expectativas del mercado, lo cual permite contribuir con un mejor control de la inflación y estímulo del crecimiento económico. Asimismo, es posible que la autoridad monetaria actúe de manera más efectiva sobre la curva de rendimientos, respondiendo adecuadamente a los cambios en las condiciones del mercado, y garantizando así la estabilidad financiera del país. Adicionalmente a ello, el estudio de la prima por plazo incrementa la capacidad de pronóstico de la autoridad monetaria, lo cual resulta esencial para la toma de decisiones en el diseño de políticas monetarias y fiscales.

En esa misma línea, los inversionistas obtienen más información para la evaluación de los riesgos y rendimientos asociados a diferentes plazos de inversión. Esto permite la toma de decisiones basadas en el perfil de inversión y su aversión al riesgo. Así, para los inversionistas con un perfil activo, el análisis de la prima por plazo permite incluirla dentro de sus estrategias de negociación y arbitraje, y aprovechar las expectativas de cambios futuros en las tasas de interés. Además, esta métrica es esencial en la planificación financiera a largo plazo para determinar las inversiones que pueden generar flujos de ingresos más constantes o mayores rendimientos con el tiempo.

Al respecto, esta investigación utiliza la metodología del modelo de estructura afín propuesta por Adrian et al. (2013), comúnmente conocida con el modelo ACM, para la estimación de la prima por plazo, la cual es sensible a cambios en la ETTI. Esto permite capturar los cambios más sutiles en la prima por plazo. En cambio, el cálculo mediante el *spread* de tasas de largo plazo frente al corto plazo podría

subestimar o sobreestimar la prima por plazo en ciertos escenarios, lo cual generaría un sesgo en el cálculo. A partir de lo mencionado anteriormente, es posible resaltar cinco aspectos puntuales:

En primer lugar, la prima por plazo estimada a partir de la metodología propuesta por Adrian et al. (2013) muestra que es sensible a variables de riesgo. Así, si bien la prima por plazo de Estados Unidos se muestra como la variable más relevante para explicar su dinámica, esta pierde significancia mientras el horizonte es más corto, con lo cual es posible mencionar que la percepción de incertidumbre tiene como factor principal al riesgo global cuando el horizonte de inversión es más largo.

En segundo lugar, respecto al riesgo esperado, las variables como la inflación y la depreciación esperada tienen significancia en todos los periodos¹⁷. En el caso del riesgo cambiario, esta variable tiene mayor relevancia en el largo plazo mientras que la inflación cobra mayor importancia en todos los horizontes. En ambos casos, la significancia estadística es mayor a medida que el plazo se incrementa.

En tercer lugar, respecto a los indicadores de riesgo económico, las variables de riesgo local como la volatilidad del rendimiento del índice de la BVL y el EMBIG tienen una fuerte significancia estadística en el largo plazo. Ambas variables engloban el riesgo de mercado y país, el cual resulta ser relevante en la dinámica de la prima por plazo. Sin embargo, son más sensibles respecto a la pérdida de significancia cuando el horizonte es menor frente a otras variables de riesgo específico.

En cuarto lugar, la tasa de referencia resulta ser una variable importante en la dinámica de la prima por plazo cuando el horizonte es menor. Sin embargo, no pierde toda la significancia estadística en el largo plazo, esto conlleva a que la política monetaria agresiva podría tener un efecto en las tasas de todos los horizontes temporales.

Por último, la prima por plazo con un mayor horizonte incrementa su relevancia respecto al movimiento de las tasas de rendimiento, especialmente en periodos de estrés. Sin embargo, mientras el horizonte disminuye, las expectativas cobran mayor relevancia, lo cual implica que la política monetaria debería actuar de diferente manera en línea con el movimiento de la prima por plazo.

¹⁷ 2, 5 y 10 años

A partir de todo lo mencionado, se recomienda que la autoridad monetaria recopile información de las expectativas macroeconómicas en horizontes más largos como se realiza en Estados Unidos. Por otro lado, se le debería prestar mayor importancia a la existencia de la prima por plazo por parte de los inversionistas



10. Referencias bibliográficas

Abrahams, M., Adrian T., Crump R., & Moench E. (2015). Decomposing Real and Nominal Yield Curves. Federal Reserve Bank of New York.

Abbritti, M., Dell'Erba S., Moreno A., & Sola, S. (2018). Global factors in the term structure of interest rates. *International Journal of Central Banking*, 14 (2) (2018), pp. 301-340

Adrian, T., R. Crump & E. Moench. (2013). Pricing the Term Structure with Linear Regressions, *Journal of Financial Economics*, Vol. 110, pp. 110-138.

Aguilar-Argaez, A., Diego-Fernández, M., Elizondo, R., & Roldán-Peña, J. (2020). Dinámica de la Prima por Plazo y sus Determinantes: El Caso Mexicano.

Albagli, E., Ceballos, L., Claro, S. & Romero, D. (2018). Channels of US monetary policy spillovers to international bond markets. *J. Financ. Econ.*

Ang, A., & Piazzessi, M. (2003). A no-arbitrage vector autorregression of term dynamics with macroeconomic and latent variables. *Journal of Monetary Economics*, p. 50.

Arosemena, A. & Arango L. (2002). Lecturas alternativas de la estructura a plazo: una breve revisión de literatura. Banco de la República.

Asociación de Bancos del Perú. (2001). Los efectos de la tasa de interés de referencia en el costo de crédito bancario. 745-787.

Bauer, M. D., Rudebusch, G. D., & Wu, J. C. (2014). Term Premia and Inflation Uncertainty: Empirical Evidence from an International Panel Dataset: Comment. *American Economic Review*, 104(1), 323–337. doi:10.1257/aer.104.1.323

BBVA Research (2021). Global: ¿Riesgo de estanflación? Publicado el 4 octubre 2021. Revisado en <https://www.bbvaresearch.com/publicaciones/global-riesgo-de-estanflacion/>

Bernanke, B. S., Boivin J., & Elias, P. (2005). Measuring the effects of monetary policy: A factor-augmented vector autoregressive (FAVAR) approach. *Quarterly Journal of Economics*, 120(1), 387-422. <https://www.nber.org/papers/w10220>

Bernanke, B. S. (2006). Reflections on the yield curve and monetary policy. Discurso 175, Board of Governors of the Federal Reserve System (U.S.).

Bernanke, B. S. (2013). Long term interest rates. Discurso 1º de marzo de 2013. Board of Governors of the Federal Reserve System (U.S.).

Campbell, J. & Shiller, R. (1991). Yield spreads and interest rate movements: a bird's eye view. *The Econometrics of Financial Markets*, special issue, *Review of Economic Studies* 58 (3), 495-514.

Canlin L., Andrew M. & Rodriguez M. (2017). Robustness of long maturity term premium estimates. Board of Governors of the Federal Reserve System.

Carrillo, G. & Montes, A. (2014). La curva de Rendimientos and fluctuaciones macroeconómicas: el caso peruano. Universidad del Pacífico, Paper, Facultad de Economía, Investigación Económica II, 2014-II.

Cazzulani, L. (2019). Estimating and discussing the term premium on German bonds. Unicredit. Strategy Research Rates, Perspectives, No.74

Ceballos, L. & Romero, D. (2016). Decomposing long-term interest rates: an international comparison J. Fixed Income, 26 (1) (2016), p. 61

Chahuayo, M. S. (2019). Estimación de la curva de rendimiento soberana del Perú y la incidencia de factores macro-financieros [Trabajo de investigación para optar el grado de bachiller en Economía y Finanzas, Universidad Privada de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Académico UPC. <http://hdl.handle.net/10757/648862>

Chambi, Pedro. (2017). La volatilidad de los mercados financieros globalizados: impacto en la Bolsa de Valores de Lima - Perú. Quipukamayoc. 25. 103. 10.15381/quipu.v25i47.13808.

Chambi, P. P. & Wong, L. A. (2017). Volatilidad de los mercados financieros globales: impacto en la rentabilidad de la Bolsa de Valores de Lima-Perú. En II Congreso Internacional de Ciencias de la Gestión: Nuevas tendencias y fronteras de la gestión. (pp. 1 - 26).

Chirinos, A. M. A., & Moreno, M. (2011). Estimación de la estructura temporal de las tasas de interés: el caso venezolano (Documento de Trabajo N° 119). Banco Central de Venezuela.

Cortés, J., & Ramos-Francia, M. (2008). Un modelo macroeconómico de la estructura temporal de tasas de interés en México. Documento de Investigación N° 2008-10. Banco de México. <https://www.banxico.org.mx/DIBM/web/documento/visor.html?clave=2008-10&locale=es>

Cochrane, J., & Piazzesi, M. (2005). Bond risk premia. American Economic Review, 95, 138-160.

Cochrane, J., & Piazzesi, M. (2008). Decomposing the yield curve. University of Chicago. Documento no publicado

Cuadros C. (2015). Descomposición de la estructura a términos de las tasas de interés de los bonos soberanos de Estados Unidos y Colombia. Revista de Economía del Rosario. Vol. 18. N°2. julio - diciembre 2015. 309-342.

Culbertson, J.M. (1957). The Term Structure of Interest Rates. The Quarterly Journal of Economics, 71(4), 485-517. <https://doi.org/10.2307/1885708>

Diaz S., Gallego A. & Pallicera N. (2007). Riesgo país en mercados emergentes. Master en Mercados Financieros. Universidad de Pompeu.

Diebold, F., Rudebusch, G., & Aruoba, B. (2006). The macroeconomy and the yield curve: A dynamic latent factor approach. *Journal of Econometrics*, 131, 309-338.

Doriga, J. (2021). ¿En dónde quedó el taper tantrum? *El Economista*. Revisado en: <https://www.economista.com.mx/opinion/En-donde-queda-el-taper-tantrum-20210816-0100.html>

Duffie, G., R. Kan (1996). A yield-factor model of interest rates *Math. Finance*, 6 (4) (1996), pp. 379-406

Duffee, G. (2002). Term Premia and interest rate forecasts in affine models. *Journal of Finance* 57, 405-443.

Espinosa, J., Melo, L., & Moreno, J. (2014). Estimación de la prima por vencimiento de los TES en pesos del gobierno colombiano. *Borradores de Economía*, 854.

Fama, E. (1990), Term-structure forecasts of interest rates, inflation and real returns. *Journal of Monetary Economics* 25, 59-76.

Fama, E. F., & Bliss, R. R. (1987). The Information in Long-Maturity Forward Rates.

Ferderer, J. P., & Shadbegian, R. (1993). A comparison of alternative term premium estimates. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 33(2), 179–195. doi:10.1016/1062-9769(93)90022-c

Fisher, I. (1930) *Theory of Interest*, New York, Macmillan.

Fisher, I. (1896). *Appreciation and Interest: A Study of the Influence of Monetary Appreciation and Depreciation on the Rate of Interest with Applications to the Bimetallic Controversy and the Theory of Interest*. New York: American Economic Association by the Macmillian Company. August 1896, <https://fraser.stlouisfed.org/title/3609>

Hamilton, J. & Kim D. (2002). A Re-Examination of the Predictability of the Yield Spread for Real Economic Activity.

Hicks, J.R. (1946). *Value and Capital*. London, Oxford University Press.

Humala, A. (2014). Expectativas de depreciación y diferencia de tasas de interés_ ¿Hay regímenes cambiantes? El caso de Perú. *Estudios económicos*. Banco Central de Reserva del Perú.

Ibarra, R. (2021). The yield as a predictor of economic activity in Mexico: the role of the term premium. Banco de México.

Instituto Peruano de Economía (2013). El efecto Humala. Revisado en: <https://www.ipe.org.pe/portal/comentario-diario-19-4-2011-el-efecto-humala/>

Kaminska I. & Roberts-Sklar M. (2015). A Global Factor in Variance Risk Premia and Local Bond Pricing (December 2015). Bank of England Working Paper No. 576.

Kim, D. & Wright, J. (2005). An Arbitrage-Free Three-Factor Term Structure Model and the Recent Behavior of Long-Term Yields and Distant Horizon Forward Rates, Finance and Economics Discussion Series No. 2005-33, Board of Governors of the Federal Reserve System, Washington, DC. <https://doi.org/10.17016/feds.2005.33>

Kim, D. H., & Orphanides, A. (2004). Term structure estimation with survey data on interest rate forecasts. Finance and Economics Discussion Series 2005-48, Board of Governors of the Federal Reserve System (U.S.).

Kim, D. H., & Orphanides, A. (2007). The bond market term premium - what is it, and how can we measure it? *bis Quarterly Review*.

Koijen R., Theo E. & Bas J. (2007). When Can Life-cycle Investors Benefit from Time-varying Bond Risk Premia? *Tilburn University*, 1(1):1.

Koijen, R., Nijman, T. & Werker, B. (2010). When Can Life Cycle Investors Benefit from Time-Varying Bond Risk Premia? *Review of Financial Studies*. 23. 741-780. 10.2139/ssrn.795925.

KPMG (2021). La volatilidad del tipo de cambio y su incidencia sobre la gestión de riesgo empresarial. *Financial Risk Management*.

Melo, L., & Castro, G. (2010). Relación entre variables macro y curva de rendimientos. *Borradores de Economía*, (605). Banco de la República de Colombia.

Modigliani, M & R. Sutch (1966). Innovations in Interest Rate Policy. *American Economic Review*, 56, 178-197.

Morales, M. (2008). The real yield curve and macroeconomic factors in the Chilean economy. *Applied Economics*, 42(27), 1-13

Nelson, C., & Siegel, A. (1987). Parsimonious modeling of yield curves. *The Journal of Business*, 60, 473-489.

Olivares, A., Rodríguez, G., & Ataurima, M. (2019). Estimation of Peru's sovereign yield curve: The role of macroeconomic and latent factors. *Journal of Economic Studies*, 46(3), 533-563. <https://doi.org/10.1108/JES-04-2017-0089>

Özbek, İ., & Talasli, İ. (2020). Term premium in emerging market sovereign yields: Role of common and country specific factors. *Central Bank Review*, 20(4), 169–182. doi:10.1016/j.cbrev.2020.09.003

Pereda, J. (2009). Estimación de la Curva de Rendimiento Cupón Cero para el Perú. *Estudios Económicos*, Banco Central de Reserva del Perú. *Revista Estudios Económicos*, (17), 113-145. <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Revista-Estudios-Economicos/17/Estudios-Economicos-17-4.pdf>

Pereda, J. (2010). Estimación de la curva de rendimiento cupón cero para el Perú y su uso para el análisis monetario. *Economía*, 33(65), 103-132.

Rodríguez, A., & Villavicencio, J. (2005). La formación de la curva de rendimientos en nuevos soles en Perú. Documento de Trabajo N° 239. Departamento de Economía de la Pontificia Universidad Católica del Perú. <https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/economia/article/view/565>

Shiller, R. (1987). The Term Structure of Interest Rates. National Bureau of Economic Research, Working Paper 2341.

Soldevilla, A. (2018). Estimación de primas cambiantes en el tiempo por riesgo cambiario y por riesgo de inflación. Aplicación al Sistema Privado de Pensiones. [Tesis para optar el grado de Magíster en Economía]. Repositorio Digital de Tesis y Trabajos de Investigación PUCP. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/10256>

Superintendencia de Banca y Seguros del Perú (SBS). (2014). Curva peruana de rendimientos de bonos del Tesoro, período 2005-2014.

Svensson, L. (1994). Estimating and interpreting forward interest rates: Sweden 1992-4. IMF Working Paper, 1994/114. International Monetary Fund.

Tang D., Li Y. y Tandon A. (2019). The Term Premium Conundrum. White Paper. Neuberger Berman.

Vásquez, J. (2018). The bond term premium in an estimated DSGE model with real-time learning. *Journal of Economic Dynamics and Control*.

Wright, J. (2011). Term premia and inflation uncertainty: empirical evidence from an international panel dataset. *Am. Econ. Rev.*, 101 (4) (2011), pp. 1514-1534.

Anexos

Anexo 1. Precio real y nominal de un bono cupón cero

Considere un bono cupón cero en el horizonte n que está siendo valorizado en el periodo t y paga una unidad de consumo del bien en el periodo $t + n$. Primero considere que un modelo en el tiempo discreto en el que inversor tiene una función de utilidad de la siguiente forma:

$$\sum_{j=0}^{\infty} \beta^j u(c_{t+j})$$

Donde c_t denota el consumo en el periodo y $u(c_t)$ es su utilidad en ese periodo. La condición de primer orden de maximización requiere que el precio del bono cupón cero en el horizonte n será:

$$P_{n,t}^R = E_t \left(\beta^n \frac{u'(c_{t+n})}{u'(c_t)} \right)$$

Donde $u'(c_t)$ denota la utilidad marginal en un periodo dado. De esta manera, se considera un modelo en tiempo continuo en el que el inversor representativo maximiza una función de utilidad de la siguiente forma:

$$E_t \left(\int_{s=0}^{\infty} e^{-\delta s} u(c(t+s)) ds \right)$$

Donde $c(t)$ denota el consumo instantáneo en el periodo t y $u(c(t+s))$ denota la función de utilidad instantánea. La condición de primer orden de la maximización de utilidad es análoga al tiempo discreto, requiriendo que el precio del bono cupón cero en el horizonte n será de la siguiente manera:

$$P_{n,t}^R = E_t \left(e^{-\delta n} \frac{u'(c(t+n))}{u'(c(t))} \right)$$

Donde $u'(\cdot)$ denota la utilidad marginal instantánea. Esta puede ser reescrita como:

$$P_{n,t}^R = E_t \left(\frac{M^R(t+n)}{M^R(t)} \right)$$

Donde $M^R(t) = e^{-\delta t} u'(c(t))$ es el factor de descuento estocástico en tiempo continuo o el precio de Kernel.

Sin embargo, en esta investigación se centra principalmente en los bonos nominales en vez que los reales. Un bono nominal cupón cero que paga \$1 en términos nominales en el periodo $t+n$, o $\frac{1}{Q(t+n)}$ en términos reales, donde $Q(t)$ denota el índice de precio. La condición de primer orden para la maximización de utilidad requiere que el precio del bono cupón cero será lo siguiente:

$$P_{n,t} = E(e^{-\delta n} \frac{u'(c(t+n))}{u'(c(t))} \frac{Q(t)}{Q(t+n)})$$

Que puede ser reescrito como:

$$P_{n,t} = E_t \left(\frac{M(t+n)}{M(t)} \right)$$

Donde $M(t) = \frac{M^R(t)}{Q(t)}$ es el factor de descuento estocástico en tiempo continuo.

El modelo asume que la relación de precios de la anterior ecuación es válida para todos los bonos. Por lo tanto, no hay oportunidades de arbitraje o que los precios son libres de arbitraje.

Anexo 2. Desarrollo del sistema recursivo

De la ecuación 2, se puede crear una función recursiva. Se tiene los precios de los bonos son funciones afines de las variables de estado:

$$\text{Log}P_t^n = A_n + B'_n X_t$$

$$\begin{aligned} \exp(A_{n+1} + B'_{n+1} X_T) &= E_t[\exp\left(-\delta_0 - \delta'_1 X_T - \frac{1}{2} \lambda'_t \lambda_t - \lambda'_t \Sigma^{-\frac{1}{2}} v_{t+1}\right) \exp(A_n + B'_n X_{t+1})] \\ &= \exp\left(-\delta_0 - \delta'_1 X_T - \frac{1}{2} \lambda'_t \lambda_t + A_n\right) E_t\left[\exp\left(-\lambda'_t \Sigma^{-\frac{1}{2}} v_{t+1} + B'_n X_{t+1}\right)\right] \end{aligned}$$

Donde el segundo término del lado derecho se puede expresar como:

$$\begin{aligned} E_t\left[\exp\left(-\lambda'_t \Sigma^{-\frac{1}{2}} v_{t+1} + B'_n X_{t+1}\right)\right] &= E_t\left[\exp\left(-\lambda'_t \Sigma^{-\frac{1}{2}} v_{t+1} + B'_n \mu + B'_n \phi X_t + B'_n v_{t+1}\right)\right] \\ &= E_t\left[\exp\left(\left(-\lambda'_t \Sigma^{-\frac{1}{2}} + B'_n\right) v_{t+1} + B'_n \mu + B'_n \phi X_t\right)\right] \\ &= \exp(B'_n \mu + B'_n \phi X_t) \exp\left(\frac{1}{2} \left(\lambda'_t \lambda_t - 2B'_n \Sigma^{-\frac{1}{2}} \lambda_t + B'_n \Sigma B_n + \sigma^2\right)\right) \end{aligned}$$

Retomando se tiene:

$$\begin{aligned} A_{n+1} + B'_{n+1} X_t &= \left(-\delta_0 - \delta'_1 - \frac{1}{2} \lambda'_t \lambda_t + A_n\right) + (B'_n \mu + B'_n \phi X_t) \\ &\quad + \left(\frac{1}{2} \left(\lambda'_t \lambda_t - 2B'_n \Sigma^{-\frac{1}{2}} \lambda_t + B'_n \Sigma B_n + \sigma^2\right)\right) \\ &= -\delta_0 - \delta'_1 X_t + A_n + B'_n \mu + B'_n \phi X_t - B'_n \Sigma^{-\frac{1}{2}} \lambda_t + \frac{1}{2} (B'_n \Sigma B_n + \sigma^2) \\ &= -\delta_0 - \delta'_1 X_t + A_n + B'_n \mu + B'_n \phi X_t - B'_n \lambda_0 - B'_n \lambda_1 X_t + \frac{1}{2} (B'_n \Sigma B_n + \sigma^2) \end{aligned}$$

Igualando coeficientes se logra el siguiente resultado:

$$A_{n+1} = -\delta_0 + A_n + B'_n \mu - B'_n \lambda_0 + \frac{1}{2} (B'_n \Sigma B_n + \sigma^2)$$

$$B'_{n+1} = -\delta'_1 + B'_n \phi - B'_n \lambda_1$$

En el caso de que se asume de que $P_t^n = 0$, entonces:

$$A_0, B'_0 = 0$$

Por último, se reemplaza en la ecuación 18 y 19 se tiene que:

$$A_1 = -\delta_0$$

$$B'_1 = -\delta'_1$$



Anexo 3. Modelo de regresión lineal sin corrección de la autocorrelación

Tabla 10.

Modelo de regresión lineal sin corrección de autocorrelación

	model1	model2	model3	model4	model5	model6
ACM_USD 10 años	0.387*** (10.27)	0.452*** (10.39)		0.249*** (6.71)		
Expectativas de inflación 2 años	0.790*** (3.54)	1.062*** (5.82)	1.054*** (4.94)	1.024*** (5.24)		
Expectativas de depreciación 2 años	0.103*** (6.30)		0.0881*** (5.02)		0.0752*** (4.93)	0.105*** (6.16)
Depreciación esperada (Paridad descubierta)		0.257*** (3.42)				
Volatilidad del rendimiento de la BVL			0.477*** (5.59)			0.524*** (6.07)
EMBIG				0.279* (3.18)	0.495*** (5.35)	
Tasa de referencia					0.141*** (3.60)	0.161*** (4.29)
Constant	0.426 (0.77)	-0.642 (-1.26)	-0.602 (-1.14)	-0.469 (-0.97)	1.377*** (7.34)	1.476*** (9.08)
R-squared	0.577	0.514	0.478	0.493	0.459	0.451
Observaciones	183	183	183	183	183	183

t estadístico en parentesis

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 4. Modelo de regresión lineal AR(1) ACM Perú 10 años

Tabla 11.

Modelo de regresión lineal AR(1) ACM Perú 10 años

	model1	model2	model3	model4	model5	model6
ACM_Perú 10 años (-1)	0.964*** (15.34)	0.840*** (18.27)	0.921*** (17.67)	0.884*** (21.36)	0.955*** (20.15)	0.955*** (16.64)
ACM_USD 10 años	0.0502 (1.70)	0.10*** (3.38)		0.0518*** (2.23)		
Expectativas de inflación 2 años	0.16 (1.63)	0.137 (1.37)	0.175 (1.84)	0.188* (2.10)		
Expectativas de depreciación 2 años	0.00189 (0.16)		-0.00903 (-0.80)		-0.00518 (-0.57)	-0.00659 (-0.59)
Depreciación esperada (Paridad descubierta)		0.0761* (2.03)				
Volatilidad del rendimiento de la BVL			-0.0265 (-0.49)			-0.0244 (-0.44)
EMBIG				-0.0482 (-0.68)	-0.0208 (-0.3)	
Tasa de referencia					-0.0034 (-0.18)	-0.00422 (-0.22)
Constant	-0.0608 (-0.21)	-0.0993 (-0.42)	-0.18 (-0.66)	-0.1 (-0.45)	0.184 (1.28)	0.181 (1.36)
R-squared	0.872	0.977	0.87	0.873	0.868	0.868
Observaciones	182	182	182	182	182	182

t estadístico en parentesis

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 5. Test de Durbin Watson

Tabla 12.

Test de Durbin Watson Modelo 1

Test Equation:

Dependent Variable: RESID

Method: Least Squares

Date: 07/10/22 Time: 21:55

Sample: 2007M01 2022M03

Included observations: 183

Presample missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
ACM_USD10	-0.006934	0.024175	-0.286810	0.7746
EXP_INF_2	-0.047637	0.095205	-0.500366	0.6174
DEP_BCR2	-0.010240	0.008593	-1.191649	0.2350
C	0.140538	0.235927	0.595684	0.5522
RESID(-1)	0.889713	0.074887	11.88070	0.0000
RESID(-2)	-0.145703	0.100219	-1.453844	0.1478
RESID(-3)	0.139857	0.101888	1.372647	0.1716
RESID(-4)	-0.090356	0.077239	-1.169821	0.2437
R-squared	0.660934	Mean dependent var	3.78E-16	
Adjusted R-squared	0.647371	S.D. dependent var	0.524561	
S.E. of regression	0.311498	Akaike info criterion	0.547883	
Sum squared resid	16.98041	Schwarz criterion	0.688188	
Log likelihood	-42.13126	Hannan-Quinn criter.	0.604755	
F-statistic	48.73187	Durbin-Watson stat	1.920123	
Prob(F-statistic)	0.000000			

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13.

Test de Durbin Watson Modelo 2

Test Equation:

Dependent Variable: RESID

Method: Least Squares

Date: 07/10/22 Time: 21:55

Sample: 2007M01 2022M03

Included observations: 183

Presample missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
ACM_USD10	0.011859	0.029448	0.402725	0.6876
EXP_INF_2	-0.122943	0.090954	-1.351707	0.1782
DEP_MK10	0.014155	0.031381	0.451080	0.6525
C	0.285324	0.216121	1.320210	0.1885
RESID(-1)	0.819361	0.075918	10.79274	0.0000
RESID(-2)	0.004843	0.097636	0.049599	0.9605
RESID(-3)	0.077265	0.099920	0.773274	0.4404
RESID(-4)	-0.046937	0.079485	-0.590513	0.5556
R-squared	0.716903	Mean dependent var	6.23E-16	
Adjusted R-squared	0.705579	S.D. dependent var	0.562504	
S.E. of regression	0.305218	Akaike info criterion	0.507150	
Sum squared resid	16.30264	Schwarz criterion	0.647455	
Log likelihood	-38.40419	Hannan-Quinn criter.	0.564022	
F-statistic	63.30887	Durbin-Watson stat	1.832139	
Prob(F-statistic)	0.000000			

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14.**Test de Durbin Watson Modelo 3**

Test Equation:

Dependent Variable: RESID

Method: Least Squares

Date: 07/10/22 Time: 21:55

Sample: 2007M01 2022M03

Included observations: 183

Presample missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
EXP_INF_2	-0.079102	0.097214	-0.813695	0.4169
DEP_BCR2	-0.011908	0.009123	-1.305271	0.1935
VOL_INDICE	-0.031620	0.044088	-0.717196	0.4742
C	0.257588	0.238531	1.079893	0.2817
RESID(-1)	0.927022	0.074408	12.45858	0.0000
RESID(-2)	-0.189868	0.101555	-1.869602	0.0632
RESID(-3)	0.179022	0.103376	1.731761	0.0851
RESID(-4)	-0.104844	0.076984	-1.361907	0.1750
R-squared	0.692824	Mean dependent var	-8.37E-17	
Adjusted R-squared	0.680537	S.D. dependent var	0.582895	
S.E. of regression	0.329459	Akaike info criterion	0.660000	
Sum squared resid	18.99503	Schwarz criterion	0.800305	
Log likelihood	-52.38998	Hannan-Quinn criter.	0.716872	
F-statistic	56.38655	Durbin-Watson stat	1.931943	
Prob(F-statistic)	0.000000			

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15.**Test de Durbin Watson Modelo 4**

Test Equation:

Dependent Variable: RESID

Method: Least Squares

Date: 07/10/22 Time: 21:55

Sample: 2007M01 2022M03

Included observations: 183

Presample missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
EMBIG	-0.045775	0.039652	-1.154434	0.2499
EXP_INF_2	-0.099071	0.090011	-1.100663	0.2726
ACM_USD10	0.017779	0.023153	0.767866	0.4436
C	0.326497	0.211445	1.544121	0.1244
RESID(-1)	0.937724	0.074797	12.53687	0.0000
RESID(-2)	-0.120378	0.102752	-1.171535	0.2430
RESID(-3)	0.129272	0.104698	1.234710	0.2186
RESID(-4)	-0.093299	0.078448	-1.189309	0.2359
R-squared	0.753771	Mean dependent var	-7.72E-16	
Adjusted R-squared	0.743922	S.D. dependent var	0.574591	
S.E. of regression	0.290767	Akaike info criterion	0.410144	
Sum squared resid	14.79548	Schwarz criterion	0.550449	
Log likelihood	-29.52818	Hannan-Quinn criter.	0.467017	
F-statistic	76.53143	Durbin-Watson stat	1.884424	
Prob(F-statistic)	0.000000			

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16.
Test de Durbin Watson Modelo 5

Test Equation:
Dependent Variable: RESID
Method: Least Squares
Date: 07/10/22 Time: 21:55
Sample: 2007M01 2022M03
Included observations: 183
Presample missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
TASA_REFERENCIA	-0.004525	0.014691	-0.307984	0.7585
DEP_BCR2	-0.005359	0.006783	-0.790020	0.4306
EMBIG	-0.066273	0.032817	-2.019500	0.0450
C	0.142350	0.070196	2.027887	0.0441
RESID(-1)	1.084695	0.073784	14.70089	0.0000
RESID(-2)	-0.290772	0.109122	-2.664635	0.0084
RESID(-3)	0.211755	0.109125	1.940474	0.0539
RESID(-4)	-0.150913	0.075638	-1.995190	0.0476
R-squared	0.804096	Mean dependent var	-5.31E-16	
Adjusted R-squared	0.796259	S.D. dependent var	0.593445	
S.E. of regression	0.267867	Akaike info criterion	0.246078	
Sum squared resid	12.55671	Schwarz criterion	0.386384	
Log likelihood	-14.51615	Hannan-Quinn criter.	0.302951	
F-statistic	102.6133	Durbin-Watson stat	1.932809	
Prob(F-statistic)	0.000000			

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17.
Test de Durbin Watson Modelo 6

Test Equation:
Dependent Variable: RESID
Method: Least Squares
Date: 07/10/22 Time: 21:55
Sample: 2007M01 2022M03
Included observations: 183
Presample missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
TASA_REFERENCIA	-0.007595	0.016330	-0.465065	0.6425
DEP_BCR2	-0.012983	0.008102	-1.602386	0.1109
VOL_INDICE	-0.031036	0.040204	-0.771964	0.4412
C	0.082347	0.073560	1.119448	0.2645
RESID(-1)	1.025949	0.074457	13.77916	0.0000
RESID(-2)	-0.256203	0.106801	-2.398885	0.0175
RESID(-3)	0.169735	0.106928	1.587375	0.1142
RESID(-4)	-0.123201	0.075568	-1.630343	0.1048
R-squared	0.744332	Mean dependent var	-1.77E-16	
Adjusted R-squared	0.734105	S.D. dependent var	0.597590	
S.E. of regression	0.308147	Akaike info criterion	0.526253	
Sum squared resid	16.61707	Schwarz criterion	0.666559	
Log likelihood	-40.15216	Hannan-Quinn criter.	0.583126	
F-statistic	72.78307	Durbin-Watson stat	1.957152	
Prob(F-statistic)	0.000000			

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 6. Prima por plazo 2 años según la metodología de Pereda (2009)

Newey-West

Tabla 18.

Prima por plazo 2 años según la metodología de Pereda (2009) Newey-West

	model1	model2	model3	model4	model5	model6
ACM_USD 2 años	-0.0135 (-0.15)	0.0771 (0.80)		0.156 (1.32)		
Expectativas de inflación 1 año	0.269 (1.42)	0.203 (1.00)	0.298 (1.62)	0.192 (1.05)		
Expectativas de depreciación 1 año	-0.0609* (-2.31)		-0.0643* (-2.40)		-0.0581** (-2.68)	-0.0631** (-2.67)
Depreciación esperada (Paridad descubierta)		-0.0578 (-1.14)				
Volatilidad del rendimiento de la BVL			-0.116 (-1.87)			-0.0955 (-1.48)
EMBIG				-0.16 (-1.83)	-0.128* (-2.20)	
Tasa de referencia					0.145*** (-0.18)	0.129*** (3.42)
Constant	-0.574 (-1.22)	-0.33 (-0.72)	-0.501 (-1.15)	-0.108 (-0.28)	-0.0762 (-1.24)	-0.134 (-1.54)
R-squared	0.088	0.034	0.103	0.048	0.143	0.133
Observaciones	164	164	164	164	164	164

t estadístico en parentesis

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Anexo 7. Modelo de regresión lineal y la corrección de Newey West

La regresión lineal toma la siguiente forma:

$$Y_t = \gamma_{0,t} + \gamma_{1,t}X_{1,t} + \dots + \gamma_{k,t}X_{k,t} + \varepsilon_t$$

Sobre el modelo, es preciso mencionar que a pesar de que la regresión en un horizonte temporal tenga el objetivo de captar el comportamiento de la varianza de ambos grupos, existen situaciones que podrían alterar la significancia y eficiencia de los regresores; entre ellos, que la muestra podría presentar problemas de heterocedasticidad y autocorrelación de errores.

Entre las metodologías para poder corregir estos problemas, se encuentra la corrección de Newey-West, el cual soluciona los problemas de heterocedasticidad y autocorrelación. Esta corrección proporciona una estimación de la matriz de covarianza de los parámetros de un tipo de regresión. El estimador de varianza de Newey-West maneja la autocorrelación hasta un rezago m .

Así, Newey-West calcula las estimaciones:

$$\hat{\beta}_{OLS} = (X'X)^{-1}X'y$$
$$\widehat{Var}(\hat{\beta}_{OLS}) = (X'X)^{-1}X'\widehat{\Omega}X(X'X)^{-1}$$

Estas estimaciones de coeficientes son los mismo que la regresión lineal OLS y la varianza cuando no hay autocorrelación. En el caso de que exista un periodo rezagado, la estimación de la varianza cambia y son calculados a través de la formulación de White para m rezagos:

$$X'\widehat{\Omega}X = X'\widehat{\Omega}_0X + \frac{n}{n-k} \sum_{l=1}^m \left(1 - \frac{l}{m+1}\right) \sum_{t=l+1}^n \widehat{e}_t \widehat{e}_{t-l} (x_t'x_{t-l} + x_{t-l}'x_t')$$

Donde es $\widehat{e}_t = y_t - x_t\hat{\beta}_{OLS}$, donde x es la i -ésima fila de la matriz X , n es el número de observaciones, y k es el número de predictores en el modelo, incluyendo la constante si es que hay una. La fórmula ya corrige la heteroscedasticidad y la modificación que realiza solo altera a la matriz de varianza, mas no a las betas.

Anexo 8. Apéndice metodológico

En esta investigación se realizó la búsqueda de un paquete que se asemeje de forma precisa a la metodología propuesta por Adrian, Crump y Moench (2013). En este caso, se utiliza el siguiente acceso, el cual refleja de manera más fidedigna el modelo ACM:

https://github.com/sadgen/ACM_Term_Premium

Este código hallado en la plataforma de Github muestra un sistema de programación en Python, el cual demuestra en tres pasos el modelo de estructura temporal afín de Adrian, Crump y Moench (2013). Se toma como ejemplo el archivo `gsw_ns_params.xlsx` en el que se muestra los parámetros de la curva de rendimiento extraída de la Reserva Federal a partir del modelo de Nelson, Siegel y Svensson. De estos parámetros, se puede estimar los rendimientos en diferentes periodos a través de la función `load_gsw.py`, el cual será usado por el código más adelante.

Por otro lado, es importante mencionar que en el caso peruano no se publica los parámetros de Nelson, Siegel y Svensson, por lo que es necesario calcular estos parámetros a través de la librería `nelson_siegel_svensson`. Para ello, es necesario importar la curva de rendimientos en soles del Perú en diferentes horizontes a partir del portal SBS.

Una vez obtenidos los parámetros, se ingresa al código `PricingTermStructure.ipynb` en el que se tiene que adaptar el código de acuerdo a los errores presentes. En este caso, se eliminan ciertas fechas con error y se transforma toda la información en puntos básicos porcentuales. De esta manera, primero, se corre el código de las tasas de largo plazo en el periodo que se requiere. Segundo, se reemplaza λ_0 y λ_1 , los cuales son valores correspondientes al riesgo, iguales a 0. Así, se obtienen las tasas libres de riesgo, para luego diferenciar ambos. De esta manera, es posible observar la prima por plazo.