



Universidad de
San Andrés

Universidad de San Andrés

Maestría en Finanzas

TESIS

Modelización de Activos de Renta

Fija Emergentes: Modelos de Forma Reducida

Tesista: Verónica Lema Pose – DNI: 28.460.589

Mentor: Ignacio Warnes

Buenos Aires, diciembre 2015

* veronicalp@hotmail.com

ABSTRACT

El presente trabajo se centra en el desarrollo de un marco de estimación de precios teóricos y de la estructura temporal de probabilidad de default asociada al soberano, bajo el ala de la literatura de Modelos de Forma Reducida. Para ello, se utilizará un proceso estadístico para modelar la curva temporal de supervivencia, una estructura de tasas libre de riesgo aplicables a cada pago correspondiente de cada bono en particular, a la vez que se definirá exógenamente una tasa de recupero (asociada a eventos de créditos pasados). El modelo se aplica a bonos de Argentina, y el periodo bajo estudio se centra en Enero 2013-Julio 2015.



Universidad de
San Andrés

INTRODUCCION

El riesgo de crédito soberano y la valuación de activos de renta fija, no siempre es capturado por los modelos tradicionales de valuación de activos. El mercado de capitales cumple satisfactoriamente su papel informativo siempre y cuando éste sea capaz de diseminar la información relevante de manera eficiente. Fama (1970) logra sintetizar esas contribuciones en su Hipótesis de los Mercados Eficientes (HME). De modo tal que un mercado es eficiente si los precios reflejan plenamente la información disponible, es decir, ajustándose de inmediato a la nueva información que llega al mercado. De esta manera, la propuesta del “*Método Tradicional*” por la cual cada activo de renta fija se valúa de manera que el inversor sea compensado por el riesgo de incumplimiento (mayor tasa de descuento) resultan ineficientes, dado que se asume el pasado como un buen indicador del futuro y se aplica a toda la estructura de pagos sin diferenciar entre un pago en t y un pago en $t+n$.

Por tal motivo, el objetivo del presente trabajo es, asumiendo una tasa de recupero asociada, construir una estructura temporal de probabilidad de default asociada al agente de crédito bajo estudio, en este caso el soberano, que nos permita una valuación más precisa.

Para ello, el presente trabajo se basa en los “*Modelos de Intensidad de Default de Forma Reducida*”, por el cual el precio teórico de un bono surge como la sumatoria de los cash flows esperados ponderados por la probabilidad de supervivencia del sujeto de crédito (soberano) en cada momento de pago, t , más la ponderación del valor de recupero por la probabilidad de default del agente en t , descontado a la tasa libre de riesgo para cada t . Es decir, se trata de un modelo binomial de valuación, donde la estructura de pago se pondera por la probabilidad de supervivencia y default, con base en el trabajo de valuación neutral al riesgo presentada por Jarrow, Lando y Turnbull (1997).

De esta manera, la valuación de los títulos de renta fija teniendo en cuenta la probabilidad de default del activo implica ajustar una **curva de supervivencia** a un set de precios de bonos, tomando en cuenta tanto la **posibilidad de default**, como el cash flow asociado al evento de default dada una **tasa de recupero** sobre el valor par. Una vez que una curva genérica es estimada por un grupo dado de bonos, podemos derivar un set de estructuras temporales y valores relativos.

La importancia del trabajo radica en que no solo conduce a recoger el efecto riesgo de crédito del sujeto sino a desarrollar la estructura temporal de probabilidad de default asociadas al agente de riesgo. Esto es, a futuro la aplicación de este tipo de modelos a los precios de mercado atiende al desarrollo de una metodología de valuación conducente con una mejor interpretación de los precios de mercados y tendiente a la identificación de desarbitrajes.

En relación a los trabajos de referencia, los primeros pasos en la literatura son los “*Modelos Estructurales*”, que definen instrumentos de valuación de renta fija sujeta a

riesgo de default. El modelo del Valor de la Firma (Merton, 1974), estipula que la capacidad de pago de una firma estará vinculada al valor de sus activos (V) y que existe un único pasivo, con un sólo pago al vencimiento (K). En este caso, Merton parte de la teoría de valuación de opciones, al considerar el bono sujeto a riesgo de default como un bono libre de riesgo descontando un Put sobre los activos de la firma (valuado usando la fórmula de Black & Scholes) con un precio de ejercicio equivalente a K . La opción se dispara cuando los pasivos son menores que los activos, ergo deja de lado el default por problemas de liquidez, tampoco hay pagos antes del vencimiento excluyendo la posibilidad de default por no pago de un cupón, ambos puntos ampliamente rebatidos por la realidad (ej. Transportadora de Gas del Norte en 2008).

Los “Modelos de Tiempo de Primer Pasaje” (Black and Cox, 1976), intentan salvar el problema de incumplimiento previo al vencimiento considerando un “umbral” de riesgo de incumplimiento, y de esta manera, tener en cuenta temas como la prioridad de pago de deudores frente a la existencia de deuda subordinada o la exigibilidad de la deuda en su totalidad frente al incumplimiento de un pago de cupón (o covenants).

Finalmente, encontramos los modelos de Forma Reducida, a los que se remite el presente trabajo. Los Modelos de Intensidad de Default, definen la ocurrencia de un incumplimiento en función de un proceso estocástico y una tasa de recupero exógena (aunque normalmente se tienen en cuenta la tasa de recupero histórica asociada al sujeto de crédito). Se trata de un modelo binomial de valuación, donde la estructura de pago se pondera por la probabilidad de supervivencia y default, con base en el trabajo de valuación neutral al riesgo presentada por Jarrow, Lando y Turnbull (1997).

METODOLOGIA

El presente trabajo desarrolla una metodología de valuación de activos de renta fija a través de un modelo de probabilidad de default en base a una distribución gamma, aplicable a bonos soberanos argentinos legislados bajo ley local bajo el periodo Ene13-Jul15.

Las contribuciones se pueden resumir en:

1. desarrollo de una metodología de distribución gamma para la valuación de activos de renta fija soberana. Cabe recordar que la literatura de los Modelos de Forma Reducida establece que el precio de un bono es la sumatoria de los cash flows futuros esperados ponderados por la probabilidad de supervivencia y la probabilidad de default del emisor. De esta manera, podemos estimar la estructura de probabilidad de default característica de los bonos soberanos argentinos durante distintos momentos de tiempo (dentro de la ventana temporal bajo estudio) para estudiar como son los cambios experimentados por el soberano.

2. calibración del modelo. Para ello analizaremos los precios teóricos arrojados por el modelo vía series históricas de diferencias de precios teóricos versus de mercado.

También se utilizará un diagrama de caja que permitirá agrupar las diferencias en percentiles. Buscamos corroborar cuán buen pronosticador ha sido el modelo en el tiempo.

Como paso inicial, se procederá a la creación de una base de bonos emitidos por Argentina ley local en dólares, seleccionando aquellos de mayor liquidez, con el correspondiente detalle de cada flujo de pagos (fechas de pago, estructura de amortizaciones y cupones).

Para calibrar correctamente el modelo teórico contra el mercado y comprobar su eficiencia histórica necesitaremos construir una base histórica de precios de mercado para cada uno de los bonos bajo análisis, contra la cual comparar a diario los resultados arrojados por el modelo y medir su eficiencia. La calibración de los parámetros óptimos del modelo se obtienen vía la utilización del Solver (herramienta de optimización del Excel) que permitirá dar con aquellos parámetros que minimizan la función objetivo, es decir la diferencia de rendimientos teóricos versus mercado. Finalmente, se utilizarán precios diarios fuente Deutsche Bank para cada bono, obtenidos a través de una terminal de Bloomberg.

3. Testear la preferencia de los modelos de forma reducida de probabilidad de default como método de valoración relativa de instrumentos de renta fija emergentes. En este trabajo se espera desarrollar una metodología alternativa de valuación de activos de renta fija sujetos a riesgo de crédito en el marco de la literatura de Modelos de Reducida, con el objetivo de identificar, de manera eficiente, desarbitrajes dentro de la curva soberana. De hecho, bonos que normalmente se negocian a similares Spreads, pueden tener distintas probabilidades de default asociadas. Para ello, se definirá exógenamente una tasa de recupero y una función matemática estipulará la estructura temporal de supervivencia asociada al emisor (y como contrapartida la estructura temporal de probabilidades de default). Se espera verificar que los valores pronosticados por el modelo son capaces de detectar eficientemente oportunidades de desarbitrajes y derivar una curva de probabilidades de incumplimiento asociada al emisor.

Adicionalmente, y como parte del trabajo, se procederá al armado de una estructura temporal de tasas libre de riesgo en dólares. Se utilizarán tasas swaps (dado que logran captar mejor el costo de fondeo bancario) fuente Bloomberg para distintos periodos que van desde 3 meses a 30 años. Esto es, siguiendo el trabajo de Kimiaki Aonuma y Hidetoshi Nakagawa (2001) se asume una tasa libre de riesgo, r , independiente de la probabilidad de default. Este supuesto implica que la tasa libre de riesgo no causara el default del sujeto de crédito, sino factores inherentes al emisor.

Adicionalmente, se asume que se trata de un bono a tasa fija, bullet, por lo cual el precio del bono en $P(0,T)$ se puede estimar como:

$$P(0,T) = Z(0,T) \cdot E \left[\exp \left(- \int_0^T (1-L)h(s)ds \right) \right] \quad (1)$$

Siendo $h(t)$: probabilidad de default, y L : tasa de recupero. En otras palabras, el Spread de crédito en t , y la diferencia entre la tasa de interés ajustada por default y la tasa libre de riesgo estará dada por: $(1-L)h(t)$.

A su vez, L se definirá exógenamente, en base al trabajo realizado por la agencia calificadora Moody's sobre tasas de recupero, definidas como el ratio de los flujos recibidos tras dispararse una cesación de pagos y los flujos prometidos inicialmente. Para el caso bajo estudio, se toma la tasa de recupero asignada por Moody's para Argentina del 25%, bajo el supuesto que se contabiliza como un porcentaje del principal.

Habiendo definido los Inputs, podemos pasar al modelo bajo aplicación. Se trabajará sobre un proceso dinámico de default, por lo cual la probabilidad de un evento de crédito cambia en el tiempo. En el presente trabajo se establece que la probabilidad de default, responde a una distribución gama, con dos parámetros *Gamma* (α, β).

Estas funciones se caracterizan porque los parámetros:

$\alpha > 0$, define la forma

$\beta > 0$ la escala

La distribución Gama puede utilizarse para modelar tasas de fallo decrecientes, constantes y crecientes en función del parámetro α . Además este tipo de aproximación a través de una distribución Gama garantiza el principio de la parsimonia.¹²

San Andrés

¹ Existen otros trabajos que evocan una distribución gamma en la construcción de la probabilidad de default. Desrosiers (2007) aduce que las distribuciones normalmente utilizadas para la modelización de la probabilidad de default son la distribución gamma, exponencial, y Weibull. Entre las bondades referentes a la distribución gamma considero que dicha distribución modela con efectividad si se considera que el tenedor atravesará varias instancias de crisis antes de entrar en default.

² Altman-Resti-Sironi - (2002) definen la probabilidad de incumplimiento de cada agente de crédito como el producto de dos componentes: un shock de corto plazo (en base a factores macroeconómicos) y una probabilidad de default de largo plazo para lo cual utilizan una distribución gamma ya que se trata de distribuciones sesgadas a la derecha, lo que implica que la mayor parte del tiempo la probabilidad de default permanece baja, pero puede incrementarse dramáticamente en algunos escenarios extremos

DISTRIBUCION GAMMA

La distribución Gamma es la distribución de probabilidad de la variable aleatoria que representa el tiempo hasta que se producen α veces un determinado suceso. Se dice que una variable aleatoria X tiene una distribución gamma si su función de densidad está dada por:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{\beta^\alpha \cdot \Gamma(\alpha)} \cdot x^{\alpha-1} \cdot e^{-\frac{x}{\beta}} & \text{si } x > 0 \\ 0 & \text{si } x \leq 0 \end{cases} \quad \alpha > 0 \text{ y } \beta > 0$$

Se trata de una distribución continua, útil para modelizar aquellas variables aleatorias con asimetría positiva (mayor concentración de valores a la izquierda de la media que a la derecha) y/o tests donde está involucrado el tiempo (ej: tiempo de vida de un sistema electrónico).

La distribución es retratada por dos parámetros positivos α , β que determinan su forma y alcance por la derecha, respectivamente.

Propiedades

- Su esperanza viene dada por: $E(X) = \alpha \beta$
- Su varianza viene dada por: $V(X) = \alpha \beta^2$
- Coeficiente de Asimetría: $2 / \sqrt{\alpha}$
- Curtosis Relativa: $3 (1 + 2 / \alpha)$

El parámetro α (número real y positivo) estipula la máxima intensidad de la probabilidad, dando forma a la distribución. De esta manera: (1) para valores cercanos a 0 la distribución adquiere una forma similar a la exponencial; (2) valores grandes de α dibujan una distribución que se desplaza hacia la derecha, más semejante a una distribución normal.

El parámetro β determina la forma de la asimetría: (1) para valores elevados de β la función arroja más densidad de probabilidad en el extremo derecho de la cola; (2) para valores bajos de β obtenemos una figura más concentrada y simétrica. Una forma de interpretar β es “el tiempo promedio entre ocurrencia de un suceso”³

A efectos del trabajo, aprovecharemos las cualidades de la distribución de no negatividad y sesgo hacia la derecha, para modelizar la probabilidad de supervivencia asociada a un sujeto de crédito. Esto es, partimos de la idea de suponer que si la distribución es útil para modelizar variables aleatorias del tipo “tiempo en horas que semanalmente requiere un máquina para mantenimiento”, bien podría serlo para

³ Arroyo Indira, Bravo Luis, Llinás Humberto, Muñoz Fabián, 2014. Distribuciones Poisson y Gamma: Una Discreta y Continúa Relación.

modelizar la probabilidad de supervivencia asociada a un sujeto de crédito durante su vida.

APLICACIÓN PRÁCTICA DE LA DISTRIBUCION

En base a **la distribución Gamma**, se procederá a calcular una Curva Acumulada de Probabilidad de Supervivencia, cuya contrapartida será la Curva de probabilidad de Default del sujeto. **La estimación de dicha estructura de probabilidades contará con la utilización del Solver para dar con los parámetros (α , β) que hacen cero la diferencia entre los rendimientos teóricos y de mercado.**

Una vez que hubiéramos obtenido ambas curvas de probabilidades aplicaremos la ecuación fundamental del modelo, la cual Kimiaki Aonuma y Hidetoshi Nakagawa (2001) sintetiza de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}
 PV = & \sum_{i=1}^N \frac{C}{f} \cdot Z_{Libor}(t_i) \cdot Q(t_i) + Z_{Libor}(t_N) \cdot Q(t_N) \\
 & + \sum_{i=1}^N R \cdot Z_{Libor}(t_i) \cdot (Q(t_{i-1}) - Q(t_i))
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

Donde:

PV: dirty price del bono

Ti i=1...N son las fechas de pago de cupones

Q(t) es la probabilidad de supervivencia en el momento t

C es la tasa de cupón

F es la frecuencia de pago de cupón

Z libor (t) es la tasa de descuento libre de riesgo para el momento t

R es la tasa de recupero del bono

El primer término de la ecuación establece que cada promesa de pago (pago de cupones o principal) debe ser descontada a una tasa libre de riesgo y ponderada por la probabilidad de supervivencia del emisor. Recordar que esta curva de probabilidad de supervivencia estará dada por los parámetros que minimizan la diferencia entre los rendimientos teóricos y de mercado al cuadrado.

En adición a los cupones y principal comprometido, existe otro tipo de pago que el inversor tendrá derecho a solicitar solo en caso de mediar un evento de default, el valor

de recuperó. De esta manera, el segundo término representa el valor presente del pago contingente, obtenido vía el producto de la tasa de recuperó por la probabilidad de ocurrencia del evento de default en un intervalo de tiempo.

Finalmente, tras obtener los valores teóricos calculados por la ecuación (2) se evaluará si el método propuesto es eficiente. Para ello se compararán los valores actuarialmente justos (teóricos) versus los precios de mercado, y su performance histórica. De esa manera, podremos saber cuán eficiente ha sido el modelo históricamente, denotando valores atípicos de la distribución y evaluando su simetría.



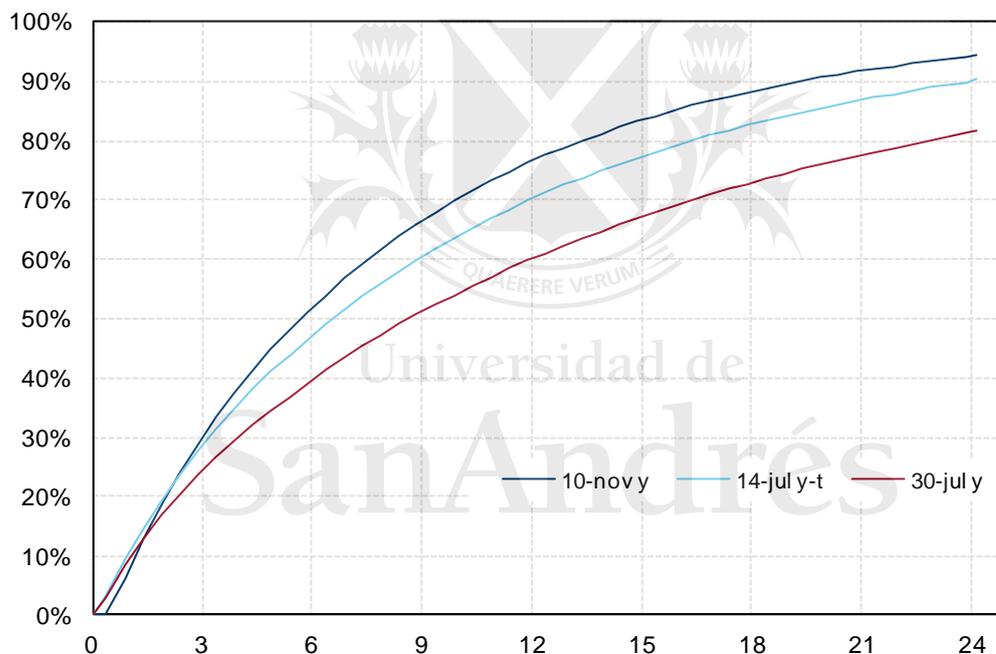
Universidad de
San Andrés

DATOS & RESULTADOS

El componente de riesgo de crédito es estimado utilizando una estructura de probabilidades de default. Específicamente, se calcula la intensidad de default y otros parámetros definiendo la estructura temporal de default.

La probabilidad de default está condicionada a un “no default” antes de un momento determinado t y se estima vía la minimización del error al cuadrado entre los precios del modelo y los precios del mercado. La gráfica a continuación muestra la probabilidad de default “neutral al riesgo” implícita en el precio de los bonos argentinos. Es interesante denotar, que hemos marcado tres campos temporales para observar cómo se movió la curva de probabilidad de default. En este sentido, la curva previa al default soberano sobre los bonos de legislación extranjera es menos empinada que las curvas a posteriori.

Graf 1: Probabilidad Acumulada de Default



En este caso, se calculó la probabilidad acumulada de default en distintos momentos del tiempo, destacando el 30-06-14 momento en el cual el Juez Griesa declara el stay sobre los bonos soberanos con ley internacional. En función de ese momento, se calculó la probabilidad de default, con posterioridad (30-Nov) y con anterioridad (14-jul). Es interesante rescatar como a medida que el conflicto se mantiene, la probabilidad de default implícita en las cotizaciones bajo estudio aumenta.

Resultados del Modelo

Como ya indicáramos, el objetivo del presente trabajo atañe a los bonos soberanos emitidos bajo ley local, pagaderos en dólares con cotización local a internacional, a saber: Boden 15, Bonar X; Bonar 24; Discount USD ley local y Par USD ley local.

En base a las tasas swaps en dólares para distintos plazos armamos una curva de tasas de referencia libre de riesgo (Fuente: Bloomberg). Asimismo, los parámetros que definen la probabilidad de default se obtendrán de minimizar la sumatoria de las diferencias al cuadrado entre los rendimientos de mercado y los rendimientos teóricos, para cada bono en particular.

En un escenario de no default, el valor presente del bono es la sumatoria de los flujos de fondos esperados en t ponderado por el producto entre la tasa libre de riesgo en t y por la curva de supervivencia. En este caso, se define como curva de supervivencia una distribución Gamma con parámetros α y β , descriptos con anterioridad (ver Definición de la Distribución Gamma).

Por el contrario, en un escenario de default, el flujo de fondos es el valor par multiplicado por el producto entre la tasa de recupero y la probabilidad de default, condicionada a su supervivencia en el periodo anterior. En este caso, la tasa de recupero se fija en 25% en base al trabajo realizado por Moodys⁴ para el caso Argentino.

Tabla 1: Valuación de la Curva US\$ Argentina bajo ley local

El procedimiento descripto se realizó para todos los bonos de la curva local soberana en dólares legislación local detallados previamente, obteniendo los siguientes resultados:

Liquidación	6-Jul-15	Bono	Px. Mkt	Px. Teórico	Valor Par	Tir Mkt	Tir Teórica
Día de Análisis	30-Jun-15	Boden 2015	101,20	101,18	100,00	9,43%	9,50%
Tasa de Recupero	25,00%	Bonar X	97,74	97,96	100,00	9,33%	9,20%
α	0,94207483	Bonar 24	96,87	96,47	100,00	9,73%	9,82%
β	10,6409783	Disc	85,65	87,77	140,20	10,29%	9,97%
		Par	54,88	51,97	100,00	8,35%	8,81%

La fecha de análisis es el 30-Jun-15 con liquidación $t+3$ el 6-Jun-15, tras contabilizar los días no laborables en Argentina y EE.UU. Los parámetros de α y β que minimizan la diferencia de rendimientos al cuadrado y definen la curva de supervivencia y probabilidad de default son 0.94 y 10.64 respectivamente.

Se utiliza una tasa de recupero de 25%, que como se indicara proviene del trabajo de Moody's de 2007.

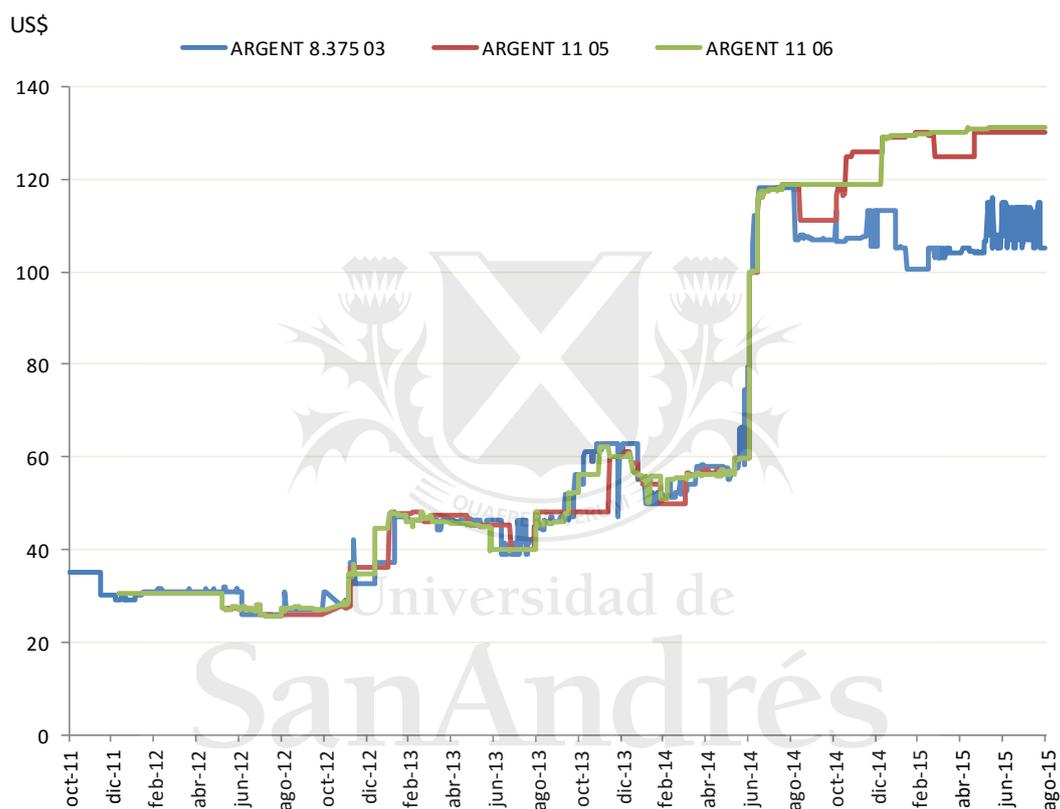
❖ ⁴ Moody's 2007. Sovereign Default and Recovery Rates, 1983-2006. Moodys's Special Comment.

Sin embargo, la evolución histórica de los precios de la deuda en default desde 2001 que visualizamos en la Grafica 2, estipula la necesidad de incrementar la tasa de recuperero asociada.

Se observa que tras 2011 el mercado comenzó a reconocer un porcentaje de recuperero mayor sobre la deuda en default, que al día de hoy supera el 100% dependiendo la serie.

Graf 2: Deuda Soberana en Default desde '01

Evolución de Precios en USD



Dado que la subvaluación de la tasa de recuperero afecta el segundo componente de la ecuación de valuación teórica propuesta (que representa el efecto default), recogemos la necesidad de construir una tabla de sensibilidad de precios a distintas tasas de recuperero.

La subvaluación de la tasa de recuperero podría explicar las diferencias en el tramo medio y largo de la curva, dado que la incertidumbre es mayor. Diferente sería su efecto en los bonos de corto plazo, donde el rol de la tasa de recuperero se desvanece ante una ponderación de supervivencia del 95%.

Como consecuencia, se analizará el comportamiento de las valuaciones ante distintas tasas de recuperero: 25%; 30%; 35 y 50%.

Aplicación Práctica del Modelo

El modelo requiere la obtención de los parámetros α y β que caracterizan la distribución Gamma. Como se indicara ambos se calculan vía la minimización de la sumatoria de las diferencias de rendimientos teóricos y de mercado. De esta manera, el modelo calcula, con la ayuda de la herramienta Solver de Microsoft Excel, los parámetros α y β que minimizan la diferencia entre los rendimientos teóricos y rendimientos de mercado, es decir, la función objetivo.

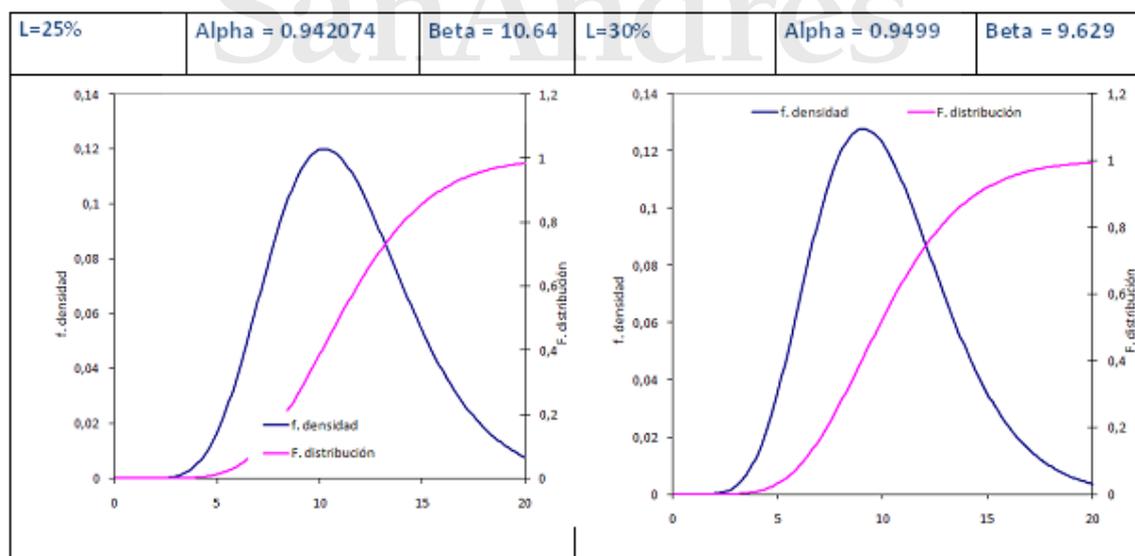
Entonces, al resolver la función objetivo $(TIR\ teóricas - TIR\ mercado)^2$ se busca hallar los parámetros óptimos que minimizan la ecuación.

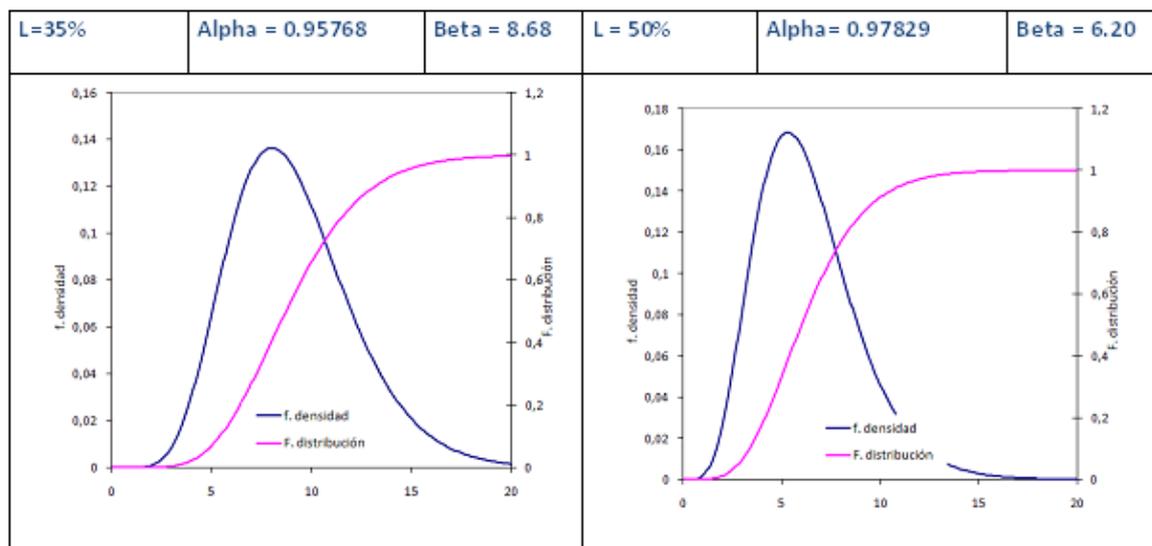
A su vez, calculamos dichos parámetros para diferentes tasas de recupero, que obviamente arrojan distintos precios teóricos y por ende rendimientos teóricos asociados. Recordar que, una vez que se obtienen los precios teóricos, fácilmente conseguimos las TIR asociadas a cada bono dado que el flujo del bono es cierto y conocido (destacamos que en este caso son todos bonos a tasa fija).

Como resultado de la optimización y utilización de distintas tasas de recupero, observamos que a mayor tasa de recupero el modelo optimiza valores más altos de α y β . De esta manera, la curva de probabilidad de supervivencia acumulada se desplaza hacia arriba a medida que la tasa de recupero aumenta. Equivalente a decir que el modelo asigna mayores probabilidad de supervivencia a tasas de recupero mayores.

A continuación se exponen los resultados que arroja el modelo y las gráficas de distribuciones gamma con los parámetros obtenidos en cada optimización y en función de la tasa de recupero adoptada.

Tabla 2: Distribución Gamma versus Tasas de Recupero





RESULTADOS DEL MODELO

Inicialmente se obtuvieron las valuaciones para una tasa de recupero del 25% de acuerdo al trabajo de Moody's (2007) para los bonos bajo estudio.

Asimismo, si bien, se trata de un Modelo de Forma Reducida donde el default y la tasa de recupero se definen exógenamente, consideramos pertinente elaborar una tabla de sensibilidad para distintas tasas de recupero asociadas. Ergo, a continuación evaluamos el modelo esta vez usando una tasa de recupero mayor, del 25%; 30%, 35%, y 50%.

Los resultados del modelo en precios teóricos y rendimientos para cada tasa de recupero, con fecha de análisis 30-06 y $t+3$ son:

Tabla 3: Valuaciones Teóricas Estimadas versus Tasas de Recupero

Liquidación	6-Jul-15	Bono	Px. Mkt	Px. Teórico	Valor Par	Tír Mkt	Tír Teórica
Día de Análisis	30-Jun-15	Boden 2015	101,20	101,18	100,00	9,43%	9,50%
Tasa de Recupero	25,00%	Bonar X	97,74	97,96	100,00	9,33%	9,20%
α	0,94207483	Bonar 24	96,87	96,47	100,00	9,73%	9,82%
β	10,6409783	Disc	85,65	87,77	140,20	10,29%	9,97%
		Par	54,88	51,97	100,00	8,35%	8,81%
Liquidación	6-Jul-15	Bono	Px. Mkt	Px. Teórico	Valor Par	Tír Mkt	Tír Teórica
Día de Análisis	30-Jun-15	Boden 2015	101,20	101,20	100,00	9,43%	9,45%
Tasa de Recupero	30,00%	Bonar X	97,74	97,86	100,00	9,33%	9,26%
α	0,94995398	Bonar 24	96,87	96,06	100,00	9,73%	9,91%
β	9,62950518	Disc	85,65	87,46	140,20	10,29%	10,01%
		Par	54,88	53,41	100,00	8,35%	8,58%
Liquidación	6-Jul-15	Bono	Px. Mkt	Px. Teórico	Valor Par	Tír Mkt	Tír Teórica
Día de Análisis	30-Jun-15	Boden 2015	101,20	101,20	100,00	9,43%	9,41%
Tasa de Recupero	35,00%	Bonar X	97,74	97,76	100,00	9,33%	9,32%
α	0,95768847	Bonar 24	96,87	95,69	100,00	9,73%	10,00%
β	8,68093894	Disc	85,65	87,28	140,20	10,29%	10,04%
		Par	54,88	55,11	100,00	8,35%	8,31%
Liquidación	6-Jul-15	Bono	Px. Mkt	Px. Teórico	Valor Par	Tír Mkt	Tír Teórica
Día de Análisis	30-Jun-15	Boden 2015	101,20	101,22	100,00	9,43%	9,35%
Tasa de Recupero	50,00%	Bonar X	97,74	97,51	100,00	9,33%	9,48%
α	0,97829303	Bonar 24	96,87	95,02	100,00	9,73%	10,15%
β	6,20441138	Disc	85,65	87,81	140,20	10,29%	9,96%
		Par	54,88	61,97	100,00	8,35%	7,35%

A priori se observa que a tasas de recupero mayores el tramo largo tiende a ser sobrevaluado. Sin embargo, dado que se trata de un corte en el tiempo al 30-Jun-15, y no una evolución histórica no contamos con evidencia concreta de cuál tasa de recupero sería deseable utilizar.

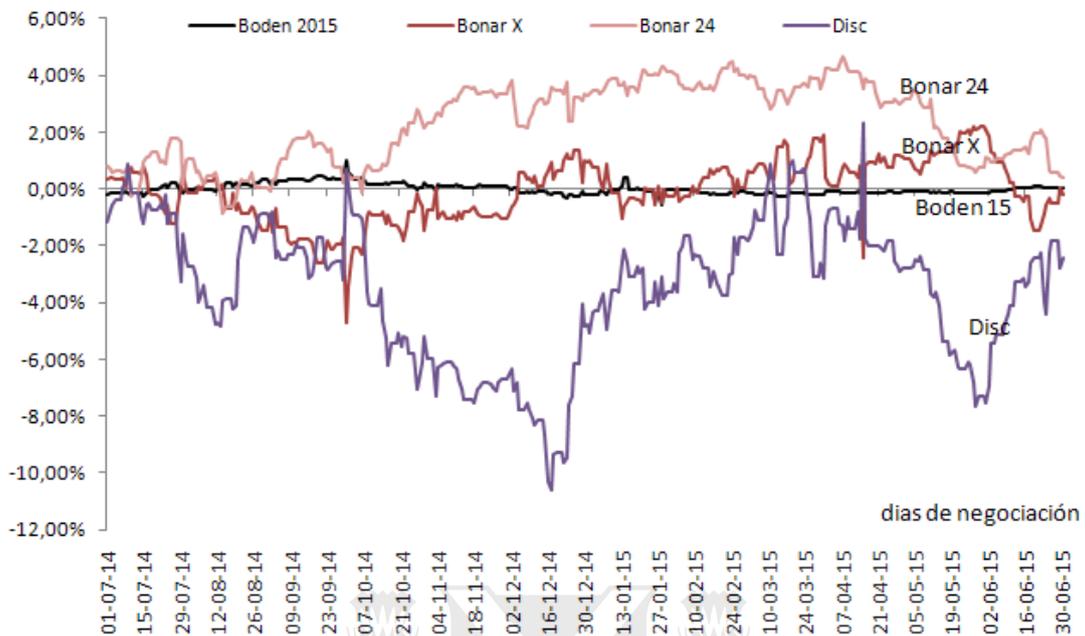
Por tal motivo, a continuación exponemos las gráficas de las variaciones históricas de la evolución de los precios teóricos versus las valuaciones teóricas arrojadas por nuestro modelo. Graficamos las variaciones entre el 01-Jun-14 y el 30-6-15. La idea es evaluar el comportamiento del modelo en el tiempo. En total trabajamos con 388 días de observaciones para cada bono y para cada tasa de recupero en particular.

Diferencias Diarias entre Px Teórico - Px Mercado en US\$

Tasa de Recupero

25%

Var. Px Teórico vs. Mkt

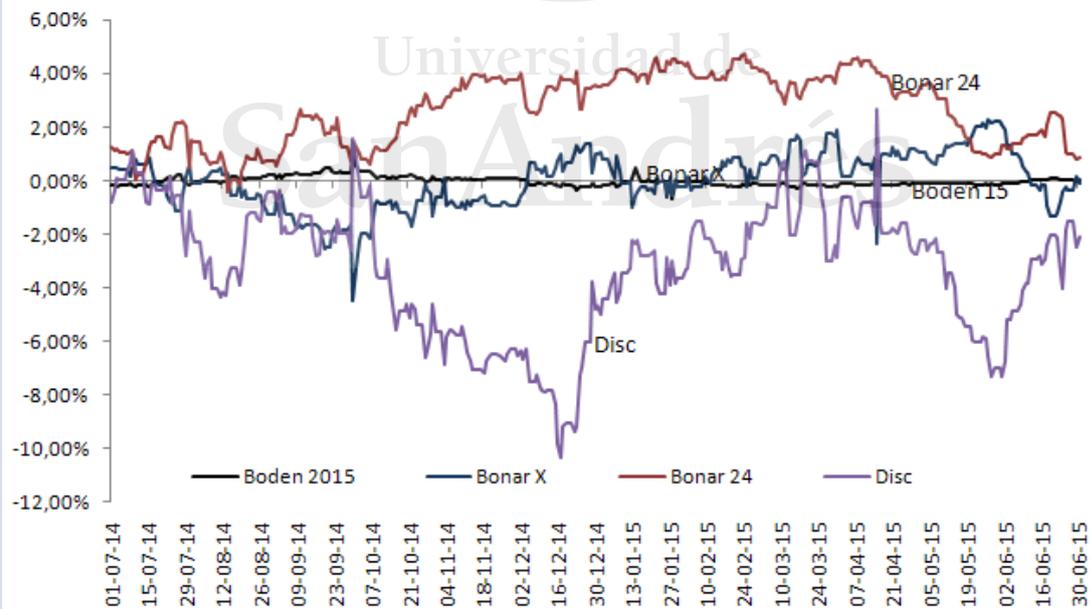


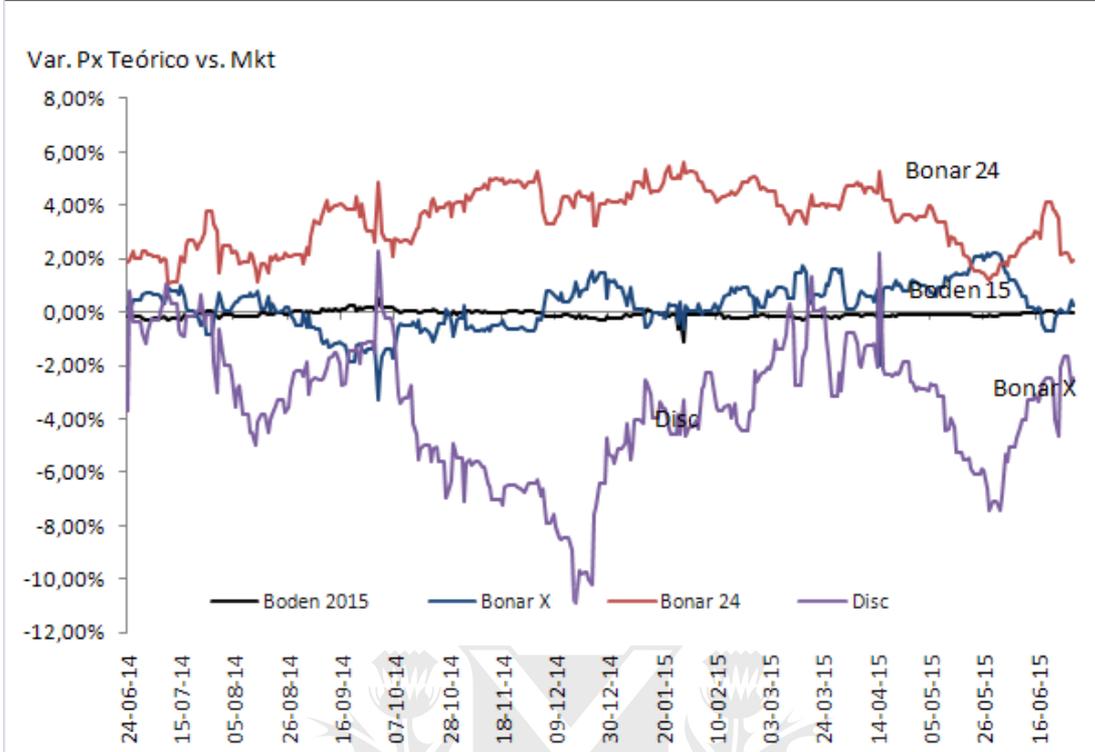
Diferencias Diarias entre Px Teórico - Px Mercado en US\$

Tasa de Recupero

30%

Var. Px Teórico vs. Mkt

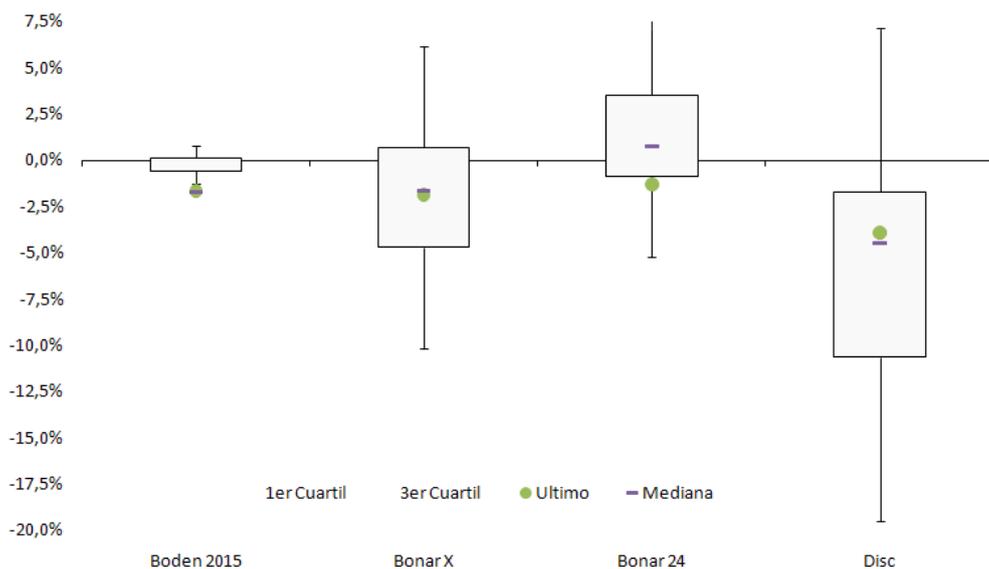




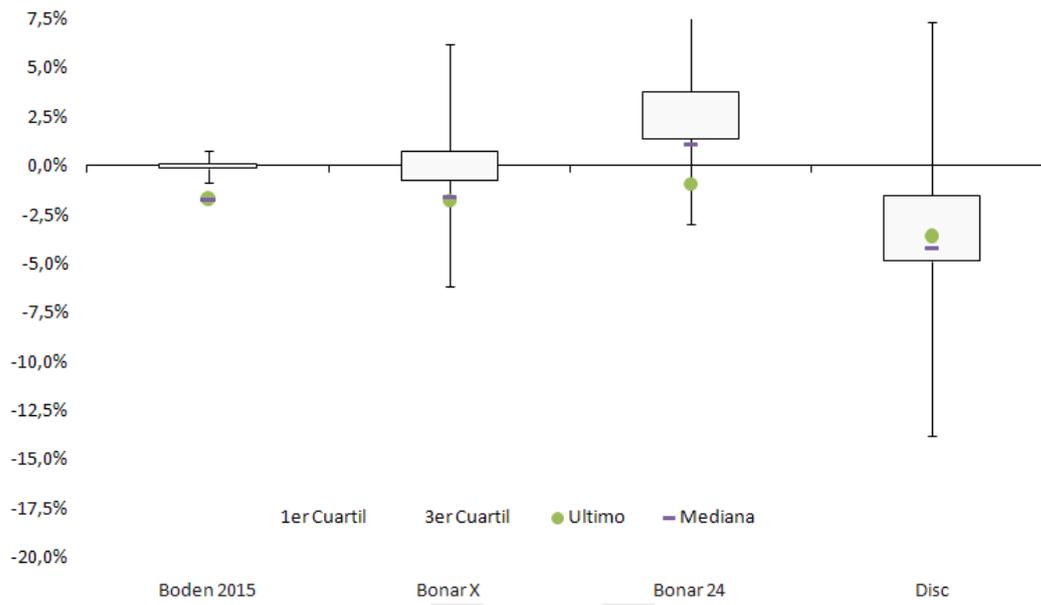
La modelización del Boden 15 resulta el ejercicio de mayor precisión, sucede que al ser el título más corto, la probabilidad de default es menor en el corto plazo.

Sin embargo, la evolución histórica de las variaciones no resulta muy intuitiva para evaluar las diferencias en el tiempo, por lo que se construye para cada tasa de recupero diagramas de cajas que permiten agrupar las variaciones en percentiles. La agrupación de datos bajo un diagrama de cajas permite una visualización general de la concentración de las variaciones en función de los percentiles, con miras a identificar los valores atípicos.

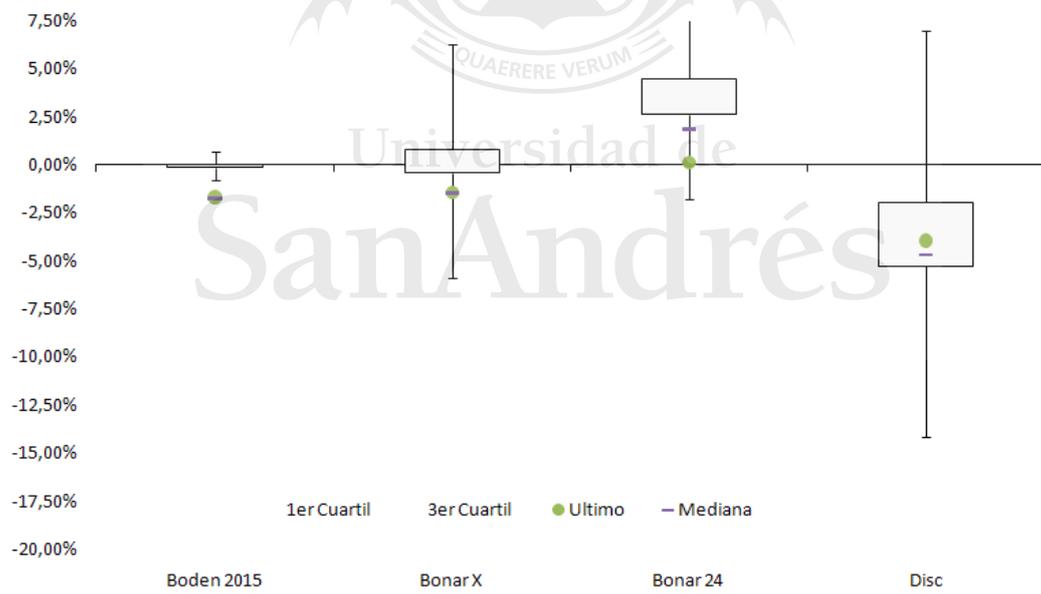
Tasa de Recupero 25%



Tasa de Recupero 30%



Tasa de Recupero 50%



Destacamos :

- (1) menor disparidad de variaciones a mayores tasas de recupero, especialmente en el tramo largo de la curva representado por el Discount USD ley local;
- (2) para el tramo corto y medio (Boden 15 y Bonar X) a mayores tasas de recupero el porcentaje de variaciones entre el 1er y 3er percentil (50% de las observaciones) se ubican en torno a cero;
- (3) para el bono largo, Discount Ley local, la disparidad entre valores máximos y mínimos se mantiene, en línea con la mayor incertidumbre que arroja un bono largo;
- (4) tasas de recupero menores tienden a subvaluar el tramo medio y corto de la curva.
- (5) El modelo tiende a ser más eficiente con una tasa de recupero del 50% donde las diferencias de corto y mediano plazo entre el valor teórico y de mercado se minimizan.



Universidad de
San Andrés

CONCLUSIONES

En el presente trabajo aplicamos la distribución Gamma para modelar el comportamiento de la Probabilidad Acumulada de Supervivencia y como contracara la curva de probabilidad de default de un agente de crédito emisor. La variable a modelar se ajusta a una variable positiva y sesgada (a mayor tiempo, mayor incertidumbre, mayor probabilidad de default) semejante a un distribución Gamma con $\alpha \leq 1$ y $\beta > 1$.

Para hallar los parámetros α y β que modelan la distribución Gamma ajustada al set de bonos bajo estudio, aplicamos la minimización de los errores al cuadrado entre las yields de mercado y teóricas, con el objetivo de obtener aquellos parámetros que minimizan la diferencia.

Para obtener los precios recurrimos a un efecto de valuación binario, de default y no default. Partiendo de la curva modelada y dada una tasa de recupero, calculamos el precio teórico para cada título bajo un escenario de pago y no pago.

Destacamos la importancia de la tasa de recupero, considerada exógena a efectos del ejercicio, pero que no se puede considerar constante a través de vida del soberano. Inicialmente se consideró la tasa de recupero analizada por Moodys en un trabajo de 2007, pero siguiendo las recomendaciones aportadas por el jurado elevamos el porcentaje a recuperar desde 25% a 50% obteniendo valuaciones menos volátiles en el tiempo.

Sin embargo, el modelo arroja mayor precisión sobre el tramo medio y corto, que para los títulos más largos dada la mayor certidumbre.

Concluimos no solo en la utilidad de la distribución Gamma (por sus buenos resultados así como también por su parsimonia) sino también en la importancia de ajustar la tasa de recupero al momento de efectuar el ejercicio.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ❖ Altman Edward, Resti Andres & Sironi Andrea. 2002. The link between default and recovery rates: effects on the procyclicality of regulatory capital ratios.
- ❖ Arroyo Indira, Bravo Luis, Llinás Humberto, Muñoz Fabián, 2014. Distribuciones Poisson y Gamma: Una Discreta y Continúa Relación.
- ❖ Crosbie, P J and Bohn, J R 2002. Modeling default risk, KVM LLC.
- ❖ Dresrosiers, Mary Elizabeth, 2007. Prices of Credit Default Swaps and the Term Structure of Credit Risk
- ❖ D. Duffie and K.J. Singleton 1999. Modeling Term Structure of Defaultable Bonds.
- ❖ Evert B. Vrugt, 2010. Estimating Implied Default Probabilities and Recovery Values: The Case of Greece during the 2010 European Debt Crisis”.
- ❖ E.F. Fama 1970, Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work, Journal of Finance, 383-417.
- ❖ Jarrow. R.A, D, Lando y S.M. Turnbull, 1997. A Markow Model for the Term Structure of Credi Risk Spreads. Review of Financial Studies 10, 481-523.
- ❖ Kealhofer, S and Kurbat, M 2002. The default prediction power of the Merton approach, relative to debt ratings and accounting variables’.
- ❖ Kimiaki Aonuma y Hidetoshi Nakagawa 2001. "Valuation of credit default swap and parameter estimation for vasicek-type Hazard Rate Model".
- ❖ J. Hull, M. Predescu and A. White, 2004. “The Relationship between Credit Default Swap Spreads, Bonds Yields, and Credit Rating Announcements”.
- ❖ *Merxe Tudela* and *Garry Young* 2011. Survival Probability and Intensity Derived from Credit Default Swaps Yi Lan.
- ❖ Moody’s 2007. Sovereign Default and Recovery Rates, 1983-2006. Moody’s Special Comment.
- ❖ Sobehart, J R and Keenan, S C 2001, Understanding hybrid models of default risk, Citigroup Risk Architecture.