

## Información Importante

La Universidad de La Sabana informa que el(los) autor(es) ha(n) autorizado a usuarios internos y externos de la institución a consultar el contenido de este documento a través del Catálogo en línea de la Biblioteca y el Repositorio Institucional en la página Web de la Biblioteca, así como en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad de La Sabana.

Se permite la consulta a los usuarios interesados en el contenido de este documento para todos los usos que tengan finalidad académica, nunca para usos comerciales, siempre y cuando mediante la correspondiente cita bibliográfica se le de crédito al documento y a su autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, La Universidad de La Sabana informa que los derechos sobre los documentos son propiedad de los autores y tienen sobre su obra, entre otros, los derechos morales a que hacen referencia los mencionados artículos.

**BIBLIOTECA OCTAVIO ARIZMENDI POSADA**  
UNIVERSIDAD DE LA SABANA  
Chía - Cundinamarca

# **Diseño y valoración de un swaption indexado al Índice Bancario de Referencia: caso colombiano**

*Juanita Monsalve Fernández<sup>1</sup>*

*Abril 2014*

## **Abstract.**

The main objective of the present work, is to propose a new derivative for the colombian market that is already negociated in th United States and Mexico's market called, Swaption. This structured derivative increases the liquidity of the interest rate market and is also a hedging tool.

The valuation of a swaption OIS IBR 3x3 is presented with an exercise of the Black's extension model where the local regulation is applied for the model's postulations and variables.

## **Resumen.**

El objetivo principal del trabajo es aplicar un producto derivado reciente, el swaption, que combina dos ya existentes, en el mercado colombiano como propuesta para dar liquidez al mercado y como herramienta cobertura. Se realiza la valoración del swaption OIS IBR 3x3 por medio de un ejercicio con datos del mercado colombiano y el modelo de la extensión de Black. Además, el escrito tiene en cuenta la regulación local para el diseño del swaption y desarrolla los supuestos y variables necesarios con base es esta información.

**Palabras claves:** Swaption, Indicador Bancario de Referencia, Volatilidad, Modelo Black.

**Clasificación JEL:** G13

---

<sup>1</sup> Estudiante de Economía y Finanzas Internacionales e Ingeniería Industrial de la Universidad de La Sabana.

*Este trabajo se hizo con la colaboración de varios miembros de la mesa de dinero del Banco Davivienda, entre ellos María Juliana Rodríguez de la Universidad de Los Andes, quienes aportaron sus conocimientos, experiencia y comentarios.*

## 1 INTRODUCCIÓN

El mercado financiero en Colombia se ha venido desarrollando desde comienzos del siglo XXI mientras que en países como Estados Unidos, el mercado bursátil comenzó desde el siglo XVIII. Como ejemplo de esto, la bolsa de Nueva York fue fundada en 1792 mientras que la Bolsa de Valores de Colombia fue creada a finales del siglo XX, lo que nos deja en una situación de atraso de algo más de dos siglos. (Bolsa de Valores de Colombia) Sin embargo, el crecimiento económico que se ha venido dando desde la apertura económica ha dado bases para nuevos mercados tales como el de los derivados.

En 1848 fue creada The Chicago Board of Trade (CBOT) y desde ese momento ha sido pionera en el Mercado de derivados. En Colombia no hay una bolsa de Derivados por lo que no ha habido un impulsador del mercado nuevo en el país. El mercado de derivados está compuesto por los productos estandarizados y por los no estandarizados, los primeros se negocian en bolsa y los otros se negocian en el mercado mostrador que es un mercado no regulado también llamado OTC -*Over the Counter*-. Cuando el derivado estandarizado es negociado en bolsa no existe el riesgo de liquidez por el esquema de creadores de mercado, ni el riesgo de contraparte, el cual es regulado por la CRCC - *Cámara de Riesgo Central de Contraparte*-, vigilada a su vez por la superintendencia financiera de Colombia.

A pesar del desarrollo global, en Colombia sólo se negocian opciones europeas que únicamente pueden ser ejercidas en el vencimiento, por lo que se entiende que en el mercado de valores colombiano se negocian los derivados convencionales o también llamados *plain vanilla*. Estos productos son los más básicos y sencillos ya que este mercado surgió en el país en el siglo actual, su tiempo de evolución no ha sido suficiente para el desarrollo de derivados exóticos. Sin embargo, se ha venido generando una necesidad por incrementar la diversidad de productos en este portafolio y así ha venido ocurriendo pero aun hay espacio para productos que se negocian en otros mercados que en Colombia no existen.

Los mercados de capitales evolucionan de acuerdo al crecimiento económico del país, es este quien exige un avance del mercado y como consecuencia de esto, la diversificación de productos financieros de ahorro e inversión. En 1997 el Ministerio de Hacienda decretó mediante la ley 384, sobre los mercados de capitales donde justamente se demostraba la correlación entre el mercado de capitales y el desarrollo económico, el programa de creadores de mercado. Además se han creado diferentes normas comerciales para la protección del mercado de capitales y la liquidez del mismo. No obstante los beneficios de este programa, surge un problema, cómo se recuperan los creadores de

mercado de las compras obligatorias que deben realizar cuando el mercado está en un momento de tensión. Aquí es donde aparece la necesidad de crear derivados que permitan que estos creadores adquieran un perfil de cobertura sobre sus posiciones, permitiéndoles percibir utilidades. Hasta el momento en Colombia existen derivados que mitigan el riesgo cambiario o de mercado, existe el mercado de Swaps del Indicador Bancario de Referencia (IBR) en el cual la institución podrá administrar la expectativa de la tasa de interés. Pero qué sucede cuando se quiere realizar una cobertura sobre esta expectativa o se quiere arbitrar o especular. El mercado colombiano no tiene un producto que ofrezca estas condiciones, en donde el comprador tenga el derecho de ejercer o no un swap de IBR (Guasca, 2013).

Como menciona la Asociación bancaria de Colombia (Asobancaria), Colombia tiene una perspectiva económica de crecimiento y ello representa una oportunidad para fortalecer e impulsar el desarrollo y la innovación del mercado de derivados. Por otro lado, el swaption es una figura interesante para un banco ya que puede comprar un call swaption si espera que las tasas de interés van a subir y ejercer la opción si efectivamente suben. Estos derivados también son utilizados como parte de una cobertura para una exposición del portafolio de futuros a una tasa de interés. (Eales & Choudhry, 2003)

El objetivo principal de este trabajo es realizar una revisión de la literatura existente con respecto a un producto que ya se negocia a nivel mundial, el swaption, para luego aplicar el modelo de Black para el diseño y la valoración de un swaption europeo aplicado al caso colombiano. Aunque los swaptions pueden ser diseñados con diferentes tipos de swaps como por ejemplo swaps de acciones o bonos, el término swaption hace referencia únicamente a las opciones sobre swaps de tasas de interés o IRS (Subramani). En el mercado existen también swaptions según su vencimiento, como el europeo, el americano o el bermuda, el cual permite el ejercicio en una fecha previa al vencimiento o permite el ejercicio del derivado en una fecha previa al vencimiento pactada al inicio del mismo, respectivamente. Se utilizará el europeo por la aplicabilidad real que este podrá tener en Colombia, también existen con diferentes activos subyacentes, como la London InterBank Offered Rate (LIBOR) o la Tasa De Interés Interbancaria De Equilibrio de México (TIIE), para el desarrollo del presente trabajo, se tendrá en cuenta que en Colombia la tasa de interés representativa y que refleja la política monetaria es el IBR, por lo que el swap estará indexado al este.

El mercado del Swap IBR tiene liquidez por su demanda en Colombia y por parte de otros países pero el mercado para el swaption de IBR no existe, por lo tanto se utilizará el modelo de Black para valorar un swaption europeo de IBR

utilizando dos diferentes medidas de volatilidad para formular conclusiones sobre la aplicabilidad del swaption OIS IBR al mercado de derivados en Colombia.

Este trabajo está compuesto por un marco teórico, que abordará los conceptos necesarios para el diseño y la valoración; los supuestos y variables que se tendrán en cuenta para la valoración del swaption IBR; el resultado del ejercicio con diferentes medidas de volatilidad y por último las conclusiones del mismo.

## **2 MARCO TEÓRICO**

Antes de abordar el objetivo de este trabajo que es diseñar y valorar un swaption de IBR para el mercado colombiano, es importante aclarar algunos conceptos que dan las bases para entender más fácilmente el diseño del producto. Como primera medida se describirá lo que es el IBR, de esta manera se logrará entender la tasa de referencia del activo subyacente, seguidamente se explicará de manera breve los conceptos de volatilidad, las opciones, el modelo de valoración Black-Scholes, los swaps, el OIS de IBR, los swaptions y el modelo de valoración de Black.

### **IBR**

El IBR o Indicador Bancario de Referencia es una tasa de interés de referencia que fue diseñada en el 2008 por una iniciativa del sector privado apoyado por el Banco de la República, la Superintendencia Financiera de Colombia, el Ministerio de Hacienda y Crédito Público entre otras, para generar un indicador del mercado interbancario confiable, líquido y coherente con las otras tasas de interés. Hasta ese momento en Colombia solo existía la DTF que es la tasa de depósitos a términos pero esta no refleja adecuadamente las condiciones de demanda y oferta del mismo, ni las decisiones de política monetaria del banco central del país (Asobancaria, 2011). Por ello se tomó como ejemplo la LIBOR y se creó un esquema del IBR como una tasa que *“refleja el precio al que los bancos están dispuestos a ofrecer o captar recursos en el mercado monetario”* (Banco de la República, 2012). La IBR ha sido muy bien aceptada por el sector financiero porque ha sido un medidor del costo financiero (ANIF, 2011), esta tasa se cotiza en plazos de 1 día para otro *-Over Night-*, 1 mes y 3 meses y es publicada por el Banco de La República de acuerdo al reglamento del IBR publicado por Asobancaria. Este indicador se calcula con base en las cotizaciones de las entidades financieras que participan en este esquema,

quienes deben diariamente cotizar una tasa nominal *choice*<sup>2</sup> que refleje su postura de liquidez para cada plazo.

El IBR ha logrado responder a las necesidades de los agentes del mercado y en general ha tenido una gran acogida. A pesar de ser un indicador relativamente nuevo, este "ha venido ganando participación en el mercado de capitales colombiano desde 2008" (Bancolombia, 2013). Se decide realizar el swaption sobre el swap de IBR pues es un indicador de aceptación en el mercado financiero, confiable y es una tasa que refleja las oportunidades en el mercado de derivados en Colombia teniendo en cuenta que para la valoración de los instrumentos derivados es necesario contar con una curva de rendimientos o estructura temporal de tasas de interés y que este tipo de tasas de interés como la LIBOR, la EONIA y la TIEE son utilizadas para la estimación de dichas curvas, es posible decir que el indicador ha servido también para cumplir con este objetivo en el mercado de derivados del país. (Asobancaria, 2011)

Como se mencionó anteriormente, en Colombia ya existe un swap indexado a la IBR conocido como Overnight Indexed Swap (OIS). Este derivado tiene un plazo menor a 18 meses y está indexado a una tasa de un día a otro. Los Interest Rate Swaps (IRS) de IBR tiene un plazo mayor a 18 meses y están indexados a la tasa IBR correspondiente al plazo del swap.

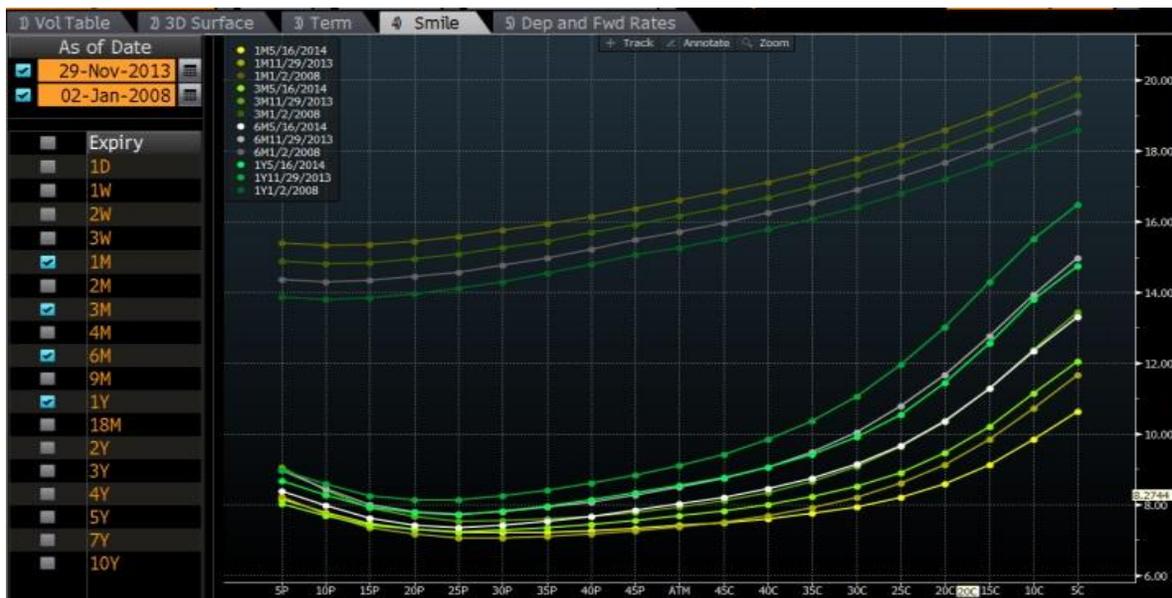
## **VOLATILIDAD**

La volatilidad es la variación de una serie para un periodo dado y tiene diversas metodologías de cálculo, este trabajo utilizará dos medidas de volatilidad: la volatilidad histórica y el *Exponentially Weighted Moving Average* (EWMA). Se opta por utilizar ambas porque aunque la volatilidad histórica es una medida calculada como la desviación estándar, esta metodología la supone como constante y asigna el mismo peso a cada una de las observaciones de la serie. Mientras que el EWMA le da mayor peso a las observaciones recientes, se tendrá una mayor inclinación hacia este modelo pues el mercado del swap de IBR se originó en el 2011 por lo que los datos iniciales de la serie están sesgados por el crecimiento y la evolución de este mercado. Aunque hay otras medidas de volatilidad como *Autoregressive Conditional Heteroscedasticity* (ARCH) y el *Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity* (GARCH). Estos modelos se caracterizan por que se basan en el supuesto de que las volatilidades no son contantes, ya que en periodos de estrés la volatilidad será más alta sin embargo sirve como una primera aproximación. (Hull J. C., 2012)

---

<sup>2</sup> Según la Asobancaria una tasa choice es una tasa de interés que refleja la disposición de los participantes para demandar u ofrecer recursos.

En la práctica, los operadores de mercado o *traders* utilizan la volatilidad implícita que son las volatilidades que están descontadas en los precios de las opciones observadas en el mercado (Hull J. C., 2012). La volatilidad implícita es utilizada para monitorear las expectativas del mercado con respecto a un instrumento financiero. A diferencia de la volatilidad histórica que es una medida retrospectiva, la implícita es una medida sobre las volatilidades futuras. La curva que grafica las volatilidades implícitas a un plazo dado como función del strike se llama *smile* de volatilidades.



Fuente: Bloomberg

Dado que todavía no existe el mercado de swaptions en Colombia, la volatilidad implícita no se puede obtener pero por otro lado, cuando todavía no hay mercado se pueden considerar diferentes opciones como el programa de creadores de mercado en donde los miembros de este, deben ir a subasta a cotizar los puntos swap para generar movimientos de oferta y demanda, lo que genera un mercado. Cuando se ofrecen dos precios de cada posición del mercado y estos están en el mismo nivel, el derivado se opera, de lo contrario se genera un *mid price* que es un valor entre los mejores precios de la demanda (*bid*) y de la oferta (*offer*) que se utiliza para valorar las posiciones al cierre del día, también se puede ver cómo un promedio entre estas dos. Otro recurso para obtener esta volatilidad son los *vendors*, que son entidades que tienen como objetivo principal la valoración de los derivados, generando de igual forma un mercado; O se opta por ir al mercado en una economía con correlación positiva con la economía a estudiar. En este caso la volatilidad implícita del swaption de TIIIE puede ser una buena aproximación de la

volatilidad implícita del swaption de IBR pero hay que tener en cuenta que esto está sujeto a eventos políticos. El esquema funciona en un 95% sobre el comportamiento del mercado, hay un 5% de períodos en los que la economía ha entrado en crisis como lo fue en el 2008 y es en estos momentos en donde la volatilidad se ve afectada fuertemente por la aversión al riesgo de los operadores (Aponte, 2013), por lo tanto, cualquiera de estas hipótesis podría ser una buena aproximación de la volatilidad implícita del producto a estudiar.

Para calcular la volatilidad histórica o estadística es necesario definir:

$n + 1$ : Número de observaciones

$S_i$ : Precio del instrumento al final de cada intervalo de tiempo

$\tau$ : Periodo de tiempo observado en años

$$u_i = \ln\left(\frac{S_i}{S_{i-1}}\right)$$

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (u_i - \bar{u})^2}$$

$$\hat{\sigma} = \frac{s}{\sqrt{t}}$$

Donde:

$\bar{u}$ : Media de las observaciones de  $u_i$

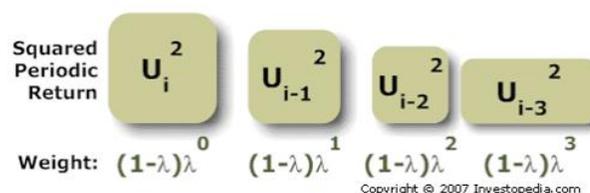
$s$ : Estimador de  $\sigma\sqrt{T}$

$\hat{\sigma}$ : Estimador de  $\sigma$

Por otro lado, el EWMA le da mayor peso a los datos recientes por lo que es un promedio móvil. Los pesos decrecen exponencialmente a medida que nos devolvemos en el tiempo, en la siguiente fórmula se puede ver de dónde surge la volatilidad  $\sigma_n^2$  del activo en el día  $n$ .

$$\sigma_n^2 = \lambda\sigma_{n-1}^2 + (1 - \lambda)u_{n-1}^2 = 1.3655\%$$

Donde  $u_{n-1}^2$  es la variación porcentual diaria más reciente de la serie y  $\lambda$  es el peso que se le quiere dar a la variación de la serie. Entre más alto sea el valor de lambda, más despacio responderá la volatilidad a información nueva, se supone un valor de 0.94 de acuerdo a Risk Metrics (Hull J. C., 2012).



Fuente: (Harper, 2009)

Si se sustituye  $\sigma_{n-1}^2$  de manera infinita, se llega a la siguiente fórmula, donde para un valor grande de  $m$ , se puede ignorar el último término ya que este tiende a cero, y los  $\alpha_i$  deben sumar 1.

$$\sigma_n^2 = (1 - \lambda) \sum_{i=1}^m \lambda^{i-1} u_{n-1}^2 + \lambda^m \sigma_{n-m}^2 = \sum_{i=1}^m \alpha_i u_{n-1}^2$$

## OPCIONES

Una opción es un producto derivado que da a su propietario el derecho pero no la obligación de comprar o vender el activo subyacente designado a un precio determinado al inicio del contrato por una cantidad establecida y en un plazo o fecha futura acordada por las partes al inicio de la negociación. Las opciones se pueden clasificar por su tipo o su momento de ejercicio y según el derecho que le den al propietario (Herrera, 2013).

En el mercado de derivados existen diferentes opciones catalogadas o por su fecha de vencimiento o por su existencia. Este producto puede ser denominado como: opciones americanas, que son aquellas que se pueden ejercer en cualquier fecha previa a su vencimiento, opciones europeas que sólo pueden ser ejercidas en el día de su vencimiento, opciones asiáticas, cuyo precio no siempre es definido al inicio del contrato, opciones digitales que de ser favorables, se pagan y las opciones barreras que sólo se produce su existencia cuando el activo subyacente alcanza un nivel pactado; las últimas tres son opciones exóticas.

Además, pueden ser catalogadas según el derecho que otorguen a su dueño, si la opción otorga al dueño el derecho de comprar el activo subyacente a un determinado precio futuro o *strike*, la opción será llamada *call*. Mientras que la *put* otorga al dueño el derecho de vender el activo subyacente a un determinado precio futuro o *strike*. Para adquirir este derecho, el comprador de la opción debe pagar al vendedor un monto inicial llamado prima.

Las opciones pueden encontrarse en tres estados de cotización respecto al mercado: *in the money*, *at the money* o *out of the money*.

	<b>CALL</b>	<b>PUT</b>
<i>At The Money</i>	$St = X$	$St = X$
<i>In The Money</i>	$St > X$	$St < X$
<i>Out Of The Money</i>	$St < X$	$St > X$

$St =$  Tasa spot al vencimiento

$X =$  Tasa strike

### **MODELO BLACK-SCHOLES-MERTON<sup>3</sup>**

Teniendo en cuenta que en el capítulo XVIII de la CBCF<sup>4</sup> se determina que las entidades vigiladas deben utilizar la misma metodología de valoración de instrumentos derivados “plain-vanilla” y exóticos, se estipula que la valoración de opciones europeas debe hacerse por medio del modelo de Black-Scholes Merton, “indistintamente del tipo de subyacente” (Superintendencia Financiera de Colombia, 2010) y que la valoración del swaption se realizará con el modelo de Black que es una extensión del modelo Black-Scholes-Merton, se expondrá de manera breve a continuación.

El modelo Black-Scholes-Merton fue publicado en 1973 y ha tenido acogida por parte de los traders para obtención de precios y para la cobertura de derivados. El modelo valora una opción bajo los siguientes supuestos:

- a. La tasa de interés libre de riesgo es constante y conocida en el corto plazo.
- b. El precio del subyacente sigue un proceso *random walk* y tiene una distribución log normal.
- c. La acción no paga dividendos.
- d. La opción es europea.
- e. No hay costos transaccionales ni impuestos.
- f. No hay restricciones en cuanto a las ventas en corto.
- g. No hay oportunidades de arbitraje libre de riesgo.
- h. Existe una paridad entre las opciones call y put.
- i. La volatilidad del precio del subyacente es constante.

La solución más conocida a la ecuación diferencial de Black-Scholes-Merton para calcular los precios de opciones europeas call y put, son:

<sup>3</sup> Para la valoración de las opciones hay diferentes tipos de modelos: discretos como por ejemplo, los árboles binomiales, continuos, como lo establece el de Black-Scholes y la simulación de Monte Carlo que es un híbrido entre los dos anteriores.

<sup>4</sup> Circular Básica Contable Financiera de la Superintendencia Financiera de Colombia, en adelante CBCF

$$c = S_0 N(d_1) - ke^{-rT} N(d_2)$$

$$p = ke^{-rT} N(-d_2) - S_0 N(-d_1)$$

Donde:

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{k}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$d_2 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{k}\right) + \left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}} = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

$c$  = precio de una opción *call*

$p$  = precio de una opción *put*

$S_0$  = precio spot

$K$  = precio strike

$r$  = tasa libre de riesgo

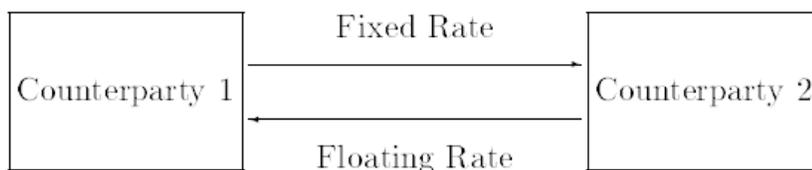
$T$  = vencimiento

$N$  = función de probabilidad acumulada en una distribución normal estándar

$\sigma^2$  = volatilidad de los retornos del subyacente

## SWAPS

Un swap es un acuerdo entre dos contrapartes para intercambiar flujos futuros en una fecha determinada donde normalmente se toman variables futuras del mercado. Un contrato swap se puede ver como un contrato forward en donde se intercambia un activo subyacente que puede ser una cantidad de divisas en una fecha específica, lo que sería un *Cross Currency Swap (CCS)* o una diferencia financiera por tasas de interés, lo que se conoce como *Interest Rate Swap (IRS)*. Cuando el swap de tasas de interés está indexado a una tasa *overnight* se le conoce como *Overnight Indexed Swap (OIS)*. Este tipo de contratos pueden tener varios pagos antes de su vencimiento, por ejemplo, los IRS de IBR son swaps *sinkable* o amortizables porque tienen cupones semestrales mientras que los OIS de IBR son *bullet*, es decir, que cuentan con un solo flujo en el momento  $T$ .



Fuente: (Zin, 1999)

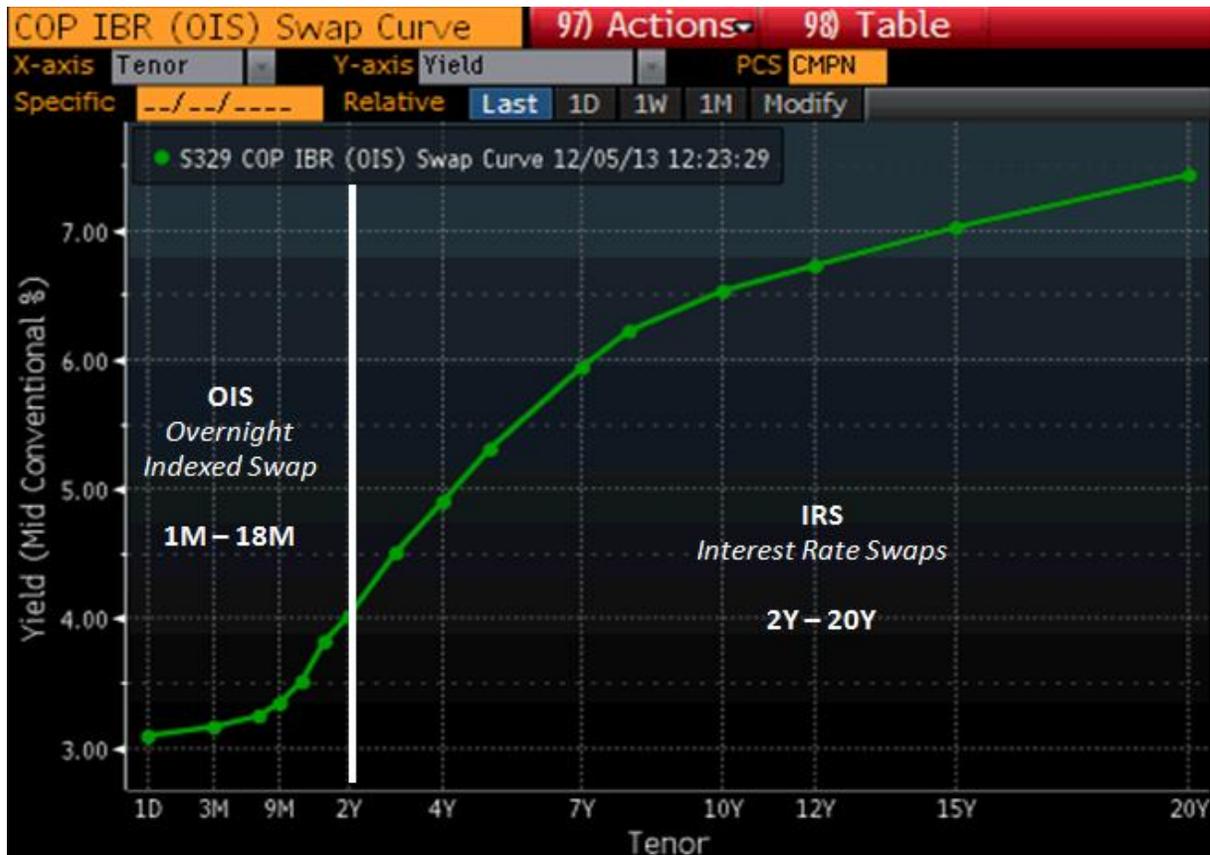
Los IRS son un contrato mediante el cual dos contrapartes se comprometen a intercambiar flujos por un periodo determinado, a una tasa de interés sobre el notional. Una de las partes pagará los flujos a una tasa fija y recibirá los flujos a una tasa variable sobre el mismo notional para el mismo periodo. Este tipo de producto financiero sirve para transformar préstamos con tasa variable a tasa fija o viceversa, y le da a la contraparte la facilidad de pago según sus condiciones (D.Akume, 2003). Los swaps de tasas de interés están influenciadas por las situaciones de liquidez del mercado, cuando hay exceso de liquidez los *swaps spreads* se reducen, esto debido a la facilidad de fondeo, el apetito de riesgo y la búsqueda por rendimientos. Además, miden la percepción del riesgo de crédito de los agentes intermediarios del mercado, por lo que gracias a los swaps es posible advertir situaciones de estrés.

Como es poco probable que las dos partes contacten al tiempo a la institución financiera, existen intermediarios que tienen un perfil de creadores de mercado. Esto quiere decir que podrán hacer parte de un swap en cualquier momento sin tener una contraparte para el mismo pero deberá tener en cuenta el riesgo que debe cubrir por estas posiciones, para esto se utilizan futuros sobre tasas de interés, bonos y FRA's (Forward Rate Agreements) (Hull J. C., 2012).

En Colombia se operan los swap OIS IBR con la tasa overnight, actualmente el swap OIS de IBR se negocia para plazos de 1, 3, 6, 9, 12 y 18 meses, la base para determinar la tasa variable es Act/360, igual que la IBR overnight y la fecha efectiva es t+2. (Bancolombia, 2013)

*Los OIS son productos creados para construir indicadores de corto plazo. Las tasas resultantes de estas operaciones son consideradas una medida importante del riesgo y la liquidez en el mercado de dinero. (Asobancaria, 2011)*

La siguiente imagen muestra la curva swap del mercado de OIS IBR.



Fuente: Bloomberg, (Sanchez, 2013)

Para realizar la valoración de este tipo de instrumentos, es necesario referirnos a la estructura temporal de las tasas de interés. Esta última es la representación gráfica de la relación entre el rendimiento que otorgan los títulos de inversión de la misma calidad crediticia a diferentes plazos; por lo general estos títulos son libres de riesgo o son los que más se aproximan a esta característica. (Arango & Arroyave, 2011)

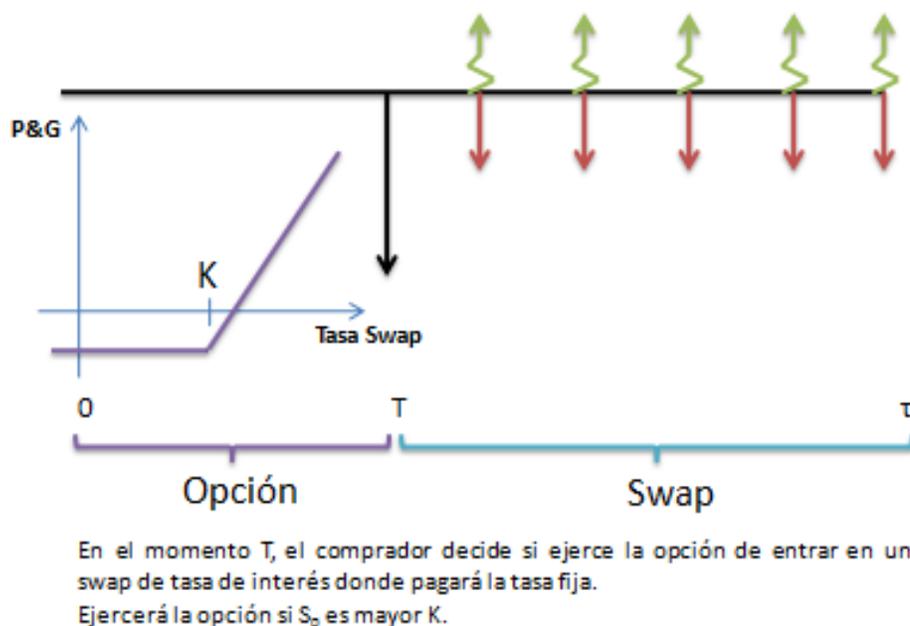
## SWAPTIONS

Con base en las definiciones anteriores de opciones y swaps, se deriva un producto conocido como swaption. Las opciones permiten que las contrapartes acuerden sobre el precio de ejercicio, la fecha de vencimiento, el monto y la volatilidad, además tienen un costo inicial que es la prima la cual incrementa cuando también lo hace el plazo, es un pago por la incertidumbre del mercado en un periodo más largo. Por otro lado, los swaps permiten intercambiar un activo que puede ser una materia prima, una tasa de interés, una divisa, un bono, un índice o una acción (Hull J. C., 2012). El swaption permite que el comprador de la opción tenga la posibilidad de cubrirse ante un movimiento del mercado y si este es favorable, ejercer la misma, con lo que podrá ser la

contraparte de un swap en el que intercambiará la IBR overnight por una tasa fija.<sup>5</sup>

Un swaption es un instrumento financiero que le da a su comprador el derecho más no la obligación de ser la contraparte de un swap, con el cual puede aprovechar los movimientos favorables de las tasas de interés y protegerse de los movimientos desfavorables. El comprador podrá ejercer la opción que le da el derecho al swap pactado, permitiendo tomar el de mercado que tendrá una tasa más favorable (Hull J. C., 2012), por lo que los participantes del mercado colombiano, podrán obtener provecho de las expectativas de la política monetaria y podrá además cubrirse.

En los swaptions las características o parámetros que se deben determinar en la negociación son: el vencimiento o "maturity" de la opción ( $n$ ), el "tenor" o término del swap ( $\tau$ ) y la tasa strike. El siguiente gráfico muestra cómo funciona un call swaption, el put swaption se diferencia en que el comprador recibe la tasa fija y por ende ejercerá la opción si en  $T$ , el spot es menor al strike. El siguiente diagrama ejemplifica un swaption hasta el momento  $T$ .<sup>6</sup>



Los swaptions aparecen a mediados de la década de los 80 en Estados Unidos en el mercado estructurado de bonos donde el comprador podía adquirir una

<sup>5</sup> Los swaptions se notan como 1 en 5 o "1 into 5", en donde la opción tendrá 1 año y el swap 5 años, también se acostumbra a escribir 1Y5Y TIE receiver swaption, que en este caso será un swaption cuya opción dura un año y el swap de TIE que recibirá la tasa fija, 5 años.

<sup>6</sup> Diagrama realizado por el autor.

opción call. Esta figura le da la posibilidad al tenedor de adquirir un swap de un bono en una fecha específica, ya sea buscando pagar la tasa fija o la tasa variable. El swaption surge de la necesidad del emisor de desestructurar el riesgo que adquiere por el swap de tasas de interés (IRS), estos son usados para mitigar los efectos de las fluctuaciones de las tasas de interés en el futuro. Por lo tanto, la prima que se paga por la opción, se puede ver como el costo por asegurarse contra estos movimientos.

Estos derivados son opciones de swaps en donde el comprador tiene el derecho pero no la obligación de ser la contraparte de un swap de tasa de interés en el día de vencimiento del swaption. (Subramani) Los términos del swaption se especificarán si el comprador paga la tasa fija o la variable, y el vendedor de la opción se convertirá en la contraparte del swap si la opción es ejercida. Convencionalmente, si el comprador tiene el derecho a ejercer la opción como el que paga la tasa fija, este habrá realizado un *call swaption*, también conocido como el *payer* del swaption o pagador. Mientras que si el comprador ejerce la opción y se convierte en quien paga la tasa variable será el *receiver* del swaption o receptor. En el mercado global se define también, qué tipo de opción se va a negociar, y a diferencia de un *cap* que es un portafolio constituido por opciones de interés, el swaption contiene una sola opción con varios pagos, o como es en nuestro caso, un solo pago.

Hay 3 maneras diferentes de ejercer la opción en un contrato swaption:

- **EUROPEA:** El dueño del contrato solo puede ejercer su derecho de entrar en un swap, en el vencimiento.
- **AMERICANA:** El dueño del contrato puede ejercer su derecho de entrar en un swap, en cualquier momento previo al vencimiento.
- **BERMUDA:** El dueño del contrato puede ejercer su derecho a entrar en un swap en cierto momento predeterminado previo al vencimiento.

El swaption es similar al forward swap pero en este no se obliga al comprador a ejercer, este tiene un derecho mientras que el comprador del forward swap tiene un obligación. Otra diferencia, es que los swaptions tienen un costo inicial que es la prima de la opción mientras que el forward swap no. Al igual que las opciones call y put, los swaptions también pueden estar in the money, at the money o out of the money, pero bajo circunstancias opuestas. El valor de un call swaption aumenta a medida que la tasa de interés aumenta y un put swaption será más caro cuando la tasa de interés sea más baja. (Eales & Choudhry, 2003)

Ambas partes realizan un acuerdo sobre la prima del swaption, la tasa strike, el vencimiento de la opción (que usualmente termina dos días hábiles antes a la fecha de inicio del swap), los términos del swap, el monto del notional, la amortización y la frecuencia de los pagos del swap. En esta caso, los swaps OIS IBR con un tenor menor o igual a 18 meses son pagaderos sólo en el vencimiento también llamados *bullet* y los swaps con tenor mayor a 18 meses tienen pagos semestrales.

En el caso del swaption de la LIBOR, la curva swap que se forma mide las expectativas sobre la curva LIBOR en un plazo específico. Eso quiere decir que hay varias curvas swap, una por cada plazo de la tasa referenciada. No obstante, el caso de la IBR se calcula de manera diferente porque este indicador no se cotiza para todos los plazos de la curva swap, es por esto que el swap OIS es un derivado exótico, el swap OIS más líquido es el de tenor de 18 meses. El swap de IBR refleja las expectativas sobre política monetaria que se ven afectadas por la liquidez, el IBR tiene una correlación negativa con esta última ya que refleja el costo del dinero en el mercado cambiario. De igual manera la tasa de política monetaria y el riesgo crediticio de las entidades, afectan la IBR. (Rojas, 2013)

El modelo Black se utiliza para la valoración de swaptions europeos, este contempla como input la volatilidad del activo subyacente la cual se obtiene de la información del mercado que como se dijo anteriormente, será la volatilidad histórica. Por otro lado, uno de los supuestos del modelo es que el comportamiento del activo subyacente tiene una distribución log normal y además supone que la volatilidad y la tasa libre de riesgo serán constantes, lo que limitará el modelo Black. Sin embargo, es útil como una aproximación para valorar opciones Europeas. (D.Akume, 2003)

Los swaptions de tasas de interés son útiles para implementar estrategias que provean la posibilidad de definir tasas, precios y diferentes niveles de tasas de interés, esta estrategia es atractiva para portafolios con una alta duración. (BlackRock, Swaption Strategies for Pension Plans, 2010)

## **MODELO BLACK**

El modelo de Black es una extensión del modelo Black-Scholes por ende, parte de los mismos supuestos de este y de la teoría de valoración de swaps explicada anteriormente, según Longstaff la manera convencional en el mercado de swaptions es utilizar la volatilidad implícita.

Las fórmulas empleadas en el modelo resultan de la siguiente manera:

$$c = NA [S_0N(d_1) - S_kN(d_2)]$$

$$p = NA [S_kN(-d_2) - S_0N(-d_1)]$$

Donde:

$$A = \sum_{i=1}^m e^{-rt_i}(t_i - t_{i-1})$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{K}\right) + \left(\frac{\sigma^2 T}{2}\right)}{\sigma_F \sqrt{T}}$$

$$d_2 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{k}\right) - \left(\frac{\sigma^2 T}{2}\right)}{\sigma_F \sqrt{T}} = d_1 - \sigma_F \sqrt{T}$$

$N$  valor nocional del swap

$A$  factor de descuento

$S_0$  Tasa swap en la fecha de vencimiento de la opción

$S_k$  Tasa strike, o la tasa swap pactada

$m$  Número de pagos en el swap

$t_i$  Plazo de cada pago del swap

$r$  Tasa libre de riesgo

$T$  Plazo al vencimiento del swaption (que es a la vez el vencimiento de la opción)

$\sigma_F$  Volatilidad de la tasa swap

De esta forma,  $t_0 = T$  y  $t_m = \tau$

De acuerdo con (Akume et al., AÑO), éste modelo ha sido criticado porque asume que la volatilidad y la tasa libre de riesgo son constantes, adicionalmente este modelo sirve únicamente para la valoración de opciones europeas. Longstaff et al., resaltan además que en la práctica el modelo no puede ser utilizado para cobertura de portafolios de opciones, ya que cada swaption debe ser cubierto con el forward swap correspondiente. Aunque algunos modelos permiten relajar los supuestos del modelo como *Black-Derman-Toy* y el modelo de *Ho-Lee*. (Akume, Luderer, & Weber, 2003)

De acuerdo con Eales, Moorad Choudhry, el pago del swaption para el comprador que pagará la tasa fija *-payer-*, es decir el comprador del call swaption, será igual a:

$$\frac{N}{m} \text{Max}(S_0 - S_k, 0)$$

Mientras que el comprador que pagará la tasa variable *-receiver-*, es decir, el comprador del put swaption, será igual a:

$$\frac{N}{m} \text{Max}(S_0 - S_t, 0)$$

### **3 CASO APLICADO: SWAPTION OIS IBR**

El trabajo tendrá en cuenta el swaption europeo para el swap IBR con tenor de 3 meses porque este tiene alta liquidez y porque es un swap bullet, es decir que no tiene cupones y permite un análisis más sencillo del producto. Sin embargo, el ejercicio se podrá replicar de igual manera para cada punto de la curva swap de IBR. El OIS IBR es un producto que ha permitido e impulsado el desarrollo del mercado de derivados en Colombia. Este ha tenido gran acogida por parte de los traders tanto a nivel nacional como internacional, pues permite no solo cubrirse ante cambios en el IBR sino también, negociar sobre las expectativas de la tasa de política monetaria que afectará como consecuencia el IBR. El OIS IBR tiene ciertas ventajas, como:

*El riesgo de crédito intrínseco en estos productos es muy bajo, debido a que no se transfiere el valor nominal del contrato.*

*Los OIS son instrumentos utilizados para administrar el riesgo de tasa de interés en el corto plazo.*

*Los OIS son particularmente usados por los analistas como un mecanismo para predecir posibles movimientos en las tasa de interés en el corto plazo. (Asobancaria, 2011)*

Por otro lado, los swaptions son utilizados en el mercado global para diferentes propósitos, por ejemplo:

*Extender la cobertura de tasa de interés en niveles y fechas predeterminadas.*

*Proteger el portafolio en el largo plazo ante una caída de las tasas de interés.*

*Medir la exposición a los movimientos de las tasas de interés, al alza o a la baja.*

*Mejora de los retornos de los portafolios al recibir una prima.*

*Tomar una perspectiva activa sobre la tasa de interés cuando el pricing es favorable.*

*(BlackRock, Swaption Strategies for Pension Plans, 2010)*

EL mercado del OIS es un mercado que a nivel local ha tenido gran crecimiento, a nivel internacional ha habido gran interés por el producto en toda la curva. En términos generales, el IRS de IBR tiene un movimiento correlacionado con la curva de largo plazo de los TES. Sin embargo, como ha sido de gran acogida la parte corta, se opta por este producto. Como ya se mencionó, el OIS tiene diferentes plazos, se escoge el de 3 meses por el DV01 negociado pues este

expone la sensibilidad que existe detrás del nominal y este es un plazo muy activo y sensible, lo que permite su fácil negociación.

Este derivado negociado en el mercado OTC funciona con la intermediación de los brokers, cuando estos tienen sede en Estados Unidos como sucede en la mayoría de los casos, estos deben registrar las operaciones de derivados en la CFTC – *Commodity Futures Trading Commission*, comisión fundada en 1974 que se encarga del control, supervisión e integridad de los mercados de futuros y swaps. En el caso del trader en Colombia, este deberá registrar sus operaciones en Set FX para el control y la supervisión de la Superfinanciera.

Cualquier entidad vigilada por la superfinanciera puede entrar a este mercado, bien sea un banco o una corporación financiera que en este caso son *swap dealers*, esto quiere decir que debe dar precio cuando se les solicite y por lo tanto generar liquidez en el mercado. Sin embargo, no cualquier entidad vigilada con línea de crédito opera en este mercado pues los swaps consumen mucho cupo.

## **MARCO REGULATORIO**

La norma más relevante en el marco regulatorio de Colombia, es la Ley 964 de 2005, por la cual se dictan normas generales y se señalan en ellas los objetivos y criterios a los cuales debe sujetarse el Gobierno Nacional para regular las actividades de manejo, aprovechamiento e inversión de recursos captados del público que se efectúen mediante valores. (Senado, 2005)

En los mercados no regulados ha sido de gran importancia el contrato Marco o *master agreements* que amparan las diferentes operaciones del mercado. Estos contratos generan estabilidad y seguridad por su carácter normalizado, dejando también un vínculo entre las partes para cualquier tipo de operación. Por otro lado, se consigue que las partes estén sujetas a un marco contractual susceptible a ser revisado y controlado por un ente judicial. Dicho documento es de carácter obligatorio para celebrar derivados en el mercado OTC y contiene los principales términos y condiciones que se consideran necesarios por parte de la Superintendencia Financiera de Colombia para la celebración de este tipo de instrumentos. De manera que las entidades vigiladas deben suscribir este contrato con sus contrapartes antes de llevar a cabo este tipo de negociaciones. Por otro lado, la asociación de derivados ISDA – *International Swaps and Derivatives Association*-, publicó en 1985 el primer contrato para la negociación de cualquier derivado en el mercado OTC y es el contrato convenido para la negociación internacional. Estos documentos buscan agrupar las definiciones de los elementos que conforman la operación financiera, determinar sus supuestos y permiten incorporar cláusulas particulares de las partes. (Jose Luis Martin Marin, 2004)

En Colombia, las entidades autorizadas para realizar operaciones de derivados son las entidades sometidas al control y vigilancia de la Superintendencia Financiera de Colombia según las instrucciones que ésta establezca.<sup>7</sup> Las siguientes son las leyes que afectan las negociaciones de derivados.

- Decreto 2555 de 2010
- Ley 964 de 2005
- Circular única CRCC de Colombia S.A.
- Modelo de Riesgo CRCC de Colombia S.A.
- Circular Básica Contable Financiera de la Superintendencia Financiera Capítulo XVIII
- Circular Básica Contable Financiera de la Superintendencia Financiera Capítulo XXI
- Circular Reglamentaria Externa DODM 143
- Circular Reglamentaria Externa DODM 144
- Resolución Externa 8 de 2000 Capítulo VIII
- Título VII de la Parte Segunda de la Resolución 400 de 1995

De acuerdo al anexo 2 de la circular de la Super Financiera, los aspectos mínimos de los contratos marco para la realización de instrumentos financieros derivados son: *las entidades vigiladas deben elaborar y suscribir con sus contrapartes un contrato marco que regule de manera general la negociación de instrumentos financieros derivados, en el evento de que los mismos se realicen por fuera de sistemas de negociación de valores o bolsas, es decir, en el mercado mostrador ("Over the Counter" u OTC).*

Por otro lado, el contrato marco deberá tener:

- a) El texto mismo del contrato marco.
- b) El suplemento.
- c) Cada una de las cartas de confirmación que se realicen por instrumento financiero derivado que se negocie.

Y debe tener definido como mínimo los siguientes aspectos:

- Criterios de interpretación:
- Declaraciones de capacidad/facultades:
- Eventos de terminación anticipada:
- Eventos de incumplimiento:
- Efectos de la terminación anticipada:
- Efectos del incumplimiento:
- Cláusulas especiales: Además de las cláusulas descritas anteriormente se pueden estipular las siguientes cláusulas:

---

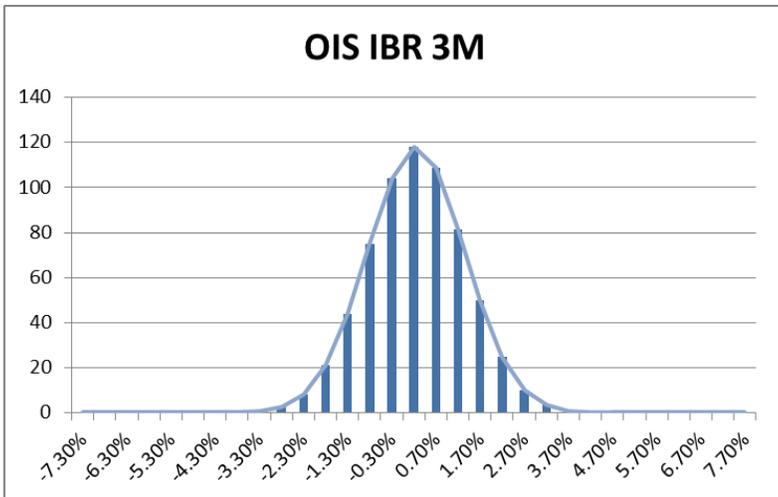
<sup>7</sup> Únicamente las comisionistas podrán realizar derivados en nombre propio pero por cuenta ajena.

## SUPUESTOS Y VARIABLES

Los supuestos y variables del modelo se presentan a continuación, al igual que su procedimiento de ser necesario:

En esta sección se expondrá el proceso previo a la ejecución del modelo que se realizó con las variables del mismo. Para empezar se desarrolla el supuesto de la log normalidad de la serie del OIS IBR de 3 M, esto se realiza demostrando la normalidad de los retornos logarítmicos, aquí se mostrarán los resultados y la información completa se puede ver en el anexo 3.

Se obtuvo de Bloomberg la serie del OIS IBBR de 3 meses, este producto tuvo origen el 2 de Enero de 2011 y hasta el 13 de Agosto del 2013 porque el ejercicio planteado tendrá fecha inicial el 14 de Agosto de 2013.



<i>Columna1</i>	
Media	-0.00000476
Error típico	0.00042837
Mediana	0.00000000
Moda	0.00000000
Desviación estándar	0.01093825
Varianza de la muestra	0.00011965
Curtosis	28.01
Coficiente de asimetría	0.96
Rango	0.19
Mínimo	-0.07
Máximo	0.12
Suma	-0.003101
Cuenta	652

La variable  $S_0$  que es la que tasa swap en la fecha de vencimiento de la opción será la tasa forward swap de la curva correspondiente a la duración del swaption. La curva swap OIS tiene diferentes plazos y para este caso se tomará un plazo de 3 meses, la siguiente tabla de Bloomberg muestra la tasa del 14 de Agosto de 2013 correspondiente a este plazo e incluye la tasa del swap de 6 meses pues este será necesario para calcular la tasa forwards swap.

Dates	3M	6M
W 8/14/13	3.1700	3.2700

Para calcular la tasa forward swap es necesario hacer el siguiente procedimiento:

Las tasas deben convertirse a efectiva anual pues están nominadas como nominal periódica vencida  $-npv$ .

$$\left(1 + S_{0\ 3M} * \left(\frac{90}{360}\right)\right) * \left(1 + fwd_{3M \times 3M} * \left(\frac{90}{360}\right)\right) = \left(1 + S_{0\ 6M} \left(\frac{180}{360}\right)\right)$$

$$fwd_{3M \times 3M} = \left( \frac{\left(1 + S_{0\ 6M} \left(\frac{180}{360}\right)\right)}{\left(1 + S_{0\ 3M} * \left(\frac{90}{360}\right)\right)} - 1 \right) * \left(\frac{360}{90}\right)$$

$$fwd_{3M \times 3M} = 3.344\%$$

La tasa libre de riesgo  $r$ , se tomará de la tasa del título de deuda pública colombiano TES con vencimiento de 3 meses porque "se debe utilizar la tasa de interés de la curva de TES B tasa fija en pesos que corresponda a un plazo igual al que resta para la expiración de la opción" [Ver anexo 2]. Se tomará la tasa cero cupón reportada por Infovalmer con plazo de 6 meses porque "esta curva relaciona los tipos de interés de contado con sus plazos de vencimiento e indica la rentabilidad que el mercado estaría exigiendo en cada plazo, para un activo libre de riesgo"<sup>8</sup>. Si la contraparte del swaption es *offshore*, es decir del exterior, la tasa libre de riesgo será "la tasa más líquida que exista en el país al que pertenezca la moneda, para el plazo que se trate, expresada en forma compuesta continuamente. En muchos casos corresponde a la tasa de interés de los bonos soberanos del respectivo país." (Superintendencia Financiera de Colombia, 2010)

<sup>8</sup> Diccionario Financiero. URL [<http://www.espanolsinfronteras.com/Diccionarios/DiccFinanciero.htm>]

<b>Infovalmer</b>	<b>Tasa Cero Cupón 3 Meses</b>
<b>14 / Agosto / 2013</b>	<b>3.9623%</b>

Fuente: INFOVALMER

La tasa libre de riesgo se puede usar como una tasa continua compuesta pues el modelo de Black así lo supone:

$$ea = e^r - 1$$

$$r (\text{tasa compuesta}) = \ln (ea + 1)$$

$$r = \ln(3.9623\% + 1) = 3.8858\%$$

Para la volatilidad tasa swap  $\sigma_F$ , se obtuvo de Bloomberg la serie del OIS IBR de 3 meses, desde el primero de febrero de 2011 que registra como el primer día de negociación hasta el 13 de Agosto de 2013 para un total de 623 observaciones, para luego calcular la volatilidad histórica. Como se dijo anteriormente, se realizará como la volatilidad estadística aunque se puede obtener por otros métodos como el EWMA, ARCH o GARCH pero se opta por utilizar la volatilidad histórica pues estos modelos se basan en esta última y funciona como una primera aproximación [Ver anexo 1]. De acuerdo a CBCF<sup>9</sup> la volatilidad del precio del subyacente puede ser calculada por cada entidad vigilada siempre y cuando esta sustente la metodología. Sin embargo, sugiere que se utilice la volatilidad implícita cuando exista suficiente liquidez en el mercado, o la volatilidad histórica – “si dicha volatilidad mantiene un nivel más o menos estable (una desviación estándar por arriba o por abajo)” (Superintendencia Financiera de Colombia, 2010)- como punto de partida.

$$s_{diaria} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (u_i - \bar{u})^2} = 1.0930\%$$

Debe resaltarse que la volatilidad esperada a incluir en las fórmulas para valoración debe ser la volatilidad anualizada, considerando para ello 252 días hábiles en un (1) año.<sup>10</sup> En el anexo 1 está el procedimiento de estos cálculos, aquí se presentan los resultados.

$$s = 1.0930\% * \sqrt{252} = 18.0260\%$$

<sup>9</sup> Circular Básica Contable Financiera de la Superintendencia Financiera de Colombia, en adelante CBCF

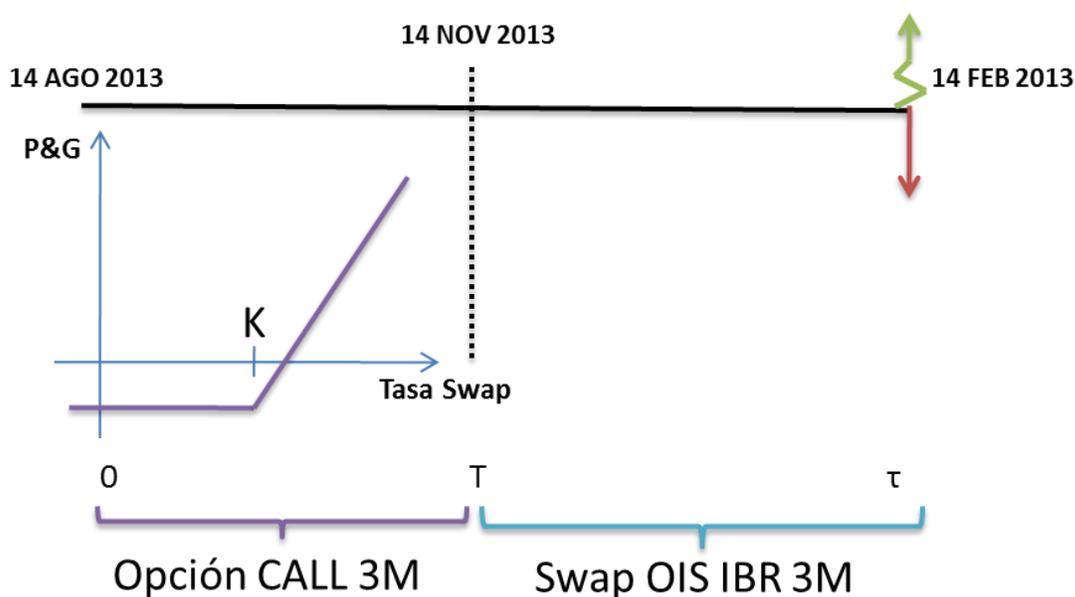
<sup>10</sup> CBCF

Posteriormente, se utilizó el método de EWMA, con el fin de entender la diferencia entre ambos métodos y darle mayor relevancia a la volatilidad de los datos más recientes pues recién comienza el mercado hay pocos datos y hace que la distribución se altere. Se calcularon los retornos logarítmicos, la volatilidad del día anterior al de la fecha de inicio del swaption y la volatilidad de dos días anteriores a la fecha de inicio. Esto se hizo utilizando la metodología descrita en el marco teórico. El peso utilizado es aquel sugerido por Risk Metrics como se explicó anteriormente. Al calcular la volatilidad anualizada el resultado es 21.6772%.

$$s = 1.3655\% * \sqrt{252} = 21.6772\%$$

## SWAPTION OIS IBR 6 M

Para hallar el precio de un swaption europeo se dividirá el caso en 4 partes. En primer lugar se calcularán los precios utilizando la volatilidad histórica y luego la volatilidad calculada por el método EWMA. Para cada una de estas volatilidades se hallará el precio de una opción call y de una opción put. El comprador del call swaption será quien recibirá la tasa fija y pagará el IBR *overnight*, si es el caso contrario, el comprador tendrá un put swaption, (Hong Kong University) el siguiente diagrama representa uno de nuestros casos.



El swaption tendrá una duración de 6 meses, compuesto por 3 meses de la opción y 3 meses del swap OIS – *Swaption OIS IBR 3Mx3M*. El caso será ejemplificado con valores históricos por lo que se supondrá que el swaption será negociado el 14 de Agosto de 2013 y tendrá fecha de vencimiento el 14 de Febrero de 2014, de esta manera podremos ejemplificar el derivado en diferentes escenarios ya conocidos.

Para hallar el precio de un swaption europeo se dividirá el caso en 4 partes. En primer lugar se calcularán los precios utilizando la volatilidad histórica y luego la volatilidad calculada por el método EWMA. Para cada una de estas volatilidades se hallará el precio de una opción call y una opción put.

## VOLATILIDAD HISTÓRICA

### ***Payer swaption o call swaption***

El ejercicio de valoración del swaption europeo de OIS IBR puede basarse en el siguiente caso de ejemplo: Una entidad del sector real adquirió una obligación indexada al IBR con un establecimiento de crédito que empieza en 3 meses a un plazo de 3 meses. Sin embargo, la entidad desea asegurar una tasa máxima a la cual pagar la deuda para efectos de presupuesto. Por esta razón, la entidad desea convertir sus flujos de tasa variable a tasa fija. Sin embargo, existe incertidumbre con respecto a las expectativas de tasa de interés, por esta razón la empresa adquirió una cobertura que le diera la opción de fijar una tasa de deuda máxima en caso que la IBR subiera, o dejar sus flujos a tasa variable si la expectativa de tasas de interés al inicio de la deuda es bajista. Esto, de manera que no se viera obligada a pagar una tasa fija más alta si la tasa variable llegase a bajar.

Primero, es necesario hallar el precio del swaption el 14 de Agosto de 2013, con el fin de saber cuál es el costo de la cobertura para la empresa.

Los parámetros del modelo de Black utilizados fueron los siguientes, los cálculos son realizados por el autor:

Parámetros	
N	100,000,000
Spot	3.344%
Strike	3.400%
m	0.67
$\tau$	0.50
T	0.25
r	3.8858%
$\sigma$	18.0260%

A partir de esta información se llevaron a cabo los cálculos correspondientes al modelo.

$$A = \sum_{i=1}^m e^{-0.038858 \cdot (0.5+0.25)} (0.75 - 0.25) = 1.4569$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{0.0344}{0.0400}\right) + \left(\frac{0.180260^2 \cdot 0.25}{2}\right)}{0.180260 \sqrt{0.25}} = -0.1408$$

$$d_2 = -0.1408 - 0.180260 \sqrt{0.25} = -0.2310$$

En la siguiente tabla se resumen los valores calculados:

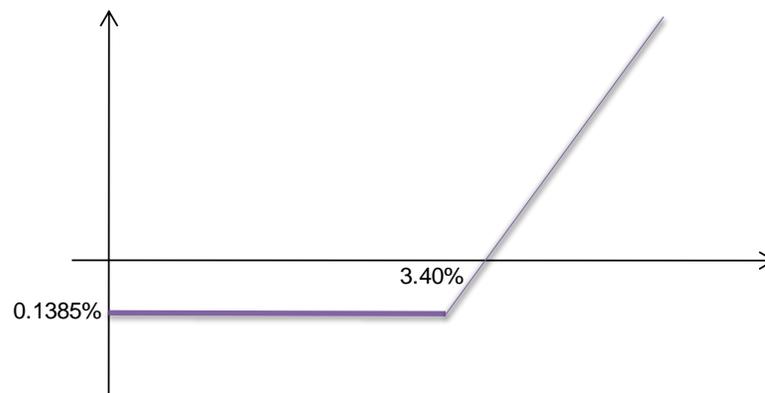
Black's Model	
d1	-0.1408
d2	-0.2310
A	1.4569
N(d1)	0.4440
N(d2)	0.4087
N(-d1)	0.5560
N(-d2)	0.5913

$$c = NA [S_0 N(d_1) - S_k N(d_2)]$$

$$c = (100,000,000)(1.4569)[0.03344 * 0.4440 - 0.0340 * 0.4087]$$

$$c = 138,456.82$$

PRECIO CALL	138,456.82
PRIMA CALL	0.1385%



$$c^{BP} = 0.1385\%$$

Donde  $c^{BP}$  es el precio del swaption expresado en puntos básicos.

De esta manera, el precio del call swaption que la empresa debe pagar para adquirir el derecho de elegir si llevar a cabo un swap de IBR, es decir la prima, sería de 0.1385% que multiplicados por el valor nominal equivalen a 138,456.82 pesos.

Suponiendo que la fecha  $t + 0$  es el 14 de Febrero de 2014 y que la tasa spot del swap IBR es 3.27%, la empresa no ejercerá la opción. Ya que si la tasa variable spot disminuyó, a la entidad no le interesará ser la contraparte de un swap donde se comprometió a pagar el 3.40%. De esta forma, habrá pagado únicamente 138,456.82 pesos por tener el derecho de elegir si llevar a cabo el swap o no, pero se habrá cubierto del riesgo de un alza en las tasas de interés. Si se supone que este día la tasa spot del swap IBR fue de 4.3%, la empresa ejercerá la opción y será la contraparte de un swap de tasa fija a la tasa strike, es decir 3.40% y no se verá afectado por el movimiento del mercado que se encontrará en una tasa más alta.

### **Receiver swaption o put swaption**

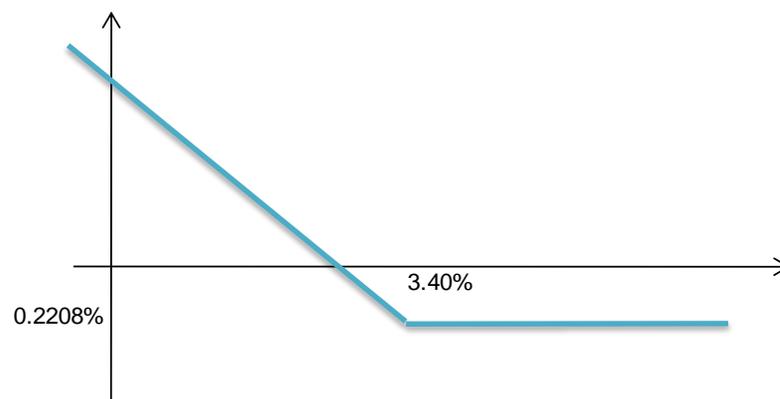
Si la empresa por el contrario, hubiese adquirido una deuda tasa fija y su expectativa es que las tasas de interés van a bajar, quisiera por el contrario, pagar la tasa variable y recibir la tasa fija. Si la tasa variable efectivamente disminuye, esta ejercería la opción y recibiría una tasa fija pactada al inicio del contrato que sería más alta a la tasa variable que está entregando.

$$p = NA [S_k N(-d_2) - S_0 N(-d_1)]$$

$$p = (100,000,000)(1.4569) [0.03400 * 0.5913 - 0.03344 * 0.5560]$$

$$p = 220,768.55$$

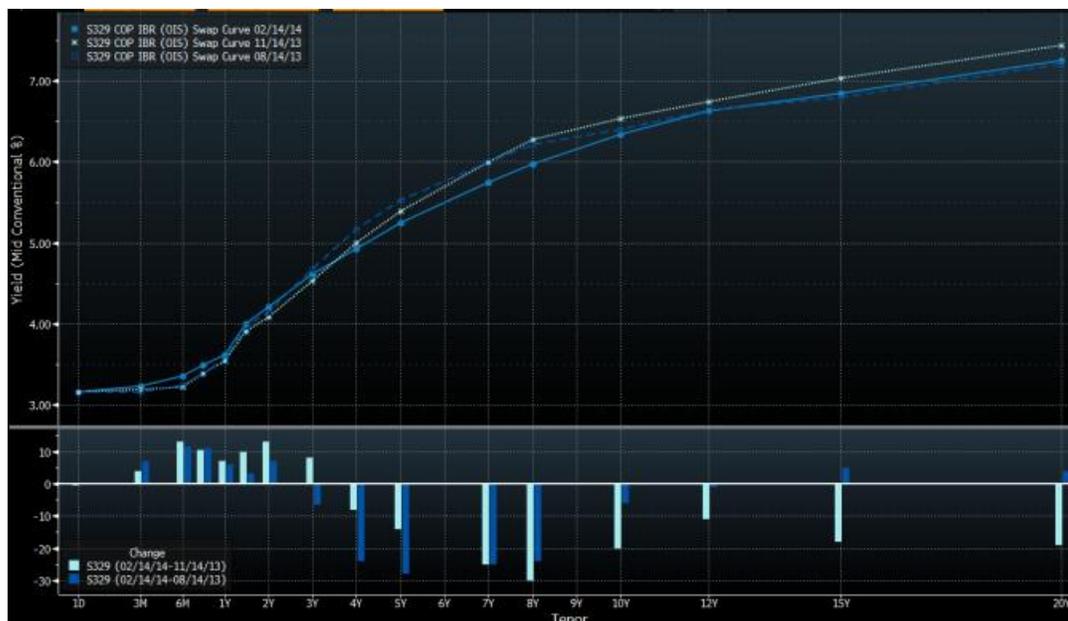
PRECIO PUT	220,768.55
PRIMA PUT	0.2208%



$$p^{BP} = 0.2208\%$$

Donde  $p^{BP}$  es el precio de la prima expresado en puntos básicos.

El ejercicio propone un strike cerca al spot para que la opción esté ATM<sup>11</sup>, sin embargo se puede ver que es más atractivo comprar una put con ese nivel de strike que una call, por eso su precio es mayor, es más probable que se convierta ITM<sup>12</sup>.



Curva OIS IBR 3 M (14/08/2013 – 14/11/2013 - 14/02/2014)

Fuente: Bloomberg

## VOLATILIDAD EWMA

Si se modifica la volatilidad histórica por la volatilidad calculada con el modelo EWMA, únicamente cambiarían los precios de las primas ya que el spot y el strike para este caso siguen siendo los mismos.

Los resultados de acuerdo a los cálculos del autor, son los siguientes:

Parámetros		Black's Model	
N	100,000,000	d1	-0.1004
Spot	3.344%	d2	-0.2088
Strike	3.400%	A	1.4569
m	0.67	N(d1)	0.4600
$\tau$	0.50	N(d2)	0.4173
T	0.25	N(-d1)	0.5400
r	3.8858%	N(-d2)	0.5827
$\sigma$	21.6772%		

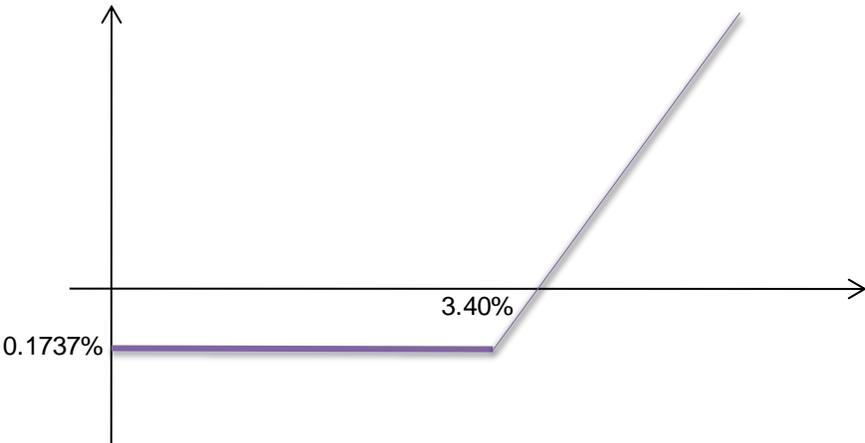
<sup>11</sup> ATM – At the Money. Opción que tiene probabilidad de ejercicio del 50% y el spot es igual al strike.

<sup>12</sup> ITM- In the Money. Opción que tiene probabilidad de ejercicio superior al 50% .

Como se puede ver en la siguiente imagen, la prima sería más alta, ya que al haber mayor volatilidad existe más riesgo y por lo tanto la contraparte que se ve obligada a cumplir con la operación, requiere una mayor rentabilidad para aceptar un nivel de riesgo superior.

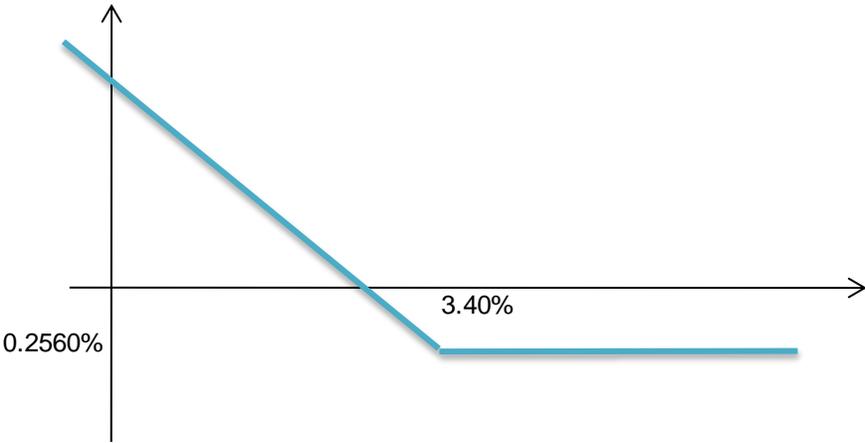
**Payer swaption o call swaption**

PRECIO CALL	173,678.60
PRIMA CALL	0.1737%



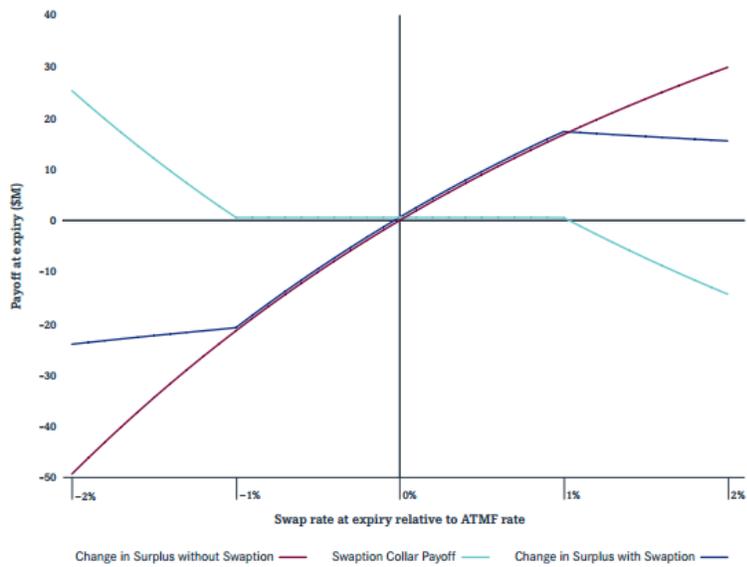
**Receiver swaption o put swaption**

PRECIO PUT	255,990.33
PRIMA PUT	0.2560%



En cuanto a la elección de la metodología para el cálculo de la volatilidad, después de realizar el ejercicio, es posible decir que aunque ambos métodos son aceptados, se elegiría el segundo (EWMA). Ya que este le da una mayor importancia a los datos recientes y por ende mayor importancia a los movimientos reflejados en la tasa swap IBR como consecuencia de los movimientos de tasa de política monetaria. Adicionalmente, al tener en cuenta la información histórica de dicha tasa, se está teniendo en cuenta una época de poca liquidez en el mercado mientras que en la actualidad hay un mercado más estable y más líquido es por esto que darle peso a los datos recientes, le da mayor realidad al ejercicio pues refleja una historia reciente del activo.

Los swaption son derivados usados para cobertura de tasas de interés de acuerdo a una expectativa del poseedor. Una institución puede comprar un call swaption si espera que las tasas de interés van a subir y ejercerá la opción si efectivamente estas suben. Estos derivados son utilizados como parte de una cobertura para una exposición del portafolio de futuros a una tasa de interés, por ejemplo, una empresa pide un préstamo a un banco por 5 años, los intereses están sujetos a una tasa variable pero la empresa quiere realizar un swap a tasa fija, por ejemplo el 10%. Como estrategia de cobertura, la empresa decide realizar un swaption que le dará el derecho a recibir la LIBOR y pagar una tasa fija de 10% durante el periodo del préstamo. Si la tasa del swap a 5 años es menor a la tasa fija pactada, la compañía pagará dicha tasa y el swaption expirará. Sin embargo, si la tasa del swap a 5 años es mayor a la tasa fija ofrecida, la empresa ejercerá el swap, teniendo el derecho de pagar la tasa fija ofrecida por el swap. (Eales & Choudhry, 2003)



Fuente: (BlackRock, Swaption Strategies for Pension Plans, 2010)

## 4 CONCLUSIONES

Este trabajo concluye que la teoría que enmarca los derivados tanto en Colombia como en el mundo, nos permite afirmar que el mercado financiero colombiano tuvo una necesidad importante de crear productos de cobertura, particularmente de tasa de interés que traerán liquidez, profundidad y dinamismo al mercado.

Se encontró que la creación del IBR, que es un indicador confiable, permite tener a disposición un instrumento para diseñar productos derivados. El país tiene una mayor posibilidad de impulsar el mercado de derivados financieros de tasa de interés, partiendo de un indicador robusto y representativo de la tasa de política monetaria. Adicionalmente, después de observar y analizar las cifras, se puede ver que la creación de productos como el OIS IBR y el IRS IBR, el mercado monetario y de derivados del país ha evolucionado. Pero aún tiene necesidades que se deben suplir, lo que nos permite estructurar productos sobre indexados a esta tasa.

Por un lado, es importante resaltar los beneficios que este producto puede traerle al mercado colombiano. Primero, proveerles opciones a los participantes del mismo para profundizar el mercado de derivados de tasa de interés. Segundo, la utilización de este producto como instrumento de cobertura permite protegerse contra un movimiento adverso de la tasa de interés sin renunciar a un movimiento favorable de la misma, como se mostró en el caso aplicado. (Jose Luis Martin Marin, 2004)

Este estudio muestra que para el caso colombiano es preferible no sólo negociar el swap de IBR sino el swaption de IBR porque da el derecho mas no la obligación al comprador de ser la contraparte de un swap si el movimiento del mercado le es favorable, limitando su pérdida al valor de la prima pero maximizando sus ganancias si el mercado toma la tendencia esperada por el mismo.

Respecto de la valoración del swaption propuesto, se encontró que la metodología más utilizable y aplicable es la de Black con todos sus supuestos y que el diseño sugiere una medida de uso. Este estudio concluye que la volatilidad obtenida con la metodología EWMA es más ajustada a la realidad que la volatilidad histórica porque da un mayor peso a las últimas observaciones, lo que para un mercado reciente, es valioso pues al inicio del mismo, hay poca liquidez y pocas cotizaciones, además es importante darle una importancia mayor a los datos más cercanos a la fecha de valoración ya que incorporan cambios y expectativas recientes de política monetaria, variable que afecta directamente la IBR.

Finalmente, es importante resaltar que en Colombia, especialmente en el sector real, es donde estos instrumentos tienen poca envergadura por lo que es de esperarse que el producto sea utilizado en un principio por las entidades que hoy en día participan en el mercado de swap de IBR, como lo son las entidades financieras. Además, es importante educar a las entidades del sector real y financiero en el país sobre la utilización y el objetivo de los derivados, ya que pocas empresas del sector real utilizan este tipo de instrumentos para hacer coberturas por pensar que son instrumentos riesgosos o por tener concepciones equívocas sobre los derivados exóticos.

## 5 ANEXOS

### Anexo 1. Volatilidad Histórica

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (u_i - \bar{u})^2}$$

Media Retornos	0.00000
No. Observaciones	653
Varianza	0.00012
Volatilidad Diaria	1.0930%
Volatilidad Anual	18.0260%

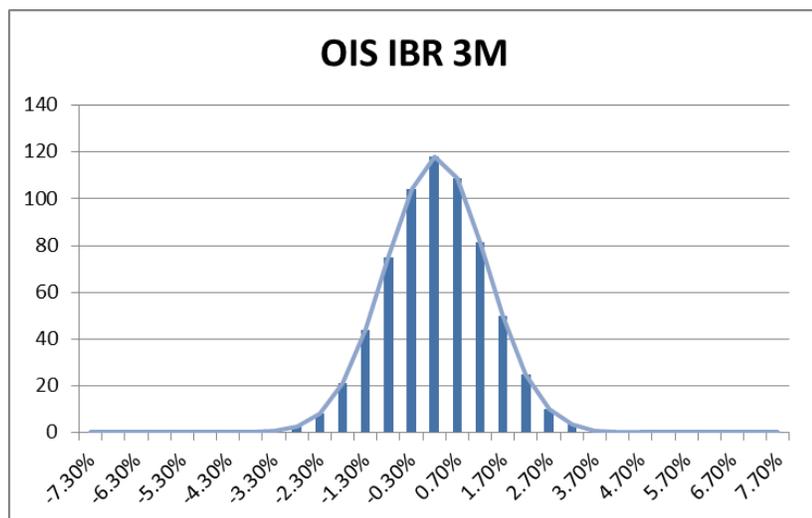
Dates	3M	Ret. Log	Ret - Media	(ret-media)^2
8/13/2013	3.23			
8/12/2013	3.2	(0.0093)	-0.009327	0.000087
8/9/2013	3.2	-	0.000005	0.000000
8/8/2013	3.18	(0.0063)	-0.006265	0.000039
8/7/2013	3.25	0.0218	0.021779	0.000474
8/6/2013	3.24	(0.0031)	-0.003077	0.000009
8/5/2013	3.24	-	0.000005	0.000000
8/2/2013	3.24	-	0.000005	0.000000
8/1/2013	3.24	-	0.000005	0.000000
7/31/2013	3.26	0.0062	0.006159	0.000038
7/30/2013	3.28	0.0061	0.006121	0.000037
7/29/2013	3.26	(0.0061)	-0.006111	0.000037
7/26/2013	3.17	(0.0280)	-0.027991	0.000783
7/25/2013	3.24	0.0218	0.021846	0.000477
7/24/2013	3.33	0.0274	0.027404	0.000751
7/23/2013	3.25	(0.0243)	-0.024313	0.000591
7/22/2013	3.23	(0.0062)	-0.006168	0.000038
7/19/2013	3.21	(0.0062)	-0.006206	0.000039
7/18/2013	3.19	(0.0063)	-0.006245	0.000039
7/17/2013	3.09	(0.0318)	-0.031845	0.001014
7/16/2013	3.12	0.0097	0.009667	0.000093
7/15/2013	3.19	0.0222	0.022193	0.000493
7/12/2013	3.2	0.0031	0.003135	0.000010
7/11/2013	3.16	(0.0126)	-0.012574	0.000158
7/10/2013	3.18	0.0063	0.006314	0.000040
7/9/2013	3.23	0.0156	0.015606	0.000244
7/8/2013	3.24	0.0031	0.003096	0.000010
7/5/2013	3.18	(0.0187)	-0.018687	0.000349
7/4/2013	3.26	0.0248	0.024851	0.000618
7/3/2013	3.21	(0.0155)	-0.015452	0.000239
7/2/2013	3.24	0.0093	0.009307	0.000087
7/1/2013	3.205	(0.0109)	-0.010856	0.000118
6/28/2013	3.22	0.0047	0.004674	0.000022
6/27/2013	3.2	(0.0062)	-0.006226	0.000039
6/26/2013	3.23	0.0093	0.009336	0.000087
6/25/2013	3.21	(0.0062)	-0.006206	0.000039
6/24/2013	3.25	0.0124	0.012389	0.000153
6/21/2013	3.37	0.0363	0.036263	0.001315
6/20/2013	3.26	(0.0332)	-0.033181	0.001101
6/19/2013	3.25	(0.0031)	-0.003067	0.000009
6/18/2013	3.25	-	0.000005	0.000000
6/17/2013	3.23	(0.0062)	-0.006168	0.000038
6/14/2013	3.23	-	0.000005	0.000000
6/13/2013	3.25	0.0062	0.006178	0.000038
6/12/2013	3.22	(0.0093)	-0.009269	0.000086
6/11/2013	3.25	0.0093	0.009278	0.000086
6/10/2013	3.21	(0.0124)	-0.012379	0.000153
6/7/2013	3.22	0.0031	0.003115	0.000010
6/6/2013	3.24	0.0062	0.006197	0.000038
6/5/2013	3.22	(0.0062)	-0.006187	0.000038
6/4/2013	3.2	(0.0062)	-0.006226	0.000039
6/3/2013	3.21	0.0031	0.003125	0.000010
5/31/2013	3.21	-	0.000005	0.000000
5/30/2013	3.21	-	0.000005	0.000000
5/29/2013	3.2	(0.0031)	-0.003115	0.000010
5/28/2013	3.23	0.0093	0.009336	0.000087
5/27/2013	3.24	0.0031	0.003096	0.000010
5/24/2013	3.21	(0.0093)	-0.009298	0.000086

## **Anexo 2.** Capítulo 18 Superintendencia Financiera de Colombia: Instrumentos Derivados y Productos Estructurados

**Tasa de interés libre de riesgo en pesos.** Se debe utilizar la tasa de interés de la curva de TES B tasa fija en pesos que corresponda a un plazo igual al que resta para la expiración de la opción, una vez recalculada como una tasa compuesta continuamente, tal como lo exige la fórmula de Black-Scholes para la valoración de opciones europeas.

**Tasa de interés libre de riesgo en moneda extranjera.** Se debe utilizar la tasa más líquida que exista en el país al que pertenezca la moneda, para el plazo que se trate, expresada en forma compuesta continuamente. En muchos casos corresponde a la tasa de interés de los bonos soberanos del respectivo país. En otros, por ejemplo, para dólares americanos, corresponde a la tasa Libor-dólar, para el plazo pertinente, publicado a las 11 (once) de la mañana, hora oficial colombiana, en cualquiera de los sistemas de negociación (Bloomberg o Reuters).

### Anexo 3. Log normalidad de la serie



Columna1	
Media	-0.00000476
Error típico	0.00042837
Mediana	0.00000000
Moda	0.00000000
Desviación estándar	0.01093825
Varianza de la muestra	0.00011965
Curtosis	28.01
Coficiente de asimetría	0.96
Rango	0.19
Mínimo	-0.07
Máximo	0.12
Suma	-0.003101
Cuenta	652

Date	OIS IBR 3M	Ret. Log
8/13/2013	3.23	
8/12/2013	3.2	(0.0093)
8/9/2013	3.2	-
8/8/2013	3.18	(0.0063)
8/7/2013	3.25	0.0218
8/6/2013	3.24	(0.0031)
8/5/2013	3.24	-
8/2/2013	3.24	-
8/1/2013	3.24	-
7/31/2013	3.26	0.0062
7/30/2013	3.28	0.0061
7/29/2013	3.26	(0.0061)
7/26/2013	3.17	(0.0280)
7/25/2013	3.24	0.0218
7/24/2013	3.33	0.0274
7/23/2013	3.25	(0.0243)
7/22/2013	3.23	(0.0062)
7/19/2013	3.21	(0.0062)
7/18/2013	3.19	(0.0063)
7/17/2013	3.09	(0.0318)
7/16/2013	3.12	0.0097
7/15/2013	3.19	0.0222
7/12/2013	3.2	0.0031
7/11/2013	3.16	(0.0126)
7/10/2013	3.18	0.0063
7/9/2013	3.23	0.0156
7/8/2013	3.24	0.0031
7/5/2013	3.18	(0.0187)
7/4/2013	3.26	0.0248
7/3/2013	3.21	(0.0155)
7/2/2013	3.24	0.0093
7/1/2013	3.205	(0.0109)
6/28/2013	3.22	0.0047
6/27/2013	3.2	(0.0062)
6/26/2013	3.23	0.0093
6/25/2013	3.21	(0.0062)
6/24/2013	3.25	0.0124
6/21/2013	3.37	0.0363
6/20/2013	3.26	(0.0332)
6/19/2013	3.25	(0.0031)
6/18/2013	3.25	-
6/17/2013	3.23	(0.0062)
6/14/2013	3.23	-
6/13/2013	3.25	0.0062

## **Anexo 4. Anexo 2 de la Circular SuperFinanciera Cap 18: Instrumentos Derivados y Productos Estructurados**

“Anexo 2. Aspectos mínimos de los contratos marco para la realización de instrumentos financieros derivados”

1. Las entidades vigiladas deben elaborar y suscribir con sus contrapartes un contrato marco que regule de manera general la negociación de instrumentos financieros derivados, en el evento de que los mismos se realicen por fuera de sistemas de negociación de valores o bolsas, es decir, en el mercado mostrador (“*Over the Counter*” u OTC).

La elaboración y suscripción del contrato marco no es necesaria cuando la entidad vigilada suscriba con su contraparte un contrato que incorpore las cláusulas mínimas previstas por ISDA para la celebración de instrumentos financieros derivados, el cual deberá estar disponible para cuando la Superintendencia Financiera de Colombia estime conveniente revisarlo.

2. El contrato marco contendrá los principales términos y condiciones para la negociación de instrumentos financieros derivados, de conformidad con lo previsto en el presente Anexo, los cuales se consideran imperativos por parte de la Superintendencia Financiera de Colombia por la relevancia de estos instrumentos para el orden económico y el sistema financiero colombiano en general.

El contrato marco estará conformado por tres (3) partes a saber:

- a) El texto mismo del contrato marco.
- b) El suplemento.
- c) Cada una de las cartas de confirmación que se realicen por instrumento financiero derivado que se negocie.

El suplemento no puede modificar ni derogar las condiciones mínimas previstas en este Anexo y demás instrucciones de la Superintendencia Financiera de Colombia aplicables al contrato marco.

Cada carta de confirmación debe establecer la forma en que se calculará el precio justo de intercambio del instrumento financiero derivado para su liquidación y las características pactadas para su cumplimiento.

3. El contrato marco debe contener como mínimo los siguientes aspectos, sin perjuicio de que las entidades vigiladas fijen criterios más exigentes para efectos de control de riesgos:

- a) Definiciones: Son aplicables las definiciones contenidas en el Título VII de la Parte Segunda de la Resolución 400 de 1995 y las previstas en el presente Capítulo;
- b) Criterios de interpretación: Son aplicables las reglas de interpretación vigentes en Colombia de conformidad con lo previsto en los artículos 1618 al 1624 del Código Civil y demás normas concordantes. Sin embargo, se debe tener en cuenta que los pactos más específicos prevalecen sobre las condiciones más generales, de manera que en caso de discrepancia entre la carta de confirmación y el contrato marco prevalecerá el texto de la carta de confirmación, y entre el suplemento y el contrato marco prevalecerá el texto del suplemento. Lo anterior porque los pactos más concretos reflejan mejor la intención de las partes contratantes, criterio rector de la interpretación de los contratos a voces del artículo 1618 del Código Civil. En todo caso, ni las cartas de confirmación ni los suplementos podrán derogar

las condiciones mínimas previstas en el contrato marco porque las mismas son parte integral del presente Capítulo;

- c) Declaraciones de capacidad/facultades: Se deben especificar claramente las personas facultadas para comprometer a la entidad a través del contrato marco, el suplemento y las cartas de confirmación. Para el caso de las entidades vigiladas, se entiende que está facultado para suscribir el contrato marco cualquiera de los representantes legales, debidamente posesionados ante la Superintendencia Financiera de Colombia.

Para autorizar a una persona diferente al representante legal para suscribir las cartas de confirmación, se debe anexar al contrato marco la lista de personas expresamente autorizadas;

- d) Eventos de terminación anticipada: Los contratos marco deben contener como mínimo los siguientes eventos que se consideran como justa causa para la terminación anticipada de los mismos:

i) El no pago de los flujos de los instrumentos financieros derivados o entrega del subyacente, siempre y cuando no cumpla con las condiciones establecidas en el ordinal i) del literal e) del presente numeral, correspondiente a "Eventos de incumplimiento";

ii) Eventos de reorganización empresarial: Se considera que hay lugar a la terminación anticipada cuando como resultado de la reorganización resultare una disminución de la calificación del riesgo de la absorbente o de la nueva entidad que la lleve a perder el grado de inversión. Para los casos de entidades que no estén calificadas por una entidad calificadoradora de riesgo legalmente autorizada, las partes deben definir el criterio que servirá para determinar la terminación anticipada; v. gr. cuando a criterio de la entidad la contraparte tenga una menor capacidad de endeudamiento o implique mayor riesgo crediticio;

iii) Cambio de control: Para estos efectos se deben tener en cuenta los conceptos de matriz, subordinada y/o controlada contenidos en los artículos 260 y 261 del Código de Comercio, el artículo 28 de la Ley 222 de 1995 y el numeral 2. del Capítulo X de la Circular 100 de 1995 (Circular Básica Contable y Financiera) o demás normas que sean aplicables según el tipo de entidad.

Se considera que se genera esta causal cuando el tercero que llegue a ostentar la calidad de matriz o controlante tenga una calificación de riesgo que no sea grado de inversión. Para los casos de entidades que no estén calificadas por una entidad calificadoradora de riesgo legalmente autorizada, las partes deben definir el criterio que servirá para determinar la terminación anticipada; v. gr. cuando a criterio de la entidad la contraparte tenga una menor capacidad de endeudamiento o implique mayor riesgo crediticio.

Es tercero, para estos efectos, cualquier persona natural o jurídica diferente a aquélla que detentaba la calidad de matriz o controlante al momento de la negociación de un instrumento financiero derivado; y

iv) Variación en la calificación de la contraparte: Disminución de la calificación de riesgo al menos en dos (2) niveles o "notches" por debajo de la calificación al momento de la negociación de un instrumento financiero derivado. Para los casos de entidades que no estén calificadas por una entidad calificadoradora de riesgo legalmente autorizada, las partes deben definir el criterio que servirá para determinar la terminación anticipada; v. gr. cuando a criterio de la entidad la contraparte tenga una menor capacidad de endeudamiento o implique mayor riesgo crediticio.

Las causales previstas en los ordinales ii), iii) y iv) pueden ser enervadas por mutuo acuerdo de las partes contratantes siempre y cuando la parte que ha incurrido en la causal ofrezca garantías adicionales a su contraparte de manera tal que se mitigue el riesgo que genera la

baja de calificación. En el contrato marco se deben estipular cuáles serán esas garantías adicionales.

e) Eventos de incumplimiento: Los contratos deben contener como mínimo los siguientes eventos de incumplimiento:

i) Mora en el pago de los flujos de los instrumentos financieros derivados o en la entrega del subyacente, siempre y cuando dicha omisión no haya sido remediada como máximo el quinto día hábil siguiente a la fecha en la cual se haya presentado la ausencia de pago o de entrega que da origen al incumplimiento respectivo. Las partes pueden convenir un término inferior a los cinco (5) días hábiles, no prorrogables;

ii) Incumplimiento en la constitución de garantías: Cuando, en un sólo día, se presente una pérdida de valor de las garantías respecto del valor mínimo convenido o, en su defecto, en un porcentaje igual o superior al cinco por ciento (5%) de su valor inicial y estos valores no sean restablecidos en un término máximo de cuarenta y ocho (48) horas contadas a partir del Llamado al Margen; y

iii) Falta de capacidad para contratar instrumentos financieros derivados: Es el incumplimiento o la no observancia de los lineamientos contenidos en el literal c) del numeral 3. del presente Anexo.

f) Efectos de la terminación anticipada:

La terminación anticipada de instrumentos financieros derivados tiene los siguientes efectos:

i) La extinción del plazo de los instrumentos financieros derivados objeto de la terminación anticipada;

ii) La liquidación anticipada de los instrumentos financieros derivados objeto de terminación; y

iii) Cuando las partes del instrumento financiero terminado lleguen a ser deudoras recíprocamente de sumas de dinero exigibles y líquidas se dará aplicación a la extinción de las obligaciones existentes entre ellas, por el mecanismo de compensación, siempre que así se encuentre pactado en el contrato marco. Lo anterior de acuerdo con los criterios generales contenidos en el artículo 1714 y siguientes del Código Civil, así como lo previsto en el artículo 2.7.1.7. de la Resolución 400 de 1995.

g) Efectos del incumplimiento:

Sin perjuicio de las solicitudes por indemnización de perjuicios que se puedan llegar a causar, el incumplimiento de instrumentos financieros derivados tiene los siguientes efectos:

i) La extinción del plazo de los instrumentos financieros derivados objeto de incumplimiento.

Las partes podrán acordar expresamente en el contrato marco que el incumplimiento genere la extinción del plazo de todos los demás instrumentos financieros derivados negociados en el mercado mostrador con la respectiva contraparte, incluso respecto de aquéllas aún no vencidas;

ii) La liquidación anticipada de los instrumentos financieros derivados objeto de incumplimiento.

Las partes podrán acordar expresamente en el contrato marco que el incumplimiento genere la liquidación anticipada de todos los demás instrumentos financieros derivados negociados en el mercado mostrador con la respectiva contraparte, incluso respecto de aquéllas aún no vencidas;

iii) Para el caso en que las partes lleguen a ser deudoras recíprocamente de sumas de dinero exigibles y líquidas se dará aplicación a la extinción de las obligaciones existentes entre ellas, por el mecanismo de compensación, siempre que así se encuentre pactado en el acuerdo marco. Lo anterior de acuerdo con los criterios generales contenidos en el artículo 1714 y siguientes del Código Civil, así como lo previsto en el artículo 2.7.1.7. de la Resolución 400 de 1995.

h) Cláusulas especiales: Además de las cláusulas descritas anteriormente se pueden estipular las siguientes cláusulas:

i) Los pagos o "neteos" periódicos (Recouping): Se refiere a la cancelación antes del vencimiento, con una frecuencia previamente establecida o cuando se alcanza o supera un determinado monto, de los saldos a favor o en contra que resulten de la valoración de un instrumento financiero derivado. Esta cláusula debe constar dentro del texto del contrato marco;

ii) La compensación de instrumentos financieros derivados;

iii) La posibilidad de compensar y liquidar en una cámara de riesgo central de contraparte, un determinado instrumento financiero derivado negociado en el mercado mostrador u 'Over the Counter' (OTC), de común acuerdo entre las partes.

i) Cláusulas específicas aplicables a los contratos marco sobre instrumentos financieros derivados de crédito:

i) Las partes deben establecer que el vendedor de protección no podrá cancelarla unilateralmente o reducir el plazo de vencimiento de la misma. En caso de que las partes establezcan la posibilidad de reducir el plazo de vencimiento del instrumento financiero derivado de crédito, deben establecer de manera expresa las condiciones para que se produzca dicha reducción y los montos del mismo, y

ii) Las partes deben establecer que el vendedor de protección no podrá incrementar el costo efectivo del instrumento financiero derivado de crédito como resultado del deterioro de la calidad crediticia del emisor de la posición primaria objeto de cobertura.

**Anexo 5.** Datos para calcular la volatilidad usando EWMA (Datos desde el 2 Enero de 2011 hasta el 13 de Agosto de 213)

**Lambda** 0.94

Day	Date	OIS IBR 18M	Ret. Log	Ret. Cuadrado	Peso n	Varianza n-1	Varianza n
t	8/13/2013	3.23	(0.009331)	0.000087	0.060000		0.0000052
t-1	8/12/2013	3.2	-	-	0.056400	-	-
t-2	8/9/2013	3.2	(0.006270)	0.000039	0.053016	0.0000022	0.0000021
t-3	8/8/2013	3.18	0.021774	0.000474	0.049835	0.0000251	0.0000236
t-4	8/7/2013	3.25	(0.003082)	0.000009	0.046845	0.0000005	0.0000004
t-5	8/6/2013	3.24	-	-	0.044034	-	-
t-6	8/5/2013	3.24	-	-	0.041392	-	-
t-7	8/2/2013	3.24	-	-	0.038909	-	-
t-8	8/1/2013	3.24	0.006154	0.000038	0.036574	0.0000015	0.0000014
t-9	7/31/2013	3.26	0.006116	0.000037	0.034380	0.0000014	0.0000013
t-10	7/30/2013	3.28	(0.006116)	0.000037	0.032317	0.0000013	0.0000012
t-11	7/29/2013	3.26	(0.027996)	0.000784	0.030378	0.0000253	0.0000238
t-12	7/26/2013	3.17	0.021842	0.000477	0.028555	0.0000145	0.0000136
t-13	7/25/2013	3.24	0.027399	0.000751	0.026842	0.0000214	0.0000202
t-14	7/24/2013	3.33	(0.024317)	0.000591	0.025231	0.0000159	0.0000149
t-15	7/23/2013	3.25	(0.006173)	0.000038	0.023718	0.0000010	0.0000009
t-16	7/22/2013	3.23	(0.006211)	0.000039	0.022294	0.0000009	0.0000009
t-17	7/19/2013	3.21	(0.006250)	0.000039	0.020957	0.0000009	0.0000008
t-18	7/18/2013	3.19	(0.031850)	0.001014	0.019699	0.0000213	0.0000200
t-19	7/17/2013	3.09	0.009662	0.000093	0.018517	0.0000018	0.0000017
t-20	7/16/2013	3.12	0.022188	0.000492	0.017406	0.0000091	0.0000086
t-21	7/15/2013	3.19	0.003130	0.000010	0.016362	0.0000002	0.0000002
t-22	7/12/2013	3.2	(0.012579)	0.000158	0.015380	0.0000026	0.0000024

<b>Varianza n</b>	0.019%
<b>Varianza n-1</b>	0.019%
<b>EWMA</b>	0.019%
<b>Desv. Est</b>	1.3655%
<b>EWMA anual</b>	21.6772%

## 6 REFERENCIAS

- Akume, D., Luderer, B., & Weber, G.-W. (2003). Pricing and Hedging of Swaptions. *Chenmitz University of Technology* .
- Alzate, H. (Septiembre de 2011). Desarrollo & Perspectivas del Mercado de Derivados Colombiano a partir del OIS sobre IBR. *Grupo Bancolombia* .
- ANIF. (27 de Octubre de 2011). *Indicadores del Mercado Monetario: IBR y Swaps de tasa de interés*. Recuperado el 2013 de 11 de 17, de <http://anif.co/sites/default/files/uploads/Oct27-11.pdf>
- Aponte, E. (Noviembre de 2013). Jefe Mesa Divisas Banco Davivienda.
- Arango, E., & Arroyave, J. A. (2011). Swaps de Tasa de Interés y de Cruce de Monedas como Herramientas de Cobertura para las Empresas Colombianas. *Escuela de Ingeniería de Antioquia* , 189-205.
- Arboleda, N. (2006). Perspectivas del Mercado de Derivados en Colombia: Retraso derivado del Desconocimiento. *Universidad EAFIT* , 156-166.
- Asobancaria. (s.f.). Contrato Marco para Instrumentos Financieros Deriviados.
- Asobancaria. (2009). El IBR: Candidato a sustituir la DTF. *Semana Económica* .
- Asobancaria. (2013). Evolución y retos del mercado de derivados en Colombia. *Semana Económica* , 1-14.
- Asobancaria. (2011). La evolución del IBR y la creación del OIS. *Semana Económica* .
- Asobancaria. (2012). Los derivados financieros: el nuevo reto del sistema financiero mundial. *Semana Económica* , 1-13.
- Asobancaria. (1 de Enero de 2013). *Reglamento del Indicador Bancario de Referencia - IBR*. Obtenido de [http://www.asobancaria.com/portal/page/portal/Asobancaria/publicaciones/economica\\_financiera/estudios\\_regulaciones\\_financieras/indicador\\_bancario\\_referencia/](http://www.asobancaria.com/portal/page/portal/Asobancaria/publicaciones/economica_financiera/estudios_regulaciones_financieras/indicador_bancario_referencia/)
- Asobancaria. (Enero de 2013). *Reglamento del Indicador Bancario de Referencia– IBR*. Recuperado el 28 de Octubre de 2013, de Asobancaria: [http://www.asobancaria.com/portal/page/portal/Asobancaria/publicaciones/economica\\_financiera/estudios\\_regulaciones\\_financieras/indicador\\_bancario\\_referencia/](http://www.asobancaria.com/portal/page/portal/Asobancaria/publicaciones/economica_financiera/estudios_regulaciones_financieras/indicador_bancario_referencia/)
- BANCO DE LA REPUBLICA. (s.f.). Obtenido de <http://www.banrep.gov.co/es/ibr>

Banco de la República. (1 de Agosto de 2012). *Banco de la República*. Recuperado el 7 de 9 de 2013, de <http://www.banrep.gov.co/es/ibr>

Banco de la República. (1 de Agosto de 2012). *Banco de la República*. Recuperado el 7 de Septiembre de 2013, de <http://www.banrep.gov.co/es/ibr>

Bancolombia. (24 de Enero de 2008). *Bancolombia*. Recuperado el 20 de Noviembre de 2013, de <http://www.grupobancolombia.com/empresas/teleconferencias/doc/teleconferenciaBancolombia-IBR.pdf>

Bancolombia. (2013). Informe Anual del Mercado de Capitales. *Investigaciones Economicas y Estrategias* , 1-9.

Bancolombia, G. (2011). *Desarrollo y perspectivas del Mercado de Derivados Colombiano a partir del OIS sobre IBR*. Cartagena.

Barclays. (2013). *Innovacion Financiera con el IBR*.

BBVA, R. (2011). *Handbook of Mexican Financial Instruments*. Mexico.

Black, F., & Scholes, M. (1973). The Pricing of Options and Corporate Liabilites. *The Journal of Political Economy* , 81 (3), 637-654.

BlackRock. *Swaption Strategies for Pension Plans*.

BlackRock. (2010). *Swaption Strategies for Pension Plans*.

Bloomberg. (Diciembre de 2013).

BLOOMBERG. (s.f.). *Bloomberg Definitions*.

*Bolsa de Valores de Colombia*. (s.f.). Obtenido de <http://www.bvc.com.co/pps/tibco/portalbvc/Home/AcercaBVC/conozcanos?action=dummy>

Bolsa de Valores de Colombia. (5 de Diciembre de 2013). *Bolsa de Valores de Colombia*. Recuperado el 7 de Diciembre de 2013, de [http://www.bvc.com.co/pps/tibco/portalbvc/Home/Empresas/Resultados\\_Emisiones?action=dummy](http://www.bvc.com.co/pps/tibco/portalbvc/Home/Empresas/Resultados_Emisiones?action=dummy)

*CITI Bank*. (s.f.). Obtenido de [http://www.citibank.com.co/colombia/lacoco/tesoreria/productoscobertura/swaps\\_tasainteres.htm](http://www.citibank.com.co/colombia/lacoco/tesoreria/productoscobertura/swaps_tasainteres.htm)

Credit Suisse. (28 de Abril de 2011). EM Fixed Income Views.

D.Akume, B. L.-W. (2003). *Pricing and Hedging of Swaptions*. Obtenido de CHENMITZ UNIVERSITY OF TECHNOLOGY.

- Deutsch, H. (2009). *Derivatives and Internal Models*. Palgrave Macmillan.
- Dzera, C. (s.f.). Swaptions.
- Eales, B., & Choudhry, M. (2003). *Derivative Instruments: A Guide to Theory and Practice*. Butterworth Heinemann.
- Gilroy, M. (20 de Septiembre de 2013). Innovacion Financiera con el IBR: Derivados. *Barclays Bank PLC* .
- Guasca, L. A. (Noviembre de 2013). Trader Senior Banco Davivienda.
- Harper, D. (26 de Febrero de 2009). *Investopedia*. Recuperado el 21 de Diciembre de 2013, de <http://www.investopedia.com/articles/07/ewma.asp>
- Herrera, A. (2013). Trader mesa de dinero de Ecopetrol. *Seminario de Mercado de Derivados*. Universidad de La Sabana, Chia.
- Hobbs, J. (s.f.). *Swaption Strategies for Pension Plans*. Obtenido de BlackRock: [https://www2.blackrock.com/webcore/litService/search/getDocument.seam?venue=PUB\\_INS&source=LDI\\_CAMPAIGN&ServiceName=PublicServiceView&ContentID=1111126539](https://www2.blackrock.com/webcore/litService/search/getDocument.seam?venue=PUB_INS&source=LDI_CAMPAIGN&ServiceName=PublicServiceView&ContentID=1111126539)
- Hobbs, J. (2010). Swaption Strategies for Pension Plans. *Muti-Asset Client Solutions Black Rock* .
- Hong Kong University, D. o. (s.f.). *The Hong Kong University of Science and Technology*. Obtenido de <http://www.math.ust.hk/~maykwok/courses/FINA690G/swaption.pdf>
- Hull, J. C. (2012). *Options, Futures and Other Derivatives*. Boston: Prentice Hall.
- Hull, J. C. (2012). *OPTIONS, FUTURES AND OTHER DERIVATIVES*. United States of America: Pearson.
- Jasper, D. (3 de Mayo de 2001). Goldman Sachs ISDA Conference: Derivatives and Risk Management in Mexico. *Financial Innovation - Evolution of Local Market Interest Rate Swaps* .
- Jose Luis Martin Marin, A. T. (2004). *Manual de Mercados Financieros*. Thomson.
- Landuyt, G., Choudhry, M., Joannas, D., Pereira, R., & Pienaar, R. (2010). *Capital Market Instruments*. Palgrave Macmillan.
- Longstaff, F. A., Santa-Clara, P., & Schwartz, E. S. (2000). The Relative Valuation of Caps and Swaptions: Theory and Empirical Evidence. *The Anderson School at UCLA* .
- Luna, J. (2012). Indicador Bancario de Referencia: Desarrollo del Nuevo Indicador del Mercado Monetario en Colombia. Bogotá: Colegio de Estudios Superiores de Administración.
- MexDer. (15 de Enero de 2013). Términos y Condiciones Generales de Contratación del Contrato de Swap sobre Tasas de Interés Nominales Fijas y Tasas de Interés Nominales Variables (TIEE28).

Passarelli, D. *The Basics of Option Greeks*.

Passarelli, D. (2012). *Trading option Greeks how time, volatility, and other pricing factors drive profits*. Hoboken, NJ: Wiley.

Raoul Pietersz, A. P. (s.f.). Risk Managing Bermudan Swaptions in the Libor BGM Model.

Rojas, N. (Noviembre de 2013). Trader Banco Davivienda.

Rong Fan, A. G. (Octubre 2003). Hedging in the Possible Presence of Unspanned Stochastic Volatility: Evidence from Swaption Markets. *The Journal of Finance* , 2219 - 2249.

Sanchez, W. (Diciembre de 2013). Trader Banco Davivienda.

Senado, S. G. (2005). *Ley 964 de 2005*. Obtenido de [http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley/2005/ley\\_0964\\_2005.html](http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley/2005/ley_0964_2005.html)

Subramani, V. *Accounting for Investments*.

Superintendencia Financiera de Colombia. (Enero de 2010). Circular Basica Contable Financiera. Capitulo XVIII Instrumentos Derivados y Productos Estructurados.

Superintendencia Financiera de Colombia. *Circular Capítulo 18: Instrumentos Derivados y Productos Estructurados*.

Zin, B. &. (Abril de 1999). Lecture 4: Advanced Fixed Income Analytics.