



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO  
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y SOCIALES  
ESCUELA DE ECONOMÍA  
CARRERA: ECONOMÍA

## TESIS DE GRADO

**“Valoración por no-arbitraje de opciones sobre el tipo de cambio,  
utilizando el mercado de TICC”**

**Tesistas:**

Gabriel Ayerbe

Alfredo Osorio

**Tutor:**

Gonzalo Paredes

Caracas, 01 de octubre de 2007

## RESUMEN

El objetivo de este trabajo es demostrar que se puede valorar una opción sobre un tipo de cambio oficial, independientemente de que éste, se encuentre protegido por la legislación venezolana, además de utilizar el mercado de los bonos TICC para replicar esta opcionalidad sobre el tipo de cambio. Par a ello, utilizaremos el modelo presentado por Steen Jrgensen, Kristian R. Miltersen y Lene B. Nielsen que permite encontrar un precio justo en la valoración de las opciones en un sistema de bandas. Para realizar los cálculos pertinentes, se utilizó una simulación de Monte Carlos recomendada en la literatura, el cual fue programado en el Software Mathematica 5.0 mediante una serie de algoritmos computacionales. Los inputs del modelo se calibraron con data aleatoria. Los resultados arrojados por el modelo se compararon con los arrojados por el modelo de Black & Scholes, constatándose una diferencia importante que refleja la sobrevaloración del precio de la opción por éste.

## ÍNDICE

	N° de pág.
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>5</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>9</b>
<b>OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>11</b>
<b>HIPÓTESIS</b>	<b>12</b>
<b>CAPÍTULO I: CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE VALORACIÓN DE OPCIONES</b>	<b>13</b>
1.1.- INTRODUCCIÓN	13
1.2.- VALORACIÓN POR ARBITRAJE Y EL MODELO DE BLACK & SCHOLES	13
<b>CAPÍTULO II: REGÍMENES CAMBIARIOS</b>	<b>16</b>
2.1.- REGÍMENES CAMBIARIOS	16
2.2.- ANTECEDENTES HISTÓRICOS: SISTEMAS CAMBIARIOS EN VENEZUELA	19
<b>CAPÍTULO III: OPCIONES SOBRE TIPO DE CAMBIO OFICIAL</b>	<b>27</b>
3.1.- INTRODUCCIÓN	27
3.2.- RIESGO CAMBIARIO EN MERCADOS CON CONTROL DE CAMBIO	28
3.3.- PROBLEMAS RELACIONADOS CON LA VALORACIÓN DE OPCIONES SOBRE TIPO DE CAMBIO OFICIAL	32
<b>CAPÍTULO IV: BONO TICC Y SU APLICACIÓN EN MODELOS DE NO ARBITRAJE</b>	<b>34</b>
4.1.- DEFINICIÓN DEL BONO TICC	34
4.2.- PRECIO DEL BONO TICC	36
4.3.- DINÁMICA ESTOCÁSTICA DEL DÓLAR OFICIAL DE MERCADO	43

<b>CAPÍTULO V: ANTECEDENTES RELEVANTES PARA LA VALORACION DE OPCIONES EN REGÍMENES DE CAMBIOS CON INTERVENCIÓN</b>	<b>46</b>
5.1.- DINAMICA DEL TIPO DE CAMBIO EN REGÍMENES DE BANDAS	46
5.2.- MODELOS	48
5.2.1- KRUGMAN	48
5.2.2.- DELGADO AND DUMAS	54
5.2.3.- DUMAS, JENNERGREN AND NASLUND	55
5.2.4.- STEEN JRGENSEN, KRISTIAN R. MILTERSEN Y LENE B. NIELSEN	56
5.2.4.1.- RESULTADOS DE LA SIMULACION DE LOS DIFERENTES PROCESOS DE TIPO DECAMBIO	60
<b>CAPITULO VI: APLICABILIDAD DEL MODELO DE STEEN JRGENSEN, KRISTIAN R. MILTERSEN Y LENE B. NIELSEN A LA VALORACIÓN DE OPCIONES SOBRE TIPO DE CAMBIO OFICIAL</b>	<b>66</b>
6.1.- INTRODUCCIÓN	66
6.2.- DATOS	66
<b>CAPITULO VII: METODOLOGÍA</b>	<b>70</b>
7.1.- REPLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	70
7.2.- VALORACIÓN DE LA OPCIÓN SOBRE EL ÍNDICE DOM	74
<b>CAPITULO VIII: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS</b>	<b>77</b>
8.1.- INTRODUCCIÓN	77
8.2.- VALORACIÓN DE LA OPCIÓN SOBRE EL TIPO DE CAMBIO OFICIAL A TRAVÉS DE JRGENSEN, MILTERSEN Y NIELSEN	77
8.3.- VALORACIÓN DE LA OPCIÓN SOBRE EL TIPO DE CAMBIO OFICIAL A TRAVÉS DE BLACK & SCHOLES	79
8.4.- SENSIBILIDAD DEL VALOR DE LA OPCIÓN A LOS PARÁMETROS DEL MODELO	79

<b>CONCLUSIONES</b>	<b>85</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>87</b>
<b>ANEXOS</b>	
<b>ANEXO A: CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE OPCIONES</b>	<b>90</b>
<b>ANEXO B: CONVOCATORIA Y ANUNCIO DE PRECIO     PARA LA OFERTA COMBINADA “BONO DEL     SUR”</b>	<b>95</b>
<b>ANEXO C: METODO DE MONTE CARLOS</b>	<b>104</b>
<b>ANEXO D: CÓDIGOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL     MÉTODO DE MONTECARLOS EN EL     SOFTWARE METHEMATIC 5.0.</b>	<b>107</b>

## INTRODUCCIÓN

A principios de 2003, se implementa en Venezuela por cuarta vez, un régimen de control de cambio. Aun cuando economistas como José Guerra y Francisco Sáez<sup>1</sup> discrepan de la efectividad de este tipo de mecanismo de control, la razón principal de su adopción ha sido históricamente la protección de las reservas internacionales, la balanza de pagos y el tipo de cambio.

Un régimen de control de cambio implica dos riesgos principales para los diferentes actores de la economía: riesgo de convertibilidad, y riesgo de precio.

El riesgo de convertibilidad refiere a la imposibilidad regulatoria de convertir moneda local en otras monedas y poder, libremente, repatriar dividendos, importar mercancías, honrar deudas en moneda extranjera, etc.

El riesgo de precio refiere a la incertidumbre sobre el tipo de cambio oficial aplicable o los futuros flujos de pago en moneda extranjera. Existen varias referencias a estudios económicos que demuestran que los regímenes de control de cambio no ofrecen necesariamente la posibilidad de mantener fija la paridad real de la moneda, y exigen un

---

<sup>1</sup> Para mayor información consultar el trabajo hecho por José Guerra y Francisco Sáez “Experiencia Cambiaria reciente en Venezuela”.

continuo ajuste en la paridad oficial. El desconocimiento sobre el tiempo y la cuantía del ajuste representa un riesgo de precio importante.

Los productos derivados ofrecen la posibilidad de servir como un seguro contra cambios en los precios. Hoy en día algunos bancos como CITIBANK ofrecen a sus clientes corporativos un contrato derivado de Non Delivery Forward contra tipo de cambio oficial. A través de este mecanismo tanto exportadores, importadores e inversionistas pueden cubrir el riesgo de precio del tipo de cambio oficial.

La masiva oferta de productos derivados para cobertura de riesgo, dependerá de última manera de la posibilidad que tengan las instituciones financieras de replicar el derivado a través de contratos más sencillos y más líquidos.

El TICC (Título de interés y Capital Cubierto) es un instrumento financiero que podría ayudar a replicar y valorar productos derivados sobre tipo de cambio oficial. En la práctica, el TICC está siendo considerado por los bancos como un sintético de posición cambiaria.

Esta tesis, busca avanzar en el estudio de modelos de replicación y valoración de productos derivados sobre tipo de cambio oficial a través de un estudio del TICC como un instrumento útil para construir sintéticos. Específicamente, el objetivo de la tesis es adaptar el modelo de Steen Jrgensen, Kristian R. Miltersen y Lene B. Nielsen para la

valoración de opciones sobre moneda en regímenes de bandas, al caso de valorar una opción sobre el tipo de cambio implícito en el TICC, asumiendo que el dólar implícito sigue una dinámica estocástica de reversión a la media (mean reverting) con saltos (jumps).

Esta tesis, continua de la siguiente manera, Capítulo I, repasa los conceptos básicos de valoración por arbitraje; Capítulo II, describe el régimen de control de cambio en Venezuela; Capítulo III, revisa los retos más importantes que ofrece la aplicación del principio de arbitraje al caso del dólar oficial, y revisa brevemente la aplicabilidad de Black & Scholes (B.S) a este caso; Capítulo IV, explicamos cómo el TICC está relacionado con el TCO (tipo de cambio oficial), y creamos un índice “tradable” (negociable), que llamaremos DOM (dólar oficial de mercado), este puede ser utilizado para replicar dinámicamente derivados sobre tipo de cambio oficial; Capítulo V, hacemos una descripción del modelo de Steen Jrgensen, Kristian R. Miltersen y Lene B. Nielsen (J.M.N); Capítulo VI, especificamos cuales son los supuestos necesarios para poder implementar el modelo de Steen Jrgensen, Kristian R. Miltersen y Lene B. Nielsen al caso del índice DOM; Capítulo VII, desarrollo de una igualdad para valorar derivados sobre tipo de cambio oficial a través de la valoración de un derivado sobre dólar DOM menos la valoración de un riesgo de base. También se explican en este capítulo los aspectos de calibración necesarios para implementar el modelo de Steen Jrgensen, Kristian R. Miltersen y Lene B. Nielsen sobre el dólar DOM; Finalmente en el Capítulo VIII, comentamos nuestros resultados, comparamos la diferencia de precio

entre valorar opciones sobre TCO a través de Black & Scholes y Steen Jrgensen, Kristian R. Miltersen y Lene B. Nielsen. Finalizando con un estudio de sensibilidad de parámetros.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En Venezuela durante muchos años, especialmente los últimos 4 años se ha vivido bajo regímenes de control de cambio y tipo de cambio fijo (5 de Febrero de 2003), esto ha hecho que algunos economistas e investigadores<sup>2</sup> estén buscando en la actualidad mecanismos de cobertura como el caso de algunos instrumentos derivados (Opciones, Forward, Swap, Fututos, entre otros) que ayuden a impulsar sectores de la economía

Valorar opciones sobre tipo de cambio oficial implica replicar el payoff de la opción a través de la construcción de un portafolio sintético de cierta posición (delta) en dólar oficial. Como el dólar oficial no es “negociable” esta estrategia de replicación no es posible.

El TICC es un instrumento financiero cuyo valor de mercado en bolívares es una función del tipo de cambio oficial. El TICC es un instrumento “negociable” cada vez más líquido.

En la práctica, varios Bancos locales han utilizado el TICC como un instrumento de cobertura estática para replicar una posición en Non Delivery Forward sobre TCO.

---

<sup>2</sup> Gonzalo Paredes como Profesor del IESA en la Materia de productos derivados y Trader de la mesa de estructurados de CITIBANK Venezuela).

Si el TICC puede servir para crear un sintético de un NDF, ¿puede ser utilizado para replicar dinámicamente una opción sobre tipo de cambio oficial?

Adicionalmente, surgen ciertas inquietudes como: ¿Cuál es la relación entre el precio de mercado del TICC y el TCO? ¿Qué dinámica estocástica se debe asumir en la construcción de un modelo de replicación de opciones sobre TCO a través de TICC? ¿Puede el trabajo de Steen Jrgensen, Kristian R. Miltersen y Lene B. Nielsen sobre valoración de opciones en sistema de bandas servir para valorar opciones sobre TCO a través de TICC? ¿Se puede utilizar el modelo de Black & Scholes para valorar opciones sobre TCO a través de TICC?

## **OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **Objetivo General**

Formular un modelo de no arbitraje para la valoración de opciones sobre tipo de cambio oficial, basado en el precio de mercado del bono TICC

### **Objetivos Específicos**

1. Estudiar la relación entre el bono TICC y el tipo de cambio oficial
2. Entender el Modelo de Steen Jrgensen, Kristian R. Miltersen y Lene B. Nielsen
3. Integrar el trabajo presentado por Steen Jrgensen, Kristian R. Miltersen y Lene B. Nielsen con el bono TICC y su relación con el tipo de cambio oficial
4. Valorar la opción asumiendo la dinámica estocástica formulada por Steen Jrgensen, Kristian R. Miltersen y Lene B. Nielsen.
5. Comparar el precio de la opción calculado por el modelo de Steen Jrgensen, Kristian R. Miltersen y Lene B. Nielsen con el precio arrojado por Black & Scholes.
6. Realizar análisis de sensibilidad de los parámetros del modelo

## **HIPÓTESIS**

Un derivado sobre tipo de cambio oficial puede ser replicado a través de un derivado sobre un índice “negociable” llamado DOM (largo TICC corto TIF). De esta manera, el valor de mercado hoy de un derivado de TCO será igual al valor de mercado de un derivado sobre DOM.

## CAPITULO I

### CONCEPTOS BASICOS SOBRE VALORACIÓN DE OPCIONES

#### 1.1 Introducción:

Según *Neil A. Chiss*, “las opciones, son contratos que le dan al poseedor de la opción, el derecho de comprar o vender un activo subyacente a un precio definido”<sup>3</sup>. Como la opción es un contrato donde el comprador posee más poder de decisión que el vendedor, quien está siempre obligado a ejercer los deseos del comprador, éste tendrá que pagarle una prima al vendedor para satisfacer esta inequidad.<sup>4</sup>

#### 1.2 Valoración por arbitraje y el modelo de Black & Scholes:

Black & Scholes (1973), desarrollan un modelo donde se valora el precio de una opción en función de la dinámica del precio de la acción en el tiempo, utilizando el principio de ausencia de arbitraje. Black & Scholes dice que “si una opción es correctamente valorada en el mercado no debe ser posible hacer ninguna ganancia segura a través de la creación de un portafolio (sintético) de posiciones largas y cortas

---

<sup>3</sup>BLACK & SCHOLES ABD BEYOND option pricing models, Neil A. Chriss, pág 12, Capítulo 1

<sup>4</sup> Mayor información consultar anexos A sobre conceptos básicos de opciones.

(vender y comprar otros contratos), usando este principio, este trabajo deriva una formula teórica para calcular el precio de una opción.”<sup>5</sup>

Black & Scholes establece las siguientes premisas:

- La tasa de interés en el corto plazo es conocida y constante a través del tiempo.
- El precio del activo sigue una caminata aleatoria (Random Walk) en tiempo continuo con una varianza del cambio porcentual proporcional al cuadrado del precio del activo.
- La varianza del cambio porcentual del tiempo continuo es constante.
- El activo no paga dividendos ni otros ingresos.
- La opción es Europea.
- No hay costos transaccionales en comprar o vender el activo o la opción.
- El endeudamiento es ilimitado.
- La venta corta es posible y sin penalidad.

El gran aporte de Black & Scholes fue que pudo valorar opciones aplicando los principios de ausencia de arbitraje, es decir, Si un instrumento A y otro instrumento B pueden ser comprados y vendidos en un momento  $T_1$  (futuro), el valor de A y B va a ser igual sin importar lo que pase, entonces el valor de mercado hoy de A y B tienen que ser

---

<sup>5</sup> “The Pricing of Options and Corporate Liabilities”, Black and Scholes (1973)

iguales, porque de lo contrario existiría una oportunidad de arbitraje. Esto fue posible gracias a la replicación dinámica, que no es otra cosa que, el valor de una opción puede ser replicado a través de un portafolio sintético (conseguir un portafolio de instrumentos financieros líquidos que repliquen exactamente estos flujos de pagos) de algunas acciones y algo de deuda. Pero, este portafolio no es estático sino dinámico ya que debe ajustarse continuamente para una replicación perfecta.

La cantidad de acciones que se debe mantener en el portafolio sintético, en cualquier instante de tiempo, es igual a la derivada del precio de la opción por el precio de la acción. Esta derivada la llamaremos delta y ella cambia en cualquier instante en el tiempo (Delta Hedging).

El delta hedging, consiste en construir un portafolio con una cantidad de acciones iguales a la sensibilidad del valor de la opción a cambios en el precio del principal. A esta sensibilidad se le llamara delta.

## **CAPITULO II**

### **REGIMENES CAMBIARIOS**

#### **2.1 Regímenes Cambiarios**

El mercado cambiario es el ámbito donde se realizan las transacciones de compra-venta de moneda extranjera. Dentro de este mercado está el tipo de cambio que se refiere al precio de la moneda extranjera, es decir, la cantidad de moneda nacional que se debe pagar por cada unidad de moneda extranjera.

El mercado cambiario está representado, desde el punto de vista institucional, por el Banco Central, siendo éste, el mayor comprador y vendedor de divisas; su papel dependerá de los controles que ejerza sobre la moneda extranjera. Se apoya en la banca comercial y en las casas de cambio como expendedoras al detal de divisas.

El Banco Central, ejercen la función de fondo de estabilización cambiaria, cuando hay necesidad de mantener dentro de límites prudenciales las fluctuaciones del tipo de cambio en regímenes distintos del patrón oro clásico. En todo caso, cuando la autoridad fija el tipo de cambio explícita o implícitamente funciona el fondo de estabilización para sostener la cotización fijada.

En la actualidad existen Diferentes alternativas para determinar el precio del tipo de cambio, como son:

- Tipo de cambio flotante

El precio es determinado libremente por el mercado. Si el Tipo de cambio (TC) aumenta se dice que existe depreciación de la moneda, en cambio si el tipo de cambio disminuye se habla de apreciación de la misma.

- Tipo de cambio fijo

Este es el otro extremo de tipo de cambio flotante. El precio en este caso es fijado administrativamente por las autoridades, por lo general el Banco Central. Este tipo de cambio fijo se logra mantener a través del Banco Central, el cual ofrece comprar o vender toda la moneda extranjera que el mercado desee a ese precio que está predeterminado (fijo).

- Paridad deslizante o crawling peg

El Tipo de cambio es básicamente determinado por el Banco Central y el mismo lo desplaza regularmente. El desplazamiento puede que sea anunciado para que el mercado

conozca el precio futuro y de esa forma que las expectativas converjan a las políticas pautadas.

- Bandas de flotación

El tipo de cambio flota libremente entre un valor máximo y un valor mínimo. El tipo de cambio se encuentra restringido a fluctuar entre esos límites. Para determinar el valor máximo, el Banco Central establece el precio al cual venderá la moneda extranjera, y el valor mínimo, es cuando el Banco Central fija un precio para comprar moneda extranjera. De esta manera, cuando el Tipo de Cambio tiende a sobrepasar el borde superior de la banda, a los compradores les resultará más conveniente comprar la moneda extranjera al Banco Central y no en el mercado, y a la inversa en caso contrario.

- Control de cambios

El control de cambios es una intervención oficial del mercado de divisas, por tanto no se llevan a cabo los mecanismos normales de oferta y demanda. Se aplica una reglamentación administrativa sobre compra y venta de divisas, que implica generalmente un conjunto de restricciones tanto cuantitativas como cualitativas a la entrada y salida de cambio extranjero.

## **2.2 Antecedentes históricos: Regímenes Cambiarios en Venezuela**

Venezuela ha pasado por diferentes sistemas cambiarios a lo largo de la historia. Al finalizar el año 1.957 las Reservas Internacionales de Venezuela alcanzan a 1.396 millones de dólares. A partir de 1.958 se inicia un violento proceso de drenaje de las reservas provocado por los capitales que se fugaban, atemorizados por los cambios que se estaban gestando en el país. Tal proceso se vio además estimulado por el rumbo comunista que adoptó la revolución cubana y los temores de que la misma pudiera extenderse a Venezuela. De esta forma, para 1.962 nuestras reservas Internacionales se habían ubicado en apenas 583 millones de dólares.

En un intento por frenar la salida de divisas, el Gobierno Nacional crea en noviembre de 1.960, mediante Decreto N° 390, un régimen de control de cambios. Ese control de cambios pretendía frenar la libre remesa de fondos al exterior en aquellos casos en que no existiese una contrapartida en bienes y servicios. De allí, que se autorizaba el suministro de divisas al tipo de cambio controlado para todo tipo de pagos al exterior. Tal concepción no dio los resultados que se esperaban. Por tales motivos, durante los primeros meses de 1.961 se modificó nuevamente el régimen de control de cambios, estableciendo mecanismos más severos de regulación.

En enero de 1964 se levantó el control de cambios que había imperado desde 1.960 ya que se registraba una mejoría significativa desde 1.962 en la Balanza de Pagos, y se formaliza la devaluación del bolívar y la fijación de un tipo de cambio libre a razón

de Bs. 4,50 por dólar. El crecimiento económico venezolano era positivo y llegó a alcanzar los 7,8 % en 1.976. Casi dos décadas más tarde, la inflación se incrementó y las exportaciones petroleras descendieron de 19,3 millardos de dólares (1.981) a 13,5 millardos (1983). Finalmente, el 18 de febrero de 1983, en una fecha que popularmente ha sido designada como el viernes negro, el gobierno se vio obligado a reconocer que resultaba imposible hacerle frente a los compromisos externos que vencerían ese año. En consecuencia, se vio obligado a adoptar una decisión que hasta ese momento había intentado evitar a toda costa: el control de cambios.

De esta forma se implantó el Régimen de Cambios Diferenciales (RECADI) a través del cual se privilegió la importación de insumos con un tipo de cambio preferencial. RECADI, constituía para la fecha de su aprobación una modalidad de control cambiario que incluía dos tipos de cambios con mercados a paridad fija preferencial (Bs. 4,30 y Bs. 6,00 por US\$ respectivamente) y un mercado libre a paridad variable. La gran mayoría de los insumos requeridos por las industrias se podrían seguir importando con dólares a 4,30. Con el tiempo, la brecha entre el tipo de cambio preferencial y el tipo de cambio libre se fue haciendo cada vez mayor. En la medida en que esto fue ocurriendo, RECADI llegó a transformarse en una de las mayores fuentes de corrupción que ha conocido la historia de Venezuela.

Durante 1983, una vez instaurado el control de cambios, la política económica consistió en una combinación de crecimiento del gasto público en deterioro de la

fortaleza real de la moneda para evitar una mayor contracción de la economía y preservar los niveles de empleo (BCV 1983). De esta manera, las metas de control de la inflación y de restauración de equilibrio externo se remitieron a la imposición de medidas administrativas de racionamiento de divisas y control de precios. A finales de 1986, en virtud de una caída de 47% en los ingresos petroleros, la tasa referencial pasó de Bs/US\$ 7,50 hasta Bs/US\$ 14,50 y se trasladaron hacia esa cotización las importaciones que anteriormente se transaban a la tasa de Bs/US\$ 7,50. Los efectos de la corrección del tipo de cambio en diciembre de 1986 se expresaron en 1987 al triplicarse la inflación. Luego la concurrencia de un déficit fiscal de 7,8% del PIB y de cuenta corriente equivalente a 9,1% del PIB, conjuntamente con la ampliación del diferencial cambiario hasta 132%, permitió anticipar un colapso de balanza de pagos a finales de 1988 con el consecuente cambio de régimen cambiario. Este cambio se materializó en febrero de 1989.

A principio del 89, se aplica un programa de ajuste con el apoyo del FMI, el cual incluía un esquema de flotación del tipo de cambio. Para el momento de entrar en vigencia el nuevo esquema cambiario, se determina una paridad nominal del orden de Bs. 39,60/US\$ - que era exactamente la paridad del mercado libre para el día que se eliminó el control de cambios - lo cual implicaba una fuerte devaluación si se le compara con el tipo de cambio preferencial que estaba vigente a través de RECADI, fijado en Bs. 14,50 por dólar desde diciembre de 1986. El nuevo esquema cambiario tuvo un fuerte impacto en el nivel de precios, ya que al suprimirse el tipo de cambio preferencial, todos

los bienes tendrían que importarse al cambio vigente en el mercado. Ello se tradujo, como es natural, en una aguda inflación de costos en los inicios del Programa de ajustes, además de una disminución drástica de las importaciones y un aumento de las exportaciones, especialmente petroleras ya que el conflicto del Medio Oriente estaba en pleno apogeo. Las Reservas Internacionales aumentaron, pero con la intentona golpista del 4 de febrero de 1.992 se hizo sentir una severa crisis de confianza, lo que trajo consigo la salida de divisas, el dólar se disparó a Bs. 68, por lo que el Banco Central tuvo que intervenir en el mercado de divisas de una manera más activa, lo que se evidenció en una merma de las Reservas Internacionales.

A partir de octubre de 1.992 se aplica un sistema de mini devaluaciones, pero un nuevo golpe en noviembre de ese año logró la fuerte intervención del Banco Central de Venezuela en el mercado cambiario. Entre 1.992 y 1.994 imperó ese sistema de mini devaluaciones, acompañado de una recesión e inestabilidad económica en el año 1.993. En 1994 la crisis fiscal venezolana se acentuó. Bajó el precio del petróleo y la situación del sistema bancario desata la crisis financiera y la intervención a varios bancos en el país. La tasa de inflación llegó a 90% mensual.

La pérdida consecutiva de reservas internacionales durante junio de 1.994 motivó el cierre del mercado cambiario entre el 27 de junio y el 9 de julio de ese año, una vez agotados los esfuerzos por detener las salidas de capital en el contexto del esquema de

mini devaluaciones. Fue una medida de urgencia para ganar tiempo, dada la agudización de la crisis financiera y la situación desfavorable de las expectativas.

Se instrumentó un control de cambios integral según el cual todas las transacciones, tanto corrientes como financieras, estaban cubiertas por una tasa de cambio única (170 bolívares por dólar; lo que significó una devaluación de 23% respecto al tipo de cambio promedio de mayo de 1994) y la asignación de las divisas quedó a cargo de una junta donde participan el BCV y el Gobierno Nacional.

No se contempló la posibilidad de un mercado de cambios paralelo, aunque efectivamente un mercado negro absorbió las distorsiones del mercado, que llegó a reflejar un diferencial de 92% en noviembre de 1995 entre el cambio real y el declarado por el BCV.

Para muchos analistas, el control de cambio no sirvió para mejorar la situación económica venezolana. En abril de 1996, entró en vigencia un esquema de flotación entre bandas. Antes de implementar el sistema de bandas cambiarias en julio de 1996, Venezuela tuvo un momento de transición (abril – julio 1996), en el cual el bolívar flotó libremente. El dólar saltó de bolívares 290 a 470 por dólar. Hasta el 12 de febrero del 2002, Venezuela mantuvo sus bandas cambiarias y el dólar se cotizó a 793 para la venta. El 13 de febrero de 2002, entró en vigencia un esquema de flotación, el cual produjo el cierre de la divisa estadounidense en 980 para la compra y 981 para la venta, según el Banco Central de Venezuela.

El 5 de febrero de 2003 fue publicado en Gaceta Oficial un decreto a través del cual se convino en establecer un nuevo régimen para la administración de divisas y se crea la Comisión de Administración de Divisas (CADIVI) como órgano ejecutor de dicho convenio cambiario. Posterior a este decreto se publicaron 2 nuevos decretos en los cuales se establecía la fijación del tipo de cambio en Bs. 1.596 por dólar para la compra, Bs. 1.600 para la venta. El bolívar sufre una nueva devaluación oficial del 20% al pasar de 1.600 a 1.920 bolívares por dólar en el año 2004 y una devaluación del 12% - de 1.920 a 2.150 bolívares por dólar - en el 2005<sup>6</sup>, tipo de cambio este que se mantiene hasta la fecha.

---

<sup>6</sup> Publicado en Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela No 37.625



**Grafico 2.1:** Dinámica del tipo de cambio oficial  
Fuente: Bloomberg

Esta medida del control de cambio, dentro de sus consecuencias más notorias está la de traer desabastecimiento de productos de primera necesidad, importados y nacionales. El no poder producir o producir con pérdidas, lleva al cierre de empresas, lo que lleva a aumentar los niveles de desempleo y el aumento de los precios porque hay menos oferta y la misma demanda, lo que conlleva a la disminución del poder adquisitivo de la población.

En el ámbito externo, el anuncio de suspensión de venta de divisas incrementa el riesgo país, el cual está determinado por el riesgo político, el riesgo social elevado, el

riesgo económico ligado a la viabilidad económica y financiera, el riesgo de transferencia que consiste en el riesgo de liquidez monetaria internacional, asociado a la viabilidad de la balanza de pagos, la disponibilidad de reservas internacionales, de los ingresos por exportaciones, de inversiones extranjeras y movimiento de capitales a corto plazo. La medida de una suspensión hace que un factor clave para la seguridad de la inversión extranjera pública y privada, en el corto plazo y en el largo plazo, se vea contraída fuertemente y dañe aún más las cuentas de capital y la balanza de pagos.

## CAPITULO III

### OPCIONES SOBRE TIPO DE CAMBIO OFICIAL

#### 3.1 Introducción:

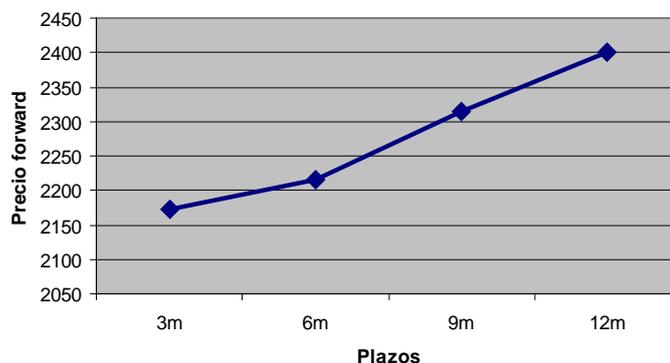
En Venezuela, existe un instrumento de cobertura aplicable al régimen actual de tipo de cambio fijo, como es el caso del Foward<sup>7</sup>. Para ser más específico, la utilización del Non delivery forward debido a la existencia del tipo de cambio fijo, en donde no se entrega el activo a la contraparte sino que simplemente se compensa.

A través de un NDF, las dos partes pactan la compra o venta futura de dólares oficiales a un precio Pt, y acuerdan redimir este pacto a través de la compensación de las diferencias:

- Si el TCO futuro  $>$  Pt, la parte compradora recibirá una compensación igual a TCO futuro-Pt.
- Si el TCO futuro  $<$  Pt, la parte vendedora recibirá una compensación igual a Pt- TCO futuro.

---

<sup>7</sup> Se trata de un contrato de compraventa a plazo, es decir, un compromiso entre dos partes para realizar una operación en fecha futura. El precio se pacta en el momento de la firma del contrato pero la operación se efectúa en una fecha posterior



**Grafico 3.1:** Precios actuales de referencia para la compra de USD oficiales a través de NDF

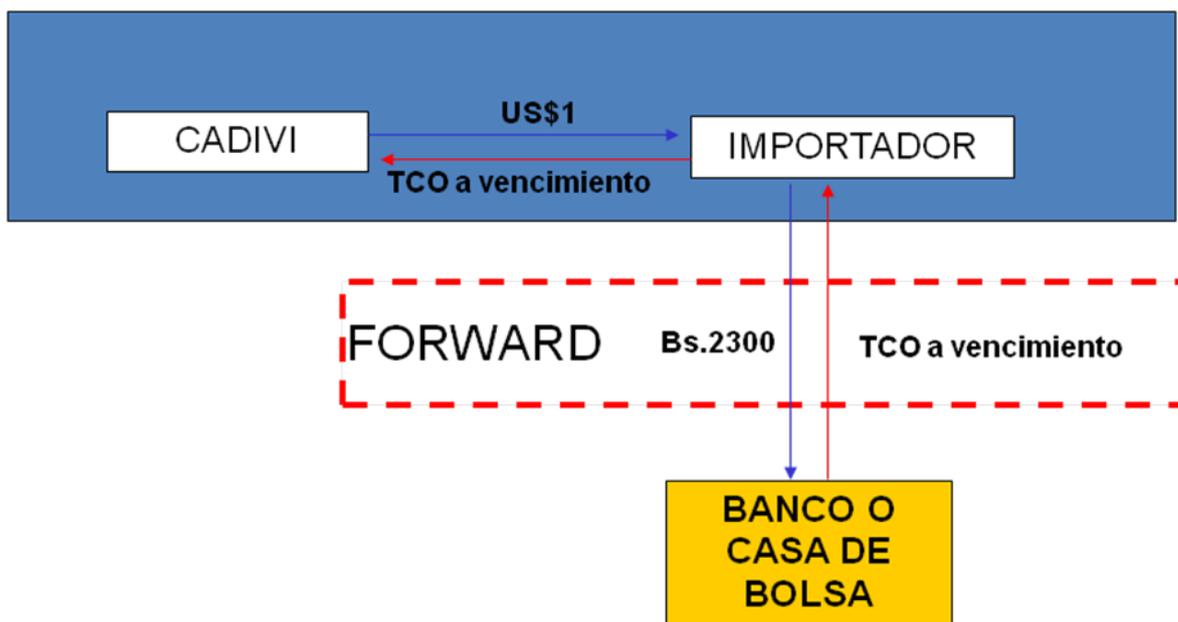
### 3.2 Riesgo cambiario en mercados con control de cambio

Es inminente, que en los países que se han experimentado controles de cambio, ha ocurrido distorsión en la distribución, ineficiencia en la asignación de recursos y la constitución de un mercado paralelo. El control de cambio de nuestro país no sólo comprende la regulación del precio de la divisa sino también el volumen de divisas a adquirir. Para los empresarios e industriales de sectores como el alimenticio, farmacéutico, entre otros rubros, que adquieren sus insumos y/o mercancías en el exterior, la adquisición de las divisas para importar, se hace muy difícil.

Para entender un poco más los que es el riesgo cambiario, vamos a graficar lo que sería el caso de un importador y un exportador que se ven ante la polémica de un control de cambio. Ahora bien, comenzando con el importador, éste utilizaría un

NDF, permitiendo así fijar el precio de 1 US\$ que debe ser adquirido en 1 año para pagar importaciones.

CADIVI, le otorga dólares al importador para comprar su mercancía, este cubre su riesgo a través del Foward en una Institución Financiera (Banco o Casa de Bolsa). En el vencimiento, si las proyecciones fueron las acertadas y se pudo cubrir de una devaluación, el banco le corresponde al tipo de cambio al vencimiento y este cancela con CADIVI.

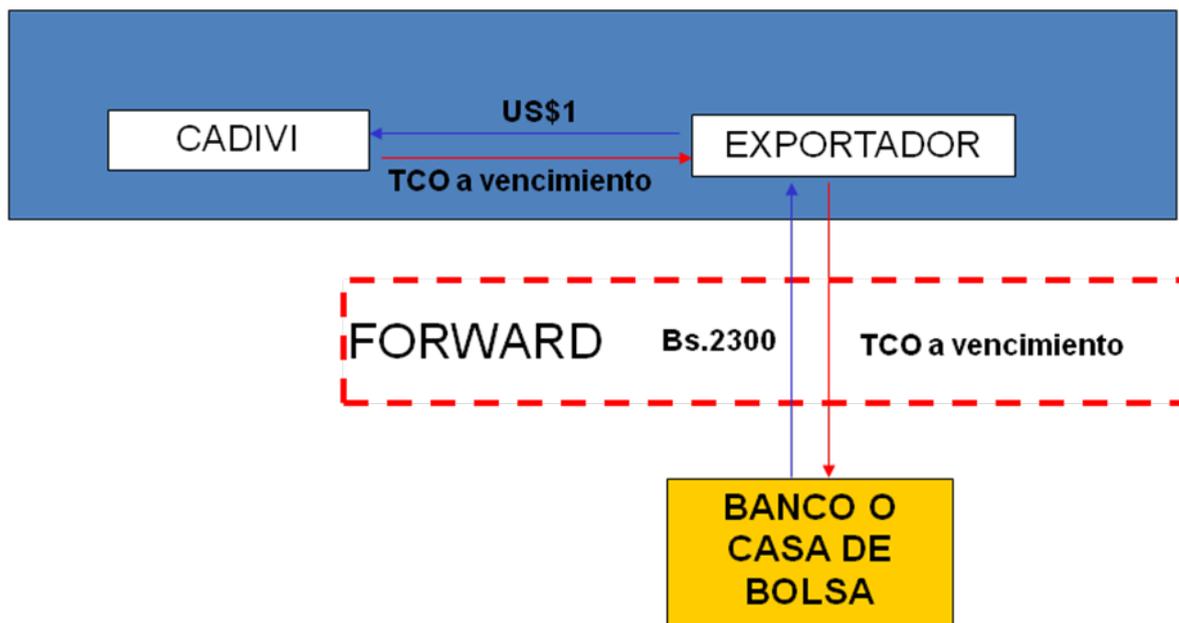


El beneficio más importante para el importador es la fijación del valor de sus compromisos. Si se desea comprar mercancía importada, una potencial devaluación futura del TCO es indudablemente un riesgo.

A través de la compra diferida (forward) se beneficia de la siguiente manera:

- ✓ un banco nos compensara con cualquier diferencia que exista entre el TCO futuro, y el TCO que hemos planificado al día de hoy.
  
- ✓ A cambio, si el TCO que hemos planificado es mayor al TCO futuro, entonces tendremos que ceder ese beneficio extra a un banco.

Para el caso del Exportador, ocurre algo similar



El exportador vende su mercancía, le pagan en USD, en este momento el exportador cubre su riesgo ante una disminución del TCO en un banco. Y hace su cambio en CADIVI. Este le da el TCO al vencimiento y este lo introduce en el Banco. Si el TCO baja el exportador gana y si sube pierde.

Por ejemplo: supongamos que usted y un banco fijan un TCO de Bs. 2.390 para dentro de un año. ¿Qué pasa en el futuro?

- ✓ Si el TCO en el futuro es mayor, digamos Bs. 2.450, al tipo de cambio fijado de Bs. 2.390, la parte comprometida a vender le pagará a la otra parte Bs. 60 (2.450-2.390).

- ✓ Si el TCO en el futuro es menor, digamos Bs. 2.300, al tipo de cambio fijado de Bs. 2.390, la parte comprometida a comprar le pagará a la otra parte Bs. 90 (2.390-2.300).
- ✓ Es importante destacar que el acuerdo no implica un intercambio de dólares por bolívares. El compromiso se cierra entre las partes a través de un pago en bolívares.

### **3.3 Problemas relacionados con la valoración de opciones sobre el tipo de cambio oficial**

En Venezuela se presenta un tipo de cambio fijo y un proceso de control de cambio, a raíz de esto la oferta de divisas se encuentra restringida por instituciones pertenecientes al gobierno actual.

En la valoración sobre el tipo de cambio oficial surgen dos problemas relevantes, el primero, es encontrar un activo “Negociable” sobre el cual se pueda construir un portafolio de replicación. Para nuestra tesis este problema se va resolver gracias a que creamos un índice que denominamos, Dólar Oficial de Mercado (DOM), el cual puede ser replicado con posiciones largas en TICC y posiciones cortas en TIF

El segundo problema, al cual nos enfrentamos cuando valoramos una opción sobre el tipo de cambio oficial es: ¿Cual debe ser la dinámica estocástica para

calcular el delta utilizado en el hedging dinámico? Para resolver este problema vamos seguir una dinámica estocástica de Cox.

## CAPITULO IV

### BONO TICC Y SU APLICACION EN MODELOS DE NO ARBITRAJE

#### 4.1 Definición del Bono TICC

“El Ministerio de Finanzas a través de la Oficina Nacional de Crédito Público, incorporó un título novedoso: la colocación del primer instrumento Financiero de cobertura diseñado especialmente para empresas e Inversionistas, que se denominarán Títulos de Interés y Capital Cubierto (TICC). Los bonos TICC son instrumentos financieros denominados en Dólares, emitidos bajo leyes venezolanas y negociados, única y exclusivamente en el país. Devengarán flujos de interés y capital en bolívares, al tipo de cambio oficial. Por otra parte, los TICC ofrecen un mecanismo que permitirá al inversionista moderar futuras ganancias o pérdidas en operaciones de importación o exportación, denominado Cobertura.”<sup>8</sup>

Con estas ofertas, del Bono del Sur se ponen a disposición de inversionistas y empresas que importan o exportan bienes y servicios del resto del mundo a Venezuela, un instrumento eficiente a través del cual podrán canalizar los excedentes de recursos generados en el proceso productivo, mientras se realizan los trámites de importación asociados a la actividad de Comisión de Administración de Divisas (Cadivi) o se efectúa una operación comercial en el exterior.

---

<sup>8</sup> Ministerio de Finanzas (2006)

El Estado ha emitido<sup>9</sup> bonos TICC en el marco de los Bonos del Sur<sup>10</sup>, las cuales están compuestas en una parte de TICC, estas emisiones son producto de la madurez del mercado financiero local. Al adquirirlo, las empresas e inversionistas podrán acceder a las ventajas que ofrece comprar un instrumento en dólares, incluso a un costo de transacción menor, ya que un instrumento de cobertura como el TICC no requerirá ser negociado en el exterior. Además, su estructura de pago en bolívares garantiza su transacción a través de la red de bancos y demás instituciones financieras del sistema financiero nacional.

A continuación, se puede observar las distintas características de los diferentes bonos TICC que hay actualmente en el mercado. Por ejemplo, se puede observar que el bono TICC con fecha de maduración el 04/06/2017 es un bono callable<sup>11</sup> que presenta un cupón de 6.25%, siendo anunciado el 11/13/2006.

---

<sup>9</sup>Ver Anexo B para consultar las distintas emisiones.

<sup>10</sup> Instrumento financiero que comprenderá la venta conjunta, a un precio único, de Instrumentos financieros emitidos por la República Bolivariana de Venezuela e Instrumentos financieros emitidos por la República de Argentina

<sup>11</sup> Este bono incluye una opción call, la cual le da derecho al emisor de redimir el bono antes de su fecha de vencimiento, de acuerdo a ciertas condiciones.

GRAB Govt  
94<G0> to edit columns. Click on columns to sort. 95<G0> to export to excel.

**Government Securities** Page 1 / 1

VTICC (3 Found) Cpn Typ All Mty Typ All Exclude Matured/called

Issuer	Coupon	Maturity	Series	Rtg	Mty Type	Announce	Curr	Ask Px
1)TICC	7.125	11/22/13		NR	CALLABLE	09/14/07	USD	N.A.
2)TICC	6.250	04/06/17		NR	CALLABLE	11/13/06	USD	N.A.
3)TICC	5.250	03/21/19		NR	CALLABLE	02/26/07	USD	N.A.

Australia 61 2 9777 8600 Brazil 5511 3048 4500 Europe 44 20 7330 7500 Germany 49 69 920410  
Hong Kong 852 2977 6000 Japan 81 3 3201 8900 Singapore 65 6212 1000 U.S. 1 212 318 2000 Copyright 2007 Bloomberg L.P.  
0 20-Sep-07 8:08:34

**Gráfica 4.1:** Características del Bono TICC  
Fuente: Bloomberg

## 4.2 Precio del Bono TICC

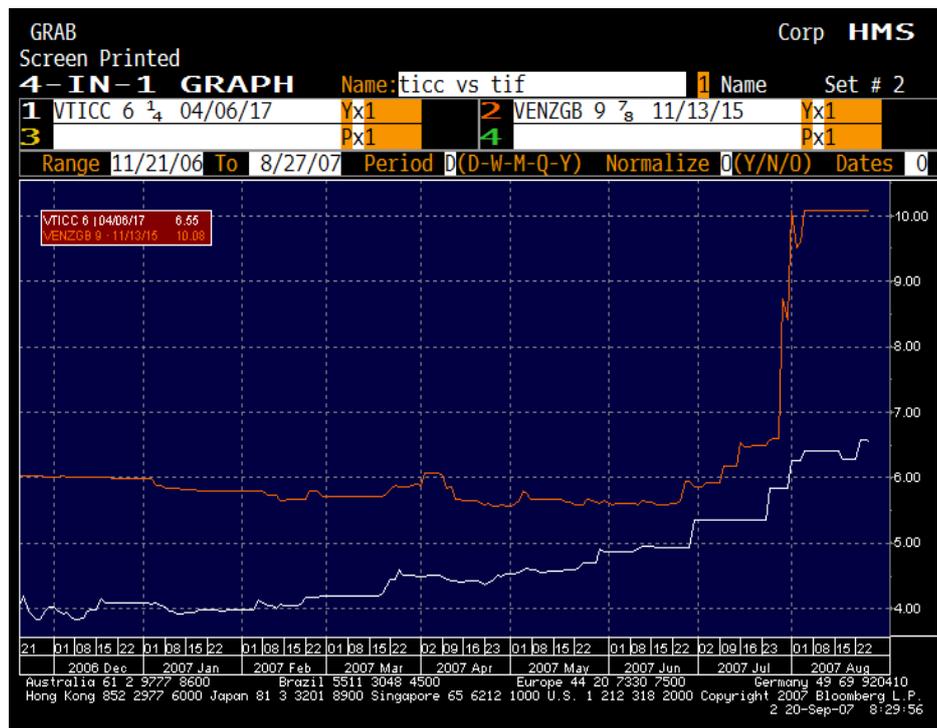
El mercado paga un precio en bolívares por el TICC, que resulta de multiplicar su precio de mercado en USD x TCO



**Gráfica 4.2:** Comportamiento del Bono TICC 17  
**Fuente:** Bloomberg

En esta gráfica, se puede observar el comportamiento del precio del bono TICC con vencimiento en el año 2017. Este bono, comenzó con un precio a prima debido a las altas expectativas que se tenían de una futura devaluación, pero a lo largo del tiempo ha tenido un comportamiento decreciente, demostrando así, que el mercado ha disminuido las expectativas de devaluación provocando que el precio del bono llegue a niveles inferiores del 100%

Actualmente, de este precio de mercado en VEB se extrae la tasa de descuento asociada al precio en USD. Este indicador se reporta en la siguiente grafica:



Gráfica 4.3: Yield del TICC 17 (blanco) y del TIF 15 (rojo)

Fuente: Bloomberg

Otra manera que el precio en VEB de un bono TICC pueda ser analizado es asociando el bono TICC como un bono TIF (bono de cupón fijo en VEB) más un prima que paga el mercado por la indexación del cupón y principal al TCO.

Bajo este enfoque, el mercado acepta recibir un yield menor al TIF solo por la expectativa que esta reducción será compensada con devaluación oficial.

En la medida que la expectativa de devaluación (tanto la proximidad del evento como la cuantía de la devaluación) aumenta, esta prima que estará dispuesto a

pagar el mercado es mayor, y por ende el yield que acepta el inversionista del TICC se distanciará del TIF.

En la práctica, se puede ver como el rendimiento del bono TICC empezó alrededor de un 4% y el bono TIF alrededor de un 6%, este se mantuvo constante como hasta julio de 2007. Por otro lado, el bono TICC, poco a poco ha ido subiendo su yield inclusive hasta llegar cercano al yield del bono TIF, esto se puede interpretar como que la prima que está pagando el mercado por el TICC se ha ido reduciendo, ya que, de alguna manera el mercado ha comenzado a percibir que no va a ocurrir una devaluación en el corto plazo.



**Gráfica 4.4:** Representación de una disminución de las expectativas de devaluación

**Fuente:** Bloomberg

El yield del TICC solo puede ser mayor al yield del TIF, en la medida que el mercado perciba el riesgo de una apreciación de la paridad oficial. Al ocurrir esta apreciación, la línea blanca (yield del TICC 17) se cruzara con la línea roja (yield del TIF 12) logrando que se genere una prima negativa.

Otra manera de pontificar esta prima es calcular un tipo de cambio oficial que incluya la prima. Para efecto de la tesis, al cambio oficial con prima lo llamaremos, “dólar oficial de mercado” (DOM).

DOM es calculado de la siguiente manera:

$$PVEB = \left( \sum_{i=1}^N \frac{c}{(1+y)^{it}} + \frac{P}{(1+y)^{Nt}} \right) \times DOM$$

Donde,

**c** = cupón semestral en USD oficiales;

**p** = principal en USD oficiales;

**y** = tasa de descuento del TIF con igual tenor;

**N** = cantidad de cupones por recibir;

**t** = tiempo entre cupones;

Una manera aproximada que esta tesis toma para calcular el DOM es la siguiente:

$$\left( \sum_{i=1}^N \frac{c}{(1+y)^{it}} + \frac{P}{(1+y)^{Nt}} \right) = \left( \sum_{i=1}^N \frac{6.25}{(1+y)^{it}} + \frac{100}{(1+y)^{Nt}} \right) = \left( \sum_{i=1}^N \frac{9.75 \times .64}{(1+y)^{it}} + \frac{100}{(1+y)^{Nt}} \right) =$$

$$\left( \sum_{i=1}^N \frac{c}{(1+y)^{it}} + \frac{P}{(1+y)^{Nt}} \right) = .64 \times \left( \sum_{i=1}^N \frac{9.75}{(1+y)^{it}} + \frac{100}{(1+y)^{Nt}} \right) + .36 \times \frac{100}{(1+y)^{Nt}}$$

El resultado anterior puede ser interpretado como:

$$\left( \sum_{i=1}^N \frac{c}{(1+y)^{it}} + \frac{P}{(1+y)^{Nt}} \right) = .64 \text{ PrecioMercado}[TIF 2014] + .36 \text{ CeroCupon}$$

A continuación se reporta la serie histórica de DOM.



**Gráfica 4.5:** Variación precio del DOM  
**Fuente:** Bloomberg

Un beneficio de DOM es que refleja en términos de precio la prima que el mercado está pagando cuando invierte en TICC.

DOM puede ser interpretado como el valor promedio del TCO esperado descontado a valor presente.

Ahora, se puede valorar la opción sobre algo que si es replicable, en este caso sería el DOM. Este índice, además de ser un activo que puede ser negociable, puede ser replicado tomando posiciones largas en TICC y cortas en TIFF. A través de este índice, se es posible valorar una opción sobre el tipo de cambio oficial ya que el

DOM va a reflejar las expectativas que se tengan del mercado, ya sea de devaluación o de sobrevaluación.

Para valoración la opción sobre el tipo de cambio oficial, vamos a utilizar la siguiente ecuación:

$$\text{Valor de la Opción (TCO)} = \text{Valor de la Opción (DOM)} - \text{Riesgo de Base (BT)}$$

El riesgo de Base viene siendo la distancia (spread) entre el índice (DOM) y el tipo de cambio oficial. Este riesgo de base suele ser incierto, es por esto que se va a calcular el peor escenario, el mejor escenario y un escenario intermedio, a fin de recoger diferentes resultados.

#### **4.4 Dinámica estocástica del Dólar Oficial de Mercado**

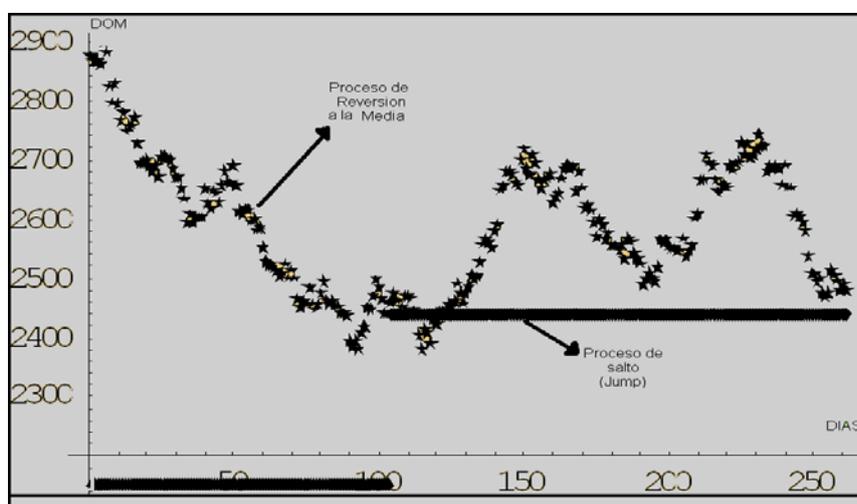
El índice DOM (Dólar Oficial de Mercado), tiene la ventaja de ser un buen indicador de las expectativas de devaluación.

Ahora bien, analizando un poco mas este índice nos damos cuenta que tiene mucha similitud con la dinámica de Cox que presenta el trabajo de Steen Jrgensen, Kristian R. Miltersen y Lene B. Nielsen. Cuando este dólar oficial de mercado se encuentra muy alejado del tipo de cambio oficial, que en este caso es 2.150 Bs/\$, el mercado tendrá grandes expectativas de devaluación, si la devaluación ocurre, estaría

ocurriendo un proceso de salto (jump), y en ese momento la paridad oficial debería cambiar y acercarse al índice DOM.

Ahora bien, si la devaluación no ocurre, y el mercado se percata de que está pagando una prima muy alta, el DOM se revertirá e ira buscando su nivel medio histórico. En lo que el mercado vuelva a tener expectativas de devaluación, el DOM volverá a subir, y así vemos como este dólar sigue un segundo proceso estocástico de reversión a la media (mean reversion). De esta forma, vemos como este dólar oficial de mercado sigue una dinámica de Cox.

Gráficamente, podemos demostrar este proceso de Cox:



**Gráfica 4.6:** Proceso de COX

El planteamiento conceptual que soporta esta tesis es que el mercado anticipa cualquier cambio en la paridad oficial, y refleja esta proyección en el precio del bono TICC. Cambios en el precio del bono, bajo un escenario de la tasa TIF constante, se

reflejara en un cambio en el dólar oficial de mercado, y será interpretado por este modelo como cambios en las expectativas de devaluación.

Si la anticipación del mercado es correcta, el cambio de la paridad oficial es contrarrestado por un cambio en la misma proporción en la prima de riesgo. Este supuesto puede ser analizado intuitivamente como que el mercado, al ver cumplida sus expectativas va a disminuir sus expectativas de futuros cambios, disminuye la prima de indexación y acerca la paridad entre el nuevo TICC y un TIF de cupón fijo. Por el contrario, si las expectativas no son correctas, el mercado responderá y el precio del TICC bajara con un efecto de igual proporción en la prima de indexación

## CAPITULO V

### ANTECEDENTES RELEVANTES PARA LA VALORACION DE OPCIONES EN REGIMENES DE CAMBIOS CON INTERVENCION

#### 5.1 Dinámica del Tipo de Cambio en Regímenes de Bandas

Los sistemas de Bandas difieren de un régimen de Tipo de Cambio Fijo, permitiendo un justo rango de Variación para el Tipo de Cambio. La idea, es que el Tipo de Cambio se mantenga dentro de las Bandas, pero surge una Pregunta: ¿Cómo se va a mantener dentro de las Bandas? Ni Miller ni Williamson<sup>12</sup> ha podido modelar el comportamiento del Tipo de Cambio dentro de las Bandas, en cambio han intentado aproximar el Sistema de Banda por medio de política monetarias continuas.

La existencia de Bandas, obliga a que el Tipo de Cambio siga una trayectoria en el Futuro. Los mercados cambiarios, sabiendo esto, se comportaran diferentes, a que si estuvieran en un sistema libre de Bandas

Teóricamente la implantación de un sistema de bandas requiere de la definición de tres aspectos fundamentales. 1) la amplitud de la banda. 2) la regla de desplazamiento de la paridad central y 3) la modalidad de intervención de la autoridad monetaria.

---

<sup>12</sup> “Target zones and Policy Coordination” Washington, 1987

El asunto fundamental no es tanto introducir un sistema de bandas, sino tener claro el propósito para el cual se va a utilizar. Un sistema de bandas puede ser utilizado de forma muy conveniente para producir un anclaje del tipo de cambio, sobre todo en condiciones en las cuales es necesario mantener cierta flexibilidad en el tipo de cambio como variable de ajuste. En este caso se trata de una especie de tipo de cambio fijo con un margen de flexibilidad para amortiguar perturbaciones exógenas. Ese esquema tiene la virtud de que la autoridad monetaria se compromete a defender el tipo de cambio, pero sin dar un seguro cambiario ante choques exógenos. Si se quiere utilizar la política cambiaria como herramienta de anclaje, probablemente debe definir una banda de flotación no muy ancha, la regla de desplazamiento debe estar totalmente divorciada de la inflación pasada y la modalidad de intervención debe ser muy precisa y conocida por los agentes económicos. La definición de una banda deja por sentado que la autoridad monetaria solo va a intervenir en los límites. Eso es precisamente lo que constituye el atractivo del sistema. En la medida que los agentes económicos internalizan que cuando se toca uno de los extremos lo más probable que ocurra es que el tipo de cambio se mueva hacia el interior de la banda, los agentes deben introducir esa información en sus expectativas.

## 5.2 Modelos

### 5.2.1 Modelo de Krugman

El comportamiento del Tipo de Cambio dentro del Sistema de Bandas se basa principalmente en los desarrollos teóricos de Paul Krugman. Por su relevancia, a continuación se presenta lo más importante de este modelo.

Según el enfoque de Krugman, la determinación del tipo de cambio nominal obedece a un enfoque meramente monetario; en este sentido, se supone que el tipo de cambio depende de variables fundamentales como son la oferta y la velocidad de circulación del dinero, y de las expectativas con respecto al tipo de cambio futuro.

Con base en esos desarrollos, se define la siguiente expresión para el tipo de cambio nominal:

$$s(t) = m(t) + v(t) + \alpha \frac{Et(ds(t))}{dt} \quad (1)$$

Donde:

**S** = Logaritmo del Tipo de Cambio Nominal

**M** = Logaritmo de la Nominal de Dinero

**V** = Terminio Aleatorio que representa los “shocks” a la velocidad de circulación

**$\alpha$**  = Semi-elasticidad de la demanda de dinero a la tasa de interés

**Et (dst)/dt** = La Variación esperada del tipo de cambio, con la información disponible al momento t

Bajo el supuesto de que la oferta de dinero es controlada por el banco central, éste puede afectar el nivel del tipo de cambio; ceteris paribus, una expansión monetaria incrementaría el precio de la divisa y viceversa. Por su parte, la velocidad de circulación es exógena al banco central y sigue una trayectoria aleatoria en tiempo continuo

En un sistema de bandas cambiarias el tipo de cambio nominal sigue la trayectoria que señala la expresión (1); pero a la vez el banco central limita su evolución dentro de una zona previamente anunciada, para lo cual interviene expandiendo o contrayendo la oferta de dinero (por ejemplo, comprando o vendiendo divisas).

Esta propuesta de Krugman, se basa en dos supuestos fundamental, el primero, es la *Credibilidad perfecta* donde los agentes confían en que los límites inferior y superior de la banda permanecerán fijos y que el tipo de cambio se mantendrá dentro de la zona, o sea, creen que la autoridad monetaria intervendrá para mantener el tipo de cambio nominal entre los límites anunciados.

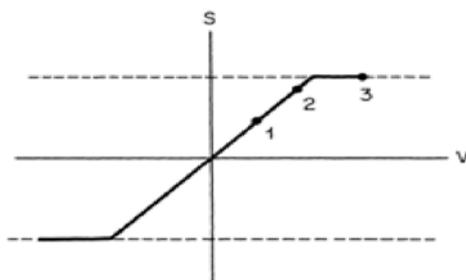
La credibilidad en este sistema se fundamenta en la capacidad de la autoridad monetaria por mantener las bandas, para lo cual es crucial contar con el nivel de

reservas internacionales suficiente para intervenir en el mercado cuando sea necesario y una política económica coherente con ese régimen cambiario.

Y, el segundo, es aquel, en donde, *No existen intervenciones intramarginales*, es decir, que la autoridad monetaria intervendrá únicamente cuando el tipo de cambio observado se pegue a alguno de los límites, nunca lo hará dentro de la banda.

Si se cumplen estos supuestos, cuando el tipo de cambio observado alcanza el límite superior (techo de la banda), el banco central contraería la cantidad de dinero para impedir que se siga depreciando la moneda. Por su parte, si el tipo de cambio llega al límite inferior de la banda (piso) la autoridad expandiría la oferta monetaria para contrarrestar la tendencia a la apreciación del tipo de cambio.

Para observar mejor esta explicación, consideremos que el tipo de cambio se mantiene dentro de las bandas, digamos que en el punto 2. Comenzando en este punto, si  $v$  cae un poco, el tipo de cambio va a retroceder hacia abajo por la línea de 45 grados, hasta llegar digamos al punto 1. Si  $v$  sube un poco, sin embargo, el tipo de cambio no se va a aumentar en una misma cantidad, porque la autoridad monetaria actuaría defendiendo las bandas, llevando de esta manera al tipo de cambio hasta el punto 3



**Gráfica 5.1:** Comportamiento del tipo de cambio en un sistema de bandas

En un sistema de tipo de cambio flexible las expectativas de devaluación serían nulas debido a que la variabilidad que presenta el precio de la divisa bajo este régimen hace que en promedio el valor esperado sea igual a cero. Entonces a partir de (1) se tendría que el tipo de cambio sería igual a:

$$S(t) = m(t) + v(t) \quad (2)$$

Como en un esquema de flotación el banco central no interviene en el mercado cambiario, la oferta monetaria permanece constante y el tipo de cambio nominal dependería únicamente de la velocidad de circulación. Si se asume que el tipo de cambio se relaciona linealmente con sus fundamentos (ambos en logaritmos), la trayectoria del tipo de cambio nominal estaría dada por una recta con pendiente igual a 1 (TCL en el gráfico 2).

Cuando opera un sistema de bandas cambiarias las expectativas de devaluación ya no son nulas, lo que hará que la evolución del tipo de cambio muestre

un comportamiento de  $S$ , tal y como se representa con la curva TCB en el gráfico 2.

La forma de  $S$  obedece a dos factores:

- **Efecto “honey moon”**

Se le ha denominado así al estabilizador automático que se da cuando el tipo de cambio observado se acerca a alguno de los límites de la banda de flotación, aún cuando no exista una intervención efectiva del banco central. Esto es posible siempre y cuando haya credibilidad en las bandas y expectativas racionales.

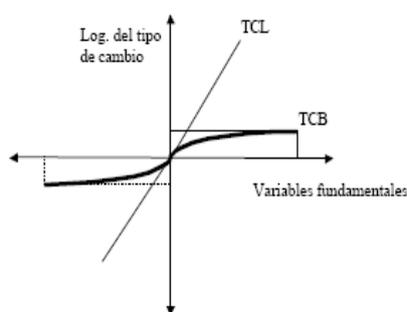
Cuando el tipo de cambio se aproxima al límite superior, se generan expectativas de revaluación ante la creencia por parte de los agentes económicos de que el banco central actuará para impedir una mayor depreciación de la moneda; esto hace que finalmente el tipo de cambio disminuya. Por su parte, si el tipo de cambio se acerca al límite inferior, la inminente intervención del banco central hará que las expectativas apunten hacia una depreciación, lo cual sucederá efectivamente.

- **Efecto “smooth pasting”**

Este significa que el tipo de cambio observado en el mercado tiende a ser tangente al límite inferior o superior de la banda entre más cerca se encuentre de cada

una de ellas; es decir que el tipo de cambio se vuelve insensible a las variables fundamentales cuando llega a los límites de la zona.

El gráfico 2 muestra el comportamiento que tendría el tipo de cambio en un sistema de bandas cambiarias ante variaciones en sus fundamentos ( $m + v$ ).



**Gráfica 5.2:** Tipo de cambio flexible y bandas cambiarias

Como se puede apreciar, la evolución del tipo de cambio bajo un sistema de bandas será más estable que en un sistema de flotación libre. Si el tipo de cambio se encuentra por encima del centro de la banda, se generarán expectativas de revaluación, por lo que su relación con los fundamentos es menos que proporcional; es decir, el tipo de cambio sería menor que bajo el sistema flexible.

Por un argumento simétrico, cuando el valor del tipo de cambio observado se ubica por debajo de la paridad central, éste sería superior a aquel que prevalecería bajo un sistema de tipo de cambio flexible.

### 5.2.2 Modelo de Delgado and Dumas

Ellos describen los fundamentos,  $f$ , por un proceso Ornstein-Uhlenbeck<sup>13</sup>, mejorando la distribución del tipo de cambio

$$df(t) = \rho(f_0 - f(t))dt + \sigma dz(t)$$

donde,

$\rho$  = parámetros del mean reversion

$z$  = Proceso estocástico Brownian Motion

$f_0$  = Nivel de los fundamentos correspondientes a un tipo de cambio igual a la paridad central

El flujo de los parámetros de los fundamentos puede ser interpretado como las intervenciones de la autoridad monetaria dentro del Sistema de Bandas, esto ocurre antes de que choque contra los límites. Cuando el tipo de cambio está por encima de la paridad central, el Banco Central reduce la base monetaria domestica forzando a las tasas hacia la paridad central y viceversa.

Dependiendo del nivel de  $\rho$  la distribución del tipo de cambio va a tener más o menos picos o forma de “n” en vez de forma de “u”, sin embargo la varianza

---

<sup>13</sup> “Ornstein-Uhlenbeck Process” Steven Finch (2004)

condicional del movimiento del tipo de cambio va, como el modelo de Krugman, a mantener los picos, va a alcanzar su máximos en la paridad central y va a ser cero en su limites

Cuando el riesgo de realineamiento es incluido en el modelo surgen tres preguntas que deben ser respondidas:

- i. ¿Cual es la nueva paridad central y las nuevas fronteras del sistema de Bandas?
- ii. ¿Cual es el valor del post-realineamiento del tipo de cambio?
- iii. ¿Cuál es la probabilidad del realineamiento?

### **5.2.3 Modelo de Dumas, Jennergren and Naslund**

Dumas, Jennergren and Naslund (1995)<sup>14</sup>, estos autores sugieren ciertos escenarios de realineamiento, los cuales dan ciertas respuestas a las dos primeras preguntas anteriores. En nuestra Tesis se va a asumir que las bandas van a hacer constantes y vamos a entender al realineamiento no como un realineamiento de la paridad central sino como un cambio sobre el tipo de cambio oficial en la economía. En estos escenarios la solución de libre flotabilidad determina el valor del post realineamiento<sup>15</sup> del tipo de cambio y de la nueva paridad central. La Frontera del Sistema de Bandas es un porcentaje Fijo de la paridad Central si el realineamiento

---

<sup>14</sup> “Ralignment Risk and Currency Option Pricing in Target Zone”

<sup>15</sup> Por el valor del post realineamiento entendemos el valor del tipo de cambio después de un salto

ocurre, Si el realineamiento ocurre la paridad central así como el tipo de cambio son iguales a la solución de libre flotabilidad

$$f(t) = s^*(t) = c^*(t)$$

donde,

$f(t)$  = es la solución de libre flotabilidad

$s(t)$  = es el tipo de cambio

$c(t)$  = paridad central

\* = Es el valor del post realineamiento del tipo de cambio  $s(.)$  y la paridad central  $c(.)$

Dentro del sistema de bandas la función del tipo de cambio es descrita por la función de la forma de “S”, esto significa que el tamaño del salto en la paridad Central así como en el tipo de cambio se incrementa con la distancia del pre-realineamiento entre el tipo de cambio y la paridad central.

#### **5.2.4 Steen Jrgensen, Kristian R. Miltersen y Lene B. Nielsen**

Para el desarrollo de esta Tesis se va a tomar como Trabajo principal el desarrollado por Steen Jrgensen, Kristian R. Miltersen y Lene B. Nielsen<sup>16</sup>, los cuales van a adaptar el modelo de Dumas, Jennergren y Naslund (1995) pero con la

---

<sup>16</sup> “Valuation of Currency Option in Target Zone Models with Cox Realigments”

condición de que ahora se va a utilizar el proceso de COX para modelar los acontecimientos del realineamiento. El uso del proceso de COX para modelar el riesgo de realineamiento envés de utilizar un proceso estándar de Poisson hace posible permitir que la intensidad de realineamiento dependa de la posición del tipo de cambio dentro del sistema de Bandas, logrando así que se pueda incrementar la intensidad de realineamiento cuando el tipo de cambio es cercano a los límites del Sistema de Bandas

Un proceso de Cox, es una mezcla de dos dinámicas estocásticas, la primera, es la dinámica de reversión a la media (mean reversion) y la segunda, es la de salto (jump). Dependiendo de donde se encuentre el tipo de cambio el realineamiento se va a intensificar cuando este se encuentre cerca de las bandas buscando así la media histórica del tipo de cambio.

Para la formulación de este modelo, se va a asumir que el tipo de cambio contiene información sobre la actual probabilidad de realineamiento. Si el tipo de cambio es cercano al límite de una banda parece razonable ver que la probabilidad de realineamiento es larga, comparada con la situación en donde el tipo de cambio es igual a la paridad central.

Dada la dificultad de resolver este modelo cuando la intensidad de realineamiento es una función del tipo de cambio, se va a especificar esta intensidad de realineamiento como una función de los fundamentos, la cual no hace diferencia

porque hay una correspondencia de uno a uno entre los fundamentos y el tipo de cambio dado por la función en forma de S.

$\lambda(f)$ , puede ser vista como la intensidad de realineamiento. El flujo del tipo de cambio es usado para encontrar los cambios esperados en el tipo de cambio por unidad de tiempo. Esto se traduce en:

$$E[ds]/dt = \rho(f_0 - f(t)) \frac{\delta G}{\delta f} + \frac{1}{2} \frac{\delta^2 G}{\delta f^2} \sigma^2 + \lambda(f)(G^*(f) - G(f)).^{17} \quad (5)$$

Sustituyendo la ecuación (5) en la ecuación (1) nos arroja un modelo del tipo de cambio con reversión a la media (mean reversión) y una intensidad de realineamiento dependiente de los fundamentos.

De esta manera, se va a estimar, que: La distribución es cercana a una distribución Normal truncada por las propiedades de una reversión a la media, que cuando el realineamiento ocurre, los fundamentos se inician en el centro de la banda, el cual es el valor que resulta en la más baja posibilidad de intensidad de realineamiento y se va a especificar un tamaño relativo entre la más débil y la más fuerte intensidad de realineamiento.

---

<sup>17</sup> Para más información acerca de la derivación de esta fórmula consultar el trabajo de Steen Jrgensen, Kristian R. Miltersen y Lene B. Nielsen

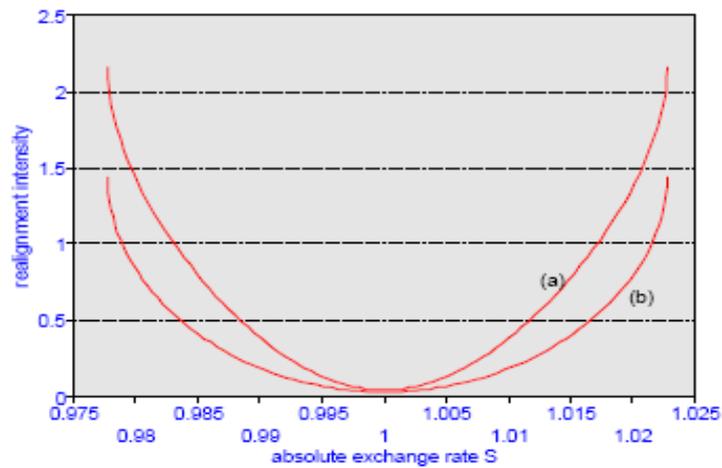
$$\lambda(\underline{f}) = \lambda(\overline{f}) = K\lambda(f_0). \quad (6)$$

Donde un mayor Valor de K da una mayor función de realineamiento en forma de U.

Llegando así a la función de realineamiento de nuestra Tesis <sup>18</sup>

$$\lambda(f) = \frac{\hat{\lambda}(\overline{f} - \underline{f})}{\frac{K-1}{3f^2} \left( (\overline{f}^3 - \underline{f}^3) + \overline{f} - \underline{f} \right)} \left( \frac{K-1}{f^2} f^2 + 1 \right) \quad (7)$$

Ejemplo de la función de Realineamiento:



**Gráfica 5.3:** Función de realineamiento. En (b) se muestra la función de realineamiento con mean reversion y en (a) sin el mean reversion.

<sup>18</sup> Para mayor información consultar el trabajo de Steen Jrgensen, Kristian R. Miltersen y Lene B. Nielsen

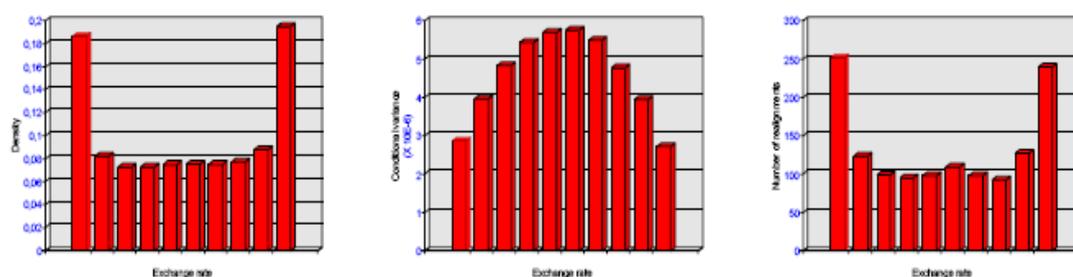
### 5.3 Resultados de la simulación de los diferentes procesos de tipo de Cambio

En orden de demostrar algunas de las características cualitativas del modelo, se calcularon diferentes mediciones estadísticas basadas en simulaciones de trayectorias del tipo de cambio. El proceso es simulado sobre un periodo de 1.000.000 días comenzando en la paridad central. Este trabajo de Steen Jrgensen, Kristian R. Miltersen y Lene B. Nielsen simula el tipo de cambio en orden de demostrar la distribución de éste, así como también, calcular la variación condicional del tipo de cambio. Como una forma de aproximar la distribución del tipo de cambio, observaciones de este, han sido clasificadas en diez intervalos dentro del sistema de bandas.

Los cálculos de varianza condicional del tipo de cambio son basados en sus cambios condicionales,  $\Delta s(t)$ . Los cambios son grabados y clasificados en intervalos apropiados dado el nivel tipo de cambio. La varianza sobre estos cambios es estimada en cada intervalo y se refiere a la varianza condicional del tipo de cambio en ese intervalo correspondiente.

Como ya se explico anteriormente, la implicación del modelo de Krugman sigue una distribución asintótica en forma de U y de la varianza condicional la cual decrece cuando el tipo de cambio alcanza el límite. El modelo presentado en el trabajo de Steen Jrgensen, Kristian R. Miltersen y Lene B. Nielsen difiere del modelo de Krugman en dos sentidos:

- i. El tipo de cambio es modelado para exhibir la reversión a la media (mean reversion) de los fundamentos.
- ii. Las posibilidades de realineamiento es tomada en cuenta con una intensidad constante o con una intensidad dependiente de la ubicación del tipo de cambio en el sistema de bandas.



**Figura 1:** Se muestra la distribución del tipo de cambio, la varianza condicional y la Distribución de los realineamientos con una intensidad de realineamiento constante.

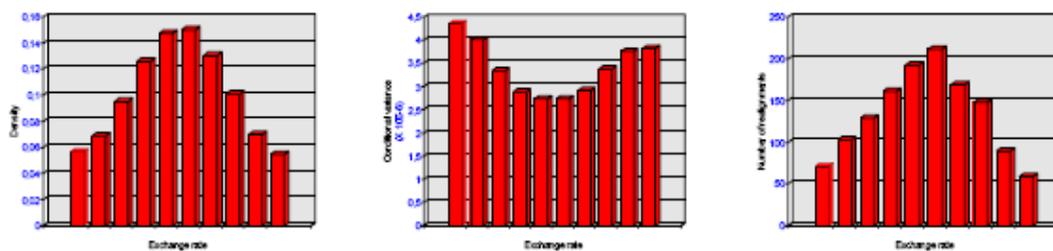
La distribución del tipo de cambio mantiene una distribución en forma de U y la varianza condicional decrece cuando el tipo de cambio alcanza los límites del sistema de bandas. Dado el riesgo de realineamiento, la varianza se incrementa en términos del valor absoluto en el sistema de bandas y considerablemente en los límites, comparado con el modelo original. Como consecuencia del escenario de realineamiento, los cambios producidos en el tipo de cambio alcanzan su máximo en los límites. Esta es la razón del porque hay una mayor varianza condicional cuando se está más cercano a los límites de las bandas.

Observaciones empíricas indican que el realineamiento del tipo de cambio en el Sistema Monetario Europeo (EMS) ocurre frecuentemente cuando el éste es cercano a los límites del sistema de bandas.

La tendencia de que el tipo de cambio se mantenga cerca de los límites, como es visto en la distribución en forma de U, implica que esta intensidad de realineamiento es una función del tipo de cambio.

Se ha sugerido que la varianza condicional en forma de U observada puede ser explicado por un cambio en el sistema de bandas y esto es inconsistente con el supuesto del modelo de Krugman donde se decía que había cierta credibilidad en el sistema de bandas. Como puede ser visto en la figura 1, al añadir riesgo de realineamiento con intensidad constante al modelo original de Krugman, éste queda insuficiente.

Ahora, se tiene un impacto significativo sobre las características cualitativas del tipo de cambio al introducir reversión a la media en el tipo de cambio. El modelo subyacente correspondiente a la figura 3, es aquel proveniente de la ecuación (2) combinado con riesgo de realineamiento con una intensidad constante en el sistema de bandas.

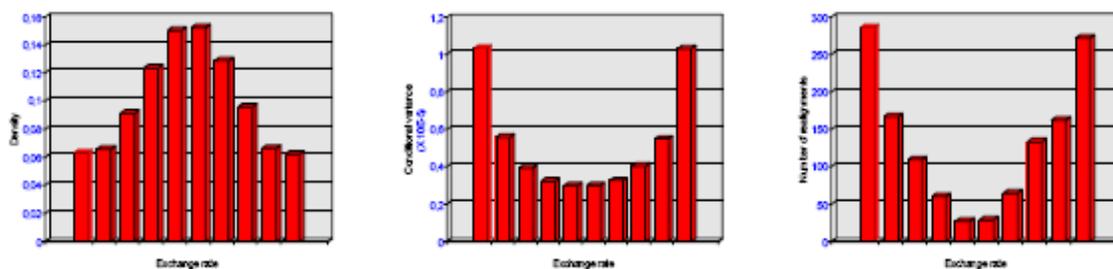


**Figura 2:** Distribución del tipo de cambio, varianza condicional y la distribución del realineamiento con una intensidad de realineamiento constante y con mean reversion.

Como es de esperarse la reversión a la media invierte la distribución del tipo de cambio, en donde, ahora se tiene más volumen en la mitad del sistema de bandas. Como es representado en la figura 2, la reversión a la media tiene un impacto ambiguo en la varianza condicional del tipo de cambio. Por un lado, la varianza condicional en la mitad del sistema de bandas es reducido significativamente dado la propiedad de estabilidad de la reversión a la media, mientras que la ésta causa cambios adicionales en los límites del sistema de bandas, implicando incrementos de la varianza condicional en esta parte del sistema de bandas. Y, por otro lado, el hecho que la mayoría de los realineamientos ahora ocurren en la mitad del sistema de bandas. Agrupando esto, parece como si la reversión a la media y la intensidad de realineamiento constante son una buena combinación para reflejar las características requeridas en el desarrollo del tipo de cambio.

Sin embargo, la distribución de los realineamientos en la Figura 2, sigue siendo inconsistente con las observaciones empíricas, desde que se encontró el mayor número de realineamientos en la mitad del sistema de bandas.

La figura 3, demuestra las consecuencias cuando se cambia la intensidad de realineamiento de constante a una que siga un proceso de COX como es especificada en la ecuación (7).



**Figura 3:** Distribución del tipo de cambio, varianza condicional y la distribución de los realineamientos con un tipo de cambio dependiente de la intensidad del realineamiento y del mean reversion.

Ahora, los realineamientos ocurren frecuentemente cuando el tipo de cambio es cercano a los límites del sistema de bandas. Como consecuencia del incremento del número de realineamientos cercano a los límites, donde el tamaño del realineamiento es prolongado, la varianza condicional en esta área del sistema de bandas se ha incrementado significativamente comparándola con la situación de la figura 2.

Por especificar la intensidad de los realineamientos como una función del tipo de cambio y por incluir reversión a la media en el proceso del tipo de cambio, se ha alcanzado un modelo que exhibe las cualidades consistentes con observaciones empíricas. Esto significa que, el modelo desarrollado anteriormente implica una

función de intensidad con picos, una varianza condicional en forma de U y un número de realineamientos como función del tipo de cambio en forma de U.

## CAPITULO VI

### APLICABILIDAD DEL MODELO DE JRGENSEN, MILTERSEN Y NIELSEN A LA VALORACION DE OPCIONES SOBRE TIPO DE CAMBIO OFICIAL

#### 6.1 Introducción

La simulación de Montecarlo<sup>19</sup> se llevó a cabo en el software Mathematica 5.0, mediante algoritmos computacionales basados en el trabajo de **Steen Jrgensen, Kristian R. Miltersen y Lene B. Nielsen** junto con modificaciones elaboradas por Gonzalo Paredes<sup>20</sup>. Este trabajo, implementa una simulación de Monte Carlos para un proceso de reversión a la media (mean reversión) con saltos (jumps) sobre la media histórica, haciendo posible la modelación y el análisis de la dinámica estocástica del tipo de cambio oficial, del dólar de mercado y valorando justamente el precio de una opción

#### 6.2 Datos

Después de la implementación del código, se eligió una serie de parámetros y Variables que encerraban la aplicación del modelo de Montecarlo ajustándolo a las condiciones del mercado financiero venezolano, de tal manera de desarrollar nuestro análisis de valoración de opciones sobre el tipo de cambio oficial. Estos son:

---

<sup>19</sup> En el Anexo C se presenta mayor información de la simulación

<sup>20</sup> En el Anexo D se presenta dicho código

- Tipo de Cambio Oficial (TCO):

Debido a las legislaciones del sistema financiero actual, el tipo de cambio oficial será definido, según la gaceta actual y quedara en 2.150 Bs/\$. Por lo tanto, esta será una variable fija en el tiempo hasta que se indique lo contrario.

- Dólar Oficial de Mercado (DOM):

Este dólar oficial de mercado, es una variable aleatoria debido a que cambia para ajustarse a las condiciones del mercado logrando que no haya ningún tipo de arbitrariedad. Pero, para efectos de la implementación del modelo, se estima que esta variable se mantenga fija y constante hasta que se indique lo contrario. De esta manera, según las condiciones actuales del mercado la mejor aproximación que se estimo fue de 2.873,96 Bs/\$.



Gráfica 6.1: Precio referencial DOM

Fuente: Bloomberg

- Riesgo de Base (B):

Este riesgo de Base parte de la ecuación:  $TCOt = DOM_t - B_t$ . Esta resulta de la diferencia existente entre el tipo de cambio oficial y el supuesto dólar oficial de mercado. Por lo tanto, este riesgo de base puede medir y analizar la relación entre el tipo de cambio oficial actual y el dólar oficial de mercado.

- Volatilidad ( $\sigma$ ):

La Volatilidad es una medida de la incertidumbre en el rendimiento obtenido con un activo. Provocando así, mayor riesgo en el futuro de ese activo. Una volatilidad alta, provocará un incremento en el precio de las opciones.

- Intensidad de Reversión ( mean reversion) ( $\rho$ ):

La intensidad de reversión, busca mantener al tipo de cambio cercano a la paridad central, por lo que, con la presencia de una intensidad de reversión, disminuyen las volatilidades y por ende el precio de la opción también.

- Intensidad de Realineamiento  $\lambda E$ :

Una fuerte intensidad de realineamiento, significa que existen fuertes presiones sobre las bandas cambiarias, provocando un desplazamiento de éstas, junto con la paridad central, para así lograr una mayor estabilidad en el sistema.

## CAPITULO VII

### METODOLOGÍA

#### 7.1 Replanteamiento del problema:

- ✓ Valorar un Call sobre tipo de cambio oficial:

$$[\mathbf{MAX}(TCOt - Ktco, 0)] \Rightarrow \text{call de la opción}$$

$$\mathbf{PRIMA = VALOR PRESENTE} [\mathbf{MAX}(TCOt - Ktco, 0)] \Rightarrow \text{El valor}$$

presente de este *call* de la opción es lo que se va a denotar como la prima. Por lo tanto, con esta prima lo que se obtiene es el valor de un call hoy en día.

- ✓ Este objetivo original puede ser replanteado utilizando la siguiente relación:

$$TCOt = DOMt - (DOMt - TCOt)$$

Donde,

$$(DOMt - TCOt) = Baset = Bt$$

De esta manera, es posible replantear el objetivo original de la siguiente manera:

$$\mathbf{Max}[TCOT - K, 0] = \mathbf{Max}[DOMT - BT - K, 0] = \mathbf{Max}[DOMT - (BT + K), 0]$$

El Valor presente (prima del call sobre tipo de cambio oficial) será igual a:

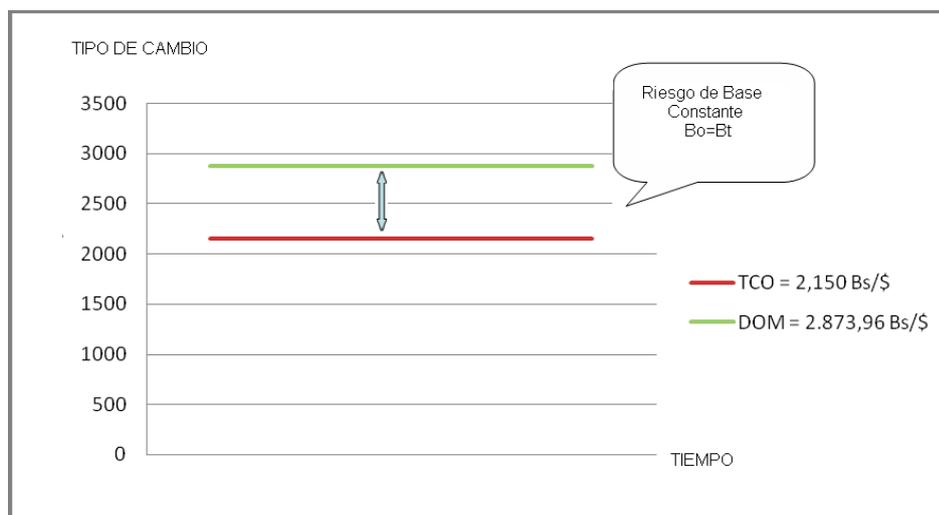
$$\mathbf{CALL}[TCO, K] = \mathbf{CALL}[DOM, K + E[BT]]$$

Donde,  $E[BT]$  es el valor esperado de BT (base al momento T).

El problema nuevamente es que la  $BT$  es una incógnita:

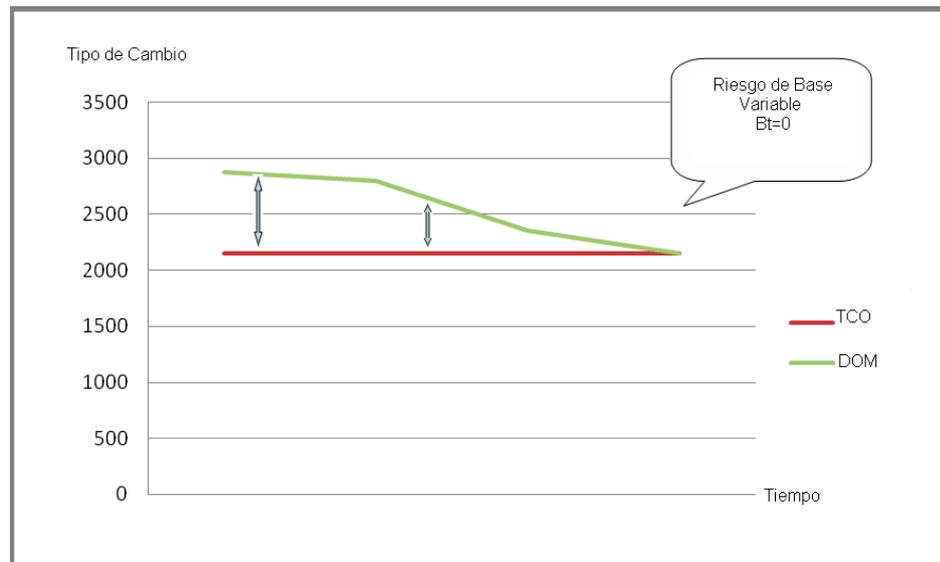
Este riesgo de Base puede asumir tres valores distintos:

1. Puede asumir, que la base al día de hoy se mantenga constante (mismo riesgo de Base), entonces:  $B_0 = B_T$ . Este caso, podría ser un escenario relativamente optimista. Logrando que el precio de la opción sea más económico que el de otros escenarios.



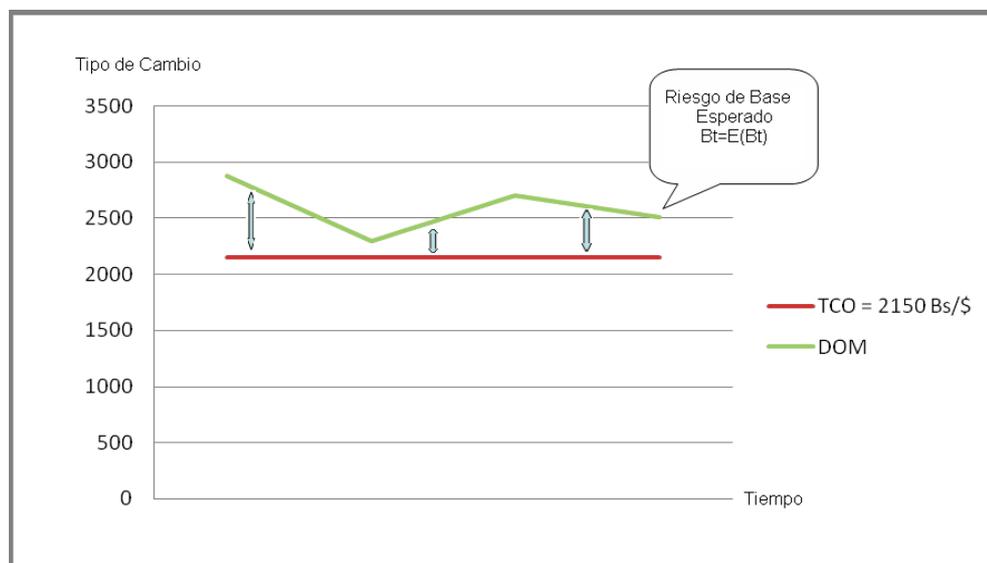
**Gráfica 7.1:** Riesgo de base constante.  $B_0=B_t$

2. Puede asumir, que dólar oficial de mercado se iguale con el tipo de cambio oficial, entonces:  $BT = 0$ , nunca ser menor que el tipo de cambio oficial (2.150 Bs/\$). Este caso, podría ser un escenario pesimista. Ya que no existiría una distancia (spread) que indicara el dólar al que realmente se debería cotizar. Por lo tanto, el precio de la opción es la más costosa en todos los escenarios.



**Gráfica 7.2:** Riesgo de base variable.  $B_0=0$

3. Puede asumir, un valor esperado de la base, entonces:  $B_T = E [ B_T ]$



**Gráfica 7.3:** Riesgo de base esperada  $B_0=B[E]$

## 7.2 Valoración de la opción sobre DOM

**$PRIMA = f\{K_{tco}, DOM, \sigma, T, f\}$**   El valor de la prima va ser igual a

la función del *call* de la opción, que depende del precio del ejercicio (Strike Price) del tipo de cambio oficial ( $K_{tco}$ ), el dólar oficial de mercado (DOM), Volatilidad ( $\sigma$ ), tiempo (T) y la tasa libre de riesgo ( $r$ ).

Para valorar el call sobre un DOM, se utilizarán dos modelos: el modelo de Black & Scholes y el modelo de Steen Jrgensen, Kristian R. Miltersen y Lene B. Nielsen.

Ahora, Comparando el modelo de Black & Scholes con el modelo de Steen Jrgensen, Kristian R. Miltersen y Lene B. Nielsen, en la valoración de opciones se obtienen las siguientes premisas:

$DOM_0$  = Dólar Oficial de Mercado al día de hoy

$\sigma_{DOM}$  = Volatilidad del DOM

$\lambda E$  = Intensidad de Realineamiento

$\rho$  = Intensidad de la Reversión

$r$  = Tasa libre de Riesgo

$K_{TCO}$  = Precio del Ejercicio del tipo de cambio

$B_0$  = Riesgo de Base

T = Tiempo

$E [B_t]$  = Valor esperado del Riesgo de Base

- **Modelo de Black & Scholes (B.S)**

Asume los siguientes parámetros:

$$B.S_1 = \{ DOM_0, \sigma_{DOM}, r, K_{TCO} + B_0, T \}$$

$$B.S_2 = \{ DOM_0, \sigma_{DOM}, r, K_{TCO}, T \}$$

$$B.S_3 = \{ DOM_0, \sigma_{DOM}, r, K_{TCO} + E [Bt], T \}$$

- **Steen Jrgensen, Kristian R. Miltersen y Lene B. Nielsen (J.M.B)**

Asumiendo los siguientes parámetros

$$J.M.B_1 = \{ \rho, \lambda E, \sigma_{DOM}, r, K_{TCO} + B_0, T \}$$

$$J.M.B_2 = \{ \rho, \lambda E, \sigma_{DOM}, r, K_{TCO}, T \}$$

$$J.M.B_3 = \{ \rho, \lambda E, \sigma_{DOM}, r, K_{TCO} + E [Bt], T \}$$

Una vez que se haya corrido el modelo bajo estos parámetros se obtendrá un precio para la opción. Aquel, que tenga el mejor precio, será el modelo más eficiente para la valoración de opciones.

Al tener el modelo de Steen Jrgensen, Kristian R. Miltersen y Lene B. Nielsen, reversión a la media (mean reversión) logrará que la volatilidad disminuya,

alcanzando un precio más económico para la opción que valorándola simplemente por Black & Scholes.

## **CAPITULO VIII**

### **ANÁLISIS DE RESULTADOS**

#### **8.1 Introducción**

A continuación se presentan los resultados arrojados por el modelo de Montecarlo programado en Mathematica 5.0. En la sección 7.1 se exponen los resultados que demuestran la valoración de la opción sobre el tipo de cambio fijo bajo los tres escenarios del Riesgo de Base (Optimista, Pesimista e intermedio). Luego en la sección 7.2 analizamos el comportamiento del precio de la opción de compra siguiendo el proceso de Black & Scholes comparando luego los resultados con el de nuestro modelo. Finalmente en la sección 7.3 explicamos cómo influyeron los parámetros en los resultados

#### **8.2 Valoración de la Opción sobre el Tipo de cambio Oficial a través del modelo de Steen Jrgensen, Kristian R. Miltersen y Lene B. Nielsen**

Para valorar la opción a través del método de Montecarlo se simularon 1.000 posibles valores del precio del principal en un mundo de riesgo neutral, luego se calculo el payoff que la opción pagó con cada posible precio simulado, en seguida promediamos estos payoff's, y se descontó el promedio a la tasa libre de riesgo.

El tiempo de maduración de la opción es un año, en el mundo financiero un año equivale a 260 días ya que son descontados aquellos días en los que los mercados financieros no transan operaciones.

Como vimos vamos a tener tres posibles valores de la opción: El primero, es el escenario optimista, que es cuando el riesgo de base se mantiene constante; El segundo, es el escenario pesimista, que es cuando no existe un riesgo de base y por último un escenario intermedio, que refleja un promedio entre los dos últimos escenarios.

Ahora veremos qué valores toma la opción en los distintos escenarios bajo los siguientes parámetros establecidos:

con $\sigma = 0,10$ ; $\rho = 1$ ; $\lambda = 0.3$			
Escenarios			
	Optimista	Pesimista	Intermedio
Valor de la Opcion	3,33159	128,012	27,9495

**Tabla 8.1:** Valoración de la opción bajo las premisas de Steen Jrgensen, Kristian R. Miltersen y Lene B. Nielsen

### 8.3 Valoración de la Opción sobre el Tipo de cambio Oficial a través del Modelo Black y Scholes.

Para hallar el valor de la opción siguiendo el modelo de Black y Scholes también se usó el programa Mathematica 5.0 y el Método de Montecarlo, se simuló los tres escenarios y arrojaron los siguientes resultados

	Escenarios		
	Optimista	Pesimista	Intermedio
Valor de la Opcion	235,575	678,83	456,307

**Tabla 8.2:** Valoración de la opción bajo las premisas de Black & Scholes

Con estos resultados nos podemos dar cuenta que a través del modelo de Black & Scholes el valor de la opción es muy elevado, por consiguiente nadie estaría dispuesto a pagar tal costo por la opción. Caso contrario sucede cuando aplicamos la valoración de opciones bajo las premisas de Steen Jrgensen, Kristian R. Miltersen y Lene B. Nielsen, donde se observa que el precio de la opción es más rentable a la expuesta por Black & Scholes.

### 8.4 Sensibilidad del valor de la opción a los parámetros en el modelo

En esta sección se buscarán diferentes análisis de sensibilidad variando los parámetros del modelo, de esta forma se podrá observar de qué manera influyen en la valoración de la opción. El primer parámetro que analizaremos es:

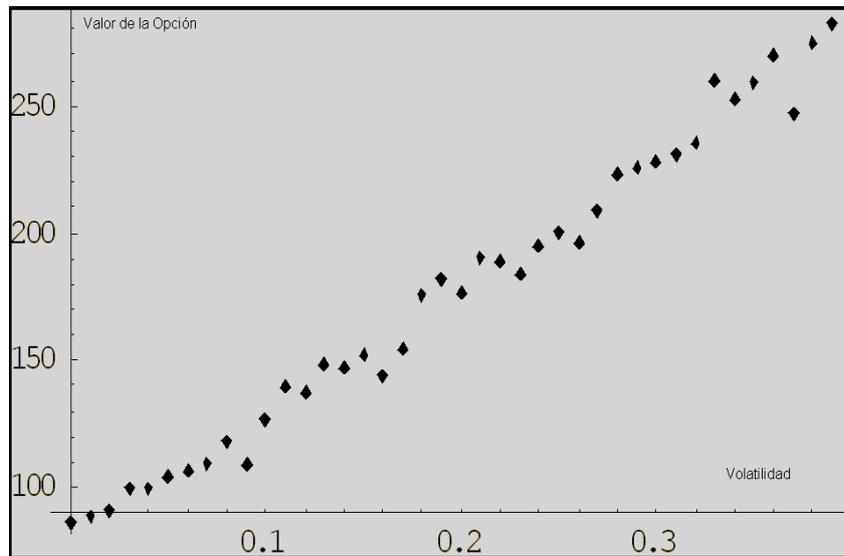
○ **Volatilidad ( $\sigma$ )**

Este parámetro arrojó cierta sensibilidad sobre el valor de la opción. A medida que la volatilidad se hace mayor, el precio de la opción se vuelve cada vez más costosa. Dado que el modelo sigue un proceso de reversión a la media (mean reversion), la volatilidad se mantendrá baja y el precio de la opción será menor.

con $\rho = 1; \lambda = 0.3$			
Escenarios			
$\sigma$	Optimista	Pesimista	Intermedio
0,1	3,33159	128,012	27,9495
0,2	10,957	173,129	64,9007
0,3	42,031	220,305	114,226
0,4	74,43	261,71	164,82

**Tabla 8.3:** Sensibilidad del parámetro de volatilidad

Gráficamente lo podemos observar de la siguiente manera



Gráfica 8.1: Sensibilidad del parámetro de volatilidad

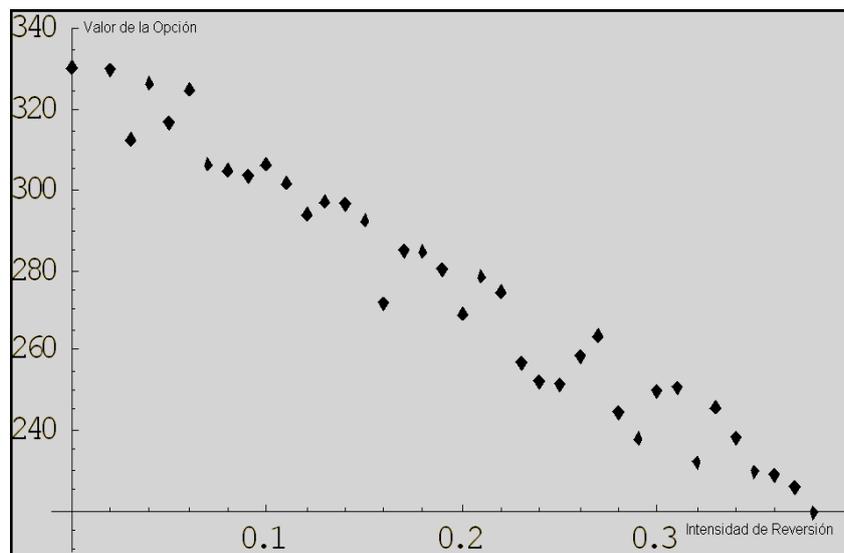
○ *Intensidad de Reversión*

Con este parámetro ocurre lo contrario a la volatilidad, observamos que a mayor intensidad de reversión el valor de la opción cada vez será más económica. En el siguiente cuadro, manteniendo los demás parámetros constantes observamos los distintos niveles de intensidad de la reversión, presentando los valores de las opciones en los distintos escenarios.

con $\sigma = 0.1$ ; $\lambda = 0.3$			
Escenarios			
$\rho$	Optimista	Pesimista	Intermedio
1	3,33159	128,012	27,9495
2	0,7103	76,83	25,62
3	0,5203	53,74	20,6435

**Tabla 8.4:** Sensibilidad del parámetro Intensidad de reversión

Gráficamente lo podemos observar



**Gráfica 8.2:** Sensibilidad del parámetro de intensidad de reversión

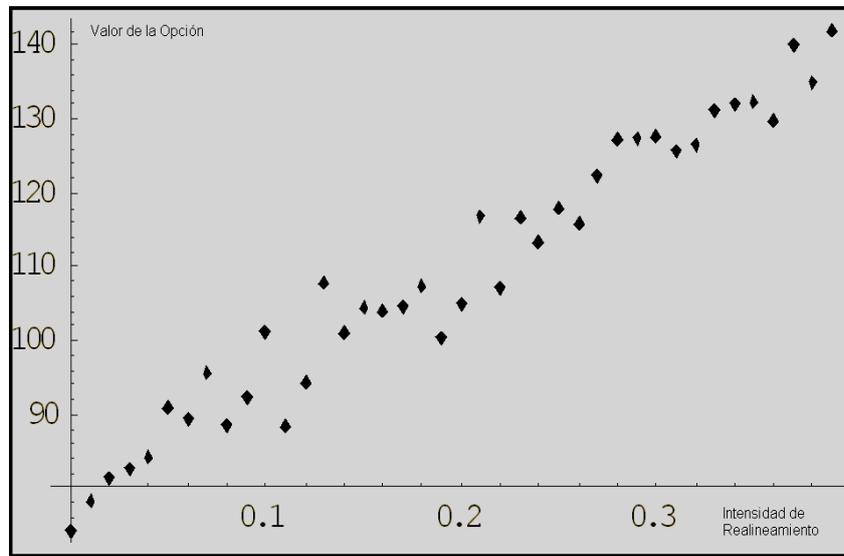
○ **Intensidad de Realineamiento ( $\lambda$ )**

Con la intensidad de realineamiento, ocurre algo similar a la volatilidad, a medida que esta intensidad se hace mayor el precio de la opción se hace cada vez más costosa. Variando la intensidad de realineamiento y manteniendo constantes los demás parámetros, podemos observar en el siguiente cuadro los distintos valores de las opciones para los diferentes escenarios

con $\rho = 1$ ; $\sigma = 0.1$			
Escenarios			
$\lambda$	Optimista	Pesimista	Intermedio
0,1	0,3373	97,38	8,59
0,2	0,79	106,173	13,5257
0,3	1,44	119,46	24,3
0,4	1,71	133,364	30,77

**Tabla 8.5:** Sensibilidad del parámetro de intensidad de realineamiento

Gráficamente se puede observar:



**Gráfica 8.3:** Sensibilidad del parámetro de intensidad de realineamiento

## CONCLUSIONES

- Existen alternativas para poder valorar instrumentos financieros derivados indexados al tipo de cambio oficial a través de un portafolio de TICC, esta replicación no es perfecta mantiene un riesgo de base el cual se puede valorar para distintos escenarios (Optimista, Pesimista y Esperado) y puede generar distintos valores en el precio de la opción
- El Bono TICC, es función del tipo de cambio oficial, una subida en el tipo de cambio se verá reflejada en un incremento del precio de este bono
- Otra manera que el precio en bolívares de un bono TICC pueda ser analizado es asociándolo con el bono TIF más un prima que paga el mercado por la indexación del cupón y principal al TCO.
- El índice DOM puede ser interpretado como el valor promedio del tipo de cambio oficial esperado descontado a valor presente. Siendo este un buen indicador de las expectativas del mercado.
- Black & Scholes parece no ser el mejor modelo para valorar opciones sobre el tipo de cambio oficial porque sobrestima el valor de la prima, ya que, supone que la dinámica estocástica del DOM sigue un Geometric Brownian Motion.

- Asumiendo otro tipo de modelo estocástico como es el de Reversión a la Media, presentado por Steen Jrgensen, Kristian R. Miltersen y Lene B. Nielsen, el modelo logra tener una prima más baja que quizás es mucho más acorde con el portafolio de replicación necesario.
- En la medida que se asuma que la reversión del mercado hacia la media va a ser mayor el DOM va ser menos volátil y el precio de la prima va ser menor de igual manera en la medida que la intensidad de realineamiento sea mayor el valor de la prima se hace cada vez más costosa.

## BIBLIOGRAFÍA

Baxter, M., and Rennie, A., *Financial calculus An introduction to derivative pricing*, Cambridge University Press, p.1-98

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

Bertola, G. And Caballero, R.J., (1992) “Target Zones and Realignments”, *The American Economic Review*, pp. 520-536

Christensen, P. O., Lando, D., and Miltersen, K. R., (1999), “State-Dependent Realignments in Target Zone Currency Regimes”. Working paper

Delgado, F., and Dumas, B., (1992), “Target Zones, Broad and Narrow”, in *Exchange Rate Targets and Currency Bands*, pp. 35-56. Cambridge University Press, Cambridge, Gran Bretaña

Dibeh, G., “Target zone dynamics where the fundamental follows a SDE with periodic forcing” Department of Economics Lebanese American University

Dixit, A. K., and Pindyck, R. S., *Investment under Uncertainty*, Princeton University Press, p59-92

Dumas, B., L. P. Jennergren, and B. Naslund, (1995). "Realignment Risk and Currency Option Pricing in Target Zones". Working paper

Fama, E., (January-February 1995). "Random Walks in Stock Market Prices.. *Financial Analysts Journal*, p. 75-80.

Hecht, Y., and Pompushko, H., (2005), "Normality, Modal Risk Level, and Exchange-Rate Jumps" Bank of Israel Monetary Department

Hull, J. "Options Futures and other Derivatives Securities.. *Prentice Hall, Fifth Edition*.

Jrgensen, S., Miltersen, K., and Nielsen, L., (1999). "Valuation of currency in target zone models with cox realignments". Working paper

Krugman, Paul R., (1991) "Target Zones and Exchange Rate Dynamics" *The Quarterly Journal of Economics*, Vol 106, No. 3, pp. 669-682

Miller, and Williamson, (1987), "Target Zones and policy coordination". Working paper.

Neil A. Chriss, Black-Scholes and Beyond. *option pricing models*, Irwin Professional Publishing, p. 1-217

Tolmatz, L., (2000) "A new approach to modeling of target zones". Working paper

Venegas-Martínez, F. .Una guía completa para economistas en la valuación de opciones. *Gaceta de Economía, Año 6, Número 12, p. 155-213.*

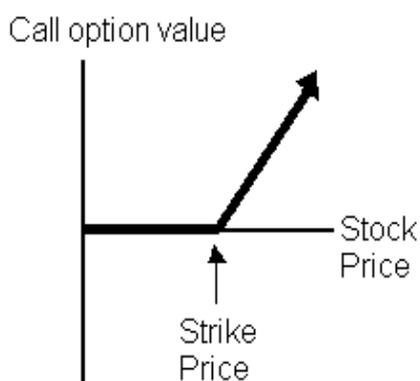
## ANEXO A

### CONCEPTOS BASICOS SOBRE OPCIONES

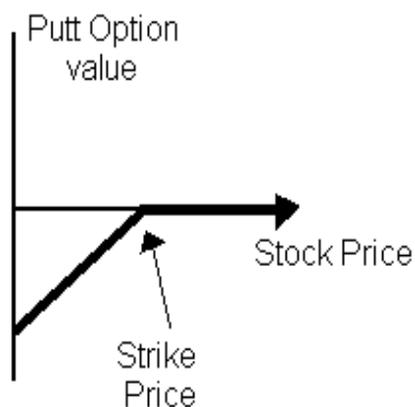
Una opción es, un contrato que se negocia entre dos partes y que implica un pago por parte del comprador, para compensar la opcionalidad implícita, esto quiere decir, que le da el derecho al tenedor de la opción de, comprar (call) o vender (Putt), un activo subyacente, a un precio definido sujeto a ciertas condiciones en un periodo de tiempo.

Como la opción es un contrato donde el comprador posee más poder decisión que el vendedor, quien está siempre obligado a ejercer los deseos del comprador, el comprador tendrá que pagarle una prima para satisfacer esta inequidad.

Dentro del mundo de las opciones existen dos tipos de opciones, la opción de compra (call) que es donde el comprador tiene el derecho de comprar el principal.



Y la opción de venta (Put) que es donde el comprador tiene el derecho de vender el principal, gráficamente lo podemos demostrar de la siguiente forma.



Para asentar estos gráficos un poco más, vamos a explicarlo a través de un ejemplo: Supongamos que se tiene una acción Microsoft, que actualmente se está vendiendo por 100\$, y que tengo una opción de comprar la acción Microsoft en tres meses por 100\$. Esto significa que en tres meses se puede ejercer la opción y comprar la acción Microsoft por 100\$, a pesar de su precio real del momento. Si, por ejemplo, en tres meses la acción se está vendiendo en 110\$, yo puedo todavía usar la opción para comprarla en 100\$. En este caso el tenedor de la opción, esta ganado 10\$ al ejercer la opción. De la otra forma si Microsoft se está vendiendo por 90\$ es mejor no usar la opción y comprarla directamente al precio del mercado.

### ***Términos y condiciones del contrato de opción***

Las condiciones especificadas en un contrato de opciones son:

- Día de expiración del contrato (Maduración T)
- Activo a ser vendido o comprado (Principal)
- Precio pautado (Strike Price K)

### ***Tipos de Liquidación***

Los contratos de opciones pueden ser ejecutadas de dos formas, pueden ser con delivery o sin delivery, con delivery es cuando la opción se ejerce y se entrega el activo al poseedor de la opción, y sin delivery o por compensación que es cuando a la hora de ejercer la opción no se entrega el activo sino que se entrega la diferencia entre el valor pautado de la opción y el precio de mercado

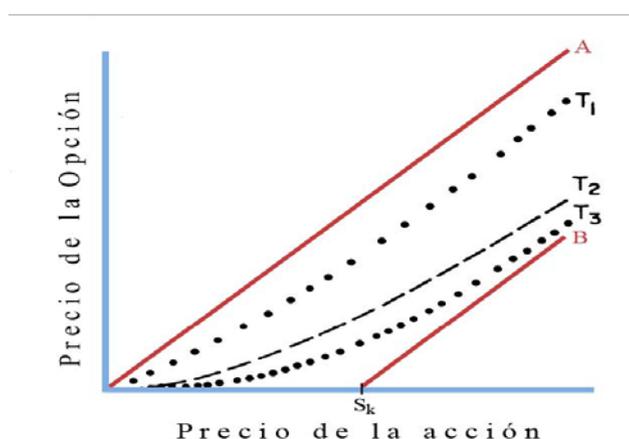
Esta Tesis al ser aplicada para Venezuela, tomara como referencia la opción sin delivery o sin la entrega del activo, ya que con delivery no se puede por la presencia de un control cambiario, logrando que el activo no se pueda conseguir sino a través de organismos gubernamentales como es el caso de CADIVI <sup>21</sup>

---

<sup>21</sup> Comisión de Administración de Divisas creada el 5 de de Febrero de 2003

En general, en el caso de un call parece claro que mientras mayor sea el precio de un activo mayor será el valor de la opción call, esto quiere decir que cuando el precio del activo es mayor que el precio del ejercicio la opción es casi segura que va a ser ejercida, por otro lado si el precio del activo es menor que el precio del ejercicio la opción es casi segura que expire sin ser ejercida en ese caso el valor de la opción es cero.

Si la fecha de expiración de la opción es esta muy a largo plazo, entonces el precio del bono que paga el precio del ejercicio en la fecha de maduración va a ser muy bajo, y el valor de la opción va a ser aproximadamente igual al precio de la acción. Por otro lado, si la fecha de expiración es a corto plazo, el valor de opción va a ser aproximadamente igual al precio del activo menos el precio del ejercicio, o cero, si el precio de la acción es menor al precio del ejercicio. Normalmente, el valor de una opción disminuye al acercarse la fecha de maduración, si el valor de la acción no cambia.



**Figura 1.** En el siguiente gráfico se puede observar las propiedades generales de la relación entre la opción y el precio del activo.

La línea A representa el valor máximo de la opción, dado que esta no puede valer más que la acción. La línea B representa el valor mínimo de la opción, dado que su valor no puede ser negativo y no puede ser menor que el precio de la acción menos el precio del ejercicio. Las líneas T1, T2, y T3 representan el valor de la opción para sucesivas maduraciones en un periodo relativamente más corto.

Resumiendo, el valor de opción depende del precio en el mercado o *Spot Price* de la acción (Spot), el Strike Price (Sk), la Tasa de Interés (r), la fecha de maduración (t-T) y la volatilidad de la acción ( $\sigma$ ). Matemáticamente resumimos esto mediante la siguiente función

$$\text{Valor de la opción} = f(\text{Spot}, \text{Sk}, r, t-T, \sigma)$$



















## ANEXO C

### METODO DE MONTERCALO

Montecarlo es un método numérico que puede ser utilizado para valorar una Opción a través de una valoración riesgo neutral. Para implementar el método de Montecarlo, nosotros simulamos muchos posibles valores del precio del principal en un mundo de riesgo neutral, luego calculamos el payoff que la opción pago con cada posible precio simulado, promediamos estos payoff's, y descontamos el promedio a la tasa libre de riesgo.

#### *¿Qué es una simulación de Montecarlo?*

La simulación de Montecarlo es un método que se utiliza para construir distribuciones de probabilidades (o menor dicho histogramas), en casos donde el efecto conjunto de varios fenómenos aleatorios no se pueda, o es difícil, analizar analíticamente.

Para implementar el método de simulación de Montecarlo, uno debe conocer las distribuciones de probabilidades que rigen los diferentes fenómenos aleatorios que integran el proceso a estudiar, Como sabemos lo que se desea saber es la distribución de probabilidades resultante de la unión de todos los fenómenos aleatorios.

Una vez que se saben las distribuciones de probabilidades que componen cada fenómeno aleatorio, entonces se toma una muestra de cada distribución y se analiza su efecto conjunto. Luego se repite el proceso muchas veces. El histograma resultante es una aproximación de la distribución de probabilidades del fenómeno aleatorio “integral”.

***Distribución de probabilidades de precio de una acción.***

Uno de los fenómenos aleatorios que más interesante en finanzas es el precio futuro de una acción. Mucho tiempo antes que Black y Scholes inventaran su fórmula para valorar un derivado, la literatura financiera ya había manejado la premisa que el retorno de una acción es una variable normal con media  $m$  y varianza  $s^2$

La premisa anterior puede ser representada de varias maneras. Cada representación significa lo mismo:

Si  $\ln\left[\frac{P_t}{P_0}\right]$  es una variable aleatorio  $x$ , con  $x$  distribuida normalmente con media  $mt$  y varianza  $s^2 * t$ . Entonces,  $P_t = P_0 * \exp[x]$ ,

Donde  $P_0$  es una variable aleatoria log normal con media  $P_0 \times \exp\left[\left(m + 0.5s^2\right)t\right]$

La ecuación diferencial se puede escribir a través de  $P$

$$dP = P((m + 0.5s^2)dt + s dW)$$

$dW$  es una función normal con media 0 y varianza  $t^2$ . Esta última ecuación se conoce como Geometric Brownian Motion.

*Simulación de Montecarlo para valorar una opción en un mundo de riesgo neutral*

Bajo la metodología de Montecarlo, el precio de una opción será igual al valor esperado de payoff de la opción en maduración, descontado a valor presente.

Tanto el valor esperado del retorno de la acción ( $m$ ), como la tasa de descuento son asumidas bajo un mundo riesgo neutral, y son iguales a la tasa libre de riesgo ( $r$ )

## ANEXO D

### CODIGOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL METODO DE MONTERCALO EN EL SOFTWARE MATHEMATICA 5.0

A continuación presentaremos el modelo de montercalo programado en Mathematica que nos ayudo a valorar la opción sobre el tipo de cambio fijo.

En la siguiente parte se mostraran las formulas que configuraron el modelo a través de la simulación de una ventana del programa Mathematica

```
(*IMPLEMENTA UNA SIMULACION DE MONTE CARLO PARA UN PROCESO DE MEAN REVERSION CON JUMP SOBRE LA MEDIA HISTORICA*)
```

```
(*LIBRERIAS UTILIZADAS EN EL PROGRAMA*)  
<< Statistics`ContinuousDistributions`  
<< Graphics`Graphics`  
<< Graphics`MultipleListPlot`  
<< Statistics`MultiDescriptiveStatistics`
```

```

(*FUNCIONES*)

(*Proceso de Mean Reversion segun Schwarz Model*)

fo[tco_] := Log[tco 1.1]; (*nivel de reversion igual a 10% mas TCO*)
λ[s_] := Eλ; (*intensidad anual esperada de reajustes de la paridad*)
(*φ[s_, tco_] := Max[Log[ $\frac{s}{tco}$ ], 0]; (*cuantia del salta*)*)
φ[s_, tco_] := Log[ $\frac{s}{tco}$ ]; (*cuantia del salta*)
Ex[s_, tco_] := Log[s] Exp[-ρ Δt] + (1 - Exp[-ρ Δt]) (fo[tco]);
Vx[s_, tco_] := (1 - Exp[-2 ρ Δt])  $\left(\frac{\sigma f^2}{2 \rho}\right)$ ;
W[x_, y_] := Random[NormalDistribution[x, y]];
X[s_, tco_] := {
  TCOnew = tco;

  xt = Ex[s, tco] + σf  $\sqrt{\frac{(1 - \text{Exp}[-2 \rho \Delta t])}{2 \rho}}$  W[0, 1];

  u = Random[UniformDistribution[0, 1]];
  If[u < λ[s] Δt, {
    TCOnew = tco Exp[φ[s, tco]];
    xt = xt + Log[ $\frac{\text{TCOnew}}{s}$ ]}
  ];
};

```

```
(*PARAMETROS DE LA SIMULACION*)
```

```
TCO = 2150;
DOM = 2873;
T = 1;
Δt = 1 / 260;
STEP =  $\frac{1}{\Delta t}$  T;
```

```
(* FUNCION PARA GENERACION DE UN PATH*)
```

```
PathGenerator[s_, tco_] := {
  Module[{XX, YY}, PathGenerator];
  XX = {s};
  YY = {tco};

  Do[{
    X[XX[[-1]], YY[[-1]]];
    XX = Append[XX, Exp[xt - 0.5 Vx[XX[[-1]], YY[[-1]]]];
    YY = Append[YY, TCOnew];
    {i, 1, STEP}];

  Spath = XX;
  TCOpath = YY;
}
```

```
(*SIMULACION DE UN PATH*)
```

```
σf = 0.13;
ρ = 0.000000001;
H =  $\frac{\text{Log}[2]}{\rho}$ ;
Eλ = 0.5;
PathGenerator[DOM, TCO];
MultipleListPlot[TCOpath, Spath];
TCOpath[[-1]]
Spath[[-1]]
```

```
(*SIMULACION DE MONTE CARLO*)

σf = 0.10;
ρ = 1;
H =  $\frac{\text{Log}[2]}{\rho}$ ;
Ea = 0.3;
SS = {};
TT = {};
RUN = 1000;

Do[{
  PathGenerator[DOM, TCO];
  SS = Append[SS, Spath[[-1]]];
  TT = Append[TT, TCOpath[[-1]]],
  {i, 1, RUN}];
BASE = SS - TT;
```

```
(* VALORACION UN ATM CALL OPTION*)
Ktco = 2500;
Kd = Ktco + (DOM - 2150);
Ku = Ktco;
Km = Ktco + Mean[BASE];
r = .12;

CALLu = Plus@@ (Max[ (# - Ku) Exp[-r T], 0] &/@ SS) / RUN;
CALLd = Plus@@ (Max[ (# - Kd) Exp[-r T], 0] &/@ SS) / RUN;
CALLm = Plus@@ (Max[ (# - Km) Exp[-r T], 0] &/@ SS) / RUN;

Print[CALLu];
Print[CALLd];
Print[CALLm];
```

```
(*BLACK SCHOLES FORMULA*)

Clear[CALL];
(*DEFINE UNA FORMULA PARA EL CALULO DE PROB. ACUMULADA BAJO UNA NORMAL ESTANDAR*)
NA[x_] := CDF[NormalDistribution[0, 1], x];

(*FORMULA BLACK SCHOLES*)
CALL[S0_, T_, K_, σ_, r_, d_] := S0 NA[d1[S0, T, K, σ, r, d]] Exp[-dT] - K Exp[-rT] NA[d2[S0, T, K, σ, r, d]];
PUT[S0_, T_, K_, σ_, r_, d_] := K Exp[-rT] NA[-d2[S0, T, K, σ, r, d]] - S0 NA[-d1[S0, T, K, σ, r, d]] Exp[-dT];

(*DONDE*)
d1[S0_, T_, K_, σ_, r_, d_] := 
$$\frac{\text{Log}[S0/K] + (r - d + \frac{1}{2} \sigma^2) T}{\sigma \sqrt{T}};$$

d2[S0_, T_, K_, σ_, r_, d_] := 
$$\frac{\text{Log}[S0/K] + (r - d - \frac{1}{2} \sigma^2) T}{\sigma \sqrt{T}};$$


DeltaCALL[S0_, T_, K_, σ_, r_, d_] := NA[d1[S0, T, K, σ, r, d]] Exp[-dT];
DeltaPUT[S0_, T_, K_, σ_, r_, d_] := -NA[-d1[S0, T, K, σ, r, d]] Exp[-dT];

BonoCALL[S0_, T_, K_, σ_, r_, d_] := -K Exp[-rT] NA[d2[S0, T, K, σ, r, d]];
BonoPUT[S0_, T_, K_, σ_, r_, d_] := K Exp[-rT] NA[-d2[S0, T, K, σ, r, d]];

```

```
(* SENSIBILIDAD A PARAMETROS *)

RUN = 100;
CC = {};
RR = {};
σf = 0.10;
ρ = 1;
Eλ = 0.0000001;

Do[{
  SS = {};
  RR = Append[RR, Eλ];
  Do[{
    PathGenerator[DOM, TCO];
    SS = Append[SS, Spath[[-1]]];
    TT = Append[TT, TCOpath[[-1]]];
    {i, 1, RUN};
    CC = Append[CC, Plus@@ (Max[(# - Ku) Exp[-rT], 0] &/@ SS) / RUN];
    Eλ = Eλ + 0.01;
  },
  {j, 1, 40}];

```







República Bolivariana de Venezuela  
Ministerio de Finanzas  
Oficina Nacional de Crédito Público

## Convocatoria para la Oferta Combinada “Bono del Sur”

El Ministerio de Finanzas de la República Bolivariana de Venezuela (la “República”) invita a todos los potenciales inversionistas residentes en Venezuela y a las entidades inscritas en el Registro General del Ministerio de Finanzas para Operaciones con Títulos Públicos, a participar en la oferta pública de instrumentos financieros que forman parte del portafolio de inversiones de la República Bolivariana de Venezuela, emitidos por la República de Argentina “BODEN15” y “BODEN12”, en combinación con un instrumento financiero emitido por la República Bolivariana de Venezuela “TICC042017”, denominados a este efecto y en forma conjunta “Bono del Sur”, en los términos y condiciones que se especifican a continuación:

### Características del Bono del Sur:

El Bono del Sur comprenderá la venta conjunta a un precio único, de los siguientes instrumentos financieros en los términos que se resumen a continuación (la “Oferta Combinada”):

Bono	Valor Nominal	Vencimiento	Proporción fija en la Combinación
TICC042017	USD 500,00	06 de Abril 2017	50,00%
BODEN12(*)	USD 300,00	03 de Agosto 2012	30,00%
BODEN15(*)	USD 200,00	03 de Octubre 2015	20,00%
Total cada Combinación	USD 1.000,00		100,00%

(\*) El TICC042017, el BODEN12 y el BODEN15 podrán ser adquiridos en su equivalente en bolívares al tipo de cambio oficial de DOS MIL CIENTO CINCUENTA CON 00/100 BOLIVARES por Dólar (VEB 2.150,00/USD 1,00)

El BODEN12 y el BODEN15 podrán ser negociados de manera separada luego de la fecha de liquidación (la “Fecha de Liquidación”). El Bono TICC042017 podrá ser negociado de manera separada y única en el mercado local en moneda nacional luego que el Directorio del Banco Central de Venezuela (BCV) regule este aspecto mediante resolución. Hasta que esta resolución sea efectuada, los bonos TICC042017 serán registrados en una cuenta custodia especial en el BCV a nombre de las Entidades que sean adjudicadas.

### **TICC042017:**

Emisor .....	República Bolivariana de Venezuela
Formato .....	Deuda Pública Nacional
Moneda .....	Dólares de los EE.UU. (USD)
Monto .....	USD 500.000.000,00
Cupón .....	6,25% Fijo y pagadero semestralmente sobre la base de cálculo Actual/360
Vencimiento.....	06 de Abril del 2017
Fecha de pago de intereses.....	Tercer jueves de Abril y Octubre de cada año.
Amortización .....	Única al vencimiento
Denominaciones .....	USD 500,00 mínimo, más incrementos de USD 500,00

Ley aplicable .....	República Bolivariana de Venezuela
Custodia.....	A través del Sistema de Custodia Electrónica de Títulos (SICET) del BCV
Días de Intereses Caídos.....	28 días
Liquidación .....	El precio de compra será pagadero en bolívares a la tasa de cambio oficial de DOS MIL CIENTO CINCUENTA BOLIVARES CON 00/100 por U.S.\$ (Bs/\$ 2.150,00)

**BODEN12:**

Emisor .....	República de Argentina
Formato .....	Deuda Pública Nacional
Moneda .....	Dólares de los EE.UU. (USD)
Monto .....	USD 300.000.000,00
Cupón .....	Flotante, LIBOR flat y pagadero semestralmente sobre la base de cálculo Actual/365. (Cupón actual: 5,59%)
Vencimiento.....	03 de Agosto de 2012
Fecha de pago de intereses.....	Los días 03 de Febrero y 03 de Agosto de cada año.
Amortización .....	A partir de 03 de agosto de 2005 en cuotas anuales, iguales y consecutivas equivalentes cada una al 12,5% del monto emitido.
Denominaciones .....	USD 300,00 mínimo, más incrementos de USD 300,00
Ley aplicable .....	República de Argentina
Custodia.....	Euroclear / Clearstream
Cotización .....	Negociables en el mercado internacional
Liquidación .....	El precio de compra será pagadero en bolívares a la tasa de cambio oficial de DOS MIL CIENTO CINCUENTA BOLIVARES CON 00/100 por Dólar (VEB 2.150,00/USD 1)

**BODEN15:**

Emisor .....	República de Argentina
Formato .....	Deuda Pública Nacional
Moneda .....	Dólares de los EE.UU. (USD)
Monto .....	USD 200.000.000,00
Cupón .....	7,00% Fijo y pagadero semestralmente sobre la base de cálculo 30/360
Vencimiento.....	03 de Octubre del 2015
Fecha de pago de intereses.....	Los días 03 de Abril y 03 de Octubre de cada año
Amortización .....	Única al vencimiento
Denominaciones .....	USD 200,00 mínimo, más incrementos de USD 200,00
Ley aplicable .....	República de Argentina
Custodia.....	Euroclear / Clearstream
Cotización .....	Negociables en el mercado internacional
Liquidación .....	El precio de compra será pagadero en bolívares a la tasa de cambio oficial de DOS MIL CIENTO CINCUENTA BOLIVARES CON 00/100 por Dólar (VEB 2.150,00/USD 1)

La fecha de esta convocatoria es el 07 de Noviembre de 2006



### **Objetivo de la Oferta Combinada:**

Esta Oferta Combinada tiene como objetivo el financiamiento del servicio de la deuda pública, de acuerdo a lo previsto en el artículo 5° de la Ley Especial de Endeudamiento Anual para el Ejercicio Fiscal del año 2006, publicada en la Gaceta Oficial N° 5.794 del 20 de Diciembre de 2005 Extraordinaria, (“Ley de Endeudamiento del año 2006”) y el refinanciamiento de la deuda pública, conforme a lo previsto en el artículo 88° de la Ley Orgánica de Administración Financiera del Sector Público, publicada en la Gaceta Oficial N° 38.198 del 31 de Mayo de 2005 (“LOAFSP”).

Así como ofrecer la cantidad de **TRESCIENTOS MILLONES DE DÓLARES SIN CÉNTIMOS (USD 300.000.000,00)** de Boden12 y **DOSCIENTOS MILLONES DE DÓLARES SIN CÉNTIMOS (USD 200.000.000,00)** de Boden15 que la República ha adquirido previamente para su portafolio de inversiones y que constituyen objeto de esta Oferta Combinada.

La Oferta Combinada se enmarca dentro de la estrategia de administración de pasivos de la República y la creación de un mercado de títulos públicos latinoamericanos.

### **Marco legal:**

La Oferta Combinada se fundamenta en las siguientes autorizaciones:

#### **Por la República Bolivariana de Venezuela:**

- Artículo 5° de la “Ley de Endeudamiento del año 2006”.
- Artículo 88° de la LOAFSP.
- Opinión del Directorio del BCV, según consta en oficio N° VON-GOM-184 del 07 de junio de 2006 y VON-GOM-259/1 del 21 de julio de 2006, autorización de la Comisión Permanente de Finanzas de la Asamblea Nacional N° CPF EXT-1515 de fecha 08 de junio de 2006 y N° CPF EXT. N° 1948 de fecha 09 de agosto de 2006 y la autorización del Consejo de Ministros en reunión N° 489 del 17 de julio de 2006 autorizando operaciones de crédito público hasta por la cantidad de **SEIS BILLONES SEISCIENTOS MIL MILLONES DE BOLIVARES SIN CENTIMOS (Bs. 6.600.000.000.000,00)**
- Opinión del Directorio del BCV, según consta en oficio N° GOM-304 del 17 de agosto de 2006, autorización de la Comisión Permanente de Finanzas de la Asamblea Nacional N° CPF EXT-2103 de fecha 05 de septiembre de 2006 y la autorización del Consejo de Ministros en reunión N° 504 de fecha 30 de octubre de 2006 autorizando operaciones de crédito público hasta por la cantidad de **UN BILLON SETECIENTOS VEINTE MIL MILLONES DE BOLIVARES SIN CENTIMOS (Bs. 1.720.000.000.000,00)**

#### **Por la Republica de Argentina:**

- Los BODEN 15 fueron emitidos según la resolución conjunta 240/2005 y 85/2005 de la Secretaría de Hacienda y Secretaría de Finanzas, publicada en el Boletín Oficial Número 30.741 del 19 de septiembre del 2005.

- Los BODEN 2012 fueron emitidos en el marco del artículo 10 del Decreto N° 905/2002 y en la Resolución del Ministerio de Economía N° 81/2002, artículo 6° se detallan las condiciones financieras del BODEN12.

### **Participantes convocados:**

Podrán participar en esta Oferta Combinada las entidades inscritas en el Registro General del Ministerio de Finanzas para Operaciones con Títulos Públicos (las "Entidades") y las personas naturales o jurídicas, residentes en Venezuela y clientes venezolanos de las Entidades (los "Inversionistas"). No podrán participar en la Oferta Combinada las entidades que se encuentren excluidas del Registro General del Ministerio de Finanzas para las Operaciones con Títulos Públicos.

### **Cronograma de la Oferta Combinada:**

<b>Día y Fecha</b>	<b>Hora (Caracas 04GMT)</b>	<b>Evento</b>
Martes, 07 de noviembre de 2006	4:00 p.m.	<p><b>Publicación de la Convocatoria.</b></p> <p>El Ministerio de Finanzas a través la página Web (<a href="http://www.mf.gov.ve">www.mf.gov.ve</a>) y cualquier medio de difusión de información financiera que el Ministerio de Finanzas haya elegido, anunciará los términos del Bono del Sur, especificando sus características.</p> <p>Los Inversionistas, a través de las Entidades, tendrán acceso a los términos del Bono del Sur.</p> <p><b>Anuncio del precio del Bono del Sur</b></p> <p>El Bono del Sur será ofrecido a un precio único, determinado por el Ministerio de Finanzas.</p>
	5:00 p.m.	<p><b>Inicio del Período de Venta del Bono del Sur.</b></p> <p>Las Entidades podrán recibir las órdenes de compra de acuerdo a las Características del Bono del Sur (las "Órdenes de Compra") en nombre de los Inversionistas.</p>
Jueves, 09 de noviembre de 2006	8:00 a.m.	<p><b>Remisión de las Órdenes de Compra del Bono del Sur.</b></p> <p>Las Entidades, a través del BCV, mediante el formato de transmisión (el "Formato de Transmisión") y según el instructivo para adquirir el Bono del Sur (el "Instructivo del Bono del Sur"), podrán iniciar la remisión de las órdenes de compra que reciban o hayan recibido de acuerdo a las Características del Bono del Sur (las "Órdenes de Compra") en nombre propio o en nombre de los Inversionistas.</p>
Viernes, 10 de noviembre de 2006	4:00 p.m.	<p><b>Vencimiento del Período de la Oferta Combinada</b></p> <p>Las Entidades podrán remitir, enmendar o retirar las Órdenes de Compra, a nombre propio o a nombre de los Inversionistas, hasta las</p>

<b>Día y Fecha</b>	<b>Hora (Caracas 04GMT)</b>	<b>Evento</b>
		4:00 pm. Las Órdenes de Compra que hayan sido recibidas hasta dicha hora y no retiradas, se considerarán definitivas.
Lunes, 13 de noviembre de 2006	3:00 p.m.	<p><b>Adjudicación y Anuncio de los Resultados</b></p> <p>Tras el cierre del período de la Oferta Combinada, el Ministerio de Finanzas fijará la cantidad de órdenes que serán adjudicadas. Los resultados se anunciarán ese mismo día y reflejarán:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Monto nominal del TICC042017, el BODEN12 y el BODEN15 a ser emitidos,</li> <li>▪ Valor de Pago de la Combinación (ver sección: "Liquidación").</li> <li>▪ La metodología de adjudicación de las Órdenes de Compra.</li> </ul>
Jueves, 16 de noviembre de 2006		<b>Liquidación de la Oferta Combinada</b>

### **Aspectos preliminares:**

Los Inversionistas interesados en participar en la Oferta Combinada deberán dirigirse a las Entidades, discutir sus objetivos de inversión y determinar el volumen de su Orden de Compra. Las Entidades deberán introducir las Órdenes de Compra en el Formato de Transmisión siguiendo las indicaciones contenidas en el Instructivo de la Oferta Combinada que será publicado a tal fin por el BCV en su página web ([www.bcv.org.ve](http://www.bcv.org.ve)). El Formato de Transmisión podrá ser accedido a través del Sistema de Captura de Órdenes según lo dispuesto por el BCV (ver: "Procedimiento para la Presentación de las Órdenes de Compra").

Cada Orden de Compra se considerará solo cuando el Formato de Transmisión esté debidamente llenado. La República se reserva, a su sola discreción, el derecho de rechazar cualquier Orden de Compra de conformidad con el "Procedimiento para la Presentación de Órdenes de Compra". Asimismo, la República se reserva, a su sola discreción, el derecho de dispensar cualquier discrepancia contenida en el Formato de Transmisión y aceptar o rechazar cualquier Orden de Compra.

La metodología para la adjudicación será anunciada conjuntamente con el anuncio de los resultados (el "Anuncio de los Resultados") de la Oferta Combinada, el lunes 13 de noviembre de 2006 a las 3:00 p.m.

### **Procedimiento para la Presentación de Órdenes de Compra:**

Las Entidades deberán presentar las Órdenes de Compra siguiendo las indicaciones establecidas en el Instructivo de la Oferta Combinada y especialmente en las Características de la Oferta Combinada. Las Entidades podrán recibir las Órdenes de Compra a partir de las 5:00 p.m. del día martes 07 de noviembre de 2006 y podrán iniciar la presentación de estas Órdenes de Compra que hayan sido recibidas o se reciban ante el Banco Central de Venezuela a partir de las 8:00 a.m. del día jueves 09 de noviembre de 2006 hasta las 4:00 p.m. del día viernes 10 de noviembre de 2006.

Las Órdenes de Compra deberán indicar lo siguiente:

- Identificar si la Orden de Compra pertenece a una Entidad o un Inversionista.
- Razón Social de la Entidad o Inversionista, en el caso de personas jurídicas, o nombre y apellido del Inversionista, en el caso de personas naturales.
- RIF de la Entidad o Inversionista, en el caso de personas jurídicas, o Cédula de Identidad del Inversionista, en el caso de personas naturales.
- El valor nominal en dólares de la combinación de cada Orden de Compra. Cada combinación deberá atender a las Características de la Oferta Combinada y estará conformada en un 50,00% por el valor nominal del **TICC042017**, un 30% por el valor nominal del **BODEN12** y un 20,00% por el valor nominal del **BODEN15**. El **TICC042017** tendrá una denominación mínima de **QUINIENTOS DÓLARES SIN CENTAVOS (USD 500)** más incrementos de **QUINIENTOS DÓLARES SIN CENTAVOS (USD 500,00)** pagaderos al tipo de cambio oficial de **DOS MIL CIENTO CINCUENTA BOLÍVARES CON 00/100 (Bs. 2.150 por Dólar (VEB 2150/USD 1))**. El **BODEN12** tendrá una denominación mínima de **TRESCIENTOS DOLARES SIN CENTAVOS (USD 300,00)** más incrementos de **TRESCIENTOS DOLARES SIN CENTAVOS (USD 300,00)** pagaderos al tipo de cambio oficial de **DOS MIL CIENTO CINCUENTA BOLIVARES CON 00/100 (Bs. 2.150,00 por USD)**. El **BODEN15** tendrá una denominación mínima de **DOSCIENTOS DOLARES SIN CENTAVOS (USD 200,00)** más incrementos de **DOSCIENTOS DOLARES SIN CENTAVOS (USD 200,00)** pagaderos al tipo de cambio oficial de **DOS MIL CIENTO CINCUENTA BOLIVARES CON 00/100 por Dólar (VEB 2150/USD 1)**. Por lo tanto, cada Combinación tendrá un valor nominal de **DOS MILLONES CIENTO CINCUENTA MIL BOLIVARES CON CERO CÉNTIMOS (Bs. 2.150.000,00)**.

Las Entidades que presenten Formato de Transmisión deberán suministrar la siguiente información:

- Nombre de la Entidad,
- Nombre de su casa matriz, de haberla,
- Domicilio de la entidad
- Registro de Información Fiscal (RIF),
- Nombre, teléfono y correo electrónico de la persona autorizada para presentar las Órdenes de Compra de la Entidad,
- Nombre, teléfono y correo electrónico de la persona responsable de la liquidación de las Órdenes de Compra de la Entidad,
- Nombre del sistema de liquidación de los BODEN12 y BODEN15 (*Euroclear* o *Clearstream*).
- Número de la cuenta *Euroclear* o *Clearstream* de la Entidad en la cual serán acreditados los BODEN12 y BODEN15 correspondiente.

Las Entidades deberán proveer suficientes fondos líquidos en la cuenta corriente en el Banco Central de Venezuela para que pueda ser liquidado el Valor de Pago del Bono del Sur que les haya sido adjudicado.

### **Términos y Condiciones de Aceptación de las Órdenes de Compra:**

Al colocar las Órdenes de Compra las Entidades declararán:

“He suministrado información suficiente a mis Inversionistas, en lo que respecta a la presente Convocatoria, la descripción del proceso operativo relacionado con la colocación de la Orden de Compra, el cronograma de la Oferta Combinada y las restricciones operativas que le hemos impuesto, adicionales a las restricciones descritas en la presente Convocatoria.

He puesto a disposición de mis Inversionistas a través de al menos dos de los siguientes: (i) medios electrónicos, (ii) facsímiles o (iii) medios impresos, la información contenida en la presente Convocatoria. He informado a mis Inversionistas a donde pueden obtener mayor información sobre la Oferta Combinada en la Entidad, el Ministerio de Finanzas y el Banco Central de Venezuela.

He puesto a disposición de mis Inversionistas una persona de contacto donde éstos pueden acudir a plantear sus dudas y despejar sus inquietudes.

He informado a mis Inversionistas el detalle de los cargos financieros relacionados con la colocación de la Orden de Compra, entre otros, cargos de custodia y los cargos relacionados al pago de cupones.

He informado a mis Inversionistas que la colocación de las Órdenes de Compra puede efectuarse sin la suscripción de un preacuerdo de venta de los TICC042017, BODEN12 y BODEN15 con la Entidad desde el momento de la colocación de la Orden de Compra hasta el momento de la liquidación de la Oferta Combinada.

He informado a mis Inversionistas que los TICC042017, BODEN12 y BODEN15, por constituir instrumentos financieros, pueden variar de precio en el tiempo.

Certifico que los datos suministrados en las Órdenes de Compra son verdaderos y autorizo al Ministerio de Finanzas para que realice las validaciones que considere convenientes para verificar su autenticidad.”

### **Adjudicación:**

A las 3:00 p.m. del día lunes 13 de noviembre de 2006, el Ministerio de Finanzas determinará el volumen de los Bonos TICC042017, BODEN12 y BODEN15 que serán adjudicados en la Oferta Combinada, así como las asignaciones correspondientes.

El Ministerio de Finanzas podrá declarar desierto o incrementar la cantidad acumulada en la Oferta Combinada sin necesidad de especificar las razones que motivaron dicha decisión.

Asimismo, el Ministerio de Finanzas tiene la potestad de modificar los plazos y términos de la Oferta Combinada a su total discreción.

### **Anuncio de los Resultados:**

A las 3:00 p.m. del lunes 13 de noviembre de 2006, el Ministerio de Finanzas anunciará mediante la publicación en su página Web [www.mf.gov.ve](http://www.mf.gov.ve), y cualquier otro medio de difusión la siguiente información:

- Monto nominal del TICC042017, BODEN12 y BODEN15 a ser emitido,

- Valor de Pago de la Combinación,
- La metodología de adjudicación de las Órdenes de Compra.

**Liquidación:**

El Valor de Pago de cada Combinación será equivalente a la siguiente fórmula:

$$\text{Valor de Pago en Bolívares} = \text{Valor Nominal de la Combinación} \times \text{Precio del Bono del Sur} \times \text{Tipo de cambio oficial para la venta de DOS MIL CIENTO CINCUENTA BOLIVARES CON 00/100 (Bs. 2.150) por Dólar}$$

El monto del TICC042017, BODEN12 y BODEN15 que resultase adjudicado será liquidado el día jueves 16 de noviembre de 2006. El BCV debitará de la cuenta corriente de las Entidades correspondientes el valor equivalente en bolívares del Valor de Pago, calculado a la tasa de cambio oficial para la venta de **DOS MIL CIENTO CINCUENTA BOLIVARES CON 00/100 (Bs. 2.150) por Dólar (VEB 2150/USD 1)**. El monto del TICC042017, BODEN12 y BODEN15 adjudicado será acreditado en las cuentas suministradas, según instrucciones indicadas en el Formato de Transmisión.

El BCV excluirá del Registro General del Ministerio de Finanzas para Operaciones con Títulos Públicos y del Registro General del Banco Central de Venezuela para Operaciones con Títulos a aquellas Entidades que incumplan con la Oferta Combinada.

El Ministerio de Finanzas se reserva el derecho de modificar la presente convocatoria mediante la publicación en su página Web ([www.mf.gov.ve](http://www.mf.gov.ve)).



República Bolivariana de Venezuela  
Ministerio de Finanzas  
Oficina Nacional de Crédito Público

**Convocatoria para la Oferta Combinada  
“Bono del Sur”  
Anuncio del Precio**

El Ministerio de Finanzas en el marco de la Oferta Combinada del “Bono del Sur” a ser emitido por la República Bolivariana de Venezuela, anuncia:

<b>Precio del Bono del Sur</b>	95,50%
--------------------------------	--------

Las Entidades podrán recibir las Órdenes de Compra a partir de las 5:00 p.m. del día martes 07 de noviembre de 2006 y podrán iniciar la presentación ante el Banco Central de Venezuela, de estas Órdenes de Compra que hayan sido recibidas o se reciban, a partir de las 8:00 a.m. del día jueves 09 de noviembre de 2006 hasta las 4:00 p.m. del día viernes 10 de noviembre de 2006.

Los inversionistas interesados en participar en la Oferta deberán dirigirse a las Entidades, discutir sus objetivos de inversión y determinar los detalles de su orden de compra.

Más información acerca de los procesos, la metodología y los lapsos establecidos, pueden obtenerse en la Convocatoria para la Oferta Combinada “Bono del Sur”, publicadas en la página Web del Ministerio de Finanzas ([www.mf.gov.ve](http://www.mf.gov.ve)).