



Valoración de Notas Estructuradas

**VERSIÓN JUNIO 2009
COSTA RICA**

Catálogo de Notas Estructuradas

ESTRUCTURA	TIPO DE NOTA ESTRUCTURADA	DERIVADO INCORPORADO EN ESTRUCTURA	SUBYACENTE
1	NE <i>Call Spread</i>	Opciones <i>Call</i> tipo europeas.	1. Índices accionarios 2. Acciones inscritas en Bolsa.
2	NE <i>Put Spread</i>	Opciones <i>Put</i> tipo europeas.	1. Índices accionarios 2. Acciones inscritas en Bolsa.
3	NE <i>Collar (Spread de Tasas de Interés)</i>	CAP's de tasas de interés.	1. Tasa de interés
4	NE <i>Floor</i>	Flooret's de tasas de interés.	1. Tasa de interés
5	NE Gana si sube y NE Gana si baja	<i>Binary Option: Cash or Nothing</i> , no dependiente de la trayectoria del subyacente.	1. Tipo de cambio 2. Tasa de interés 3. Índice accionario
6	NE <i>Knock Out. Down and Out</i> y NE <i>Knock Out. Up and Out</i>	<i>Binary Barrier Option</i> dependiente de la trayectoria del subyacente.	1. Tipo de cambio
7	NE Dual Tipo de Cambio	Opción de tasas de interés.	1. Rendimiento Tipo de cambio
8	NE <i>Cap</i>	<i>Caplet's</i> de tasas de interés	1. Tasa de interés
9	Bono SWAP LINKED NOTE	<i>Forward Starting Swap</i>	1. Tasa Swap: a) Cotización BID b) Cotización ASK c) Cotización MID
10	Bono Extendible	<i>Swaption o Floor</i> de tasas de interés	1. Tasa swap
11	Bono Dual Divisa vs Divisa	<i>Binary Option: Cash or Nothing</i> , no dependiente de la trayectoria del subyacente. Opción Gana si Sube (<i>Call</i>).	1. Tipo de cambio

ESTRUCTURA	TIPO DE CERTIFICADO DE DEPÓSITO	DERIVADO INCORPORADO EN ESTRUCTURA	SUBYACENTE
12	Bono Flotante <i>Put</i>	Opción de tasas de interés.	1. Rendimiento índice accionario
13	NE FX <i>Range Escalonado (Wedding Cake)</i>	<i>Binary Option: Cash or Nothing</i> , no dependiente de la trayectoria del subyacente, entre más de un rango de tipos de cambio.	1. Tipo de cambio
14	NE No <i>Touch (Down and Out-Up and Out)</i>	<i>Binary Double Barrier Option</i> dependiente de la trayectoria del subyacente (U_{k1}, U_{k2} .)	1. Tipo de cambio
15	NE <i>Range Accrual</i>	<i>Binary Option</i>	Tasa de interés
16	NE FX <i>Range Accrual</i>	<i>Binary Option</i>	Tipos de cambios
17	<i>Reverse Convertible</i>	<i>Barrier Option Down and in y Put europeo</i>	1. ADR's 2. Tracks
18	NE IRS <i>Range Accrual</i>	<i>Binary Option</i>	1. Tasa <i>Swap Futura</i>
19	<i>Credit Linked Notes (CLN)</i>	<i>Credit Default Swap</i>	1. Bonos de Referencia

Tipo de Mercado:	Mercado Deuda Local y Extranjera.
Emisor:	Instituciones Financieras, Fideicomisos, SPV.
Mercado donde cotiza:	OTC.
Fuentes de Información para valuación de Notas Estructuradas:	Mercados Organizados de derivados, Mercados Over The Counter (OTC), BLOOMBERG, REUTERS.
Horario para la toma de insumos de valuación de Notas Estructuradas:	<p>El proceso diario comienza con la incorporación de las nuevas emisiones de notas estructuradas que sean reportadas al proveedor de precios para su inclusión en el vector, tomando como base la "Hoja de Términos y Condiciones" o "Prospectos de Colocación", a más tardar 1 hora antes de la liberación del vector preliminar.</p> <p>El proceso de obtención de insumos continúa con la recepción y procesamiento de la información sobre mercado primario y secundario que envía aproximadamente a las 13:00 hrs. la BNV, con la cual el proveedor de precios determina diferentes curvas de rendimiento para valuación de instrumentos financieros.</p> <p>A la par se procede a actualizar otras variables que afectan el precio de los distintos tipos de notas estructuradas como lo son tasas de referencia bancarias (Tasa Básica, LIBOR dólares, Tasa Prime, etc.), volatilidades, niveles de subyacentes, spreads de crédito, etc.</p> <p>Con todas las variables actualizadas se aplican las fórmulas de valuación descritas en esta metodología incluyendo el cálculo de precio sucio, intereses corridos, precio limpio, para su publicación en el vector de precios preliminar.</p>
Modelos de Valuación de Notas Estructuradas:	<p><u>Componente de renta fija:</u> La valuación de este componente se realiza conforme a las metodologías de valuación descritas para instrumentos de deuda que se describen en el documento "Valoración de Instrumentos del Vector de Precios".</p> <p><u>Componente de renta variable:</u> La valuación del componente de renta variable, cuando éste se encuentra representado por un instrumento financiero derivado, se realiza con base en los modelos de valuación convencionales y de aplicación general en los distintos mercados financieros, en el entendido que dichos modelos deben ser congruentes con la estructura y tipo de instrumento financiero derivado.</p> <p>Conforme a las políticas y criterios de implementación de modelos de valuación, el proveedor de precios una vez implementada una metodología para valuación de la nota estructurada o componente de renta variable, no podrá modificar dicha metodología hasta en tanto esta modificación no sea autorizada por el Comité Operativo.</p>
Criterios de Valoración	VALMER podrá ante situaciones o eventos extraordinarios de mercado y conforme a la información disponible al momento de realizarse dicho evento o situación, ajustar los precios de valuación determinados conforme a los criterios anteriores, dejando constancia de dicho evento o situación en acta de Comité Operativo, así como de la información en la cual se

basó la decisión a la que se refiere el presente párrafo.

Solo de manera enunciativa más no limitativa se entenderán como eventos extraordinarios de un emisor:

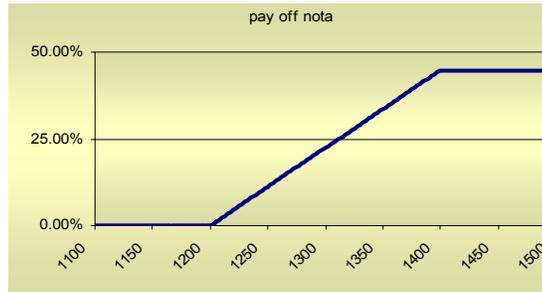
1. Bancarrota.
2. Falta de pago.
3. *Default*.
4. Moratoria.
5. Reestructura

Los ajustes a los precios a los que se hace referencia en este apartado, se realizarán conforme a la información pública disponible antes o al momento de la ocurrencia de la situación o evento extraordinario. De igual forma, de manera enunciativa más no limitativa se considera información pública disponible:

1. Eventos relevantes dados a conocer por la emisora a través de los sistemas automatizados de información disponibles para ello, o cualquier otro medio impreso de circulación nacional o electrónico de acceso al público en general.
2. Información dada a conocer por cualquiera de las firmas calificadoras a través de comunicados de prensa.
3. Información de mercado disponible para las obligaciones, bonos, notas o valores emitidos o garantizados por la misma entidad de referencia aún y cuando éstos no correspondan al mismo mercado o tengan estructura similar, pero especifiquen en los prospectos de colocación la misma prelación de pago.
4. Los acuerdos tomados en asambleas ordinarias o extraordinarias de tenedores siempre que éstos se hagan del conocimiento público a través de un sistema automatizado de información disponibles para ello, o cualquier otro medio impreso de circulación nacional o electrónico de acceso al público en general.

1. NOTA ESTRUCTURADA CALL SPREAD

El rendimiento depende del *spread* que exista al vencimiento, entre el valor del subyacente y su nivel inicial determinado al momento de pactar la operación. Este instrumento se estructura por: 1) Un bono cuyo valor al vencimiento es igual al 100% del capital invertido y, 2) Un portafolio de opciones: un *Call* largo y un *Call* corto, donde la condición es que el precio de ejercicio del *Call* largo (k_1) sea menor al pactado en la posición corta (k_2):



El precio de valuación de la Nota Estructurada *CALL SPREAD* está dado por la siguiente expresión:

$$P_V = P_B + P_D * F$$

Donde:

PV Precio de Valuación de la Nota Estructurada *CALL SPREAD*

PB Precio del ZCB (Bono cupón cero)

PD Prima de las opciones implicadas en la estrategia dado por:

$$P_D = C_{k_1} - C_{K_2}$$

Con C_{K_1} y C_{K_2} igual a la prima de un *Call* con strike K_1 y K_2 , respectivamente.

F Factor establecido en el prospecto determinado por el emisor desde el inicio del depósito y ajusta el rendimiento de la Nota Estructurada.

La valuación de cada uno de los componentes de la Nota Estructurada se determina de la siguiente manera:

Primero Se determina el precio de valuación del bono cupón cero (ZCB), el cual es un bono con capital protegido al vencimiento (valor nominal establecido en el prospecto), mediante la siguiente expresión:

$$P_B = \frac{VN}{\left(1 + r_n \frac{n}{360}\right)}$$

Donde:

P_B Precio de valuación en pesos del componente cupón cero de la Nota Estructurada.

VN Valor Nominal de la Nota Estructurada.

n Número de días por vencer de la Nota Estructurada.

r_n Tasa de rendimiento asociada al número de días por vencer, que se obtiene de las Curvas Nominales Bancarias de acuerdo al riesgo emisor.

Segundo El valor de la prima de ambas opciones se obtiene mediante la fórmula general de Black and Scholes, puesto que ambas opciones se ejercen únicamente al vencimiento de la Nota Estructurada:

$$C_K = Se^{(b-r)T} N(d_1) - Ke^{-rT} N(d_2)$$

Donde:

d_1 , d_2 y T se definen como:

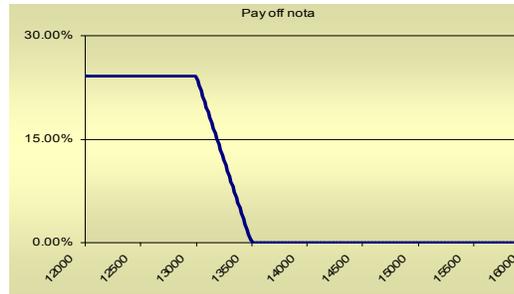
$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S}{K}\right) + \left(b + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}}, \quad d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T} \quad \text{y} \quad T = \frac{n}{365}$$

Donde:

- C_k Prima de la opción tipo *Call* con precio de ejercicio k
- S Valor del Subyacente
- K Precio de Ejercicio
- r Tasa libre de riesgo expresada de manera continua
- $N(\bullet)$ Probabilidad acumulada de la distribución normal estándar en el valor (\bullet)
- σ Volatilidad del rendimiento del subyacente
- n Número de días al vencimiento de la opción
- b Es igual a r si el subyacente no contempla tasa de dividendos, en otro caso b es igual a $r - q$, donde q es igual a la tasa anual de dividendos decretados

2. NOTA ESTRUCTURADA PUT SPREAD

Contemplan una estrategia *Bear Spread* integrada con opciones tipo *put* europeas. Para el caso de los *puts* incorporados en la nota, el precio de ejercicio de la posición larga (k_2) es mayor al precio de ejercicio de la posición corta (k_1).



El precio de valuación de la Nota Estructurada *PUT SPREAD* está dado por:

$$P_V = P_B + P_D * F$$

Donde:

PV Precio de Valuación de la Nota Estructurada *PUT SPREAD*

PB Precio del ZCB

PD Prima de las opciones implicadas en la estrategia:

$$P_D = P_{K_2} - P_{K_1}$$

Con P_{K_1} y P_{K_2} igual a la prima de un *Put* con strike k_1 y k_2 , respectivamente.

F Factor establecido en el prospecto por el emisor desde el inicio del depósito y ajusta el rendimiento del certificado de depósito

La valuación tanto del bono cupón cero y de los *puts* incorporados en la nota se determina de la siguiente manera:

Primero Determinación del precio de valuación del bono cupón cero (ZCB):

$$P_B = \frac{VN}{\left(1 + r_n \frac{n}{360}\right)}$$

Donde:

P_B Precio de valuación en pesos del componente cupón cero de la Nota Estructurada.

VN Valor Nominal de la Nota Estructurada.

n Número de días por vencer de la Nota Estructurada.

r_n Tasa de rendimiento asociada al número de días por vencer, que se obtiene de las Curvas Nominales Bancarias de acuerdo al riesgo emisor.

Segundo Determinación del valor de las primas de ambos *puts* mediante la fórmula general de Black and Scholes:

$$P_K = Ke^{-rT} N(-d_2) - Se^{(b-r)T} N(-d_1)$$

Donde:

$$d_1, d_2 \text{ y } T \text{ se definen como: } d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S}{K}\right) + \left(b + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}}, \quad d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T} \quad \text{y} \quad T = \frac{n}{365}$$

- P Prima de la opción tipo *Put* con precio de ejercicio k
- S Valor del Subyacente
- K Precio de Ejercicio
- r Tasa libre de riesgo expresada de manera continua.
- $N(\bullet)$ Probabilidad acumulada de la distribución normal estándar en el valor (\bullet)
- σ Volatilidad del rendimiento del subyacente
- n Número de días al vencimiento de la opción
- b Es igual a r si el subyacente no contempla tasa de dividendos, en otro caso b es igual a $r - q$, donde q es igual a la tasa anual de dividendos decretados

3. NOTA ESTRUCTURADA COLLAR (SPREAD DE TASAS)

Esta estrategia se forma con un *collar* limitado a una tasa piso y una tasa techo y se estructura con dos caps de tasas de interés.¹ Precisamente la limitación del *collar* a una tasa piso fija y a una tasa techo también fija, hacen que el pago al vencimiento de cada *Caplet* se comporte como una estrategia tipo *Spread*. El número de *Caplets* que se utilizan para estructurar esta nota es igual al número N de cupones menos uno, dado que para el primer cupón la tasa se conoce al inicio de la emisión.

De esta manera, la tasa de rendimiento para los cupones que van del segundo cupón hasta el N-ésimo, depende de las siguientes condiciones en la fecha de vencimiento de cada *Caplet*:

CASO	TASA CUPÓN
SI $TR \leq K_1$	$K_1 + SPREAD$
SI $K_1 < TR < K_2$	$TR + SPREAD$
SI $TR \geq K_2$	$K_2 + SPREAD$

Donde:

- TR Tasa de referencia (Subyacente).
- K_1 Tasa Piso
- K_2 Tasa Techo
- Spread* Sobretasa establecida en el prospecto de la emisión.



Este tipo de instrumento está integrado por: 1) Un bono flotante con pagos periódicos de interés, 2) Una posición larga sobre un *CAP* integrado por una serie de *Caplets* con precio de ejercicio igual a la Tasa Piso y plazo igual al de los cupones que componen el bono y, 3) Una posición corta sobre un *CAP* integrado por una serie de *Caplets* con precio de ejercicio igual a la Tasa Techo y plazo igual al de los cupones del bono. El precio de valuación de la Nota Estructurada *COLLAR* es:

$$P_V = P_{T_{Bf}} + P_D$$

Donde:

- P_V Precio Sucio de Valuación de la Nota Estructurada *Collar*
- $P_{T_{Bf}}$ Precio Teórico del Bono flotante.
- P_D Prima de las opciones que integran la estrategia dado por:

$$P_D = \sum_{i=2}^N (C_{k_1,i} - C_{k_2,i})$$

¹ Los CAPS de tasas de interés consisten en una serie de opciones europeas tipo *Call* llamados individualmente *Caplets*.

Donde:

- $C_{k1,i}$ Precio de Valuación de un *caplet* con precio de ejercicio igual a k_1
 $C_{k2,i}$ Precio de Valuación de un *caplet* con precio de ejercicio igual a k_2
 N Número de cupones que componen la Nota Estructurada.

La valuación de cada uno de los componentes de la Nota Estructurada se determina de la siguiente manera:

Primero Se obtiene el precio del Bono de acuerdo con lo siguiente:

1. Se determinan los flujos del bono flotante. El primer flujo pendiente de pago se calcula con la tasa cupón vigente; mientras que los siguientes flujos se calculan con la tasa de mercado al día de valuación (en caso que lo especifique el prospecto se agrega la sobretasa). En el último flujo se agrega el Valor Nominal.

$$F_i = \begin{cases} VN * \frac{DC_i * TC_V}{360} & \text{Para } i = 1 \\ VN * \frac{DC_i * TC_M}{360} & \text{Para } i = 2, \dots, N-1 \\ VN * \frac{DC_i * TC_M}{360} + VN & \text{Para } i = N \end{cases}$$

Donde:

- F_i Flujo correspondiente al período i .
 VN Valor nominal.
 DC_i Número de días del i -ésimo cupón completo.
 TC_V Tasa del cupón vigente, ésta es conocida desde el último corte de cupón.
 TC_M Tasa cupón de mercado, que corresponde a la tasa de referencia del bono en el día de valuación más la sobretasa especificada en el prospecto.
 N Número de cupones pendientes de pago, incluyendo al vigente.

2. Se calcula el precio del Bono Flotante con el valor presente de sus flujos:

$$PT_{Bf} = \sum_{i=1}^N \frac{F_i}{\left(1 + Y \frac{P}{360}\right)^{\left(\frac{D_i}{P}\right)}}$$

Donde:

- PT_{Bf} Precio Teórico del Bono flotante.
 F_i Flujo correspondiente al cupón i
 D_i Número de días del cupón i (fecha en la que vence el cupón i menos la fecha de valuación)
 N Número de cupones pendientes de pago, incluyendo al vigente
 P Periodo del cupón
 Y "Yield" obtenida a partir de:

$$Y = Y_{ref} + ST$$

Donde:

- Y Tasa "yield" utilizada para descontar los flujos, capitalizable al plazo del cupón
 ST Sobretasa especificada en el prospecto de la emisión.
 Y_{ref} Tasa de referencia asociada al periodo cupón del Bono.

Segundo El valor de la prima para cada *Caplet* se obtiene mediante la fórmula conocida como Black 76 para valuación de futuros de tasa, propuesta por Fisher-Black en 1976.

Donde el valor de cada *Caplet* es:

$$C_{k,i} = \frac{M \times \frac{d}{360}}{1 + F_{(t, t+1)} \frac{d}{360}} e^{-rT} [F_{(t, t+1)} N(d_1) - K N(d_2)]$$

Donde:

d_1 , d_2 y T se definen como:

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{F_{(0,t,t+1)}}{K}\right) + \left(\frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}}, \quad d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T} \quad \text{y} \quad T = \frac{n}{360} * \left(\frac{360}{365}\right)$$

- $C_{k,i}$ Prima del *i-ésimo Caplet* con precio de ejercicio igual a k
- M Valor nominal del bono flotante
- d Plazo *forward* asociado a la tasa *forward* $F_{(0, t, t+1)}$
- $F_{(t, t+1)}$ Tasa *forward*, obtenida a partir de la curva cupón cero correspondiente al subyacente generada por VALMER en el día de valuación que va de la fecha t a $t+1$.
- r Tasa libre de riesgo compuesta de manera continua
- n Número de días al vencimiento del *Caplet*
- $N(\bullet)$ Probabilidad acumulada de la distribución normal estándar en el valor (\bullet)
- σ Volatilidad del rendimiento del subyacente
- n Número de días al vencimiento del *Caplet*.

Tercero El precio limpio de valuación de la Nota Estructurada está dado por la siguiente expresión:

$$PLV = PV - \text{Intdev}$$

Donde:

- PLV Precio Limpio de valuación de la Nota Estructurada *Collar*.
- PV Precio Sucio de valuación de la Nota Estructurada *Collar*.
- Intdev Intereses devengados del cupón vigente.

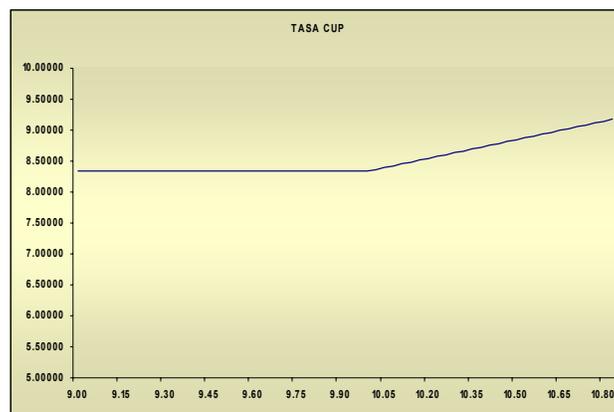
4. NOTA ESTRUCTURADA FLOOR

Esta estructura contempla una estrategia formada por un *Floor*, con lo que se garantiza que la tasa de interés del bono flotante no sea inferior a cierto nivel acotado por una tasa piso. El número de *Floorlets* que componen una Nota Estructurada *Floor*, será igual al total de cupones del bono menos uno, dado que para el primer cupón la tasa se conoce al inicio de la emisión. De esta manera, la tasa de interés para los cupones que van desde el segundo hasta el N-ésimo cupón, será determinada por las siguientes condiciones en la fecha de vencimiento de cada *Floorlet*:

CASO	TASA CUPÓN
SI $TR \leq K_1$	$K_1 + SPREAD$
SI $TR > K_1$	$TR + SPREAD$

Donde:

TR Tasa de referencia (Subyacente)
 K_1 Tasa Piso
Spread Sobretasa establecida desde el inicio de la emisión



Dado que este instrumento representa la estructuración de una nota integrada por: 1) Un bono flotante con pagos periódicos de interés y, 2) Una posición larga sobre un *Floor* integrado por una serie de *Floorlets* con precio de ejercicio igual a la Tasa Piso y plazo igual al de los cupones que componen el bono. El precio de valuación de la Nota Estructurada *FLOOR* estará dado por la siguiente expresión:

$$P_V = PT_{Bf} + Floor$$

Donde:

P_V Precio Sucio de Valuación de la Nota Estructurada *Floor*
 PT_{Bf} Precio Teórico del Bono flotante.
Floor Valor del *Floor* que integra la estrategia

La valuación por separado de cada uno de los componentes de la Nota Estructurada se determina de la siguiente manera:

Primero El precio del bono flotante se determina de la misma manera que para la Nota Estructurada *Collar*, visto en el modelo anterior.

Segundo El valor de la prima de la opción se obtiene mediante la fórmula conocida como Black 76. La siguientes expresiones determinan el valor de la prima para el *Floor* que conforma la estructura de la nota:

$$\text{Floor} = \sum_{i=2}^N \text{Floorlet}_i$$

Donde el valor de cada *Floorlet* es determinado por:

$$\text{Floorlet}_i = \frac{M \times \frac{d}{360}}{1 + F_{(t, t+1)} \frac{d}{360}} \times e^{-rt} \left[-F_{(0, t, t+1)} N(-d_1) + K N(-d_2) \right]$$

Donde:

$$d_1, d_2 \text{ y } T \text{ se definen como: } d_1 = \frac{\ln\left(\frac{F_{(t, t+1)}}{K}\right) + \left(\frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}}, \quad d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T} \text{ y}$$

$$T = \frac{n}{360} * \left(\frac{360}{365}\right)$$

- Floorlet_i Prima del *i*-ésimo *Floorlet*
- M Valor nominal del bono flotante
- d Plazo *forward* asociado a la tasa *forward* $F_{(t, t+1)}$
- $F_{(0, t, t+1)}$ Tasa *forward*, obtenida a partir de la curva cupón cero correspondiente al subyacente generada por VALMER en el día de valuación que va de la fecha *t* a *t+1*.
- r Tasa libre de riesgo compuesta de manera continua
- n Número de días al vencimiento del *Floorlet*
- $N(\bullet)$ Probabilidad acumulada de la distribución normal estándar en el valor (\bullet)
- σ Volatilidad del rendimiento del subyacente

Tercero El precio limpio de valuación de la Nota Estructurada está dado por la siguiente expresión:

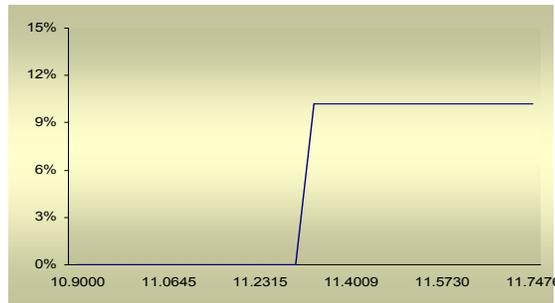
$$PLV = PV - \text{Intdev}$$

Donde:

- PLV Precio Limpio de valuación de la Nota Estructurada *Floor*.
- PV Precio Sucio de valuación de la Nota Estructurada *Floor*.
- Intdev Intereses devengados del cupón vigente.

5. NOTA ESTRUCTURADA GANA SI SUBE Y GANA SI BAJA

Contemplan una opción de tipo binaria *cash or nothing*, cuyo subyacente es regularmente el tipo de cambio, la tasa de referencia o bien el *índice accionario*. No obstante la característica binaria del pago al vencimiento la opción incorporada en esta estructura no es dependiente de la trayectoria del subyacente. En este sentido, una opción "*Cash or Nothing*" paga un monto preestablecido X al vencimiento, si la opción en la fecha de ejercicio termina "*In the Money*". Dado que este instrumento representa la estructuración de una nota integrada por: 1) Un bono cupón cero (ZCB) y, 2) Una opción de tipo binaria "*Cash or Nothing*", con precio de ejercicio igual al nivel inicial del subyacente establecido en el prospecto de la emisión.



El precio de valuación de la Nota Estructurada GANA SI SUBE (GANA SI BAJA) estará dado por la siguiente expresión:

$$P_V = P_B + P_D$$

Donde:

P_V Precio de Valuación de la Nota Estructurada GANA SI SUBE (GANA SI BAJA)

P_B Precio del ZCB

P_D Prima de la opción binaria *Cash or Nothing* insertada en la nota determinada por:

$$P_D = C_{by} \quad \text{para una Nota Estructurada gana si sube}$$

$$P_D = P_{by} \quad \text{para una Nota Estructurada gana si baja.}$$

La valuación por separado de cada componente de la nota se determina de la siguiente manera:

Primero El valor del bono cupón cero (ZCB) en la fecha de valuación estará determinado por la siguiente expresión:

$$P_B = \frac{VN}{\left(1 + r_n \frac{n}{360}\right)}$$

Donde:

P_B Precio de valuación en pesos del componente cupón cero de la Nota Estructurada.

VN Valor Nominal de la Nota Estructurada.

N Número de días por vencer de la Nota Estructurada.

r_n Tasa de rendimiento asociada al número de días por vencer, que se obtiene de las Curvas Nominales Bancarias

Segundo El valor de la prima de la opción puede obtenerse mediante la fórmula basada en Black and Scholes, descrita por Reiner y Rubinstein en 1991 para valuación de opciones binarias “*Cash or Nothing*”. Las siguientes expresiones determinan el valor de la prima de la opción insertada en una Nota Estructurada Gana si Sube (*Call*) y para una Nota Estructurada Gana si Baja (*Put*) respectivamente:

$$C_{by} = X * e^{-rT} * N(d)$$

$$P_{by} = X * e^{-rT} * N(-d)$$

Con:

$$d = \frac{\ln\left(\frac{S}{K}\right) + \left(r - r_f - \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}}, \quad T = \frac{n}{365} \quad y$$

$$X = VN \frac{TIM * Pzo}{360}$$

Donde:

- C_{by} Prima de la opción *Call cash or nothing* (Gana si sube)
- P_{by} Prima de la opción *Put cash or nothing* (Gana si baja)
- X Monto preestablecido desde la emisión si la opción expira “*In the Money*” representado por la Tasa de Interés Máxima (TIM).
- S Valor del Subyacente
- K Precio de Ejercicio
- r Tasa libre de riesgo compuesta de manera continua
- r_f Tasa libre de riesgo extranjera compuesta de manera continua (para subyacentes de tipo de cambio).
- $N(\bullet)$ Probabilidad acumulada de la distribución normal estándar en el valor (\bullet)
- σ Volatilidad del rendimiento del subyacente
- n Número de días al vencimiento de la opción.
- Pzo. Plazo de la emisión.
- TIM Tasa de Interés Máxima establecida en el prospecto de la emisión.

6. NOTA ESTRUCTURADA KNOCK OUT DOWN AND OUT Y NOTA ESTRUCTURADA KNOCK OUT UP AND OUT

Las Notas Estructuradas “*Knock Out*” son instrumentos que llevan incorporada una opción binaria de barrera la cual por lo regular se encuentra ligada al comportamiento de la paridad cambiaria. La principal característica de este tipo de notas estructuradas, es que el rendimiento que pueden generar se paga al vencimiento y depende de si el subyacente toca o no la barrera especificada en el contrato.

El perfil de pago de una Nota Estructurada *Knock Out Down and Out* es:

VN	SI EN ALGÚN TIEMPO T, $S \leq H_L$
VN + X	SI PARA TODO TIEMPO T, $S > H_L$

Mientras que para una Nota Estructurada *Knock Out Up and Out* el perfil de pago es:

VN + X	SI PARA TODO TIEMPO T, $S < H_U$
VN	SI EN ALGÚN TIEMPO T, $S \geq H_U$

Donde:

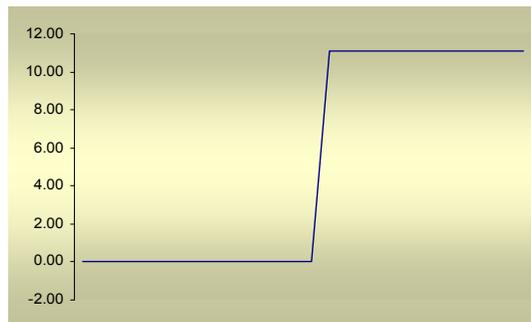
S Valor del subyacente

VN Valor Nominal de la Nota Estructurada.

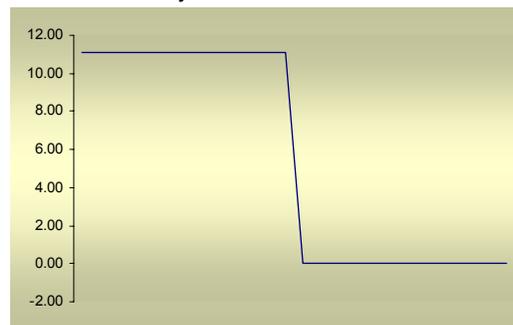
X Flujo generado por el rendimiento establecido en el contrato

H_L Barrera inferior del subyacente que se especifica para una Nota Estructurada *Down and Out*

H_U Barrera superior del subyacente que se especifica para una Nota Estructurada *Up and Out*



Pay off *Down and Out*



Pay off *Up and Out*

La barrera para cada uno de los Cedés (H_L y H_U) se establece en la fecha de emisión de la Nota Estructurada. Para el *Down and Out* se encuentra por debajo del nivel del subyacente a la fecha de emisión, mientras que en el *Up and Out* la barrera tiene un nivel superior.

Dado que este tipo de instrumentos representan la estructuración de una nota integrada por: 1) Un bono cuyo valor al vencimiento es igual al 100% del capital invertido y, 2) Una opción binaria *Down and Out* (*Up and Out*) donde el subyacente generalmente es una paridad cambiara, el precio de valuación de la Nota Estructurada estará dado por la siguiente expresión:

$$P_V = P_B + P_D$$

Donde:

P_V Precio de Valuación de la Nota Estructurada

P_B Precio del ZCB

P_D Prima de la opción binaria de barrera insertada en la Nota Estructurada determinada por:

$$P_D = \begin{cases} D_O & \text{Down and Out} \\ D_U & \text{Up and Out} \end{cases}$$

Donde:

D_O Prima de una opción binaria de barrera *Down and Out*.

D_U Prima de una opción binaria de barrera *Up and Out*.

La valuación de cada componente de la nota se determina de la siguiente manera:

Primero El valor del bono cupón cero (ZCB) en la fecha de valuación está determinado por la siguiente expresión:

$$P_B = \frac{VN}{\left(1 + r_n \frac{n}{360}\right)}$$

Donde:

P_B Precio de valuación en pesos del componente cupón cero de la Nota Estructurada.

VN Valor Nominal de la Nota Estructurada.

n Número de días por vencer de la Nota Estructurada.

r_n Tasa de rendimiento asociada al número de días por vencer, que se obtiene de las Curvas Nominales Bancarias

Segundo El modelo para la valuación de las opciones *Down and Out* y *Up and Out*, es el propuesto por Mark Rubinstein y Eric Reiner². En dicho trabajo, se aborda la valuación de opciones binarias y sus variantes, una de ellas son las opciones binarias de barrera. La prima de una opción binaria se determina por:

$$P_D = A - B$$

Donde, A y B son fórmulas generales definidas de la siguiente manera:

² Rubinstein, Mark y Reiner Eric. "Unscrambling the Binary Code", RISK, 1991.

$$A = Xr^{-T} N\left(\frac{\ln(S/H) - \lambda\sigma\sqrt{T}}{\sigma\sqrt{T}}\right)$$

$$B = Xr^{-T} \left(\frac{H}{S}\right)^{2\lambda-2} N\left(\frac{\ln(H/S) - \eta\sigma\sqrt{T}}{\sigma\sqrt{T}}\right)$$

Con:

$$x_1 = \left(\frac{\ln(S/H)}{\sigma\sqrt{T}}\right) + \lambda\sigma\sqrt{T} \quad y_1 = \left(\frac{\ln(H/S)}{\sigma\sqrt{T}}\right) + \lambda\sigma\sqrt{T}$$

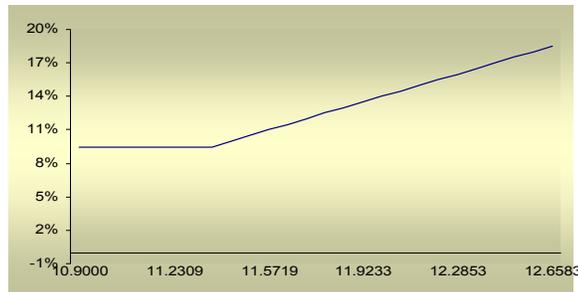
$$\lambda = 1 + \frac{\mu}{\sigma^2} \quad \mu = \left((r-q) - \frac{1}{2}\sigma^2\right) T \quad T = \frac{n}{365}$$

- y,
X Monto preestablecido desde la emisión si la opción expira “*In the Money*” representado por la Tasa de Interés Máxima (TIM).
r 1 + Tasa Libre de Riesgo
σ Volatilidad del rendimiento del subyacente
N(•) Probabilidad acumulada de la distribución normal estándar en el valor (•)
H Barrera
S Precio del Subyacente
d 1 + Tasa de Rendimiento del Activo Subyacente asociada al plazo anualizado.
φ y η Son términos binarios cuyo valor depende del tipo de opción.
φ = 1 , η = 1 Para la opción *Down and Out* (D_O)
φ = -1 , η = -1 Para la opción *Up and Out* (D_U)

7. NOTA ESTRUCTURADA DUAL TIPO DE CAMBIO

La estructura de este tipo de instrumentos contempla una opción de tasas de interés, dado que adiciona a la tasa de rendimiento mínima garantizada (TMG), un rendimiento que está en función de la paridad cambiaria. Es una Nota Estructurada mediante un *Bullet Bond* con una tasa mínima garantizada, fija y determinada al inicio de la emisión.

El subyacente de estos certificados de depósito generalmente es el rendimiento del tipo de cambio alcanzado a una fecha específica, respecto a un nivel inicial de tipo de cambio establecido por el emisor al inicio de la emisión.



Este instrumento se integra por: 1) Un bono (*Bullet Bond*) cuyo único cupón se paga al vencimiento, junto con el principal 100% garantizado y, 2) Una opción estándar tipo europeo de tasas de interés, con precio de ejercicio igual a la tasa mínima garantizada establecida en el prospecto de la emisión. El precio sucio de valuación de la Nota Estructurada DUAL-TIPO DE CAMBIO es:

$$P_V = P_{Bb} + P_D$$

Donde:

P_V Precio Sucio de Valuación de la Nota Estructurada DUAL-TIPO DE CAMBIO

P_{Bb} Precio del *Bullet Bond*

P_D Prima de la opción de tasas de interés incorporada en la Nota Estructurada determinada por:

$$P_D = \text{Max} [TMG, Tr_{tcf}]$$

Donde:

P_D Precio del derivado

TMG Tasa Mínima Garantizada establecida en el prospecto de la emisión

Tr_{tcf} Tasa de rendimiento ligada al Tipo de Cambio Final

La valuación de cada componente de la Nota Estructurada se determina de la siguiente manera:

Primero Se determina el precio del *Bullet Bond*, mismo que liquidará a su vencimiento el 100% del capital invertido (valor nominal establecido en el prospecto), más los intereses devengados a la Tasa Mínima Garantizada. De esta manera el valor del bono estará dado por:

$$P_{Bb} = \frac{VN * \left(1 + TMG \frac{P_{zo}}{360} \right)}{\left(1 + r_n \frac{n}{360} \right)}$$

Donde:

P_{Bb}	Precio de valuación en pesos del componente <i>Bullet Bond</i> de la Nota Estructurada.
VN	Valor Nominal de la Nota Estructurada.
TMG	Tasa Mínima Garantizada establecida en el prospecto de la emisión
Pzo	Plazo de la emisión
r_n	Tasa de rendimiento asociada al número de días por vencer, que se obtiene de las Curvas Nominales Bancarias
n	Días por vencer de la emisión a la fecha de valuación.

Segundo El valor de la prima de la opción puede obtenerse a partir de la fórmula propuesta por Fisher Black en 1976 (Black 76) para valuación de futuros de tasa. Sin embargo, existen algunas consideraciones a tomar en cuenta para la valuación de la opción de tasas de interés incorporada en la Nota Estructurada:

- El “*pay off*” de la opción incorporada en la nota es ajustado mediante un “Factor” o “Porcentaje de Garantía” establecido en el prospecto de la emisión de tal manera que el tipo de cambio final debe ajustarse por dicho factor.
- El rendimiento adicional a la tasa mínima garantizada que puede pagar el certificado de depósito, es liquidado justamente al vencimiento de la emisión junto con el valor al vencimiento del *Bullet Bond* con el cual fue estructurado. Por esta razón, el valor futuro de dicho rendimiento (en caso de que éste tenga valor en la fecha de valuación), es descontado desde la fecha de vencimiento del certificado de depósito.
- Dado que el subyacente es generalmente el tipo de cambio y en el prospecto de la emisión se establece una fecha determinada para la observación del tipo de cambio final, que será tomado como referencia para obtener el valor de la opción al vencimiento, debe determinarse durante el transcurso de la emisión un tipo de cambio a la fecha de valuación que permita obtener el rendimiento del subyacente respecto a su valor inicial. El valor del tipo de cambio de referencia para cada uno de los días que van desde la fecha de emisión hasta la fecha de la observación final, es determinado de la siguiente manera:

$$TC_{ref_t} = FX_t + Ptos.Fwd$$

Donde:

TC_{ref_t}	Tipo de cambio de referencia a la fecha de valuación t.
FX_t	Tipo de cambio en la fecha de valuación t.
Ptos. Fwd	Puntos <i>Forward</i> del día de la valuación.

- Con el tipo de cambio de referencia obtenido a partir del inciso anterior, puede determinarse la Tasa de rendimiento ligada al Tipo de Cambio Final (Tr_{tcf}) a la fecha de valuación, a partir de la siguiente expresión:

$$Tr_{tcf} = Max \left[\frac{(TC_{ref_t} * F)}{TC_i} - 1, \frac{TC_i}{Pzo} * 360, 0 \right]$$

Donde:

- Tr_{tcf} Tasa de rendimiento ligada al Tipo de Cambio Final
- TC_{ref t} Tipo de cambio de referencia a la fecha de valuación t
- F “Factor” establecido en el prospecto de la emisión (en algunas emisiones se define como “Porcentaje de Garantía”).
- TC_i Tipo de cambio inicial
- Pzo Plazo de la emisión.

De esta manera y observando las consideraciones expuestas en los incisos anteriores, el valor de la prima de la opción de tasas con la cual es estructurada la nota, se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$P_D = VN \times \frac{Pzo}{360} e^{-rT} \left[Tr_{tcf} N(d_1) - TMG N(d_2) \right]$$

Donde:

d₁, d₂ y T se definen como:

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{Tr_{tcf}}{TMG}\right) + \left(\frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}}, \quad d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T} \quad \text{y} \quad T = \frac{n}{360} * \left(\frac{360}{365}\right)$$

- P_D Precio del derivado incorporado en la Nota Estructurada.
- VN Valor nominal de la Nota Estructurada.
- Pzo Plazo de la emisión de la Nota Estructurada.
- r Tasa libre de riesgo compuesta de manera continua
- Tr_{tcf} Tasa de rendimiento ligada al Tipo de Cambio Final
- TMG Tasa Mínima Garantizada establecida en el prospecto de la emisión
- N(•) Probabilidad acumulada de la distribución normal estándar en el valor (•)
- σ Volatilidad del rendimiento del subyacente
- n Número de días al vencimiento de la opción

Tercero El precio limpio de valuación de la Nota Estructurada está dado por la siguiente expresión:

$$PLV = PV - \text{Intdev}$$

Donde:

- PLV Precio Limpio de valuación de la Nota Estructurada DUAL-TIPO DE CAMBIO.
- PV Precio Sucio de Valuación de la Nota Estructurada DUAL-TIPO DE CAMBIO.
- Intdev Intereses devengados del cupón vigente.

8. NOTA ESTRUCTURADA CAP

Esta estructura contempla una estrategia formada por un *Cap*, con lo que se garantiza que la tasa de interés del bono flotante no sea superior a cierto nivel acotado por una tasa techo. El número de *Caplet*'s que componen una Nota Estructurada *CAP*, será igual al total de cupones del bono menos uno, dado que para el primer cupón la tasa se conoce al inicio de la emisión. De esta manera, la tasa de interés para los cupones que van desde el segundo hasta el N-ésimo cupón, será determinada por las siguientes condiciones en la fecha de vencimiento de cada *Caplet*.

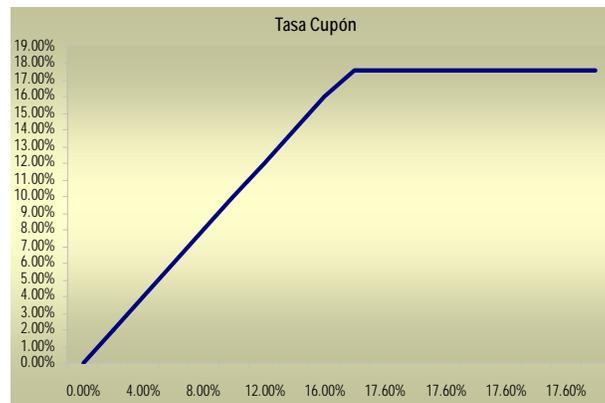
CASO	TASA CUPÓN
SI $TR + SPREAD \geq K_1$	K_1
SI $TR + SPREAD \leq K_1$	$TR + SPREAD$

Donde:

TR Tasa de referencia (Subyacente)
 K_1 Tasa Techo
Spread Sobretasa establecida desde el inicio de la emisión

De esta manera el *Pay Off* del derivado incorporado a la nota estructurada estará dado por la siguiente expresión:

$$C_i = \text{MIN} (TR + \text{Spread} , \text{TIM})$$



Donde:

C_i *Pay Off* i-ésimo caplet
TR Tasa de referencia (Subyacente)
Spread Sobretasa establecida desde el inicio de la emisión
TIM Tasa de interés máxima establecida en el prospecto de la emisión.

Dado que este instrumento representa la estructuración de una nota integrada por: 1) Un bono flotante con pagos periódicos de interés y, 2) Una posición corta sobre un *CAP* integrado por una serie de *Caplet*'s con precio de ejercicio igual a la Tasa Techo y plazo igual al de los cupones que componen el bono. El precio de valuación de la Nota Estructurada *CAP* estará dado por la siguiente expresión:

$$P_V = PT_{Bf} - Cap$$

Donde:

P_V Precio Sucio de Valuación de la Nota Estructurada *Cap*

PT_{Bf} Precio Teórico del Bono flotante.

Cap Valor del *Cap* que integra la estrategia

La valuación por separado de cada uno de los componentes de la Nota Estructurada se determina de la siguiente manera:

Primero El precio del bono flotante se determina de la misma manera que para la Nota Estructurada *Collar*, visto en el punto 3 de esta metodología.

Segundo El valor de la prima de la opción se obtiene mediante la fórmula conocida como Black 76. La siguientes expresiones determinan el valor de la prima para el *Cap* que conforma la estructura de la nota:

$$Cap = \sum_{i=2}^N Caplet_i$$

Donde el valor de cada *Caplet* es determinado por:

$$Caplet_i = \frac{M \times \frac{d}{360}}{1 + F_{(t,t+1)} \frac{d}{360}} \times e^{-rT} \left[F_{(0,t,t+1)} N(d_1) - K N(d_2) \right]$$

Donde:

$$d_1, d_2 \text{ y } T \text{ se definen como: } d_1 = \frac{\ln\left(\frac{F_{(t,t+1)}}{K}\right) + \left(\frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}}, \quad d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T} \quad \text{y}$$

$$T = \frac{n}{360} * \left(\frac{360}{365}\right)$$

$Caplet_i$ Prima del *i-ésimo Caplet*

M Valor nominal del bono flotante

d Plazo *forward* asociado a la tasa *forward* $F_{(t,t+1)}$

$F_{(0,t,t+1)}$ Tasa *forward*, obtenida a partir de la curva cupón cero correspondiente al subyacente generada por VALMER en el día de valuación que va de la fecha t a $t+1$.

r Tasa libre de riesgo compuesta de manera continua

n Número de días al vencimiento del *Caplet*

$N(\bullet)$ Probabilidad acumulada de la distribución normal estándar en el valor (\bullet)

σ Volatilidad implícita en opciones OTC sobre el mismo subyacente

Tercero El precio limpio de valuación de la Nota Estructurada está dado por la siguiente expresión:

$$PLV = PV - Intdev$$

Donde:

PLV Precio Limpio de valuación de la Nota Estructurada *Cap*.

PV Precio Sucio de valuación de la Nota Estructurada *Cap*.

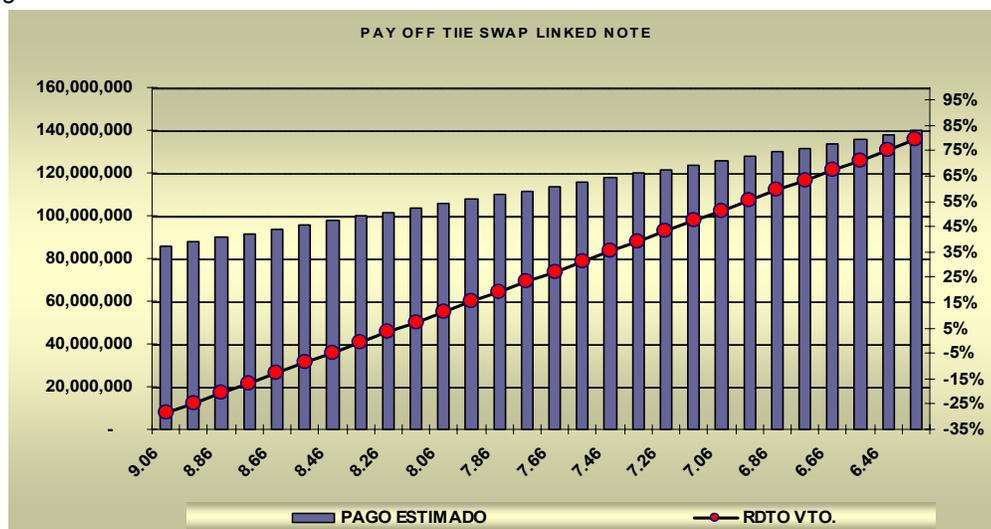
$Intdev$ Intereses devengados del cupón vigente.

9. BONO SWAP LINKED NOTE

La estructura de este tipo de bonos implica la adopción de una posición larga sobre la cotización de la tasa *Swap* a cualquiera de los períodos en que éste cotiza. Y sobre cualquiera de las posturas BID, ASK o bien el promedio de ambas, existentes a una fecha determinada y establecida en el prospecto de la emisión.

Una característica importante de este tipo de bonos, es que pueden establecer o no una garantía del capital inicial invertido. De esta manera y dependiendo tanto del nivel de la tasa *Swap* fijada al inicio de la emisión, como de la cotización final del *Swap* subyacente, el tenedor del bono puede inclusive recibir al vencimiento, una cantidad inferior al capital inicial invertido. De igual manera, los bonos denominados *SWAP LINKED NOTE* pueden establecer una tasa cupón por el plazo de la emisión, misma que se paga al vencimiento del bono junto con el valor a esa fecha del principal invertido.

Por lo tanto el rendimiento que puede generar este tipo de notas ligado al comportamiento de la cotización del *Swap* dependerá de, si a la fecha de vencimiento del bono, la tasa *Swap* se cotiza en esa fecha a un nivel mayor o menor al pactado al inicio de la emisión. De esta manera el *Pay Off* del Bono *Swap Linked Note* está representado por la siguiente gráfica:



Donde el pago al vencimiento del bono está determinado por la siguiente expresión:

$$PgoVto = M \times \left(1 + TC \times \frac{P}{360} \right) + \sum_{i=1}^N M \times L \times [TS - TP] \times \frac{28}{360} \times FD_i$$

Donde:

- M Monto inicial de la inversión
- TC Tasa Cupón establecida en el prospecto de la emisión.
- P Plazo de la emisión.
- L Factor de apalancamiento, mismo que puede ser considerado según el emisor como el DV01.
- TS Tasa *Swap* correspondiente a la Cotización Final del *Swap* subyacente en la fecha establecida en el prospecto de la emisión.
- TP Tasa *Swap* Pactada y establecida en el prospecto de la emisión.
- N Número de períodos en del *Swap* subyacente.
- FDi Factor de descuento correspondiente al último día del *i-ésimo* periodo del *Swap* subyacente.

La determinación del precio del Bono *Swap Linked Note*, implica el cálculo a la fecha de valuación, del valor de un *Forward Starting Swap*, considerando como fecha de inicio aquella señalada en el prospecto de la emisión en la cual se debe observar la cotización

final del *Swap* subyacente, y empleando para la determinación de la Tasa *Swap* de valuación, la curva cupón cero correspondiente a la postura según la posición del tenedor del bono (Bid, Ask o el promedio de ambos).

Dado que este instrumento representa la estructuración de una nota integrada por: 1) Un bono cupón cero (ZCB) o un bono tipo *Bullet Bond* y 2) Un *Forward Starting Swap*, el precio de valuación del Bono *Swap Linked Note* se determina de la siguiente manera:

Primero Se determina el precio sucio del Bono *Swap Linked Note*:

$$P_V = \left(\frac{FV_B + P_D}{1 + r_n \frac{n}{360}} \right)$$

Donde:

P_V Precio Sucio de Valuación del Bono *Swap Linked Note*.

FV_B Valor Futuro del ZCB o en su caso del *Bullet Bond*.

r_n Tasa de rendimiento asociada al número de días por vencer y al riesgo emisor, que se obtiene de las Curvas Nominales Bancarias.

P_D Precio del derivado incorporado en la nota.

Segundo El valor del derivado incorporado en la estructura se determina a partir de la siguiente expresión:

$$P_D = \sum_{i=1}^N M \times L \times [TS_t - TP] \times \frac{28}{360} \times FD_i$$

TS_t Tasa *Swap* correspondiente al *Forward Starting Swap* subyacente a la fecha de valuación t .

Tercero Para la determinación de la Tasa *Swap* a la fecha de valuación t , correspondiente al *Forward Starting Swap* subyacente, se establece que éste último satisface la condición:

$$0 = \sum_{i=1}^N CFWV_i - \sum_{i=1}^N CFWF_i$$

Donde:

$CFWV_i$ i -ésimo flujo determinado a partir de la Tasa Variable.

$CFWF_i$ i -ésimo flujo determinado a partir de la Tasa *Swap* a la fecha de valuación t .

Finalmente, la Tasa Variable del *Forward Starting Swap* subyacente para cada uno de los flujos flotantes se determina a partir de las tasas *Forward's* obtenidas a partir de la curva cero IRS, según la postura acorde a la Tasa *Swap* correspondiente a la Cotización Final del *Swap* subyacente. De esta manera la Tasa Variable del *Forward Starting Swap* subyacente se determina a partir de la siguiente expresión:

$$FWD_{DV_{i+1+T-t}} = \left[\frac{\left(1 + r_{DV_{i+1+T-t}} \times \frac{DV_{i+1+T-t}}{360} \right)}{\left(1 + r_{DV_{i+T-t}} \times \frac{DV_{i+T-t}}{360} \right)} - 1 \right] \times \left(\frac{360}{DV_{i+1+T-t} - DV_{i+T-t}} \right)$$

Donde:

$Fwd_{DV_i}^{DV_{i+1}}$	Tasa <i>Forward</i> con plazo corto igual a DV_{i+t} y plazo largo igual a DV_{i+t+1} .
DV_i	Número de días por vencer del <i>i-ésimo</i> intercambio del <i>Forward Starting Swap</i> .
t	Fecha de Valuación.
T	Días por vencer desde la fecha de valuación t a la fecha de observación de la Tasa <i>Swap</i> correspondiente a la Cotización Final del <i>Swap</i> subyacente.

Cuarto El precio limpio de valuación del Bono *Swap Linked Note* está dado por la siguiente expresión:

$$PLV = PV - \text{Intdev}$$

Donde:

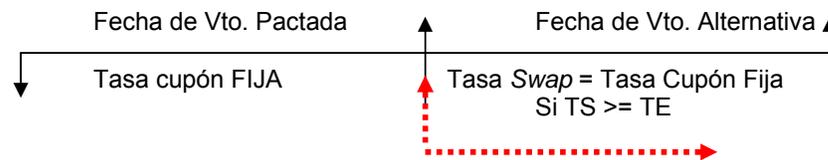
PLV	Precio Limpio de valuación del Bono <i>Swap Linked Note</i> .
PV	Precio Sucio de valuación del Bono <i>Swap Linked Note</i> .
Intdev	Intereses devengados del cupón vigente.

10. BONO EXTENDIBLE

a) Cuando el valor del *Swaption* insertado en la nota refleja los flujos futuros del bono extendido (Tasa *Swap* = Tasa Cupón del Bono Extendido)

Esta nota es un bono con pagos periódicos a una tasa fija establecida al inicio de la emisión, que incorpora en su estructura un *Swaption* tipo europeo, que da al emisor el derecho de extender el plazo original de la nota, por períodos adicionales del mismo plazo y a la misma tasa *Swap* (“*Payer Swaption*”), si en la fecha de ejercicio esta última es mayor a la tasa de ejercicio determinada al inicio de la emisión. En este sentido, el valor del Bono Extendible implica para el tenedor la adopción de una posición corta en un *Swaption*.

El subyacente de este tipo de notas es la cotización de la tasa *Swap* a cualquiera de los períodos en que éste cotiza. Y sobre cualquiera de las posturas BID, ASK o bien el promedio de ambas. El perfil de pagos trazado sobre una línea de tiempo de este tipo de notas se puede representar de la siguiente manera:



Donde:

TS Tasa *Swap* correspondiente a la Cotización Final del *Swap* subyacente en la fecha establecida en el prospecto de la emisión.

TE Tasa de Ejercicio establecida en el prospecto de la emisión.

Al igual que los bonos *SWAP LINKED NOTE* descritos en el punto anterior de esta metodología, la determinación del precio del Bono Extendible, implica el cálculo a la fecha de valuación, del valor de un *Forward Starting Swap*, considerando como fecha de inicio aquella señalada en el prospecto de la emisión en la cual se debe observar la cotización final del *Swap* subyacente, y empleando para la determinación de la Tasa *Swap* de valuación, la curva cupón cero correspondiente a la postura según la posición del tenedor del bono (Bid, Ask o el promedio de ambos).

De esta manera y considerando que este instrumento representa la estructuración de una nota integrada por: 1) Un bono con pagos periódicos a Tasa Fija, 2) Un *Forward Starting Swap* y 3) Una posición corta del tenedor en una opción sobre el *Swap* subyacente (*Swaption*), el precio de valuación del Bono Extendible está dado por la siguiente expresión:

$$P_V = P_B + P_D$$

Donde:

P_V Precio de Valuación del Bono Extendible

P_B Precio del Bono de Tasa Fija

P_D El precio del derivado incorporado en la estructura.

La valuación por separado de cada componente del Bono Extendible se determina de la siguiente manera:

Primero Se determina el precio sucio del Bono de Tasa Fija, descontando los flujos proyectados hasta la fecha de vencimiento alternativa, con el factor de descuento correspondiente a los días por vencer de cada flujo, obtenido a partir de la curva cupón cero correspondiente a la postura según la cotización del *Swap* subyacente (Bid, Ask o el promedio de ambos):

$$P_B = F_i \times FD_i$$

Donde:

- P_B Precio Sucio del bono de tasa fija
 FD_i Factor de descuento correspondiente a los días por vencer a la fecha de valuación del *i-ésimo* cupón.
 F_i Flujo correspondiente al cupón *i* determinado mediante la expresión:

$$F_i = \begin{cases} VN * \frac{DC_i * TC}{360} & \text{Para } i = 1, \dots, N-1 \\ VN * \frac{DC_i * TC}{360} + VN & \text{Para } i = N \end{cases}$$

Con:

- F_i Flujo correspondiente al cupón *i*
 VN Valor nominal
 DC_i Número de días del cupón completo.
 TC Tasa Cupón Fija
 N Número de cupones pendientes de pago hasta la fecha de vencimiento alternativa, incluyendo al vigente

Segundo El valor del derivado incorporado se determina mediante la fórmula de Black 76, empleando en el modelo de valuación la Tasa *Swap* correspondiente al *Forward Starting Swap* subyacente a la fecha de valuación *t*. Así mismo debe ajustarse el valor del modelo Black 76 con el factor de ajuste correspondiente al Tenor del *Swap* subyacente, para obtener como resultado el valor del *Swaption* expresado como porcentaje del Nocial. Las siguientes expresiones determinan el valor en unidades monetarias de un *Swaption* para el *Payer Swaption* y para el *Receiver Swaption*³ respectivamente:

$$C_{sw} = \left[\frac{1 - \frac{1}{\left(1 + \frac{TS_t}{m}\right)^{t1 \times m}}}{TS_t} \right] \times e^{-rT} [TS_t N(d_1) - K N(d_2)]$$

³ **Payer Swaption:** Se refiere a la contraparte que posee el derecho pero no la obligación de pagar Tasa Fija y recibir Tasa Flotante en el *Swap* subyacente.

Receiver Swaption: Se refiere a la contraparte que posee el derecho pero no la obligación de recibir Tasa Fija y pagar Tasa Flotante en el *Swap* subyacente.

$$P_{sw} = \left[\frac{1 - \frac{1}{\left(1 + \frac{TS_t}{m}\right)^{t1 \times m}}}{\frac{TS_t}{m}} \right] \times e^{-rT} \left[-TS_t N(-d_1) + K N(-d_2) \right]$$

Donde:

C_{sw} Prima de un *Payer Swaption*
 P_{sw} Prima de un *Receiver Swaption*

$$d_1, d_2 \text{ y } T \text{ se definen como: } d_1 = \frac{\ln\left(\frac{TS_t}{K}\right) + \left(\frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}}, \quad d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T} \text{ y } T = \frac{n}{360} * \left(\frac{360}{365}\right)$$

TS_t Tasa *Swap* correspondiente al *Forward Starting Swap* subyacente a la fecha de valuación t .
 m Pagos por año del *Swap* subyacente.
 $t1$ Plazo del *Swap* subyacente expresado en años.
 r Tasa libre de riesgo compuesta de manera continua
 n Número de días al vencimiento del *Swaption*.
 $N(\bullet)$ Probabilidad acumulada de la distribución normal estándar en el valor (\bullet)
 σ Volatilidad implícita en opciones OTC sobre el mismo subyacente.

Tercero Para la determinación de la Tasa *Swap* a la fecha de valuación t , correspondiente al *Forward Starting Swap* subyacente, se aplica el mismo procedimiento descrito para el Bono *Swap Linked Note* en esta metodología.

Cuarto El precio limpio de valuación del Bono Extendible está dado por la siguiente expresión:

$$PLV = PV - \text{Intdev}$$

Donde:

PLV Precio Limpio de valuación del Bono Extendible.
 PV Precio Sucio de valuación del Bono Extendible.
 Intdev Intereses devengados del cupón vigente.

b) Cuando el valor del *Swaption* insertado en la nota no refleja los flujos futuros del bono extendido (Tasa *Swap* \neq Tasa Cupón del Bono Extendido)

Cuando los flujos del bono una vez extendido hasta el vencimiento alternativo no son reflejados en el valor del *Swaption* subyacente, el Bono Extendible puede verse como una nota integrada por 1) Un bono con pagos periódicos a Tasa Fija, 2) Un *Forward Starting Swap* y 3) Una posición corta del tenedor en un *Floor* de Tasas de Interés sobre la Tasa *Swap* subyacente y vencimiento igual a la fecha de vencimiento pactada al inicio de la emisión. De esta manera el precio de valuación del Bono Extendible estará dado por la siguiente expresión:

$$P_V = P_B + P_D$$

Donde:

P_V Precio de Valuación del Bono Extendible

P_B Precio del Bono de Tasa Fija

P_D El precio del derivado incorporado en la estructura.

La determinación del precio sucio del Bono de Tasa Fija se realiza conforme a la metodología establecida para la valuación de este tipo de bonos. Por su parte la valuación del *Floor* de Tasas de interés se obtiene a partir del modelo de Black 76 descrito en el punto 4 de esta metodología, empleando para ello la Tasa *Swap* a la fecha de valuación t , correspondiente al *Forward Starting Swap* subyacente.

11. BONO BANCARIO DUAL DIVISA

Esta nota es un bono a tasa fija establecida al inicio de la emisión que se paga al vencimiento en un sólo cupón. Incorpora en su estructura dos opciones *Call* binarias *Cash or Nothing*; una sobre un Monto Final en Divisa1 (MFP) y otra sobre un Monto Final en Divisa2 (MFD), ya que al vencimiento de la nota, ésta pagará uno u otro dependiendo si al vencimiento el subyacente, en este caso el Tipo de Cambio Divisa1/Divisa2 Spot es mayor o menor al tipo de cambio pactado. Este tipo de notas pueden no tener garantía al vencimiento del capital original invertido.

El pago al vencimiento del Bono Dual Divisa será cualquiera de las dos opciones siguientes:

- A) Si $TCF > TCP$ el pago al vencimiento será el Monto Final en Pesos resultante de la siguiente expresión:

$$MFP = MI * (1 + TC * P / 360)$$

Donde:

MFP	Monto Final en Divisa1
TCF	Tipo de Cambio Final
TCP	Tipo de Cambio Pactado
MI	Monto Inicial
TC	Tasa de rendimiento pactada al inicio de la emisión.
P	Plazo de la emisión.

- B) Si $TCF \leq TCP$ el pago al vencimiento a elección de la emisora será el Monto Final en Divisa1 o bien, el Monto Final en Divisa2 resultante de la siguiente expresión:

$$MFD = MFP / TCP$$

Donde:

MFD	Monto Final en Divisa2
MFP	Monto Final en Divisa1
TCP	Tipo de Cambio Pactado

Dado que este instrumento representa la estructuración de una nota integrada por: 1) Un bono tipo *Bullet Bond* y 2) Un par de opciones binarias "*Cash or Nothing Call*" con las siguientes características:

- Opción Binaria *Call* con precio de ejercicio igual al Tipo de cambio Pactado Divisa1 por Divisa2 y Monto Final expresado en Divisa 1 por Divisa 2.
- Opción Binaria *Call* con precio de ejercicio igual al Tipo de cambio Pactado Divisa2 por Divisa1 y Monto Final expresado en Divisa2 por Divisa1.

El precio de valuación del Bono Dual Divisa estará dado por la siguiente expresión:

$$P_V = P_{Bb} + P_D$$

Donde:

P_V	Precio de Valuación del Bono Dual Divisa
P_{Bb}	Precio del bono <i>Bullet Bond</i>
P_D	El precio del derivado determinado por la siguiente expresión:

$$P_D = C_{bymxp} + (C_{byusd} * FIX_t)$$

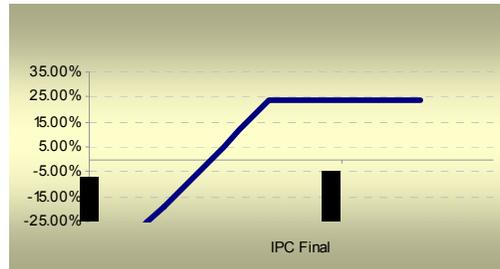
C_{bymxp} Valor de la prima del *call* binario "*Cash or Nothing*" con precio de ejercicio igual al Tipo de cambio pactado Divisa1 por Divisa2 y Monto Final expresado en Divisa1 por Divisa2.

C_{byusd} Valor de la prima del *call* binario "*Cash or Nothing*" con precio de ejercicio igual al Tipo de cambio pactado Divisa2 por Divisa1 y Monto Final expresado en Divisa2 por Divisa1.

FIX_t Tipo de cambio FIX en la fecha de valuación t.

12. BONO BANCARIO FLOTANTE PUT

El Bono Flotante *Put* es una nota que al vencimiento paga un monto final en pesos que está en función del rendimiento del índice accionario. Se consideran en su estructura dos opciones de tasas de interés europeas: un *Floor* largo y un *Cap* corto con precio de ejercicio igual a una tasa de rendimiento inicial establecida en el prospecto de la emisión. El subyacente de estos bonos es el rendimiento índice accionario alcanzado a una fecha preestablecida (fecha de ejercicio), respecto a un nivel inicial del mismo determinado en el prospecto de la emisión. Este tipo de notas pueden no tener garantía al vencimiento del capital original invertido, por lo que el rendimiento del bono bancario tal como se muestra en la siguiente gráfica puede llegar a ser negativo:



De esta manera el pago al vencimiento del Bono Bancario Flotante *Put* está dado por la siguiente condición:

$$MI \times (1 + Trv \times P / 360)$$

Donde:

MI Monto Inicial

P Plazo de la emisión.

Trv Tasa de rendimiento al vencimiento determinada por:

a. Si $IPC_F \geq IPC_I$, entonces $Trv = TC$

b. Si $IPC_F < IPC_I$, entonces $Trv = TC - F \times (1 - IPC_F / IPC_I) \times 360 / P$,

Donde:

IPC_F Índice accionario Final

IPC_I Índice accionario Inicial

TC Tasa de rendimiento pactada al inicio de la emisión.

F "Factor" establecido en el prospecto de la emisión

P Plazo de la emisión.

De esta manera, dado que este instrumento se integra por: 1) Un Bono Cupón Cero que puede no tener garantía del capital original invertido, 2) Una posición larga en un *FLOOR* tipo europeo con precio de ejercicio igual a la tasa de rendimiento pactada al inicio de la emisión establecida en el prospecto y, 3) Una posición corta en un *CAP* tipo europeo, con precio de ejercicio igual a la tasa de rendimiento pactada al inicio de la emisión, el precio de valuación del Bono Flotante *Put* es:

$$P_V = P_B + P_D$$

Donde:

P_V Precio Sucio de Valuación del Bono Flotante *Put*

P_B Precio del ZCB

P_D Prima del Derivado determinado por:

$$P_D = Floor_{K1} - Cap_{K1}$$

Donde:

P_D	Precio del derivado
$Floor$	Prima del $Floor$ con precio de ejercicio $k1$.
Cap	Prima del Cap con precio de ejercicio $k1$.

Es importante en este punto hacer las siguientes anotaciones.

Primero El $Pay Off$ tanto del $Floor$ como del Cap respectivamente es:

$$Floor = Max [TC - Tr_{IPC_F}, 0]$$

$$Cap = Max [Tr_{IPC_F} - TC, 0]$$

Donde:

TC	Tasa de rendimiento pactada al inicio de la emisión.
Tr_{IPC_F}	Tasa de rendimiento ligada al índice accionario Final.

Segundo Dado que el prospecto de la emisión establece una fecha determinada para la observación del IPC Final, que será tomado como referencia para obtener el valor de la opción al vencimiento, debe determinarse durante el transcurso de la emisión un valor del IPC a la fecha de valuación que permita obtener el rendimiento de éste respecto a su nivel inicial (IPC_I). El valor del IPC_F de referencia para cada uno de los días que van desde la fecha de emisión hasta la fecha de la observación final, es determinado de la siguiente manera:

$$IPC_{ref_t} = IPC_t * \left(\frac{1 + \frac{r}{360}n}{1 + DivY} \right)$$

Donde:

IPC_{ref_t}	Valor Índice del índice accionario de referencia para la fecha t .
IPC_t	Cierre del Índice accionario en la fecha t .
r	Tasa libre de riesgo compuesta de manera continua
n	Días por vencer de la opción
$DivY$	Tasa de dividendos continua del índice de referencia.

Tercero Con el valor futuro del índice de referencia obtenido a partir del punto anterior, puede determinarse la Tasa de rendimiento ligada al Índice accionario Final (Tr_{IPC_F}) a la fecha de valuación, a partir de la siguiente expresión:

$$Tr_{IPC_F} = Max \left[F * \frac{\left(1 - \frac{IPC_{ref_t}}{IPC_I} \right)}{P} * 360, 0 \right]$$

Donde:

Tr_{IPC_F}	Tasa de rendimiento ligada al Índice accionario Final.
F	“Factor” establecido en el prospecto de la emisión
IPC_{ref}	Valor Índice accionario de referencia para la fecha t.
IPC_1	Índice accionario Inicial
P	Plazo de la emisión.

Finalmente, el valor de cada una de las opciones se obtiene a partir de las siguientes expresiones:

$$Floor = VN \times \frac{P}{360} e^{-rT} \left[TC N(-d_2) - Tr_{IPC_F} N(-d_1) \right]$$

$$Cap = VN \times \frac{P}{360} e^{-rT} \left[Tr_{IPC_F} N(-d_1) - TC N(-d_2) \right]$$

Donde:

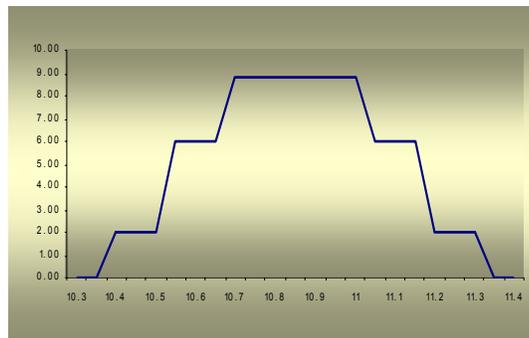
d_1 , d_2 y T se definen como:

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{Tr_{IPC_F}}{TC}\right) + \left(\frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}}, \quad d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T} \quad \text{y} \quad T = \frac{n}{360} * \left(\frac{360}{365}\right)$$

<i>Floor</i>	Prima del <i>Floor</i> incorporado en el Bono Flotante <i>Put</i> .
<i>Cap</i>	Prima del <i>Cap</i> incorporado en el Bono Flotante <i>Put</i> .VN Valor nominal del Bono.
P	Plazo del Bono Flotante <i>Put</i> .
r	Tasa libre de riesgo compuesta de manera continua.TC Tasa de rendimiento pactada al inicio de la emisión.
Tr_{IPC_F}	Tasa de rendimiento ligada al Índice accionario Final.
$N(\bullet)$	Probabilidad acumulada de la distribución normal estándar en el valor (\bullet)
σ	Volatilidad del rendimiento del subyacente.
n	Número de días al vencimiento de la opción.

13. NOTA ESTRUCTURADA FX RANGE ESCALONADO

La nota FX *Range* Escalonado, posee una estructura que establece en el prospecto de la emisión una serie de rangos escalonados para los cuales pagará una tasa de interés al vencimiento, que va de menor a mayor conforme el rango se va haciendo más estrecho. Este tipo de notas pueden ser acumulables o bien, pagar un rendimiento al vencimiento dependiendo del rango en el cual se encuentre el subyacente en la fecha de ejercicio. Son notas estructuradas que llevan incorporada una estrategia de opciones binarias ligadas al Tipo de Cambio en la fecha de ejercicio. Dicha estrategia está conformada por un par de opciones binarias *cash or nothing Call* para cada uno de los rangos, con precio de ejercicio igual a una cota inferior, y un portafolio de opciones binarias del mismo tipo con precio de ejercicio igual a una cota superior. El plazo de cada una de las opciones es igual a los días por vencer desde la fecha de valuación a la fecha de observación del nivel final del subyacente. El *Pay Off* de la Nota Estructurada FX *Range* Escalonado es como se presenta en la siguiente gráfica:



El precio de valuación de la nota está dado por la siguiente expresión:

$$P_V = P_B + P_D$$

Donde:

P_V Precio de Valuación del CEDE FX *Range* Escalonado.

P_B Precio del ZCB

P_D El precio del derivado está dado por la siguiente expresión:

$$P_D = \sum_{z=1}^R C_{byri_z} - \sum_{z=1}^R C_{byrs_z}$$

Con $X_z = VN \times \frac{Ti_z}{360} \times P$, para cada C_{byri_z} y para cada C_{byrs_z} .

R Número de rangos representados por una cota inferior y una cota superior en la Nota Estructurada FX *Range* Escalonado.

C_{byri_z} Valor de la prima del *call* binario "*Cash or Nothing*" con precio de ejercicio igual a la cota inferior del rango "z" en la Nota Estructurada FX *Range* Escalonado.

C_{byrs_z} Valor de la prima del *call* binario "*Cash or Nothing*" con precio de ejercicio igual a la cota superior del rango "z" en la Nota Estructurada FX *Range* Escalonado.

X_z Monto preestablecido a la Tasa de Interés correspondiente al rango "z" y pagado al vencimiento.

VN Valor Nominal de la Nota Estructurada FX *Range* Escalonado.

Ti_z Tasa de Interés correspondiente al rango "z" establecida en el prospecto de la emisión.

P Plazo de la Nota Estructurada FX *Range* Escalonado.

La valuación por separado de cada componente de la nota se determina de la misma forma que la descrita para las Notas Estructuradas FX RANGE de esta metodología.

14. NOTA ESTRUCTURADA NO TOUCH (DOWN AND OUT-UP AND OUT).

Las notas No *Touch* (*Down and Out – Up and Out*) son instrumentos que pertenecen a la familia de las notas del tipo *Knock Out*, ya que en su estructura contemplan un portafolio de opciones binarias de barrera, cuyo subyacente es por lo regular la paridad cambiaria peso-dólar. La principal característica de este tipo de notas estructuradas, es que el rendimiento que pueden generar se paga al vencimiento y depende de si el subyacente toca o no cualquiera de las barreras especificadas en el contrato, durante el plazo de la opción. El perfil de pago de la Nota Estructurada No *Touch* (*Down and Out – Up and Out*) es:

VN **SI EN ALGÚN TIEMPO T, $S_T \leq H_L$**
Ó $S_T \geq H_U$

T<=T

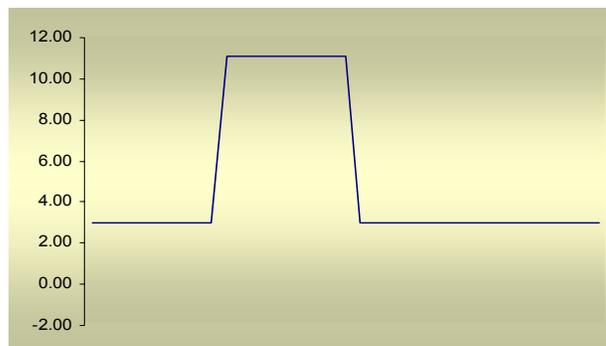
VN + X **SI PARA TODO TIEMPO T, $S_T >$**
 H_L Y $S_T < H_U$

T<=T

Donde:

- S_t Valor del subyacente en la fecha de valuación “t”.
- VN Valor Nominal de la Nota Estructurada.
- X Flujo generado por el rendimiento establecido en el contrato
- H_L Barrera inferior del subyacente que se especifica para una Nota Estructurada No *Touch* (*Down and Out – Up and Out*)
- H_U Barrera superior del subyacente que se especifica para una Nota Estructurada No *Touch* (*Down and Out – Up and Out*).

De esta manera el *Pay Off* de una Nota Estructurada No *Touch* es como se muestra en la siguiente gráfica:



Para la valuación de este tipo de notas se considera 1) Un bono cupón cero (o bullet bond en caso de tener una Tasa Mínima Garantizada) cuyo valor al vencimiento es igual al 100% del capital invertido, 2) Un portafolio de opciones binarias dependientes de la trayectoria del subyacente conformado por:

- A) Una posición larga en una opción *Down and Out* con precio de ejercicio igual al rango inferior H_L .
- B) Una posición larga en una opción *Up and Out* con precio de ejercicio igual al rango superior H_U .

- C) Una posición corta en una opción *Down and In* con precio de ejercicio igual al rango inferior H_L .
- D) Una posición corta en una opción *Up and In* con precio de ejercicio igual al rango superior H_u .

Así, el precio de valuación de la Nota Estructurada No *Touch* (*Down and Out – Up and Out*) estará dado por la siguiente expresión:

$$P_V = P_B + P_{D_{ko}}$$

Donde:

P_V Precio de Valuación de la Nota Estructurada No *Touch*.

P_B Precio del ZCB

$P_{D_{ko}}$ Prima del portafolio de opciones binarias dependientes de la trayectoria del subyacente determinada por:

$$PD_{ko} = \text{Max} \left[0, [D_o - D_{di}] + [D_u - D_{ui}] \right]$$

Con:

D_o Prima de una opción binaria de barrera *Down and Out*.

D_{di} Prima de una opción binaria de barrera *Down and In*.

D_u Prima de una opción binaria de barrera *Up and Out*.

D_{ui} Prima de una opción binaria de barrera *Up and In*.

Ahora bien, la valuación de cada una de las opciones del portafolio que conforman el valor del componente derivado de la estructura se determina a partir de lo siguiente:

Primero El valor de las opciones *Down and Out* y *Up and Out* se determina conforme a lo descrito en el punto 6 de esta metodología, para las Notas Estructuradas *Knock Out Down and Out* y *Up and Out*.

Segundo El valor de las opciones *Down and In* y *Up and In* se obtiene a partir del modelo propuesto por Mark Rubinstein⁴, en el cual se aborda la valuación de opciones binarias a partir de la definición de una serie de fórmulas cerradas basadas en el modelo general de Black and Sholes. La prima de las opciones binarias dependientes de la trayectoria del subyacente del tipo *Down and In* y *Up and In* se determina a partir de definir en primera instancia las siguientes expresiones, considerando que los flujos se reciben sólo al vencimiento de la opción :

$$C = Xe^{-rT} * N \left[\phi x_1 - \phi \sigma \sqrt{T} \right]$$

$$E = Xe^{-rT} * \left(\frac{H}{S} \right)^{2\lambda - 2} N \left(\eta y_1 - \eta \sigma \sqrt{T} \right)$$

⁴ Rubinstein, Mark. "Finance Working Paper No. 20: Exotic Options", Research Program in Finance. Working Paper Series, 1991.

$$\text{Con:} \quad x_1 = \left(\frac{\ln(S/H)}{\sigma\sqrt{t}} \right) + \lambda\sigma\sqrt{T} \quad y_1 = \left(\frac{\ln(H/S)}{\sigma\sqrt{t}} \right) + \lambda\sigma\sqrt{T}$$
$$\lambda = 1 + \frac{\mu}{\sigma^2} \quad \mu = \left((r - q) - \frac{1}{2}\sigma^2 \right) T \quad T = \frac{n}{365}$$

Donde:

- X Flujo generado por el rendimiento a la Tasa Máxima establecido en el contrato.
r 1 + Tasa Libre de Riesgo
 σ Volatilidad del rendimiento del subyacente
 $N(\bullet)$ Probabilidad acumulada de la distribución normal estándar en el valor (\bullet)
H Barrera: H_u para el caso de una opción binaria *Up and In* H_L para el caso de una opción binaria *Down and In*.
S Precio del Subyacente en la fecha "t".
d 1 + Tasa de Rendimiento del Activo Subyacente asociada al plazo anualizado.
n Número de días al vencimiento de la opción.
 φ y η Son términos binarios cuyo valor depende del tipo de opción.

$$D_{di} = C + E \quad \{ \varphi = -1, \eta = 1 \}$$
$$D_{ui} = C + E \quad \{ \varphi = 1, \eta = -1 \}$$

Donde:

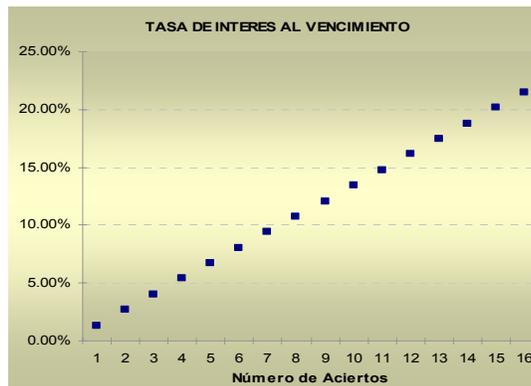
- D_{di} Prima de la opción binaria *Down and In*.
 D_{ui} Prima de la opción binaria *Up and In*.

15. NOTA ESTRUCTURADA RANGE

Las notas de rango acumulable, también conocidos como *Accrual Range Note* son Notas Estructuradas que llevan incorporada una estrategia de opciones binarias ligadas al comportamiento de la tasa de referencia. La principal característica de este tipo de notas estructuradas, es que el rendimiento que pueden generar se va acumulando durante el plazo de la misma y se paga al vencimiento. Dicho rendimiento depende de si el subyacente en cada una de las fechas de observación establecidas en el prospecto de la nota, se encuentra dentro del rango de tasas determinado desde el inicio de la emisión, mismo que está representado por un nivel inferior y un nivel superior de tasas de interés.

La estructura que contempla este tipo de notas, se encuentra representada por un portafolio de opciones binarias *cash or nothing Call* con precio de ejercicio igual al rango inferior, y un portafolio de opciones binarias del mismo tipo con precio de ejercicio igual al rango superior, donde el plazo de cada una de las opciones de ambos portafolios, es igual a los días por vencer de cada una de las observaciones pendientes de realizar a la fecha de valuación. Es decir, cada observación representa la diferencia entre el valor de las primas de las opciones *cash or nothing Call*, con diferente precio de ejercicio.

De esta manera el *Pay Off* de la Nota Estructurada *Range* está representado por la siguiente figura:



Dado que este instrumento representa la estructuración de una nota integrada por: 1) Un bono cupón cero (ZCB), 2) Un portafolio de opciones binarias "*Cash or Nothing Call*", con precio de ejercicio igual al rango inferior y plazo igual a los días por vencer de la *i*-ésima observación, y 3) Un portafolio de opciones binarias del mismo tipo pero con precio de ejercicio igual al rango superior y al mismo plazo, el precio de valuación de la Nota Estructurada *Range* estará dado por la siguiente expresión:

$$P_V = P_B + P_D$$

Donde:

P_V Precio Sucio de Valuación de la Nota Estructurada *Range*

P_B Precio del ZCB

P_D El precio del derivado está dado por la siguiente expresión:

$$P_D = \sum_{i=1}^N C_{ibyri} - \sum_{i=1}^N C_{ibyrs}$$

C_{ibyri} Valor de la prima del *i*-ésimo *call* binario "*Cash or Nothing*" con precio de ejercicio igual al rango inferior.

C_{ibyrs} Valor de la prima del *i*-ésimo *call* binario "*Cash or Nothing*" con precio de ejercicio igual al rango superior.

La valuación por separado de cada componente de la Nota Estructurada *Range* se determina de la siguiente manera:

Primero El valor del bono cupón cero (ZCB) en la fecha de valuación estará determinado por la siguiente expresión:

$$P_B = \frac{VN}{\left(1 + r_n \frac{n}{360}\right)}$$

Donde:

P_B	Precio de valuación en pesos del componente cupón cero de la Nota Estructurada.
VN	Valor Nominal de la Nota Estructurada.
N	Número de días por vencer de la Nota Estructurada.
r_n	Tasa de rendimiento asociada al riesgo emisor y al número de días por vencer, que se obtiene de las Curvas Nominales Bancarias

Segundo El valor de la prima de cada una de las opciones binarias *Call* que integran los portafolios de la estrategia, se obtiene mediante la fórmula expresada en el punto 5 de esta metodología, basada en Black and Scholes y descrita por Reiner y Rubinstein en 1991 para valuación de opciones binarias "*Cash or Nothing*". La siguiente expresión determinan el valor de la prima de una opción binaria "*Cash or Nothing Call*" :

$$C_{iby} = X * e^{-rT} * N(d)$$

Con:

$$d = \frac{\ln\left(\frac{F_{(t,t+1)}}{K}\right) + \left(r - rf - \frac{\sigma^2}{2}\right)t_i}{\sigma\sqrt{t_i}},$$

$$T = \frac{N}{365}, \quad t_i = \frac{n_i}{365} \quad y$$

$$X = VN \times \frac{TIM}{360} \times \left(\frac{P_c}{O_k}\right)$$

Donde:

C_{iby}	Prima de la <i>i-ésima</i> opción <i>cash or nothing Call</i>
X	Monto preestablecido a la Tasa de Interés Máxima sobre el valor nominal, acumulable y pagado al vencimiento, por cada una de las observaciones en que el subyacente sea mayor o igual al nivel inferior y menor o igual al nivel superior.
$F_{(0,t,t+1)}$	Tasa <i>forward</i> , obtenida a partir de la curva cupón cero correspondiente al subyacente generada por VALMER en el día de valuación que va de la fecha <i>t</i> a <i>t+1</i> .
K	Precio de Ejercicio
r	Tasa libre de riesgo compuesta de manera continua
rf	Será igual a r para el caso de opciones de tasas de interés. Compuesta de manera continua.
$N(\bullet)$	Probabilidad acumulada de la distribución normal estándar en el valor (\bullet)

- σ Volatilidad del rendimiento del subyacente (Podrá considerarse constante si y sólo si la volatilidad correspondiente a la fecha de valuación T_0 es menor a 2 veces la desviación estándar del nodo correspondiente a la matriz de volatilidades implícitas a partir de la cual se genera la curva de volatilidades del subyacente, y mayor a -2 veces la volatilidad del mismo nodo. En caso de que alguno de los nodos de la matriz de volatilidades implícitas a partir de la cual se genera la curva de volatilidades del subyacente, en la fecha de valuación T_0 salga del rango de +- 2 veces su desviación estándar, dicho nodo pasará a formar parte de la curva de volatilidades para la fecha de valuación T_0 .)
- N Número de días al vencimiento de la Nota Estructurada.
- n_i Número de días al vencimiento de la *i-ésima* observación.
- Pzo. Plazo de la emisión.
- TIM Tasa de Interés Máxima establecida en el prospecto de la emisión.
- Pc Días del Cupón.
- O_k Número de observaciones del *k-ésimo* cupón.

Tercero El precio limpio de valuación de la Nota Estructurada está dado por la siguiente expresión:

$$PLV = PV - Intdev$$

Donde:

PLV Precio Limpio de valuación de la Nota Estructurada *Range*.

PV Precio Sucio de valuación de la Nota Estructurada *Range*.

Intdev Intereses devengados del cupón vigente determinados por la siguiente expresión:

$$Intdev = VN \times \frac{TIM}{360} \times \left(\frac{Pc}{O_k} \right) \times A_t$$

A_t Número de observaciones a la fecha de valuación t , en que en que el subyacente fue mayor o igual al nivel inferior y menor o igual al nivel superior.

16.NOTA ESTRUCTURADA FX RANGE

Las notas FX *Range* poseen una estructura parecida a la descrita en el punto anterior para las notas RANGE. Son Notas Estructuradas que llevan incorporada una estrategia de opciones binarias ligadas al comportamiento de cierto Tipo de Cambio. El rendimiento que pueden generar se va acumulando durante el plazo de la emisión y se paga al vencimiento. Dicho rendimiento depende de si el subyacente en cada una de las fechas de observación establecidas en el prospecto de la nota, se encuentra dentro del rango de tipos de cambio determinado desde el inicio de la emisión, mismo que está representado por un nivel inferior y un nivel superior de tipos de cambio.

Al igual que la estructura descrita en el punto anterior, la estrategia de opciones incorporada en este tipo de notas está representada por un portafolio de opciones binarias *cash or nothing Call* con precio de ejercicio igual al rango inferior, y un portafolio de opciones binarias del mismo tipo con precio de ejercicio igual al rango superior, donde el plazo de cada una de las opciones de ambos portafolios, es igual a los días por vencer de cada una de las observaciones pendientes de realizar a la fecha de valuación. El *Pay Off* de la Nota Estructurada FX *Range* es similar al descrito en el punto anterior de esta metodología.

El precio de valuación de la Nota Estructurada FX *Range* está dado por la siguiente expresión:

$$P_V = P_B + P_D$$

Donde:

P_V Precio de Valuación de la Nota Estructurada FX *Range*

P_B Precio del ZCB

P_D El precio del derivado está dado por la siguiente expresión:

$$P_D = \sum_{i=1}^N C_{ibyri} - \sum_{i=1}^N C_{ibyrs}$$

C_{ibyri} Valor de la prima del *i*-ésimo *call* binario "*Cash or Nothing*" con precio de ejercicio igual al rango inferior.

C_{ibyrs} Valor de la prima del *i*-ésimo *call* binario "*Cash or Nothing*" con precio de ejercicio igual al rango superior.

La valuación por separado de cada componente de la Nota Estructurada FX *Range* se determina de la siguiente manera:

Primero El valor del bono cupón cero (ZCB) en la fecha de valuación estará determinado por la expresión descrita en el punto anterior, misma que se resume a continuación:

$$P_B = \frac{VN}{\left(1 + r_n \frac{n}{360}\right)}$$

Segundo El valor de la prima de cada una de las opciones binarias *Call* que integran los portafolios de la estrategia, se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$C_{iby} = X * e^{-rT} * N(d)$$

Con:

$$d = \frac{\ln\left(\frac{S}{K}\right) + \left(r - r_f - \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}},$$

$$T = \frac{n}{365} \quad y$$

$$X = VN \times \frac{TIM}{360} \times \left(\frac{PC}{O_k} \right)$$

Donde:

C_{iby}	Prima de la <i>i</i> -ésima opción <i>cash or nothing Call</i>
X	Monto preestablecido a la Tasa de Interés Máxima sobre el valor nominal, acumulable y pagado al vencimiento, por cada una de las observaciones en que el subyacente sea mayor o igual al nivel inferior y menor o igual al nivel superior.
S	Precio del subyacente
K	Precio de Ejercicio
r	Tasa libre de riesgo compuesta de manera continua
r_f	Tasa libre de riesgo extranjera compuesta de manera continua
$N(\bullet)$	Probabilidad acumulada de la distribución normal estándar en el valor (\bullet)
σ	Volatilidad del rendimiento del subyacente (Podrá considerarse constante si y sólo si la volatilidad correspondiente a la fecha de valuación T_0 es menor a 2 veces la desviación estándar del nodo correspondiente a la matriz de volatilidades implícitas a partir de la cual se genera la curva de volatilidades del subyacente, y mayor a -2 veces la volatilidad del mismo nodo. En caso de que alguno de los nodos de la matriz de volatilidades implícitas a partir de la cual se genera la curva de volatilidades del subyacente, en la fecha de valuación T_0 salga del rango de +- 2 veces su desviación estándar, dicho nodo pasará a formar parte de la curva de volatilidades para la fecha de valuación T_0 .)
n	Número de días al vencimiento de la opción.
Pzo.	Plazo de la emisión.
TIM	Tasa de Interés Máxima establecida en el prospecto de la emisión.
Pc	Días del Cupón.
O_k	Número de observaciones del <i>k</i> -ésimo cupón.

Tercero El precio limpio de valuación de la Nota Estructurada está dado por la siguiente expresión:

$$PLV = PV - Intdev$$

Donde:

PLV	Precio Limpio de valuación de la Nota Estructurada FX <i>Range</i> .
PV	Precio Sucio de valuación de la Nota Estructurada FX <i>Range</i> .
Intdev	Intereses devengados del cupón vigente determinados por la siguiente expresión:

$$Intdev = VN \times \frac{TIM}{360} \times \left(\frac{Pc}{O_k} \right) \times A_t$$

A_t	Número de observaciones a la fecha de valuación <i>t</i> , en que en que el subyacente fue mayor o igual al nivel inferior y menor o igual al nivel superior.
-------	---

17.NOTA ESTRUCTURADA REVERSE CONVERTIBLE

Estas notas estructuradas, también conocidas como “*Reverse Exchangeable Securities*”, son instrumentos cuyo valor de mercado depende de una opción de barrera que puede activarse dependiendo de las cotizaciones del subyacente durante un período de monitoreo continuo.

Estas notas liquidan al vencimiento un cupón garantizado generado durante el plazo de la nota estructurada más cualquiera de las dos alternativas:

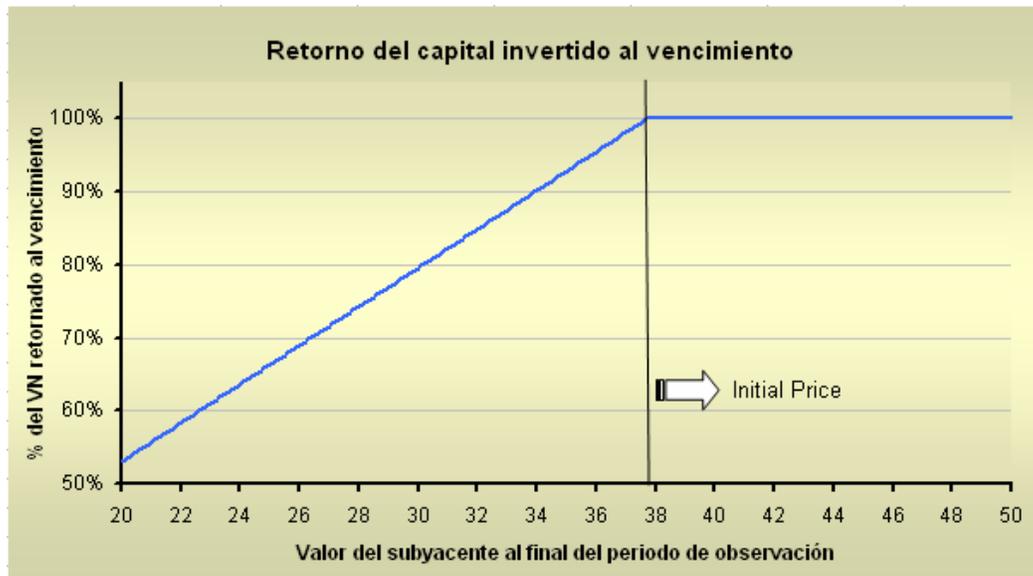
- a) El 100% del valor nominal:
 - o Si el subyacente durante todo el periodo de observación continua, nunca cotiza por debajo del nivel de “*knock in price*” (Evento de *Knock In*), o bien
 - o Si el subyacente cotiza en alguna ocasión durante el periodo de observación continua por debajo del nivel de “*knock in price*”, y en la fecha de observación final el precio de cierre del subyacente es mayor o igual al nivel inicial establecido en el prospecto de la emisión (“*Initial Price*”).
- b) Entrega física del subyacente:
 - o Si el subyacente cotiza en alguna ocasión durante el periodo de observación continua por debajo del nivel de “*knock in price*”, y al vencimiento de dicho período el precio de cierre del subyacente es menor al nivel inicial (“*Initial Price*”).

El pago al vencimiento de estas notas estructuradas se puede expresar de manera general en el siguiente cuadro:

$VN / X * S_T + C$	Si en algún momento de $t < T$, $S_t < H$ y $S_T \leq X$ (Entrega física del subyacente)
$VN + C$	Si en todo momento de $t < T$ y $S_t > H$ o bien, Si en algún momento de $t < T$, $S_t < H$ y $S_T > X$

Donde:

- VN Valor Nominal de la nota estructurada
 - C Flujo generado por un rendimiento establecido en el prospecto (Cupón)
 - t Fecha de valuación “t” durante el periodo de observación.
 - S_t Precio de cotización del activo subyacente al tiempo t.
 - S_T Precio de cierre del activo subyacente en la fecha final “T” del período de observación.
 - X Precio inicial del subyacente (“*Initial price*”).
 - H Precio de *Knock In* o barrera de la opción.
- En caso que se haga entrega física del subyacente, el retorno del capital al vencimiento gráficamente es:



El precio de valuación de la nota se determina obteniendo el valor de un *Bullet Bond* más un derivado cuyo valor se obtiene mientras no se haya dado el evento de *Knock In* como una opción de barrera "Down and in Put". Una vez realizado el evento de *Knock In* el derivado es valuado hasta su vencimiento como una opción *Put* europea.

La valuación por separado de cada componente de la Nota Estructurada *Reverse convertible* se determina de la siguiente manera:

Primero Determinación del valor de la opción *Down and in Put*

El modelo de valuación para este derivado "Down and in" fue propuesto por Merton (1973) y Rubinstein y Reiner(1991). Este modelo se basa en Black and Scholes y determina la valuación de estas opciones a partir de las siguientes fórmulas generales:

$$B = -Se^{qT} N(-x_2) + Xe^{-rT} N(-x_2 + \sigma\sqrt{T})$$

$$C = -Se^{qT} (H/S)^{2(\mu+1)} N(y_1) + Xe^{-rT} (H/S)^{2\mu} N(y_1 - \sigma\sqrt{T})$$

$$D = -Se^{qT} (H/S)^{2(\mu+1)} N(y_2) + Xe^{-rT} (H/S)^{2\mu} N(y_2 - \sigma\sqrt{T})$$

Donde:

$$\mu = \frac{b - \sigma^2 / 2}{\sigma^2}$$

$$x_2 = \frac{\ln(S/H)}{\sigma\sqrt{T}} + (1 + \mu)\sigma\sqrt{T}$$

$$y_1 = \frac{\ln(H^2/SX)}{\sigma\sqrt{T}} + (1 + \mu)\sigma\sqrt{T}$$

$$y_2 = \frac{\ln(H/S)}{\sigma\sqrt{T}} + (1 + \mu)\sigma\sqrt{T}$$

Las variables utilizadas se definen de la siguiente manera:

- S Precio del activo subyacente al momento de la valuación
- q Tasa de dividendos del subyacente
- T Tiempo que resta para el vencimiento de la opción en años
- $N(\bullet)$ Probabilidad de la distribución normal estándar acumulada hasta el valor •

X	Strike del <i>put</i> europeo, denominado “ <i>initial price</i> ”
r	Tasa libre de riesgo en composición continua
σ	Volatilidad implícita del activo subyacente
H	Barrera de la opción “ <i>Down and in</i> ”, denominado “ <i>Knock in price</i> ”

Con estas formulas en valor del “*Down and in Put*” está dado por:

$$P_{di} = B - C + D$$

Donde:

P_{di} Es la prima de la opción “*Down and in Put*”

Segundo Determinación del valor de la opción *Put*

El valor de la opción *Put* (Plain Vanilla) se obtiene a partir del modelo general de Black and Sholes descrito en este documento.

Tercero Valuación de la Nota Estructurada *Reverse Convertible*

a) Mientras no se haya dado el evento de “*Knock In*”.

En este caso, el precio de la nota estructurada durante su vigencia está dado por:

$$PV_t = PV_{bb} - P_{di} * VN / K$$

Donde:

PV_t Es el precio sucio de la nota para el día de valuación t.

PV_{bb} Precio de valuación del componente “bullet bond” de la nota estructurada.

P_{di} Prima de la opción “*Down and in Put*”

VN Valor nominal de la nota

K Precio Inicial del subyacente “*Initial Price*”

b) Valuación a partir de que se haya realizado el evento de “*Knock In*”.

A partir del momento en que se haya dado el evento de “*Knock In*”, es decir que el precio del subyacente haya cotizado en cualquier momento y en cualquier día durante el período de observación, por debajo de “*Knock in Price*”, el precio de valuación de la nota estructurada hasta su vencimiento estará dado por:

$$PV_t = PV_{bb} - P_p * VN / K$$

Donde:

PV_t Es el precio sucio de la nota para el día de valuación t.

PV_{bb} Precio de valuación del componente “bullet bond” de la nota estructurada

P_p Prima de la opción *put* “Plain Vanilla” europea

VN Valor nominal de la nota

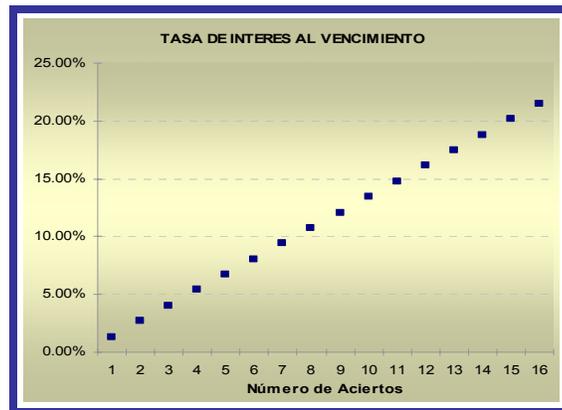
K Precio Inicial del subyacente “*Initial Price*”

18.NOTA ESTRUCTURADA IRS RANGE ACCRUAL

Las notas de rango acumulable conocidas como CMS *Accrual Range Note* son Notas Estructuradas que llevan incorporada una estrategia de opciones binarias ligadas al comportamiento de una Tasa *Swap* de referencia (CMS). La principal característica de este tipo de notas estructuradas, es que el rendimiento que pueden generar se va acumulando durante el plazo de la misma y se paga al vencimiento. Dicho rendimiento depende de si el subyacente (CMS) en cada una de las fechas de observación establecidas en el prospecto de la nota, se encuentra dentro del rango de tasas determinado desde el inicio de la emisión, mismo que está representado por un nivel inferior y un nivel superior de tasas de interés.

La estructura que contempla este tipo de notas, se encuentra representada por un portafolio de opciones binarias *cash or nothing Call* con precio de ejercicio igual al rango inferior, y un portafolio de opciones binarias del mismo tipo con precio de ejercicio igual al rango superior, donde el plazo de cada una de las opciones de ambos portafolios, es igual a los días por vencer de cada una de las observaciones pendientes de realizar a la fecha de valuación. Es decir, cada observación representa la diferencia entre el valor de las primas de las opciones *cash or nothing Call*, con diferente precio de ejercicio.

De esta manera el *Pay Off* de la Nota Estructurada CMS *Range Accrual* está representado por la siguiente figura:



Dado que este instrumento representa la estructuración de una nota integrada por: 1) Un bono cupón cero (ZCB), 2) Un portafolio de opciones binarias "*Cash or Nothing Call*", con precio de ejercicio igual al rango inferior y plazo igual a los días por vencer de la *i*-ésima observación, y 3) Un portafolio de opciones binarias del mismo tipo pero con precio de ejercicio igual al rango superior y al mismo plazo, el precio de valuación de la Nota Estructurada CMS *Range* estará dado por la siguiente expresión:

$$P_V = P_B + P_D$$

Donde:

P_V Precio Sucio de Valuación de la Nota Estructurada CMS *Range Accrual*

P_B Precio del ZCB

P_D El precio del derivado está dado por la siguiente expresión:

$$P_D = \sum_{i=1}^N C_{ibyri} - \sum_{i=1}^N C_{ibyrs}$$

C_{ibyri} Valor de la prima del *i*-ésimo *call* binario "*Cash or Nothing*" con precio de ejercicio igual al rango inferior.

C_{ibys} Valor de la prima del *i*-ésimo *call* binario “Cash or Nothing” con precio de ejercicio igual al rango superior.

La valuación por separado de cada componente se determina de la siguiente manera:

Tercero El valor del bono cupón cero (ZCB) en la fecha de valuación estará determinado por la siguiente expresión:

$$P_B = \frac{VN}{\left(1 + r \frac{n}{360}\right)}$$

Donde:

P_B Precio de valuación en pesos del componente cupón cero de la Nota Estructurada.
 VN Valor Nominal de la Nota Estructurada.
 N Número de días por vencer de la Nota Estructurada.
 r_n Tasa de rendimiento asociada al riesgo emisor y al número de días por vencer, que se obtiene de las Curvas Nominales Bancarias

Cuarto El valor de la prima de cada una de las opciones binarias *Call* que integran los portafolios de la estrategia, se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$C_{iby} = X * e^{-rT} * N(d)$$

Con:

$$d = \frac{\ln\left(\frac{FSw_{(0,t,t+1)}}{K}\right) + \left(r - rf - \frac{\sigma^2}{2}\right)t_i}{\sigma\sqrt{t_i}}$$

$$T = \frac{N}{365}, t_i = \frac{n_i}{365} \quad y$$

$$X = VN \times \frac{TIM}{360} \times \left(\frac{Pc}{O_k}\right)$$

Donde:

$FSw(0, t, t+1)$ Tasa *Forward Swap* obtenida a partir de la curva cupón cero que va de la fecha t a $t+1$.
 K Precio de Ejercicio
 r Tasa libre de riesgo compuesta de manera continua
 r_f Será igual a r para el caso de opciones de tasas de interés. Compuesta de manera continua.
 $N(\bullet)$ Probabilidad acumulada de la distribución normal estándar en el valor (\bullet)
 σ Volatilidad del rendimiento del subyacente.
 N Número de días al vencimiento de la Nota Estructurada.
 n_i Número de días al vencimiento de la *i*-ésima observación.

Pzo.	Plazo de la emisión.
TIM	Tasa de Interés Máxima establecida en el prospecto de la emisión.
Pc	Días del Cupón.
O _k	Número de observaciones del k-ésimo cupón.

Cuarto El precio limpio de valuación de la Nota Estructurada está dado por la siguiente expresión:

$$PLV = PV - Intdev$$

Donde:

PLV Precio Limpio de valuación de la Nota Estructurada *Range*.

PV Precio Sucio de valuación de la Nota Estructurada *Range*.

Intdev Intereses devengados del cupón vigente determinados por la siguiente expresión:

$$Intdev = VN \times \frac{TIM}{360} \times \left(\frac{Pc}{O_k} \right) \times A_t$$

A_t Número de observaciones a la fecha de valuación t, en que en que el subyacente fue mayor o igual al nivel inferior y menor o igual al nivel superior.

19. CREDIT LINKED NOTES (CLN)

Los derivados de crédito combinan las características de un producto financiero tradicional más la de un derivado crediticio, de tal forma que los flujos están influenciados por indicadores de crédito que no son variables de mercado. Si un determinado evento de crédito ocurre, el bono se liquida sobre la base del activo de referencia.

Un CLN es una forma de derivado de crédito. La estructura financiera es muy similar a la de un bono, es decir, el inversionista de un CLN paga un flujo para entrar en el CLN y recibe periódicamente un cupón y en el vencimiento de la operación se devuelve todo o parte del nominal de inversión.

La principal diferencia es que el rendimiento del CLN está explícitamente unido (*linked*) al comportamiento crediticio del activo o entidad de referencia.

1.1 Componentes del CLN

- 1) **Comprador del CLN.** El comprador de la nota es el inversionista, también es la figura de vendedor de protección. Realiza un pago al comprador de protección cuando decide entrar en el CLN (nominal de la inversión).
- 2) **Vendedor del CLN.** El comprador de protección es también el emisor del CLN. Si no existe un evento de crédito durante la vida del CLN, éste devolverá al comprador del CLN el valor a la par del nominal de la inversión.

Por otro lado, si ocurre un evento de crédito, pagará al comprador del CLN un valor por debajo de la par del nominal de la inversión. Éste valor se verá reducido por el valor nominal del título al que hace referencia el CLN.

- 3) **Obligación de referencia.** El activo al que hace referencia el CLN se denomina obligación de referencia. Las partes integrantes del CLN deciden especificar una obligación de referencia simple (bono), un número de obligaciones de referencia (cartera de bonos) o un índice de mercado.
- 4) **Cupón.** El cupón en un CLN puede ser LIBOR o cualquier otro índice de tasas de interés cotizado en el mercado. El cupón es el pago que se realiza al inversionista del CLN por tomar el riesgo de crédito del emisor del CLN y de la obligación de referencia.
- 5) **Evento de Crédito.** Un CLN es un instrumento de deuda cuyo valor depende de la calidad crediticia de la entidad de referencia. Si la entidad de referencia sufre un evento de crédito el valor del CLN disminuirá.

Por tanto un evento de crédito en la entidad de referencia producirá un descenso en el valor al vencimiento del CLN, pagando a los inversionistas un valor por debajo de la par.

1.2 Valuación de un CLN.

El CLN puede verse como un instrumento con dos componentes⁵:

- 1) **Un bono cuponado** (en donde cada uno de los flujos va a estar ponderado por la probabilidad de sobrevivencia (*Survival Probability*)).
- 2) **Un Credit Default Swap (CDS).**

⁵ Esta es la estructura básica de un CLN, sin embargo por lo general un CLN tiene adicionalmente un *swap* de tasas de interés (IRS) o un *swap* de divisas (CC IRS).

La valuación del primer componente surge del pago que debe hacer la entidad B (vendedor de protección) a la entidad A (comprador de protección) al entrar al CLN. Suponiendo que el CLN paga una tasa de r y que los flujos son pagados en una serie de fechas representadas por $\Gamma = T_1, T_2, \dots, T_n$. Entonces el valor presente de éste pago va a estar dado por:

$$P_{BONO_{CLN}} = \sum_{i=1}^n C_i * B(0, T_i) * p(T_{i-1}, T_i) * P(0, T_{i-1}) + N * B(0, T_n) p(T_{n-1}, T_n) * P(0, T_{n-1})$$

Donde:

$P_{BONO_{CLN}}$ Precio del bono cupón implícito en el CLN.

C_i El pago de cupón en la fecha t_i , el cual va a estar dado por la siguiente expresión:

$$C_i = N * r_{CLN} * Base_i$$

Donde:

N Monto nocional del CLN.

$B(0, T_i)$ Factor de descuento libre de riesgo.

r_{CLN} Tasa cupón que paga el *Credit Linked Note*.

$Base_i$ Cociente que determina el número de días del flujo i con respecto al año. La base puede ser:

- a) ACT/360
- b) 30/360
- c) E30/360
- d) ACT/ACT
- e) ACT/365

$$ACT = T_i - T_{i-1}$$

$p(T_{i-1}, T_i)$ Probabilidad de supervivencia condicional (*forward*) en el intervalo de tiempo $[T_{i-1}, T_i]$.

$P(0, T_{i-1})$ Probabilidad de supervivencia en el intervalo de tiempo $[0, T_{i-1}]$.

Liquidación del contrato en caso de un Evento de Crédito.

El valor del segundo componente (CDS) surge de los pagos que tanto el emisor (comprador de protección) como el inversionista en el CLN (vendedor de protección) deben hacerse en caso de que se dé un evento de crédito (*Credit Default Swap*).

En caso de que se de un evento de crédito, el valor presente del pago que el emisor (comprador de protección) efectúa al inversionista (vendedor de protección) va a estar dado por:

$$P_{CDS_C} = \alpha \sum_{i=0}^n 0.5(B(0, T_i) + B(0, T_{i+1})) * N * q(T_{i-1}, T_i) * P(0, T_{i-1})$$

Donde:

P_{CDS_C} Valor presente de los pagos hechos por el emisor (comprador de protección) al inversionista (vendedor de protección) en caso de que se dé algún evento de crédito.

- α Tasa de recuperación.
 N Monto nocional del CLN.
 $B(0, T_i)$ Factor de descuento libre de riesgo.
 $q(T_i, T_{i+1})$ Probabilidad condicional (*forward*) de que ocurra un evento de crédito en el intervalo de tiempo de $[T_{i-1}, T_i]$.
 $P(0, T_{i-1})$ Probabilidad de supervivencia en el intervalo de tiempo $[0, T_{i-1}]$.

En caso de que se de un evento de crédito, el valor presente del pago que el inversionista (vendedor de protección) efectúa al emisor (comprador de protección) va a estar dado por:

$$P_{CDS_V} = 100\% \sum_{i=0}^n 0.5(B(0, T_i) + B(0, T_{i+1})) * N * q(T_{i-1}, T_i) * P(0, T_{i-1})$$

Donde:

- P_{CDS_V} Valor presente de los pagos hechos por el emisor (comprador de protección) al inversionista (vendedor de protección) en caso de que se dé algún evento de crédito.
 N Monto nocional del CLN.
 $B(0, T_i)$ Factor de descuento libre de riesgo.
 $q(T_i, T_{i+1})$ Probabilidad condicional (*forward*) de que ocurra un evento de crédito en el intervalo de tiempo de $[T_{i-1}, T_i]$.
 $P(0, T_{i-1})$ Probabilidad de supervivencia en el intervalo de tiempo $[0, T_{i-1}]$.

En caso de *default* el inversionista pierde $(1 - \alpha) * N$, ya que éste figura como vendedor de protección en el contrato, es decir la función del vendedor es pagar la fracción recuperada $((1 - \alpha) * N)$ al comprador en caso de que ocurra un evento de crédito. Entonces, éste contrato puede verse como si en caso de *default* el inversionista pagará al emisor $(1 - \alpha) * N$, por lo cual el valor presente de éste pago va a estar dado por:

$$P_{CDS} = (1 - \alpha) \sum_{i=0}^n 0.5(B(0, T_i) + B(0, T_{i+1})) * N * q(T_{i-1}, T_i) * P(0, T_{i-1})$$

Donde:

- P_{CDS} Valor presente del pago por parte del vendedor en caso de *default*.
 α Tasa de recuperación.
 N Monto nocional del CLN.
 $B(0, T_i)$ Factor de descuento libre de riesgo.
 $q(T_i, T_{i+1})$ Probabilidad condicional (*forward*) de que ocurra un evento de crédito en el intervalo de tiempo de $[T_{i-1}, T_i]$.
 $P(0, T_{i-1})$ Probabilidad de supervivencia en el intervalo de tiempo $[0, T_{i-1}]$.

Por lo tanto, el valor del CLN va a estar dado por:

$$P_{CLN} = P_{BONO_{CLN}} + P_{CDS}$$

Donde:

P_{CLN} Precio del CLN.

$P_{BONO_{CLN}}$ Precio del bono implícito en el CLN (por lo regular emitido a la par).

P_{CDS} Precio del *Credit Default Swap* (CDS).

D. Bibliografía

- Hull, C. John. *Options, Futures, and Other Derivatives*. Quinta edición, editorial Prentice Hall, México, 2003, Pág. 185-199.
- Haug, Espen Gaarder. *The complete guide to option pricing formulas*. Editorial McGraw Hill, USA, 1998, 232 pp.
- Venegas Martínez Francisco. Documento de Trabajo “Mercados de Notas Estructuradas: un análisis descriptivo y métodos de valuación”. Centro de Investigación en Finanzas. Tecnológico de Monterrey, Campus Cd. de México.
- Gerstein Alvarez Moisés. Documento de Trabajo: Administración de Riesgos Financieros-Riesgo Tasa de Interés y Riesgo Cambiario. Instituto Tecnológico Autónomo de México / División Académica de Administración y Contabilidad.
- Rubinstein, Mark. “Finance Working Paper No. 20: *Binary Options*”. 1991
- Rubinstein, Mark y Reiner Eric. “Unscrambling the *Binary Code*”, RISK, Octubre 1991.
- Rubinstein, Mark y Reiner Eric. “*Breaking Down the Barriers*”, RISK, Septiembre 1991.
- Nelken, Israel. *The handbook of exotic options: Instruments, analysis and applications*. Editorial Irwin Professional Publishing, USA, 1996, 362 pp.
- De Lara Haro Alfonso. *Medición y Control de Riesgos Financieros*. Segunda edición, Editorial Limusa, México, 2002, 46 pp.
- Bodie, Zvi, et al. *Investments*. Cuarta edición, editorial MacGraw-Hill, USA, 1999, 644 pp.
- BMV-Educación: González Herrera Juan. Material didáctico “Administración de Riesgos Financieros”. México, julio de 2003, Pág. 91-99.
- Jarrow Robert and Tunbull Stuart. *Derivative Securities*. South – Western College Publishing. 2ª edición. *Capítulo 18: Credit Risk*.
- García Joao, Van Ginderen Helmut and García Reinaldo. *Present Valuing Credit Default Swaps: a Practitioner View*.
- Hull C., John and White Alan. *Valuing Credit Default Swaps I. No Counterparty Default Risk*. Toronto, Canada, Abril 2000.