

COMDER CONTRAPARTE CENTRAL

Mayo 2019

Curvas de valorización asociadas a la implementación de la cuenta de liquidación en dólares en ComDer.

Versión: V2-07-05-2019



Abstract

En los últimos años el mercado chileno de derivados, al igual que el de los países desarrollados, ha sufrido cambios importantes a consecuencia de la crisis financiera del año 2008 y de la implementación de la mitigación del riesgo de contraparte, dentro de los que se encuentran el uso de Credit Support Annex (CSA) y las Entidades de Contraparte Central (“ECC”). Este whitepaper, desarrollado por ComDer Contraparte Central S.A. (“ComDer”), busca proveer el marco de construcción de curvas de valorización de derivados con colaterales en dólares y pesos que permitan reflejar el costo de oportunidad del dinero detrás de la operatoria de derivados.

El costo de oportunidad está determinado por los términos y condiciones económicas que se incluyen en los anexos de contrato, por ejemplo, en el caso de un anexo de contrato CSA, este está determinado en la sección de remuneración del colateral, generalmente CASH en USD es la tasa FED. En el caso de una ECC el costo de oportunidad está determinado por lo que se denomina el Price Alignment Amount (PAA), que en el caso de una liquidación en dólares será calculado en base a la tasa FED.

Específicamente, en el caso de la utilización como costo de oportunidad la tasa FED, las curvas de valorización, esto es la curva de swap cámara promedio nominal y real deben reflejar un costo de financiamiento Off-Shore u On-Shore. Las metodologías utilizadas en este paper extraen la información pura de los precios de mercado que permiten generar proyecciones de los índices de cámara promedio nominal y real y, al mismo tiempo, construir las curvas de descuento para la valorización de los flujos implícitos de los derivados.

Este documento se desarrolló para implementar una metodología útil para ComDer cuando la liquidación de sus contratos es en dólares, el PAA es tasa FED, y los precios son obtenidos a partir de brokers que publican precios en base a un CSA en dólares. Es importante recordar que en el mundo bilateral, existen otros factores que afectan la valorización de derivados, tales como los XVAs, los cuales no están considerados en este documento.

Por lo anterior, este documento no debe ser considerado como metodología universal para la correcta valorización de derivados.

Índice

1. Introducción	4
1.1. Contexto histórico	4
1.2. Situación actual	5
1.3. Objetivo y estructura del documento	6
2. Tipos de curvas y bootstrapping	7
2.1. Tipos de curvas	7
2.1.1. Curva PAR	7
2.1.2. Curva Cero	7
2.1.3. Curva Forward	8
2.2. Curvas base, fuentes e instrumentos	8
2.2.1. Fuentes de precios	8
2.2.2. Non-Deliverable forward USD/CLP	8
2.2.3. Non-Deliverable forward CLF/CLP	9
2.2.4. Curva PAR Swap Promedio de Cámara en Pesos	10
2.2.5. Cross Currency Swap UF/ Cámara	11
2.2.6. USD OIS	12
2.2.7. USD OIS vs Libor 3M	13
2.2.8. Libor 3M vs Libor 6M	14
2.2.9. Libor 6M vs Cámara	15
2.3. Bootstrapping	16
2.3.1. Ejemplo práctico (Factores de descuento)	17
2.3.2. Ejemplo aplicado	18
3. Metodología e intuición del dual curve stripping.	21
3.1. Intuición	21
3.2. Metodología y ejemplo práctico	21
3.3. Ejemplo aplicado	22
4. Construcción de curvas	25
4.1. Proceso de construcción de la curva Cero para swap promedio cámara en pesos con colateral en pesos.	25
4.1.1. Primera etapa: construcción de curva para reflejar el costo equivalente en pesos de oportunidad asociada al CSA en dólares.	25
4.1.2. Segunda etapa: extracción de la curva de proyección para los flujos flotantes en pesos a través de dual curve stripping.	28
4.2. Proceso de extracción y construcción de las curvas PAR y Cero relacionadas al swap promedio cámara en UF con colateral en pesos.	29
4.2.1. Primera etapa: extracción de la curva para reflejar el costo equivalente en UF de oportunidad asociada al CSA en dólares.	29
4.2.2. Segunda etapa: cálculo de las tasas PAR relacionadas a la curva del el costo equivalente en UF de oportunidad asociada al CSA en dólares.	30

4.2.3. Tercera etapa: extracción de la curva de proyección para los flujos flotantes en UF a través de dual curve stripping.	32
5. Valorización y comparación de spreads para SPC CLP, SPC UF y CSS UF CAM con colateral en pesos y dólares.	33
5.1. Valorización.	33
5.1.1. Valorización de un SPC CLP con colateral en dólares y pesos	33
5.1.2. Valorización de un SPC UF con colateral en dólares	34
5.1.3. Valorización de un CCS UF cámara nominal con colateral en dólares . . .	35
5.2. Comparación de colaterales	36
5.2.1. Explicación intuitiva	37
6. Futuros desarrollos y extensiones	39

1. Introducción

1.1. Contexto histórico

En el año 2007 comenzó en Estados Unidos la mayor crisis financiera desde la gran depresión. Esta crisis, más conocida como “subprime”, ha tenido importantes consecuencias en el mundo financiero, entre ellos la forma de gestionar los riesgos de contraparte que generan los derivados financieros.

La acumulación de pérdidas mostradas por las instituciones financieras durante la crisis, que en su conjunto llegaron a ser más de 1.7 trillones de dólares, generaron dudas sobre la liquidez y solvencia crediticia de los grandes bancos. Debido a lo anterior, se vio una creciente presión por mitigar el riesgo de contraparte asociado con las transacciones de derivados OTC interbancarios, especialmente luego del colapso de Lehman y el incumplimiento en sus obligaciones de contraparte en los derivados OTC.

El mecanismo más utilizado entre los bancos para mitigar el riesgo interbancario generado por los derivados es el acuerdo denominado Credit Support Annex o “CSA”. El CSA proporciona protección crediticia generada de las fluctuaciones de valor de los derivados, estableciendo las reglas que rigen la constitución mutua de garantías asociadas al cambio en el valor de estos instrumentos financieros.

Por otro lado, a partir de la cumbre de Pittsburgh del G20 en 2009, ha habido una ola creciente de cambios regulatorios que han tenido como objetivo primordial el promover la estabilidad financiera. Entre los cambios regulatorios se encuentra una serie de reformas en los mercados de derivados OTC, principalmente debido a la declaración del G20 de que “todos los derivados estandarizados deben ser liquidados y compensados en una Entidad de Contraparte Central (ECC)”.

El propósito fundamental de una ECC es mitigar el riesgo de contraparte centralizando su gestión, asegurando de esa forma a los traders de derivados contra el incumplimiento de sus contrapartes.

En particular, **una ECC entrega beneficios de reducción de riesgos sistémicos, incluida la compensación multilateral de las exposiciones, la colateralización ex ante de las exposiciones a un alto nivel, transparencia en la asignación de pérdidas acordada por contrato (Normas de Funcionamiento) para hacer frente a riesgos denominados “Fat Tails”¹, y una coordinada gestión en caso de un incumplimiento.** De hecho, fue la búsqueda de estos beneficios lo que motivó la declaración de Pittsburgh.

Al igual que en los CSAs, en las ECCs los colaterales entregados por las distintas partes en un contrato de derivados juegan un rol fundamental en la mitigación de riesgos de contrapartes,

¹Fat Tails o Colas Gordas, se refiere al exceso de kurtosis en la distribución por lo que existen más eventos extremos que en una distribución gaussiana, se utiliza para hacer referencia a eventos extremos.

pero al mismo tiempo estos colaterales incorporan costos financieros y de oportunidad.

Es de vital importancia entender los costos financieros derivados de esta mitigación de riesgos de forma de poder valorizar correctamente los derivados financieros y en particular los swaps de tasa de interés, ya que el plazo de término de estos por lo general es de varios años, entonces si los costos no están bien comprendidos, las valorizaciones de estos pueden estar muy fuera de la realidad.

1.2. Situación actual

Como se vio anteriormente, la crisis financiera generó cambios profundos en la forma de operar derivados debido principalmente a la necesidad de mitigar el riesgo de contraparte. La mitigación de riesgo de contraparte se hizo vía la colateralización del valor de mercado de los derivados, lo cual en la práctica se hace vía entrega de efectivo desde la parte que esta con MTM negativo en el derivado a la parte que está con MTM² positivo. Debido a lo anterior los bancos masificaron el uso de anexos de contrato ISDA³ denominados “Credit Support Annex” o CSA y es importante recalcar que los CSAs reconocen el costo financiero generado por la mitigación de riesgo de contraparte, por lo que los contratos incluyen el concepto de remuneración de colateral, lo cual permite de cierta medida eliminar la distorsión en los precios de los derivados con CSA y sin CSA.

En el último tiempo en Chile se han masificado los contratos de derivados CSA con remuneración a tasa FED⁴. De hecho, los brokers solo muestran precios en sus pantallas bajo esta modalidad de contrato con CSA en USD. Esto, en la práctica significa que el costo de oportunidad del dinero detrás de un derivado con colateral en USD **es la TASA FED**, o lo que es “equivalente” al momento de descontar flujos de distintos plazos de debe utilizar **la curva OIS en dólares**.

Sin embargo, cuando los derivados que se están valorizando tienen estructura de pagos en una moneda subyacente peso o UF, y un costo de oportunidad en USD, es necesario transformar el costo de oportunidad desde la tasa FED en dólares (Fondeo en dólares a tasa FED) a una tasa en pesos (en la práctica la tasa de fondeo en dólares Off-Shore)⁵.

Debido a lo anterior, la incorporación de CSA en dólares ha llevado a que los derivados tengan que ser valorizados utilizando curvas de descuento complejas que representan el costo financiero del fondeo a tasa FED.

²Valor de mercado por sus siglas en ingles de Mark to Market

³International Swaps and Derivatives Association

⁴Fed Funds Rate

⁵En este documento nos referiremos a financiamiento Off-Shore al financiamiento en el extranjero y al financiamiento On-Shore al financiamiento vía productos domiciliados en Chile

1.3. Objetivo y estructura del documento

El objetivo principal de este documento es implementar una metodología útil para ComDer cuando la liquidación de sus contratos es en dólares, el PAA⁶ (Price Alignment Amount) es tasa FED, y los precios son obtenidos a partir de brokers que publican precios en base a un CSA en dólares. El desarrollo de la metodología se centra principalmente en construcción de curvas de descuento asociadas a las curvas de swap cámara promedio nominal y real pero que se transan utilizando un CSA en USD.

El documento se organiza de la siguiente manera: en primer lugar se presenta un contexto económico y financiero relacionado con la crisis subprime y los efectos de esta en la valorización de derivados. En segundo lugar se presenta una descripción de las curvas base y bootstrapping⁷ necesarias para la valorización de swaps. En tercer lugar, se presenta la metodología de dual curve stripping. En cuarto lugar, se presenta la construcción de curvas Cero de swap promedio cámara nominal y real. En quinto lugar se presenta la valorización de los productos y comparación de los colaterales, y finalmente futuros desarrollos y extensiones.

⁶El Price Alignment Amount o PAA es el equivalente en una CCP a la remuneración del colateral en un CSA, es decir corresponde al ajuste del costo de fondeo del pago del Margen de Variación en una CCP.

⁷Metodología para la construcción de curvas Cero a partir de tasas PAR.

2. Tipos de curvas y bootstrapping

En esta sección se presenta una descripción de las fuentes de precios, tipos de curvas, curvas base y la metodología de bootstrapping, las cuales se utilizaron para el desarrollo de este documento.

2.1. Tipos de curvas

Para el correcto entendimiento de la metodología del dual curve stripping, que se ve más adelante, resulta vital conocer la metodología de “bootstrapping”, las diferencias entre una curva par y una curva Cero así como también el conocimiento de las tasas forwards y tasas de descuento. En esta sección se describen cada uno de estos conceptos y su uso.

2.1.1. Curva PAR

Una curva de rendimiento PAR, o simplemente curva PAR, es una visualización de las condiciones actuales del mercado de algunos instrumentos de tasas de interés, en particular de los swap de tasas de interés o IRS, los cuales se transan a la PAR. La tasa PAR es una condición particular de la tasa de rendimiento o Yield y se obtiene cuando los cupones de un swap igualan a la tasa de rendimiento generando esta relación PAR entre cupón y tasa de descuento.

Dado que usualmente no hay bonos en el mercado para cada madurez, la curva par es construida usando los tenors disponibles en el mercado y luego usando técnicas de interpolación, extrapolación, suavizamientos y modelación de spreads entre otros para obtener las tasas faltantes. Por lo tanto, diferentes fuentes pueden presentar ligeras diferencias en los valores para las tasas PAR. Es importante notar que en la mayoría de los swaps de tasa de interés no hay cupones hasta los 18 meses, por lo que a partir de 2 años los swaps suelen pagar cupones semestrales.

Una aplicación de la curva PAR es el computar los spreads nominales para bonos. El spread nominal es simplemente la diferencia en el YTM de dos bonos con la misma madurez, usualmente un bono riesgoso (ejemplo, un bono corporativo) y un bono libre de riesgo (ejemplo, un Treasury). La curva PAR es también el punto de partida para desarrollar la curva Cero y la curva forward, que se explican a continuación.

2.1.2. Curva Cero

Mientras que la curva PAR entrega una tasa que es usada para descontar múltiples flujos, es decir todos los flujos de caja, cupones (en caso de que no sea Cero-cupón) y principal. La curva Cero entrega la tasa usada para descontar un solo flujo a una cierta madurez (llamada un pago spot) y de igual manera entrega la tasa para bonos Cero-cupón (a diferencia de uno que paga cupones).

Por ende, para determinar el precio de un bono que paga cupones, en lugar de descontar todos los flujos a la misma tasa de descuento (YTM) se puede descontar el primer cupón de pago a la tasa Cero para su madurez correspondiente, y el segundo pago de cupón a la tasa

Cero para su madurez correspondiente, y así sucesivamente. La clave que relaciona la curva Cero con la curva PAR es que se debe obtener el mismo precio (valor presente) ya se use la curva Cero o PAR. La curva Cero es derivada de la curva PAR al igual que la curva forward es derivada de la curva Cero, donde el proceso de construcción es a partir del proceso que se denomina Bootstrapping. Con esta relación en mente, el proceso de derivar la curva Cero es llamado bootstrapping y se explica más adelante.

2.1.3. Curva Forward

La curva forward se deriva a partir de la curva Cero. La curva de tasas forward permite identificar tasas para un periodo determinado en un tiempo futuro. Por ejemplo, si se sabe que la tasa de un bono Cero-cupón a un año se transa a 3% y uno de 2 años a 4%, se puede inferir a través de esta curva de tasas Cero que la tasa forward de un bono de 1 año en 1 año mas es cercana a 5%. Esto se deriva de la base que estos bonos son Cero-cupón y por ende se sabe que mientras que un bono a 2 años pagará aproximadamente 8% en los dos años y el de 1 pagará 3%, para cumplir con el supuesto de no arbitraje la tasa de un bono Cero cupón de 1 año en un año más deber ser aproximadamente 5% ($8\% - 3\%$). Obviamente, el ejemplo anterior asume muchos supuestos, pero lo importante es entender el valor de esta curva en la construcción de curvas Cero. En la estructura de desarrollo de los pagos de un instrumento derivado como un swap, se usan las tasas forward para proyectar flujos en periodos determinados, como por ejemplo el periodo de un cupón. Estas tasas normalmente se obtienen directamente desde la curva Cero, pero como se verá mas adelante también se puede obtener a través del dual curve stripping para descubrir la tasa Cero del periodo.

2.2. Curvas base, fuentes e instrumentos

En esta subsección se describen fuentes de precios, instrumentos financieros y sus curvas asociadas necesarias para cumplir con el objetivo del documento.

2.2.1. Fuentes de precios

La obtención de datos para la construcción de curvas proviene principalmente de 3 brokers⁸: broker 1, broker 2 y broker 3. Adicionalmente, para las curvas OIS, Libor 3M y Libor 6M se recurre a Bloomberg ya que estos precios no están disponibles en los reportes que se reciben de los brokers mencionados anteriormente.

2.2.2. Non-Deliverable forward USD/CLP

El NDF USD/CLP es uno de los productos más demandados en la industria financiera del mercado chileno, ya que cumple multiples funciones como cobertura y exposición. Estos derivados permiten intercambiar fondeo en dólares local (On-shore) por fondeo en pesos a un determinado precio y plazo, en el cual el precio y los puntos forward determinan el diferencial de estas tasas.

⁸para su anonimato se llamarán broker 1, broker 2 y broker 3.

Por ejemplo, al utilizar la tasa FED como referencia, se obtiene vía este diferencial una tasa que se puede interpretar como por ejemplo una tasa cámara promedio +- algún spread. Por esta razón, los puntos forward contienen información valiosa que permite identificar el basis de moneda existente que se utilizará mas adelante en la construcción de curvas. Este producto se cotiza mediante los principales agentes del mercado incluidos los 3 brokers mencionados anteriormente, por lo cual son la fuente de precios para este derivado. Para efectos de este documento se asume un starting lag de t+2, tasas Act/360 y un promedio simple de los 3 brokers.

Tabla 1: Estructura de puntos forward de dólar para NDF USD/CLP obtenidas el día 25 de marzo de 2019.

Tenor	Broker 1	Broker 2	Broker 3	Promedio Simple
7	0.000	0.010	-0.010	0.000
14	0.010	0.000	0.000	0.003
32	0.000	-0.010	-0.020	-0.010
60	0.030	0.030	0.030	0.030
93	0.080	0.080	0.100	0.087
123	0.230	0.230	0.250	0.237
154	0.280	0.300	0.300	0.293
185	0.350	0.350	0.380	0.360
276	0.800	0.800	0.800	0.800
367	0.950	1.000	1.000	0.983
550	2.250	2.150	2.100	2.167
732	4.500	4.500	4.400	4.467

2.2.3. Non-Deliverable forward CLF/CLP

El NDF CLF/CLP o mas conocido como seguro de inflación también es uno de los productos más demandados en la industria financiera chilena, ya que al igual que el NDF USD/CLP cumple múltiples funciones como cobertura y exposición a la inflación. Estos derivados intercambian UF a una tasa de inflación implícita por pesos (o viceversa) a un determinado precio y plazo. Este producto se cotiza mediante los principales agentes del mercado incluidos los 3 brokers mencionados anteriormente, por lo cual son la fuente de precios para este derivado.

Los precios y puntos forward que se ven a continuación incluyen tasas implícitas de inflación y por ende se puede calcular la tasa real implícita contenida en los puntos fwd de UF. Esto es de gran utilidad ya que se puede utilizar para la parte corta de la curva swap índice cámara promedio real y solucionar el problema de liquidez de estos plazos. Para efectos del documento se asume un starting lag de t+2, tasas Act/360 y un promedio simple de los 3 brokers.

Tabla 2: Precios y puntos forward de UF para NDF CLF/CLP obtenidas el día 25 de marzo de 2019.

Fecha	Tenor	Días Broker	Broker 1	Broker 2	Broker 3	Puntos FWD
09-05-2019	2M	43	27,658	27,660	27,659	93
07-06-2019	3M	72	27,740	27,745	27,745	178
09-07-2019	4M	104	27,821	27,820	27,825	256
09-08-2019	5M	135	27,865	27,867	27,878	304
09-09-2019	6M	166	27,933	27,928	27,928	364
09-10-2019	7M	196	27,985	27,983	27,982	418
08-11-2019	8M	226	28,087	28,082	28,076	516
09-12-2019	9M	257	28,190	28,184	28,177	618
09-01-2020	10M	288	28,215	28,209	28,202	643
07-02-2020	11M	317	28,241	28,235	28,235	671
09-03-2020	12M	348	28,287	28,277	28,292	720
09-04-2020	13M	379	28,344	28,331	28,344	774
08-05-2020	14M	408	28,419	28,415	28,419	852
09-06-2020	15M	440	28,478	28,469	28,492	914
09-07-2020	16M	470	28,523	28,522	28,540	963
07-08-2020	17M	499	28,564	28,570	28,575	1,004
09-09-2020	18M	532	28,644	28,648	28,682	1,092
09-10-2020	19M	562	28,709	28,703	28,757	1,157

2.2.4. Curva PAR Swap Promedio de Cámara en Pesos

El Swap Promedio de Cámara en Pesos o SPC CLP es un swap que intercambia pagos a una tasa fija por flujos flotante anclados al índice cámara promedio nominal. El principal uso de este derivado es la cobertura de riesgo de tasa de interés en pesos y toma de posición en tasas. El flujo flotante de este swap refleja la expectativa de tasa de política monetaria, por lo que los traders pueden apostar a una expectativa mayor o menor a lo reflejado en el mercado transando este derivado.

Sin duda, el SPC CLP es el swap más transado en Chile. Sin embargo, como se comentó anteriormente, los precios de este swap incorporan un CSA en dólares a tasa Fed, por lo que la curva Cero o tasas forward de esta no sirve para proyectar el índice cámara promedio nominal, pero sirve como ancla para extraer las tasas forward a partir del método dual curve stripping que se explica más adelante.

Este producto se cotiza mediante los principales agentes del mercado incluidos los 3 brokers mencionados anteriormente, por lo cual son la fuente de precios para este derivado. Para efectos del documento se asume un starting lag de $t+2$, tasas Act/360 y un promedio simple de los 3 brokers.

Tabla 3: Tasas swap promedio cámara en pesos (SPC CLP) obtenidas el día 25 de marzo de 2019.

Tenor	Broker 1	Broker 2	Broker 3	Promedio Simple
3M	3.02	3.03	3.03	3.02
6M	3.06	3.06	3.06	3.06
9M	3.06	3.07	3.07	3.07
1Y	3.09	3.09	3.09	3.09
18M	3.12	3.10	3.14	3.12
2Y	3.15	3.16	3.15	3.15
3Y	3.23	3.24	3.23	3.23
4Y	3.34	3.35	3.34	3.34
5Y	3.43	3.44	3.43	3.43
6Y	3.52	3.52	3.52	3.52
7Y	3.61	3.62	3.60	3.61
8Y	3.68	3.67	3.69	3.68
9Y	3.77	3.75	3.77	3.76
10Y	3.85	3.85	3.84	3.85
15Y	3.99	4.01	3.97	3.99
20Y	4.08	4.12	4.06	4.08

2.2.5. Cross Currency Swap UF/ Cámara

El Cross Currency Swap CLF/ Cámara es un swap que intercambia pagos a una tasa fija en UF por flujos flotantes en pesos a una tasa anclada al índice cámara promedio nominal con la particularidad que intercambia principal al final del contrato, esto es el valor de la UF del inicio del contrato para la pierna en pesos.

A pesar de que existe también un swap promedio cámara real, este producto que en la práctica corresponde a un Interest Rate Swap o IRS, no es en la actualidad transado en el mercado (no es líquido) y por ende no es correcto utilizar estos precios para proyectar o descontar el índice cámara promedio real. El CCS UF Cámara sirve no solo para cobertura sino también para tomar posición en tasas reales y nominales. Los precios de este swap incorporan un CSA en dólares a tasa Fed, y por ende sirve como ancla para extraer las tasas de descuento asociadas al CSA y más tarde para construir la curva de tasas forward para proyectar el índice cámara promedio real.

Este producto se cotiza mediante los principales agentes del mercado incluidos los 3 brokers mencionados anteriormente, por lo cual son la fuente de precios para este derivado. Para efectos del documento se asume un starting lag de $t+2$, tasas Act/360 y un promedio simple de los 3 brokers.

Tabla 4: Tasas para Cross-currency swaps UF / CAM (CCS UF/CAM) obtenidas el día 25 de marzo de 2019.

Tenor	Broker 1	Broker 2	Broker 3	Promedio Simple
3M	-0.15	-0.20	-0.23	-0.190
6M	0.16	0.18	0.19	0.180
9M	-0.12	-0.10	-0.08	-0.100
1Y	0.37	0.40	0.40	0.390
18M	0.45	0.44	0.46	0.450
2Y	0.46	0.45	0.46	0.460
3Y	0.53	0.52	0.53	0.530
4Y	0.62	0.58	0.59	0.600
5Y	0.69	0.66	0.67	0.670
6Y	0.77	0.78	0.77	0.770
7Y	0.85	0.93	0.86	0.880
8Y	0.93	0.97	0.93	0.940
9Y	0.97	0.98	0.93	0.960
10Y	1.02	1.00	0.99	1.000
15Y	1.07	1.07	1.06	1.060
20Y	1.14	1.15	1.13	1.140

2.2.6. USD OIS

El Overnight Indexed Swap (OIS) corresponde al swap equivalente al SPC CLP en Estados Unidos. Este derivado intercambia una tasa fija por una flotante anclada a la tasa efectiva de fondos federales (Fed), la cual también es compuesta diariamente como el índice cámara promedio nominal.

Debido a que esta tasa refleja el costo de oportunidad determinada en los CSA, esto es fondeo a tasa FED, esta es una de las curvas necesarias para calcular la tasa equivalente para fondear flujos en peso vía dólares en Chile. La información de precios para este producto se obtiene directamente desde Bloomberg y para efectos del documento se asume un starting lag de t+2 y tasas Act/360.

Tabla 5: Curva Overnight Index Swap (OIS) obtenida desde Bloomberg el día 25 de marzo de 2019.

Ticket	Tenor	Yield
Bloomberg		
FEDL01 Curncy	1D	2.410
USSOC Curncy	3M	2.396
USSOF Curncy	6M	2.359
USSOI Curncy	9M	2.310
USSO1 Curncy	1Y	2.263
USSO1F Curncy	18M	2.156
USSO2 Curncy	2Y	2.076
USSO3 Curncy	3Y	1.986
USSO4 Curncy	4Y	1.964
USSO5 Curncy	5Y	1.976
USSWAP7 Curncy	7Y	2.026
USSWAP10 Curncy	10Y	2.120
USSWAP15 Curncy	15Y	2.238
USSWAP20 Curncy	20Y	2.295

2.2.7. USD OIS vs Libor 3M

Esta curva representa la diferencia de tasas entre la Libor 3 meses y las tasas OIS. Este basis o spread es necesario para avanzar en el descubrimiento de la estructura de tasas en pesos que en la práctica representa el fondeo en dólares Off-Shore. Como objetivo se trata de determinar esta tasa a través de un basis entre la tasa FED y la tasa cámara promedio. El spread entre Libor 3 meses y OIS es el primer spread necesario para lograrlo.

La tasa Libor 3M corresponde a la estructura de tasas media a la que un conjunto de bancos Londinenses transa préstamos con un vencimiento de 3 meses. Como se comentó anteriormente el basis obtenido con esta curva se utilizará posteriormente para la obtención de la curva Cero de descuento asociada al CSA en dólares (fondeo en dólares). Nuevamente tanto USD OIS como Libor 3M son obtenidos directamente desde Bloomberg y para efectos del documento se asume un starting lag de $t+2$ y tasas Act/360.

Tabla 6: Curva de basis entre tasas OIS y Libor 3M obtenida desde Bloomberg el día 25 de marzo de 2019.

Ticket	Tenor	Basis
Bloomberg		
USSWAP2 BGN Curncy	2Y	25.7
USSWAP3 BGN Curncy	3Y	25.7
USSWAP4 BGN Curncy	4Y	25.3
USSWAP5 BGN Curncy	5Y	25.0
USSW6 BGN Curncy	6Y	24.7
USSWAP7 BGN Curncy	7Y	24.9
USSW8 BGN Curncy	8Y	24.6
USSW9 BGN Curncy	9Y	25.3
USSWAP10 BGN Curncy	10Y	25.7
USSWAP15 BGN Curncy	15Y	26.9
USSWAP20 BGN Curncy	20Y	26.8

2.2.8. Libor 3M vs Libor 6M

Este spread representa la diferencia de tasas entre Libor 3 meses y la Libor 6 meses (préstamos con vencimiento a 6 meses). Naturalmente la tasa Libor 6 meses es mayor a la Libor 3 meses ya que esta fija sus tasas semestralmente mientras que la Libor 3 meses lo hace trimestralmente. La diferencia en la frecuencia de las tasas genera un mayor riesgo de madurez para el caso de la libor de 6 meses, y por ende, sus tasas reflejan un mayor riesgo (mayor tasa).

Al igual que el spread anterior, este spread es necesario para descubrir el basis total necesario para la estructura de tasas en pesos que representan el costo de fondeo de dólares Off-Shore. El spread entre Libor 3 meses y Libor 6 meses es el segundo spread necesario. Nuevamente tanto USD OIS, Libor 3M y ahora Libor 6M son obtenidos directamente desde Bloomberg y para efectos del documento se asume un starting lag de t+2 y tasas Act/360.

Tabla 7: Curva de basis entre tasas Libor 3M y Libor 6M obtenida desde Bloomberg el día 25 de marzo de 2019.

Ticket Bloomberg	Tenor	Spread o Basis
USBC2 BGN Curncy	2Y	12.083
USBC3 BGN Curncy	3Y	10.917
USBC4 BGN Curncy	4Y	11.250
USBC5 BGN Curncy	5Y	11.167
USBC6 BGN Curncy	6Y	12.083
USBC7 BGN Curncy	7Y	11.667
USBC8 BGN Curncy	8Y	12.000
USBC9 BGN Curncy	9Y	12.417
USBC10 BGN Curncy	10Y	12.500
USBC15 BGN Curncy	15Y	8.167
USBC20 BGN Curncy	20Y	11.108

2.2.9. Libor 6M vs Cámara

Finalmente el tercer y último basis necesario es el spread entre la Libor 6 meses y la tasa cámara promedio nominal. Este spread en conjunto con el spread OIS vs Libor 3M y Libor 3M vs Libor 6M serán utilizados para obtener el currency basis final, el cual posteriormente se restará a la tasa cámara promedio nominal y con el cual se obtendrá la estructura de tasas PAR en pesos equivalente a la tasa de fondeo Fed en Chile.

La estructura de tasas cámara es obtenida directamente de los 3 brokers mencionados anteriormente. Para efectos del documento se asume un starting lag de $t+2$, tasas Act/360 y un promedio simple de los 3 brokers.

Tabla 8: Curva de basis entre Libor 6M y tasa swap promedio cámara obtenida el día 25 de marzo de 2019.

Tenor	Broker 1	Broker 2	Broker 3	Promedio simple Brokers
2Y	42.00	39.50	36.00	39.17
3Y	42.00	41.50	39.00	40.83
4Y	43.00	43.50	41.00	42.50
5Y	45.50	45.50	43.50	44.83
6Y	46.50	48.00	44.00	46.17
7Y	49.00	49.00	47.00	48.33
8Y	52.50	52.50	51.00	52.00
9Y	57.00	56.50	55.50	56.33
10Y	62.00	62.00	60.50	61.50
15Y	78.00	77.00	77.00	77.33
20Y	88.00	88.00	87.00	87.67

2.3. Bootstrapping

Para poder utilizar las curvas PAR antes mencionadas, se deben extraer los factores de descuento asociados a las curvas, es decir transformar las curvas PAR a curvas Cero. En la práctica existe un proceso iterativo que permite extraer esta información. Este proceso se denomina "bootstrapping", cuyo nombre viene de la idea de amarrarse las botas haciendo referencia a que es necesario ir cordón a cordón para lograr amarrarse las botas. Este proceso consiste en la identificación de las tasas forwards o de factores de descuento incrementales que resuelven la equivalencia entre los flujos de tasa fija y tasa flotante de un swap. Es importante notar que este es un proceso iterativo y es dependiente del orden para desarrollarse.

Por ejemplo, supongamos que contamos con la siguiente estructura de tasas PAR que pagan cupones semestrales (notar que la primera tasa PAR es equivalente a una tasa Cero). Por lo tanto, para descubrir la tasa Cero de 2 años para un bono de 2 años con nocional de \$1,000 el desarrollo sería el siguiente:

Tabla 9: Estructura tasas par

Madurez (años)	Tasa par
0.5	2.00 %
1	2.40 %
1.5	2.76 %
2	3.08 %
2.5	3.38 %
3	3.64 %

Primero, la tasa anual del cupón es de 2.40% entonces el pago anual del cupón es \$24.00 (2.40%*\$1,000), el pago semi-anual corresponde por lo tanto a cupones de \$12.00 (\$24.00/2) para cada uno. Por lo tanto, se tiene que la tasa Cero de 2 años para esta estructura es:

$$\begin{aligned}
 \$1,000 &= \frac{\$12,00}{1 + \frac{2\%}{2}} + \frac{\text{Nocional} + \$12,00}{\left(1 + \frac{\text{Cero}_2}{2}\right)^2} \\
 \Rightarrow \$1,000 &= \$11,88 + \frac{\$1,012,00}{\left(1 + \frac{\text{Cero}_2}{2}\right)^2} \\
 \Rightarrow \$988,12 &= \frac{\$1,012,00}{\left(1 + \frac{\text{Cero}_2}{2}\right)^2} \\
 \Rightarrow \left(1 + \frac{\text{Cero}_2}{2}\right)^2 &= \frac{\$1,012,00}{\$988,12} \Rightarrow \left(1 + \frac{\text{Cero}_2}{2}\right) = \sqrt{1,0242} \Rightarrow \text{Cero}_2 = 2,4024\%
 \end{aligned}$$

Un vez teniendo la tasa Cero para el segundo año, se puede seguir descubriendo la tasa de los próximos periodos. Por ejemplo, para encontrar Cero_3 , se usa el bono PAR con madurez de un

año y medio cuya tasa es de 2.76 % (anual), o un pago semi-anual de \$13.80 ($2.76\% \cdot \$1,00 \cdot 0,5$).

$$\begin{aligned} \$1,000 &= \frac{\$13,80}{1 + \frac{2\%}{2}} + \frac{\$13,80}{\left(1 + \frac{2,4024\%}{2}\right)^2} + \frac{\$1,013,80}{\left(1 + \frac{\text{Cero}_3}{2}\right)^3} \\ &\Rightarrow \text{Cero}_3 = 2,7669\% \end{aligned}$$

Si se calcula de esta misma manera las restantes tasas Cero, se obtienen las siguientes tasas:

$$\text{Cero}_4 = 3,0974\% \quad \text{Cero}_5 = 3,3975\% \quad \text{Cero}_6 = 3,6701\%$$

2.3.1. Ejemplo práctico (Factores de descuento)

La relación existente entre los factores de descuento y las tasas Cero es la siguiente:

$$\text{DF} = \left(\frac{1}{1 + \frac{\text{Cero}}{2}} \right)^{\left(\frac{2 \cdot \text{días}}{360} \right)} \quad (2.1)$$

A continuación y haciendo uso de la estructura de tasas par de la tabla anterior se procede a calcular la tasa Cero nuevamente, pero en esta oportunidad mediante el cálculo de los factores de descuento.

$$\begin{aligned} \text{DF} &= \left(\frac{1}{1 + \frac{\text{Cero}_1}{2}} \right)^{\left(\frac{2 \cdot 180}{360} \right)} \\ &\Rightarrow \text{DF} = \left(\frac{1}{1 + \frac{2,0\%}{2}} \right) \\ &\Rightarrow \text{DF} = \left(\frac{1}{1 + 1\%} \right) \\ &\Rightarrow \text{DF} = \left(\frac{1}{1,01} \right) \\ &\Rightarrow \text{DF} = 0,99009 \end{aligned}$$

Ahora que se posee tanto el primer factor de descuento, como también la relación de la tasa Cero con el factor de descuento, se puede comenzar a realizar la analogía y cálculo del factor de descuento de un año partiendo del bootstrapping de tasa Cero:

$$\text{DF} = \left(\frac{\$12,00}{1 + \frac{\text{Cero}_1}{2}} \right) + \left(\frac{\$1,012,00}{\left(1 + \frac{\text{Cero}_2}{2}\right)^2} \right) \quad (2.2)$$

Recordemos que DF_1 es 0.0099009

$$\begin{aligned} DF_2 \cdot \$1,012,00 &= \$1,000 - \$12,00 \cdot 0,0099009 \\ \Rightarrow DF_2 &= \left(\frac{\$988,118811881188}{\$1,012,00} \right) \\ \Rightarrow DF_2 &= 0,976401988024889 \end{aligned}$$

El factor de descuento anterior, es equivalente al encontrado en el ejemplo mostrado de bootstrapping para tasas Cero (2,4024%), lo anterior se puede comprobar como sigue:

$$\begin{aligned} DF &= \left(\frac{1}{1 + \frac{\text{Tasa}}{2}} \right)^{\frac{2 \cdot 360}{360}} \\ \Rightarrow DF_2 = 0,976401988024889 &= \left(\frac{1}{1 + \frac{\text{Cero}_2}{2}} \right)^{\frac{2 \cdot 360}{360}} \\ \Rightarrow \sqrt{0,976401988024889} &= \left(\frac{1}{1 + \frac{\text{Cero}_2}{2}} \right)^{\frac{2 \cdot 360}{360}} \\ \Rightarrow \text{Cero}_2 &= 2 \cdot \left(\frac{1}{0,976401988024889} - 1 \right) \\ \Rightarrow \text{Cero}_2 &= 2,4024\% \end{aligned}$$

2.3.2. Ejemplo aplicado

A continuación se presenta un ejemplo en el cual se tiene por objetivo obtener la estructura de tasas Cero asociada a una curva PAR. La estructura de estas tasas es la siguiente:

Tabla 10: Tasas observadas (tasa PAR)

Tenor	Yield
3M	3.01 %
6M	3.04 %
9M	3.07 %
1Y	3.11 %
18M	3.22 %
2Y	3.23 %
3Y	3.36 %
.	.
15Y	4.16 %
20Y	4.26 %

Para encontrar los tenors correspondientes a años intermedios, se aconseja realizar una interpolación de alguna naturaleza acorde a los intereses en exactitud del usuario (lineal, log lineal, etc.).

En base a la información presentada y tomando en consideración que hasta 18M estas tasas son equivalentes a tasas Cero, se puede considerar pagos semi-anales con estas tasas Cero, sus días y factores de descuento para conocer la tasa Cero a 2 años. La información de los días y factores de descuento de estas 3 tasas se encuentran en la siguiente tabla.

Tabla 11: Días, tenor y FD de las tasas Cero hasta 18 meses

Días a la fecha	Días Tenor	Tenor	FD
181.00	183.00	6M	0.9849
184.00	367.00	12M	0.9842
182.00	549.00	18M	0.9834

Si se considera un nocional de \$100,000, el proceso de bootstrapping de factores de descuento (FD o DF) tendrá la siguiente estructura para la tasa de 2 años (3,23%).

$$\begin{aligned} \$100,00) = & \$100,000 * 3,23\% * DF_{6m} * \left(\frac{\text{Días a 6 meses}}{360} \right) + \$100,000 * 3,23\% * DF_{12m} * \left(\frac{\text{Días a 12 meses}}{360} \right) \\ & + \$100,000 * 3,23\% * DF_{18m} * \left(\frac{\text{Días a 18 meses}}{360} \right) + DF_{24m} * \left(\$100,000 + 3,23\% * \left(\frac{\text{Días a 6 meses}}{360} \right) \right) \end{aligned}$$

De la ecuación anterior la única incógnita corresponde a **DF_{24m}** (Factor de descuento de 2 años). Para simplificar el cálculo se puede notar que la obtención no depende en ningún momento del monto del nocional (en este caso \$100,000) se puede dividir ambos lados de la expresión por este monto como sigue:

$$\begin{aligned} \$1) = & 3,23\% * DF_{6m} * \left(\frac{\text{Días a 6 meses}}{360} \right) + 3,23\% * DF_{12m} * \left(\frac{\text{Días a 12 meses}}{360} \right) \\ & + 3,23\% * DF_{18m} * \left(\frac{\text{Días a 18 meses}}{360} \right) + DF_{24m} * \left(1 + 3,23\% * \left(\frac{\text{Días a 6 meses}}{360} \right) \right) \end{aligned}$$

Si se consideran los tenors semi-anales tales que n=1 corresponde a 6 meses, n=2 a 12 meses y n=3 a 18 meses. Se tiene la siguiente notación:

$$1 = 3,23\% * \sum_{n=1}^3 DF_n * \left(\frac{\text{días}_n}{360} \right) + DF_{24m} * \left(1 + 3,23\% * \left(\frac{\text{Días a 24 meses}}{360} \right) \right) \quad (2.3)$$

Con lo cual el factor de descuento a encontrar se escribir como:

$$DF_{24m} = \frac{1 - 3,23\% * \sum_{n=1}^3 DF_n * \left(\frac{\text{días}_n}{360}\right)}{1 + 3,23\% * \left(\frac{\text{Días a 24 meses}}{360}\right)} \quad (2.4)$$

Completando con los valores de la tabla se llega al siguiente factor de descuento:

$$DF_{24m} = 0,93696 \quad (2.5)$$

Realizando este proceso de manera reiterativa (Bootstrapping) para los tenors de 2.5Y, 3Y y así sucesivamente, se esta en condiciones de descubrir los factores de descuento restantes y por ende las tasas Cero con las cuales se construye la curva Cero.

A continuación se presenta la información recabada para los primeros dos años (en el recuadro), en la cual se tomó para el primer día la tasa de política monetaria (aproximadamente 3%):

Tabla 12: Estructura tasas Ceros con FD a dos años

Plazo(años)	Días	FD	Tasa
0.1	3.0	0.999750062	3.0222
0.01	4.00	0.999666757	51.75
0.26	94.00	0.992200449	53.75
0.51	185.00	0.984617427	56.00
0.76	277.00	0.976923171	58.25
1.01	369.00	0.969108870	60.00
1.51	551.00	0.953038299	64.00
2.00	735.00	0.936652259	3.2312

Con esto se concluye el capítulo relacionado a la descripción de curvas y metodología de bootstrapping necesario para introducir el concepto de dual curve stripping que se ve en el próximo capítulo.

3. Metodología e intuición del dual curve stripping.

3.1. Intuición

La intuición del dual curve stripping es bastante simple. A diferencia del bootstrapping, en donde se utiliza solo una curva PAR para encontrar los factores de descuento de la curva Cero o tasas forward, en el dual curve stripping se necesitan 2 curvas. Esto es particularmente aplicable a los derivados con CSA ya que el costo de oportunidad del dinero en este caso va a estar definido en el anexo de contrato donde se define la remuneración del colateral, lo cual en la práctica permite fijar la curva de descuento del derivado.

Al valorizar derivados es necesario traer a valor presente los flujos futuros a una tasa que refleje el costo de oportunidad del dinero con el cual se colateraliza el derivado y usualmente el colateral coincide con la moneda de los flujos. Sin embargo, con los CSA en Chile este no es siempre el caso y por lo tanto es necesario utilizar 1 curva para proyectar el índice de referencia y otra para descontar estos flujos reflejando el costo de oportunidad del dinero para la moneda asociada al colateral, y con esta información se podrá encontrar la tasa PAR que equilibra el valor presente de los flujos.

La metodología de dual curve stripping, en el caso en donde los precios de mercado incluyen el efecto del CSA, sirve para extraer las tasas forward de proyección dado que se cuenta con una curva PAR y una curva de descuento diferente. Teniendo las curvas mencionadas anteriormente la metodología es simplemente un proceso de matemáticas inversas para extraer la incógnita como se podrá ver en los siguientes párrafos.

3.2. Metodología y ejemplo práctico

Hasta el comienzo de la reciente crisis financiera, los swaps de tasa de interés se valorizaban descontando a tasa LIBOR principalmente porque esta tasa representaba el riesgo de contraparte entre los bancos al operar sin colaterales. Sin embargo, a medida que los bancos empiezan a colateralizar sus exposiciones en derivados y a medida de que el spread entre el OIS y LIBOR se fue extendiendo, el mundo se dio cuenta que la curva LIBOR no era la mejor referencia para una valorización “libre de riesgo” lo que llevó a que se adoptara la curva OIS como tasa de referencia para descontar flujos, esto porque representa de mejor forma el costo de oportunidad diario de los colaterales proporcionados para transar derivados sin tomar riesgo de madurez o crédito bancario. Debido a esto se empezaron a utilizar 2 curvas para valorizar, una para proyectar y otra diferente para descontar (OIS).

Dado que en el mercado chileno los precios incluyen un CSA en dólares, lo que se espera poder extraer es el valor implícito (esperado) de los pagos flotantes (índice de cámara promedio). Dicho de otra manera, aquí ya no se está preocupado por el “valor de un pago fijo en el futuro” como se calculó en la sección anterior. En esta ocasión, se intenta extraer una composición de la curva implícita, representada por tasas forward, que nos permite valorizar los pagos flotantes. En otras palabras, se tiene que extraer el valor de un pago flotante vinculado a esa tasa. Usual-

mente, se construyen curvas en términos de sus factores de descuento y en este caso también se construye la curva en término de sus factores de descuento pero solo para los primeros 3 cupones ya que esas tasas se asumen Cero cupón.

A continuación se presenta la resolución matemática de un dual curve stripping para encontrar la tasa correspondiente al tenor de 2 años partiendo de una curva obtenida de un bootstrapping y de la cual se usarán sus factores de descuento (DF_n) para traer a valor presente tanto los flujos de la pierna fija como la pierna flotante. También se hará uso de las tasas forward ((FW_n)) de una curva par para los tres primeros tenors (6m, 12m y 18m) y la tasa observada de esta curva “r”. Se asume nuevamente Act/360 y un nocional “N”.

Lo anterior se representa a continuación:

$$\text{Valor (Pierna fija)} = \text{Valor (Pierna variable)}.$$

$$\sum_{n=1}^4 N * r \% * DF_n * \left(\frac{\text{días}_n}{360} \right) = \sum_{n=1}^3 N * FW_n * DF_n * \left(\frac{\text{días}_n}{360} \right) + N * FW_4 * DF_4 * \left(\frac{\text{días}_4}{360} \right)$$

La única incógnita de esta igualdad de flujos corresponde a FW_4 equivalente a la tasa forward entre el tenor de 18 meses y el de 2 años. Si se despeja variable se tiene que:

$$FW_4 = \frac{\sum_{n=1}^4 N * r \% * DF_n * \left(\frac{\text{días}_n}{360} \right) - \sum_{n=1}^3 N * FW_n * DF_n * \left(\frac{\text{días}_n}{360} \right)}{N * DF_4 * \left(\frac{\text{días}_4}{360} \right)} \quad (3.1)$$

$$FW_4 = \frac{1 + \left(t_{\text{clp}} * \frac{d}{360} \right)}{N * DF_4 * \left(\frac{\text{días}_4}{360} \right)} \quad (3.2)$$

Una vez obtenida esta tasa forward (FW_4) y conociendo la tasa Cero de 18 meses, obtenida directamente de la curva par ($Cero_{18m}$) se puede calcular la tasa Cero implícita de 2 años ($Cero_{24m}$) como se ve a continuación:

$$Cero_{24m} = Cero_{18m} * FW_4 \quad (3.3)$$

3.3. Ejemplo aplicado

El objetivo de este ejemplo aplicado es consolidar lo explicado anteriormente realizando un dual curve stripping para construir una curva tasa Cero a la cual se le llamará “DC”. Para ello se utilizarán las tasas forwards de los primeros 18 meses provenientes de una curva PAR, a la cual se le llamará “PAR” y que será con la cual se construirán los pagos fijos y flotantes (solo hasta 18 meses). Se recuerda que como los swaps hasta 18 meses no pagan cupones, los tenores hasta 18 meses corresponden a tasas Cero, y serán por lo tanto las tasas Cero de los primeros 3 tenors (6m, 12m y 18m). Adicionalmente se usará una curva Cero, la cual se llamará “Cero”

y fue obtenida a través de bootstrapping de la cual ya se tienen sus tasas hasta 5 años y por tanto sus factores de descuento correspondientes. El notional en este caso será de \$100,000.

A continuación se presenta un resumen de las curvas a ocupar:

Tabla 13: Estructuras de tasa pertinentes al dual curve stripping.

Cero para DF			PAR tasa fija			Dual Curve DF		
Tenor	Tasa	DF	Tenor	Tasa	DF	Tenor	Tasa	DF
6M	2.16	0.9891	6M	3.05	0.9847	6M	3.05	0.9847
1Y	2.52	0.9746	1Y	3.17	0.9685	1Y	3.17	0.9685
18M	2.45	0.9634	18M	3.28	0.9522	18M	3.28	0.9522
2Y	2.50	0.9507	2Y	3.28	0.9359	2Y	?	?
2.5Y	2.54	0.9378	2.5Y	3.33	0.9195	2.5Y	?	?
3Y	2.58	0.9247	3Y	3.38	0.9027	3Y	?	?
3.5Y	2.63	0.9113	3.5Y	3.44	0.8856	3.5Y	?	?
4Y	2.66	0.8980	4Y	3.49	0.8686	4Y	?	?
4.5Y	2.70	0.8845	4.5Y	3.54	0.8517	4.5Y	?	?
5Y	2.74	0.8710	5Y	3.58	0.8347	5Y	?	?

Es importante notar que las curvas “PAR” y “DC” tienen la misma estructura para los primeros tres tenors (en gris), y los siguientes tenors 2Y a 5Y serán calculadas mediante dual curve stripping.

Por lo tanto y aplicando el stripping para calcular la tasa Cero de 2 años de la curva “DC” se tiene lo siguiente:

Tabla 14: Cálculo cupón faltante en la igualación de flujos

Pagos (días)	FD Cero	Valor Presente Pierna Fija	Valor Presente Pierna Flotante	Tasa DC
1	0.98895	1.639,903	1,500,794	3.05 %
2	0.97465	1.625,069.84	1,570,375	3.17 %
3	0.96345	1.597,609.57	1,597,380	3.28 %
4	0.95054	1.593,533.93	?	3.40 %

Para la tabla anterior la cálculo del cupón faltante en valor presente (signo de interrogación) es equivalente a:

$$\text{Cupón faltante} = \sum_{n=1}^4 N * r \% * DF_n * \left(\frac{\text{días}_n}{360} \right) - \sum_{n=1}^3 N * FW_n * DF_n * \left(\frac{\text{días}_n}{360} \right)$$

$$\Rightarrow \text{Cupón faltante} = 1,787,568$$

Sabiendo esto, el cálculo de la tasa forward correspondiente es sencillo y se calcula de la siguiente

manera:

$$FW_4 = \frac{\sum_{n=1}^4 N * r \% * DF_n * \left(\frac{\text{días}_n}{360}\right) - \sum_{n=1}^3 N * FW_n * DF_n * \left(\frac{\text{días}_n}{360}\right)}{N * DF_4 * \left(\frac{\text{días}_4}{360}\right)} \quad (3.4)$$

Luego se puede obtener tanto la tasa de descuento y la tasa Cero correspondiente a este cupón. Si se realiza este proceso reiteradamente para los tenors faltantes, se obtiene la siguiente composición de la curva DC (en el recuadro):

Tabla 15: Cálculo de tasas forward en la igualación de flujos.

Dual Curve DF		
<u>Tenor</u>	<u>Tasa</u>	<u>DF</u>
6M	3.05	0.9847
1Y	3.17	0.9685
18M	3.28	0.9522
2Y	3.40	0.9346
2.5Y	3.52	0.9183
3Y	3.65	0.9015
3.5Y	3.79	0.8844
4Y	3.93	0.8673
4.5Y	4.09	0.8505
5Y	4.25	0.8335

Una vez finalizado el capítulo de la metodología de dual curve stripping se presenta el capítulo de construcción de curvas para finalmente concretar uno de los objetivos de este documento.

4. Construcción de curvas

En este capítulo se describe el procedimiento y manipulación de curvas base para la obtención de las siguientes curvas Cero:

- Curva Cero del costo de oportunidad del dinero determinado por un CSA en dólares para el producto SPC CLP.
- Curva Cero de donde se derivan las tasas forward para proyectar pagos flotantes en el producto SPC CLP.
- Curva Cero del costo de oportunidad del dinero determinado por un CSA en dólares para el producto SPC UF y CCS UF CAM en su defecto.
- Curva Cero de donde se derivan las tasas forward para proyectar pagos flotantes en el producto SPC CLP.

Para la obtención de estas curvas se hará uso tanto de interpolación lineal, bootstrapping y dual curve stripping utilizando la metodología mencionada anteriormente.

4.1. Proceso de construcción de la curva Cero para swap promedio cámara en pesos con colateral en pesos.

Para construir la curva de proyección del índice cámara promedio dado a que las tasas PAR de mercado incluyen el efecto de los anexos CSA en dólares remunerados a tasa Fed, es necesario pasar por 2 etapas:

1. Construir y bootstrapear un curva que refleje el costo de oportunidad asociada al CSA en dólares.
2. Extraer la curva de proyección de los flujos flotantes del SPC CLP fijo/flotante a través de un dual curve stripping utilizando la curva PAR de mercado y la curva mencionada anteriormente.

4.1.1. Primera etapa: construcción de curva para reflejar el costo equivalente en pesos de oportunidad asociada al CSA en dólares.

Con el fin de construir la primera curva mencionada, la cual será utilizada para descontar los flujos en pesos asociados a un swap promedio cámara con CSA en dólares remunerados a tasa Fed, es necesario construir un tasa en pesos equivalente.

Para los tenors hasta 18 meses la equivalencia de la tasa se puede obtener extrayendo el basis de moneda implícito en los puntos forward de los seguros de cambio dado que estos no cambian según la moneda de colateralización. Este basis se extrae tomando la diferencia entre la tasa de referencia (OIS) y la tasa de dólares en Chile o también llamada tasa On-Shore implícita. Para esto se usa como pivote la tasa cámara promedio en pesos para los tenors 3m, 6m, 9m, 12m y 18m y se interpola linealmente los puntos forward desde los NDF USD/CLP a los días exactos del tenor a la fecha y se asume que estas tasas son lineales Act/360. Una vez que se cuenta con

los puntos forward, tipo de cambio observado y tasas swap promedio cámara se puede despejar la tasa en dólares On-shore de la siguiente manera:

$$F_{\text{usd/clp}} = S_{\text{usd/clp}} * \left[\frac{\left(1 + r_{\text{clp}}\right) * \left(\frac{d}{360}\right)}{\left(1 + r_{\text{usd}}\right) * \left(\frac{d}{360}\right)} \right]$$

r_{usd} : Tasa en dólares implícita On-Shore.

r_{clp} : Tasa Swap promedio cámara.

d : Tasa Swap promedio cámara.

$S_{\text{usd/clp}}$: Dólar observado USD/CLP.

$F_{\text{usd/clp}}$: Precio forward del tipo de cambio USD/CLP.

En la siguientes tablas se aprecian las tasas OIS y aquellas implícitas en los precios futuros de los seguros de cambio:

Tabla 16: Basis de moneda entre Índice Cámara Promedio en pesos y Fed fund rate implícita en los seguros de cambio obtenidos el día 25 de marzo de 2019.

Tenor	Días Broker	Puntos FWD	Tasa SPC CLP	Tasa Implícita On-shore USD	OIS	Spread
1D	1	-	3.000 %	3.000 %	2.410 %	0.59
3M	92	0.08	3.013 %	3.013 %	2.396 %	0.62
6M	184	0.36	3.05 %	3.043 %	2.359 %	0.68
9M	275	0.80	3.06 %	3.051 %	2.310 %	0.74
12M	366	0.98	3.08 %	3.074 %	2.263 %	0.81
18M	551	2.18	3.11 %	3.100 %	2.156 %	0.94

De esta manera se ve que el costo de fondeo a 1 año (haciendo uso de NDFs) es 81 basis points b.p. más caro en Chile (tasa implícita de dólares en Chile a 1 año) que la tasa swap en USD OIS a 1 año. Es decir, si se toma como referencia la tasa SWAP en pesos a 1 año (3.08 %) esta puede ser intercambiada prácticamente al mismo nivel, es decir a una tasa en dólares del 3.07 % en este caso. Por otra parte si se toma como referencia que la tasa OIS en USD a un año está en un nivel de 2.26 % se tendría que en el mercado de NDF peso dólar se puede intercambiar tasa swap cámara de 1 año (3.08 %) por una tasa OIS a un año + 81 b.p. (2.26 % + 81 b.p. = 3.07 %). Todo lo anterior es equivalente a decir que si se toma como tasa de referencia en pesos la tasa swap a 1 año menos 81 b.p. (esto es una tasa de referencia en pesos de 2.264 %) esta será intercambiable por la tasa OIS en dólares a 1 año (2.26 %).

En resumen para los periodos hasta 18 meses la curva PAR de descuento asociada al CSA en USD será obtenida a través de la resta entre los tenor de la curva swap promedio cámara y

los currency basis obtenidos desde los NDF y tasas OIS.

Respecto a la parte larga de la curva PAR (mayor a 18 meses), se utilizará la resta entre un promedio simple de los precios de mercado para los Swap Promedio Cámara CLP obtenidos de los brokers y el basis de moneda obtenido utilizando las curvas OIS, OIS vs Libor 3M, Libor 3M vs Libor 6M y el basis entre Libor 6M y Cámara.

A continuación se puede ver el resumen y desglose del basis final que se deberá restar a las tasas swap promedio cámara para obtener la curva PAR final que reflejará el costo de oportunidad asociado a un CSA en dólares para flujos en pesos.

Tabla 17: Resumen estructura de la curva de basis de moneda obtenido el día 25 de marzo de 2019.

Tenor	OIS vs Libor 3M Basis	Libor 3M vs Libor 6M	Libor 6M vs CAM	Basis total
3M	N/a	N/a	N/a	61.70
6M	N/a	N/a	N/a	68.44
9M	N/a	N/a	N/a	74.14
1Y	N/a	N/a	N/a	81.09
18M	N/a	N/a	N/a	94.40
2Y	25.72	12.08	39.17	76.97
3Y	25.65	10.92	40.83	77.40
4Y	25.34	11.25	42.50	79.09
5Y	25.00	11.17	44.83	81.00
6Y	24.72	12.08	46.17	82.97
7Y	24.88	11.67	48.33	84.88
8Y	24.58	12.00	52.00	88.58
9Y	25.34	12.42	56.33	94.09
10Y	25.74	12.50	61.50	99.74
15Y	26.85	8.17	77.33	112.35
20Y	26.75	11.11	87.67	125.53

Nota: El cálculo del basis total es sólo una representación intuitiva y no representa el cálculo real. El basis total real se obtiene luego de calibrar correctamente todos los detalles de cada uno de los swpas aquí utilizados en un sistema.

Luego de obtener la resta de las tasas SPC CLP y el basis de moneda final, que se muestra a continuación, se está en condiciones de realizar un bootstrap a esta estructura resultante.

Tabla 18: Tasas correspondientes al costo de financiar pesos vía dólares (SPC CLP con fondeo en dólares) obtenidas el día 25 de marzo de 2019 expresada en puntos básicos (b.p.)

Tenor	ICP CLP	Basis ICP - OIS	ICP - Basis	Tasa Final
3M	3.02	0.62	2.40	2.40
6M	3.06	0.68	2.38	2.38
9M	3.07	0.74	2.33	2.33
1Y	3.09	0.81	2.28	2.28
18M	3.12	0.94	2.18	2.18
2Y	3.15	0.77	2.38	2.38
3Y	3.23	0.77	2.46	2.47
4Y	3.34	0.79	2.55	2.56
5Y	3.43	0.81	2.62	2.63
6Y	3.52	0.83	2.69	2.70
7Y	3.61	0.85	2.76	2.77
8Y	3.68	0.89	2.79	2.80
9Y	3.76	0.94	2.82	2.83
10Y	3.85	1.00	2.85	2.86
15Y	3.99	1.12	2.87	2.88
20Y	4.08	1.26	2.82	2.83

4.1.2. Segunda etapa: extracción de la curva de proyección para los flujos flotantes en pesos a través de dual curve stripping.

Con la estructura resultante de la primera etapa y la tasa PAR SPC CLP se procede a realizar el dual curve stripping con ambas curvas, resultando de estas la curva de proyección del índice cámara promedio nominal. Cuya estructura de tasas se muestra a continuación:

Tabla 19: Estructura de factores de descuento asociadas a las tasas forward para proyectar flujos en pesos para el SPC CLP.

Días	Factor de descuento curva Cero
1	99.99 %
2	99.98 %
94	99.22 %
186	98.45 %
277	97.70 %
368	96.95 %
553	95.44 %
735	93.84 %
.	.
6,944	45.60 %
7,126	44.58 %
7,308	43.58 %

4.2. Proceso de extracción y construcción de las curvas PAR y Cero relacionadas al swap promedio cámara en UF con colateral en pesos.

Para la obtención de la curva de proyección del índice cámara promedio real dado que las tasas PAR de mercado para el SPC UF no son liquidas, es necesario recurrir al instrumento más cercano que es el CCS UF CAM. Los precios de este instrumento también incluyen el efecto de los anexos CSA en dólares remunerados a tasa Fed y por esto es necesario pasar por 3 etapas para lograr finalmente obtener la curva deseada, estas etapas son las siguientes:

1. Extraer la curva de descuento para la pierna fija de CCS UF cámara a través de un bootstrapping. Esta curva representa el costo de oportunidad de fondear dólares para colateralizar flujos en UF.
2. Calcular las tasas PAR relacionadas a esta curva de descuento y agregarles el basis de moneda que calculamos anteriormente para crear una curva SPC UF con colateral en dólares sintética.
3. Extraer la curva de proyección de los flujos flotantes de un SPC UF fijo/flotante a través de un dual curve stripping utilizando la curva PAR obtenida en la segunda etapa y aquella obtenida en la primera etapa.

4.2.1. Primera etapa: extracción de la curva para reflejar el costo equivalente en UF de oportunidad asociada al CSA en dólares.

Un CCS UF CAM es un swap fijo/flotante que intercambia principal y una tasa fija en UF por una tasa flotante en pesos (ICP). En la sección anterior se calcularon las 2 curvas necesarias para descontar y proyectar la pierna flotante de este CCS, por lo que teniendo esto y dado que el CCS UF CAM es líquido es posible utilizar las tasas PAR del CCS para extraer a través de bootstrapping la curva Cero para descontar los flujos fijos. Esta curva Cero debe reflejar el

costo de oportunidad de colateralizar con dólares flujos en UF. Una vez hecho el bootstrapping la estructura de factores de descuento resulta de la siguiente manera:

Tabla 20: Estructura de factores de descuento para descontar flujos en UF con colateral en dólares.

Días	Factor de descuento curva Cero
1	100.00 %
2	100.00 %
94	100.39 %
186	100.25 %
277	100.63 %
368	100.44 %
553	100.79 %
735	100.57 %
.	.
6,944	96.81 %
7,126	96.68 %
7,308	96.54 %

4.2.2. Segunda etapa: cálculo de las tasas PAR relacionadas a la curva del el costo equivalente en UF de oportunidad asociada al CSA en dólares.

Una vez obtenida la curva para descontar los flujos en UF con colateral en dólares se procede a transformar esta curva Cero a una curva PAR. En este caso esto se hace reconstruyendo un swap fijo flotante, utilizando la curva para proyectar los flujos flotantes y descontar ambos flujos obteniendo así la tasa PAR que logra converger a un MTM de Cero. La estructura de tasas PAR resultante es la siguiente:

Tabla 21: Estructura de tasas PAR asociadas a los factores de descuento para flujos en UF con colateral en dólares.

Tenor	Tasa
2Y	-0.28 %
3Y	-0.20 %
4Y	-0.14 %
5Y	-0.08 %
6Y	0.01 %
7Y	0.11 %
8Y	0.15 %
9Y	0.13 %
10Y	0.13 %
12Y	0.15 %
15Y	0.15 %
20Y	0.17 %

Como estas tasas reflejan el efecto del CSA se puede inferir que si se hace el proceso inverso

al que se utilizó para encontrar las tasas para descontar flujos en pesos con colateral en dólares y por ende sumar el basis de moneda encontrado anteriormente se obtendría la curva swap índice cámara promedio real con un CSA en dólares asociado. Sin embargo, antes de esto es necesario reconstruir la parte corta de la curva (hasta 18 meses). Para esto se extrae la tasa real implícita en los seguros de inflación, rescatando de estos la inflación implícita y substrayéndola de las tasas swap del periodo. El cuadro resultante es el siguiente:

Tabla 22: Tasa real implícita en seguros de inflación y tasas swap.

Tenor	Puntos FWD	Inflación implícita anualizada	Tasa Nominal al plazo	Tasa Real Implícita al plazo
3M	177.57	3.940 %	3.013 %	-0.927 %
6M	363.91	2.863 %	3.045 %	0.182 %
9M	617.91	3.140 %	3.055 %	-0.085 %
12M	719.57	2.700 %	3.078 %	0.378 %
18M	1,092.24	2.681 %	3.110 %	0.429 %

Por otro lado, para la parte larga (mayor a 18 meses) se suman los basis mencionados anteriormente y se obtiene la estructura de tasas PAR de un SPC UF con colateralización en dólares siguiente:

Tabla 23: Estructura de tasas PAR para SPC UF con colateral en dólares.

Tenor	Tasa PAR
3M	-0.93 %
6M	0.18 %
9M	-0.08 %
1Y	0.38 %
18M	0.43 %
2Y	0.49 %
3Y	0.57 %
4Y	0.65 %
5Y	0.73 %
6Y	0.84 %
7Y	0.96 %
8Y	1.03 %
9Y	1.07 %
10Y	1.13 %
15Y	1.27 %
20Y	1.43 %

4.2.3. Tercera etapa: extracción de la curva de proyección para los flujos flotantes en UF a través de dual curve stripping.

La tercera etapa en este proceso es igual a la segunda etapa de la curva en pesos. Con las tasas PAR de un SPC UF con CSA en dólares y las tasas de descuento asociadas a este CSA, se puede extraer la curva de proyección del índice promedio cámara real a través de dual curve stripping. La estructura de factores de descuento resulta la siguiente:

Tabla 24: Estructura de factores de descuento asociadas al índice cámara promedio real.

Días	Factor de descuento curva Cero
1	99.99 %
2	99.98 %
94	100.22 %
186	99.89 %
277	100.04 %
368	99.60 %
553	99.33 %
735	98.99 %
.	.
6,944	76.36 %
7,126	75.59 %
7,308	74.80 %
9Y	1.07 %
10Y	1.13 %
15Y	1.27 %
20Y	1.43 %

5. Valorización y comparación de spreads para SPC CLP, SPC UF y CCS UF CAM con colateral en pesos y dólares.

En esta sección se verán ejemplos de valorización de 3 productos derivados: SPC CLP, SPC UF y CCS UF CAM. El objetivo de esta sección es visualizar de manera clara las diferencias que existen en términos de tasas PAR para cada uno de estos productos con diferentes monedas de colateral.

5.1. Valorización.

Es importante aclarar que en esta sección se efectúan una serie de valorizaciones que asumen varios supuestos dentro de los cuales no se incluyen factores asociados a los XVAs u otros factores importantes en la valorización de derivados. El objetivo de esta valorización es indagar en alguna de las diferencias que podrían existir en la valorización de derivados relacionada a la moneda de colateralización. Bajo ningún caso esta sección representa la valorización “correcta” para un derivado, ya que esto es particular para cada institución y depende de factores exógenos como el riesgo de crédito y liquidez. La valorización de swaps en este documento está enfocada desde el punto de vista de una entidad de contraparte central.

5.1.1. Valorización de un SPC CLP con colateral en dólares y pesos

A continuación se muestra el desarrollo de un swap promedio cámara nominal con colateral en dólares y pesos. La tasa de mercado para un swap a 5 años de 3.42% (CSA USD). Sin embargo como se aprecia en las tablas, la tasa PAR del swap colateralizado en pesos es de 3.4168% es decir, 0.3 puntos bases menos.

Esto se debe a que los flujos flotantes son idénticos (también las tasas forward) por lo que la diferencia está en los factores de descuento. Se puede apreciar que los factores de descuento para el CSA en dólares son mayores (tasa más baja) y por lo tanto la sumatoria del valor presente de los flujos flotantes también es mayor que la colateralizada en pesos y por eso la tasa fija en el caso del CSA en dólares debe ser un poco mayor compensando así el mayor valor presente de la pierna flotante.

Tabla 25: Desarrollo Swap Promedio Cámara Nominal con colateral en dólares. Nocional de 1 millón de pesos a tasa 3.42 % por 5 años.

Pago	Tasa fija	Factor de descuento al pago	Pago (Fijo)	Tasa FWD	Pago (flotante)	VP pagos
1	3.4200 %	98.79 %	17,480	3.0500 %	15,589	- 1,868.23
2	3.4200 %	97.73 %	17,290	3.0626 %	15,483	- 1,765.92
3	3.4200 %	96.77 %	17,575	3.0731 %	15,792	- 1,725.04
4	3.4200 %	95.30 %	17,290	3.3827 %	17,102	- 179.51
5	3.4200 %	94.06 %	17,290	3.3589 %	16,981	- 290.34
6	3.4200 %	92.83 %	17,290	3.4164 %	17,272	- 16.81
7	3.4200 %	91.52 %	17,385	3.6468 %	18,538	1,054.97
8	3.4200 %	90.23 %	17,195	3.7139 %	18,673	1,333.26
9	3.4200 %	88.92 %	17,480	3.7698 %	19,268	1,589.73
10	3.4200 %	87.62 %	17,290	3.8417 %	19,422	1,867.88

Tabla 26: Desarrollo Swap Promedio Cámara Nominal con colateral en pesos. Nocional de 1 millón de pesos a tasa 3.4168 % por 5 años.

Pago	Tasa fija	Factor de descuento al pago	Pago (Fijo)	Tasa FWD	Pago (flotante)	VP pagos
1	3.4168 %	98.45 %	17,464	3.0500 %	15,589	- 1,845.77
2	3.4168 %	96.95 %	17,274	3.0626 %	15,483	- 1,736.18
3	3.4168 %	95.44 %	17,559	3.0731 %	15,792	- 1,685.69
4	3.4168 %	93.84 %	17,274	3.3827 %	17,102	- 161.66
5	3.4168 %	92.27 %	17,274	3.3589 %	16,981	- 269.97
6	3.4168 %	90.70 %	17,274	3.4164 %	17,272	- 1.84
7	3.4168 %	89.05 %	17,369	3.6468 %	18,538	1,040.91
8	3.4168 %	87.42 %	17,179	3.7139 %	18,673	1,305.72
9	3.4168 %	85.77 %	17,464	3.7698 %	19,268	1,547.37
10	3.4168 %	84.13 %	17,274	3.8417 %	19,422	1,807.12

5.1.2. Valorización de un SPC UF con colateral en dólares

El SPC UF es muy similar al SPC CLP. Como se ve a continuación se muestra el desarrollo de un swap promedio cámara real con colateral en dólares y pesos. La tasa de mercado para un swap a 5 años de 0.73 % (CSA USD). Sin embargo como se aprecia en las tablas, la tasa PAR del swap colateralizado en pesos es de 0.7273 %. Esto ocurre por la misma razón que en el SPC CLP.

En las tablas se ve que los flujos flotantes son idénticos y que la diferencia está en los factores de descuento. Los factores de descuento para el CSA en dólares son mayores (tasa más baja) y por lo tanto la sumatoria del valor presente de los flujos flotantes también es mayor que la colateralizada en pesos y por esto la tasa fija en el caso del CSA en dólares debe ser un poco mayor.

Tabla 27: Desarrollo Swap Promedio Cámara Real (UF) con colateral en dólares. Nocional de 1 millón de UF a tasa 0.73 % por 5 años.

Pago	Tasa fija	Factor de descuento al pago	Pago (Fijo)	Tasa FWD	Pago (flotante)	VP pagos
1	0.7300 %	100.25 %	3,731	0.1800 %	920	- 2,818.25
2	0.7300 %	100.44 %	3,691	0.5817 %	2,941	- 753.22
3	0.7300 %	100.79 %	3,751	0.5269 %	2,708	- 1,052.06
4	0.7300 %	100.57 %	3,691	0.6733 %	3,404	- 288.24
5	0.7300 %	100.59 %	3,691	0.7296 %	3,689	- 1.81
6	0.7300 %	100.61 %	3,691	0.7323 %	3,702	11.57
7	0.7300 %	100.59 %	3,711	0.8891 %	4,520	813.46
8	0.7300 %	100.57 %	3,670	0.8929 %	4,490	823.95
9	0.7300 %	100.49 %	3,731	1.0470 %	5,351	1,628.09
10	0.7300 %	100.41 %	3,691	1.0524 %	5,320	1,636.51

Tabla 28: Desarrollo Swap Promedio Cámara Real (UF) con colateral en pesos. Nocional de 1 millón de UF a tasa 0.7273 % por 5 años.

Pago	Tasa fija	Factor de descuento al pago	Pago (Fijo)	Tasa FWD	Pago (flotante)	VP pagos
1	0.7273 %	99.89 %	3,717	0.1800 %	920	- 2,794.03
2	0.7273 %	99.60 %	3,677	0.5817 %	2,941	- 733.08
3	0.7273 %	99.33 %	3,737	0.5269 %	2,708	- 1,022.77
4	0.7273 %	98.99 %	3,677	0.6733 %	3,404	- 269.97
5	0.7273 %	98.63 %	3,677	0.7296 %	3,689	11.93
6	0.7273 %	98.27 %	3,677	0.7323 %	3,702	24.96
7	0.7273 %	97.82 %	3,697	0.8891 %	4,520	804.75
8	0.7273 %	97.39 %	3,656	0.8929 %	4,490	811.29
9	0.7273 %	96.87 %	3,717	1.0470 %	5,351	1,583.06
10	0.7273 %	96.35 %	3,677	1.0524 %	5,320	1,583.85

5.1.3. Valorización de un CCS UF cámara nominal con colateral en dólares

A diferencia de los SPC, el CCS UF CAM es un swap que intercambia principal y se desarrolla en 2 monedas, en este caso UF y pesos.

A continuación se ven las tablas de desarrollo de un cross currency swap UF Cámara con colateral en dólares y pesos. La tasa de mercado para este swap a 5 años de 0.67 % (CSA USD). Sin embargo como se aprecia en las tablas, la tasa PAR del swap colateralizado en pesos es de 0.7273 % . Es importante notar que esta tasa es igual a la del SPC UF y esto se da por la razón de que al usar colateral en pesos se elimina la distorsión generada por el costo de oportunidad del dinero del colateralizar en dólares y como se puede apreciar el spread en este caso es positivo y mayor. Esto se debe al intercambio de principal, como se puede ver en las tablas, los flujos

flotantes son idénticos pero como el principal de la pierna fija está en UF, este a través del tiempo irá cambiando mientras que el principal de la pierna flotante no lo hará. En este caso se espera inflación futura por lo que la diferencia de principales será negativa para la pierna fija. Esta diferencia traída a valor presente a una tasa menor genera un monto mayor y dado a que el valor presente de los flujos flotantes son muy similares (un poco más altos para el CSA USD), la tasa PAR con colateral en pesos debe ser necesariamente más alta para poder compensar el hecho de que descuenta con una tasa mayor a la del CSA en dólares para equilibrar un flujo flotante muy parecido.

Tabla 29: Desarrollo Cross Currency Swap UF cámara con colateral en dólares. Nocional de 1 millón de UF a tasa 0.67% por 5 años.

Pago	Tasa fija	Factor de descuento CLF	Pago (Fijo)	Tasa FWD	Factor de descuento CLP	Pago (flotante)	VP pagos convertido a pesos
1	0.6700 %	100.25 %	3,424	3.0500 %	98.7899 %	429,719,570	329,882,387.58
2	0.6700 %	100.44 %	3,387	3.0626 %	97.7311 %	426,802,879	323,338,241.57
3	0.6700 %	100.79 %	3,443	3.0731 %	96.7725 %	435,330,357	325,618,302.51
4	0.6700 %	100.57 %	3,387	3.3827 %	95.2985 %	471,419,664	355,353,913.83
5	0.6700 %	100.59 %	3,387	3.3589 %	94.0620 %	468,103,323	346,386,410.43
6	0.6700 %	100.61 %	3,387	3.4164 %	92.8255 %	476,112,777	348,009,690.73
7	0.6700 %	100.59 %	3,406	3.6468 %	91.5198 %	511,006,389	373,233,267.73
8	0.6700 %	100.57 %	3,369	3.7139 %	90.2285 %	514,725,699	371,038,455.92
9	0.6700 %	100.49 %	3,424	3.7698 %	88.9157 %	531,134,601	377,405,056.86
10	0.6700 %	100.41 %	1,003,387	3.8417 %	87.6173 %	28,101,138,476	- 3,150,265,727.17

Tabla 30: Desarrollo Cross Currency Swap UF cámara con colateral en pesos. Nocional de 1 millón de UF a tasa 0.7273% por 5 años.

Pago	Tasa fija	Factor de descuento CLF	Pago (Fijo)	Tasa FWD	Factor de descuento CLP	Pago (flotante)	VP pagos convertido a pesos
1	0.7273 %	99.89 %	3,717	3.0500 %	98.4486 %	429,719,570	320,700,637.85
2	0.7273 %	99.60 %	3,677	3.0626 %	96.9476 %	426,802,879	312,832,044.87
3	0.7273 %	99.33 %	3,737	3.0731 %	95.4403 %	435,330,357	313,150,948.57
4	0.7273 %	98.99 %	3,677	3.3827 %	93.8356 %	471,419,664	342,030,553.50
5	0.7273 %	98.63 %	3,677	3.3589 %	92.2688 %	468,103,323	331,952,913.51
6	0.7273 %	98.27 %	3,677	3.4164 %	90.7022 %	476,112,777	332,253,058.64
7	0.7273 %	97.82 %	3,697	3.6468 %	89.0514 %	511,006,389	355,369,915.41
8	0.7273 %	97.39 %	3,656	3.7139 %	87.4190 %	514,725,699	351,810,087.50
9	0.7273 %	96.87 %	3,717	3.7698 %	85.7665 %	531,134,601	356,281,581.12
10	0.7273 %	96.35 %	1,003,677	3.8417 %	84.1325 %	28,101,138,476	- 3,016,381,740.98

5.2. Comparación de colaterales

Como se sabe, las tasas PAR son aquellas tasas fijas con las cuales se cumple la equivalencia de la sumatoria del valor presente de los flujos fijos y flotantes en un swap. Estas tasas dependen de la proyección de los flujos de la pierna flotante, como también de los factores de descuento derivados de la curva Cero.

Debido al cambio en el colateral determinado en los anexos CSA y la tasa especificada de remuneración, las tasas PAR son diferentes dependiendo de la moneda del colateral y tasa de remuneración. A continuación se muestra la diferencia de tasas o spreads que generan los colaterales en dólares y pesos para los productos SPC CLP, SPC UF y CCS UF Cámara.

Fecha	SPC CLP			CCS UF Cam			SPC UF		
25-03-2019	Colateral			Colateral			Colateral		
Tenor	USD	CLP	Spread BP	USD	CLP	Spread BP	USD	CLP	Spread BP
2Y	3.14 %	3.14 %	0.0	0.46 %	0.49 %	2.9	0.49 %	0.49 %	-0.1
3Y	3.22 %	3.22 %	-0.1	0.53 %	0.57 %	3.9	0.57 %	0.57 %	-0.1
4Y	3.33 %	3.33 %	-0.2	0.60 %	0.65 %	4.8	0.65 %	0.65 %	-0.2
5Y	3.42 %	3.42 %	-0.3	0.67 %	0.73 %	5.7	0.73 %	0.73 %	-0.3
6Y	3.51 %	3.51 %	-0.5	0.77 %	0.84 %	6.5	0.84 %	0.84 %	-0.5
7Y	3.60 %	3.59 %	-0.7	0.88 %	0.95 %	7.3	0.96 %	0.95 %	-0.7
8Y	3.67 %	3.66 %	-0.8	0.94 %	1.02 %	8.1	1.03 %	1.02 %	-0.9
9Y	3.75 %	3.74 %	-1.1	0.96 %	1.06 %	10.1	1.07 %	1.06 %	-0.9
10Y	3.84 %	3.83 %	-1.5	1.00 %	1.12 %	11.9	1.13 %	1.12 %	-1.1
12Y	3.90 %	3.88 %	-1.6	1.02 %	1.17 %	14.9	1.19 %	1.17 %	-1.3
15Y	3.98 %	3.96 %	-2.1	1.06 %	1.25 %	19.3	1.27 %	1.25 %	-1.7
20Y	4.07 %	4.04 %	-2.8	1.14 %	1.40 %	26.0	1.43 %	1.40 %	-3.0

Tabla 31: Diferencia de tasas por efectos de colateral en SPC CLP, SPC UF y CCS UF Cam.

5.2.1. Explicación intuitiva

Como se aprecia en la tabla anterior los spreads generados en los productos SPC CLP y SPC UF son pequeños en plazos cortos y cercanos a -3 puntos básicos a 20 años. Esto se debe a que a diferencia de las tasas con CSA en dólares la curva de tasas que se utiliza para descontar los flujos de ambas piernas y cual representa el costo de oportunidad de los pesos o UF en el caso del SPC UF, la tasa es más alta ya que el basis de moneda para este día es positivo y promedia alrededor de 100 puntos base. El efecto de una tasa mayor de descuento implica un menor valor presente en la pierna flotante y por ende la tasa PAR debe necesariamente compensar por este menor valor y por consecuencia la tasa PAR debe ser menor que una con CSA en dólares. Esto es cierto para ambos SPC CLP y SPC UF mientras el basis de moneda sea positivo.

Por otro lado el CCS UF Cámara es un producto distinto y el razonamiento del spread también lo es. Como se puede apreciar los spreads en este caso son positivos y mucho más significativos, teniendo un rango desde 3 puntos base en tenors cortos hasta 26 puntos base en

el tenor de 20 años. La intuición bajo la explicación de este fenómeno es simple, el CCS UF Cámara intercambia principal al vencimiento del contrato. El principal de la pierna fija está en UF por lo que a través del tiempo el principal ira cambiando mientras que el principal de la pierna flotante no lo hará, esto debido a que se fija el monto del principal al tipo de cambio de la fecha de inicio del swap. Ya que como se vio anteriormente, la tasa que refleja el costo de oportunidad de pesos es mayor a la tasa de dólares, la suma de los pagos flotantes en pesos será más bajo. Sin embargo y este es el detalle más importante de esta explicación, la pierna fija también se descontará con una tasa más alta (Tasa swap promedio cámara real) generando un menor valor presente pero este efecto se ve magnificado por el aumento de valor del principal por la inflación al vencimiento y por ende la tasa PAR en pesos debe necesariamente ser mayor que aquella con colateral en dólares para poder contrapesar la gran diferencia entre descontar con una tasa más alta.

En resumen, el spread es positivo porque cuando se tiene colateral en dólares la diferencia que generan los principales se magnifica en valor presente, mientras que la diferencia en valor presente por concepto de colateral en la pierna flotante no es tan material y es por eso la tasa PAR con colateral en pesos debe ser mayor.

6. Futuros desarrollos y extensiones

En este documento se revisaron las metodologías necesarias para la construcción de curvas de valorización de derivados para colaterales en dólares y pesos dentro de los cuales se hicieron varios supuestos, como la fecha de inicio efectivo (starting lag) de los contratos, tipo de tasas Act/360 y otros. Para futuros desarrollos se aconseja revisar estos supuestos y ajustaron según sea necesario. También hay espacio para mejora en las partes cortas de las curvas, especialmente en la curva de descuento para SPC UF con colateral en dólares, en donde se podría ajustar el basis con los seguros de cambio y evitar cualquier arbitraje posible entre producto por efectos de liquidez.