

INFORME FINAL PRÁCTICA PROFESIONAL UNIVERSIDAD DE LA SALLE

Valorador de Swaps: Un Enfoque Optimizado en Python

Linda Mariana Acosta Botía

Tutor:

Yoly Tatiana Polania Cerinza

FACULTAD DE ECONOMÍA, EMPRESA, Y DESARROLLO SOSTENIBLE

PROGRAMA DE ECONOMÍA

BOGOTÁ D.C.

2025

Tabla De Contenido

1. Resumen Del Informe Final De Práctica
 - 1.1 Palabras Clave
2. Información del Campo de Práctica y el Área De Desempeño
3. Descripción Cargo y Funciones
4. Descripción Situación Organizacional
5. Aplicación Teórico Conceptual
6. Objetivos
 - 6.1 Objetivo General
 - 6.2 Objetivos Específicos
7. Metodología
 - 7.1 Ruta De Trabajo
 - 7.2 Fases Para El Desarrollo Por Objetivos
8. Desarrollo y Resultados
 - 8.1 Fase 1
 - 8.2 Fase 2
 - 8.3 Fase 3
9. Resultado Final
10. Conclusiones y Aportes a la empresa a partir del proyecto desarrollado.
11. Recomendaciones
12. Logros De La Práctica
13. Dificultades Y Sugerencias Sobre El Desarrollo De La Modalidad
14. Fuentes Bibliográficas
15. Anexos

1. Resumen

Este informe se desarrolló a partir de la práctica realizada en el área Gerencia de Estrategia de la mesa de dinero del Fondo de Pensiones y Cesantías Colfondos ubicado en Colombia. Tras realizar un análisis de la situación actual de la empresa y de área donde se desarrolla de la práctica se identifica que la optimización de la calculadora de valoración de swaps proporcionaría beneficios significativos a todas las áreas de la mesa de dinero. Para esto se realizó una revisión sistemática de literatura en el marco de los mercados de derivados financieros por medio del cual se hace énfasis en los swaps como contratos de intercambios financieros por medio del cual se pacta la obligación bilateral de intercambiar una serie de flujos por un periodo de tiempo determinado (AMV. 2021).

A partir de este escenario y teniendo en cuenta las necesidades del área donde se desempeña la práctica se realiza la optimización de la calculadora actual de swaps por medio de la herramienta de programación Python con el fin de aumentar la eficiencia en el proceso realizados diariamente. Los resultados obtenidos generan beneficios dentro del área de inversiones lo que podría posicionarlos con ventaja dentro del mercado anticipándose a los movimientos del mercado diariamente.

Palabras Clave

Derivados financieros, Valoración de Swaps, Optimización, Python, Calculadora de swaps.

2. Información del Campo de Práctica y el Área De Desempeño

Esta práctica se realizó en el área Gerencia de Estrategia de la Vicepresidencia de Inversiones del Fondo de Pensiones y Cesantías Colfondos. La Vicepresidencia de Inversiones está compuesta por la Gerencia 1 encargada de las áreas de renta fija, derivados y divisas, la Gerencia 2 encargada de renta variable y alternativos, Gerencia de Estrategia y la Gerencia de Pensiones Voluntarias.

El área donde se desarrolló la práctica fue en la Gerencia de Estrategia que se divide en dos campos. El primero es análisis económico en el que se realiza el seguimiento

macroeconómico a nivel local e internacional. El segundo es análisis cuantitativo donde se realiza diariamente el benchmark para tener una aproximación del posicionamiento de cada uno de los portafolios de obligatorias y pensión voluntaria frente a la competencia, adicionalmente, se calcula el P&G para cada uno de los portafolios para establecer porque activo se pierde o gana, de esta manera se da soporte y herramientas para la toma de decisiones en las estrategias de inversión.

3. Descripción Cargo y Funciones

El cargo asignado para el desarrollo de la práctica fue “Practicante Análisis Macroeconómico” en el que se desempeñan actividades como la elaboración del informe diario de mercados, la presentación quincenal para el precomité y Comité de Inversiones junto con la presentación semanal de la Junta Directiva. Así mismo, la elaboración de los reportes semanales y mensuales de mercados dirigidos a los clientes.

En esta misma línea, la actualización de las bases de datos de Gerencia de Estrategia junto con la elaboración de presentaciones o documentos de coyuntura económica que requiera la Vicepresidencia de Inversiones de Colfondos. Finalmente apoyar y realizar periódicamente la llamada diaria con la mesa de inversiones realizada a las 8am.

4. Descripción Situación Organizacional

Colfondos es una Administradora de Fondos Privados de Pensiones (AFP) creada en 1991, a lo largo de 30 años de experiencia ha administrado distintos productos como ahorros e inversiones de clientes por medio de pensión obligatoria, cesantías y portafolios de inversión, ofrecidos por el Fondo de Pensiones Voluntarias.

El objetivo de esta compañía es brindar apoyo a los colombianos en asegurar su ahorro para disfrutar de tranquilidad al momento de su retiro. Con el paso del tiempo se ha consolidado como una compañía sobresaliente en rentabilidad y claridad en su gestión. En este sentido, la visión de Colfondos es ser convertirse en la principal opción en servicios financieros, brindando opciones óptimas de asesoría, ahorro e inversión. Hoy

en día, más de \$45 billones de pesos en activos, respalda a más de 2.8 millones de afiliados.

El marco legal bajo el cual opera la AFP según Colfondos (2023) se encuentra en el Decreto 2555 de 2010 en el cual se expiden las normas en materia del sector financiero, asegurador y del mercado de valores. Así mismo, el Estatuto Orgánico del Sistema Financiero establece que la administración de fondos de pensiones obligatorias esta regulados por la Ley 100 de 1993, junto con los fondos de cesantías regulados por la ley 50 de 1990 y los fondos voluntarios de pensión regulados por el Decreto 1207 de 2020.

Así, cada fondo bajo la administración de Colfondos se estructura como patrimonios independientes y se mantienen completamente independientes del patrimonio propio de la compañía. Colfondos está sujeta a la supervisión de la Superintendencia Financiera de Colombia, el Autorregulador del Mercado de Valores y el Defensor del Consumidor Financiero.

5. Aplicación Teórico Conceptual

A partir de numeral 2.10. del Capítulo XVIII de la Circular Básica Contable y Financiera (Circular Externa 100 de 1995) emitida por la Superintendencia Financiera de Colombia (SFC) un instrumento derivado es aquel cuyo valor varía en función de uno o más activos subyacentes, y cuya liquidación ocurre en una fecha futura, ya sea en efectivo, mediante instrumentos financieros o a través de bienes o productos negociables, conforme lo establecido en el contrato o reglamento del mercado de valores.

En este sentido, según el numeral 2.17. del Capítulo XVIII de la Circular Básica Contable y Financiera de la SFC un **subyacente** corresponde a una variable que puede observarse directamente, como un activo, y que se utiliza como base para estructurar y liquidar instrumentos financieros derivados. Un Estudio de Caso como Alternativa de Cobertura frente al Riesgo Cambiario (2009) indica que los instrumentos financieros diseñados con fines de cobertura buscan reducir la exposición a riesgos financieros, protegiendo activos o pasivos que posee la entidad frente a pérdidas potenciales generadas por fluctuaciones del mercado o riesgos crediticios.

En esta misma línea, se debe establecer la diferencia ente el Mercado Estandarizado y Mercado Over The Counter (OTC), según la Circular Única del Mercado de Derivados de la BVC los derivados estandarizados con contratos en cuanto a su fecha de cumplimiento, tamaño o valor nominal se caracterizan por ser negociados en la BVC y las dos partes están obligadas a comprar/vender el subyacente en la fecha futura acordada y al precio establecido (2021).

Según el numeral 5.1.3. del Capítulo XVIII de la Circular Básica Contable y Financiera de la SFC un swap es un contrato de intercambio financiero en el que dos partes acuerdan el intercambio recíproco de flujos de efectivo por un tiempo determinado. En otras palabras, un swap es un acuerdo contractual entre dos partes conocidas como contrapartes, las cuales acuerdan realizar pagos periódicos entre sí (Marshall, 1993). En el mercado financiero existen principalmente los swaps de tasa fija y los swaps de divisas, pero antes se describirá a continuación el origen de los swaps.

El primer swap en el mercado financiero fue de divisas entre el Banco Mundial e IBM. El Banco Mundial deseaba solicitar un préstamo de francos suizos, sin embargo, el tamaño de endeudamiento era tan grande que no podía ser absorbido por los pequeños mercados de capitales de deuda en francos suizos. Frente a esta situación el Banco Mundial consideró la posibilidad de endeudarse en dólares a bajo precio, tras realizar un cambio en divisas con IBM, este fue intermediado por Solomon Brothers, y de esta manera el Banco Mundial logró acceder a los francos suizos sin necesidad de pedir presado directamente en el mercado financiero (Ludwig. 1993).

Los swaps de divisas son una extensión del concepto back to back, sin embargo, este último concepto operacional tenía dos problemas. El primero de estos era que para realizar este tipo de préstamos consecutivos se requería de otra contraparte con las mismas necesidades convirtiéndose en una tarea exhaustiva para las empresas. En segundo lugar, este tipo de préstamos consecutivos se registraban en dos contratos separados dificultando las operaciones y solvencia de compromisos entre las partes.

Es por esto que el swap de divisas surge de tal manera en que las dos contrapartes son unidas por un intermediario eliminando los costos de búsqueda de la contraparte con la cual negociar y en segundo lugar los detalles de la transacción y las disposiciones en caso de

incumplimiento estarían consolidados en un solo documento. Por lo tanto, aunque los swaps de divisas se originaron como respuesta de evasión a los controles en Gran Bretaña, se establecieron como una transacción financiera debido a las medidas de reducción de costos y riesgos junto con su aumento de popularidad y utilidad a lo largo de las distintas operaciones (Marshall 1993).

En la actualidad a los swaps de divisas se les conoce como Cross Currency Swaps, aquí las partes intercambian pagos calculados sobre montos en distintas monedas, aplicando tasas de interés que pueden ser fijas o variables. (CFA Institute, 2017).

Por su parte, los swaps de tasas de interés surgen en medio de un momento de tasas extremadamente altas en Estados Unidos, los bancos no querían prestar a altas tasas de interés en el largo plazo y los inversionistas no querían perder oportunidades futuras de tasas de interés más altas (Ludwing. 1993). En este sentido, en 1980 fue creada La Asociación de Distribuidores de Swaps (ISDA) la cuál estableció un conjunto de términos para los swaps de tasas de interés estandarizando las transacciones de los swaps (Arditti. 1996).

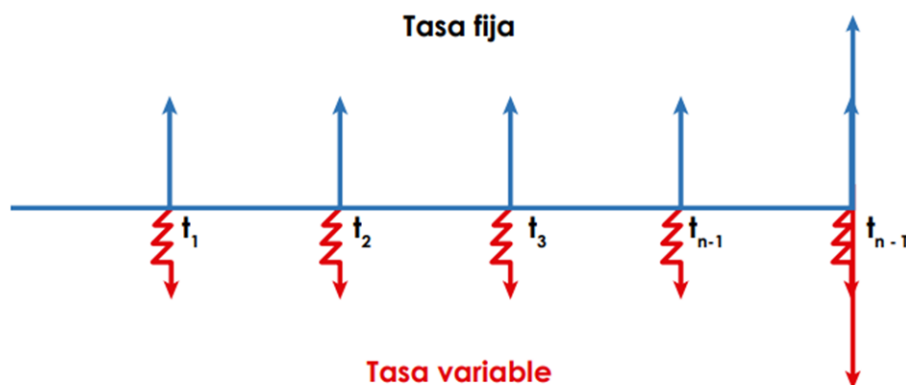
Según la Circular Básica Contable y Financiera (2008) dentro de los *Interest Rate Swaps (IRS)* hay contratos donde ambas partes intercambian pagos calculados sobre el mismo valor nominal en una sola moneda, pero utilizando diferentes tipos de interés. Generalmente, una parte recibe pagos a tasa fija, mientras la otra recibe pagos sujetos a una tasa variable. Es importante aclarar que según el Autorregulador de Mercado de Valores el swap que intercambie flujos UVR con flujos de pesos colombianos (a tasa fija o variable) deben considerarse como un swap de tasa de interés. (2021).

En el contexto de los IRS, el Overnight Index Swap (OIS) es uno de los contratos más negociados y populares. En este tipo de swap, una parte paga una tasa fija y la otra paga una tasa variable (flotante). Al momento del vencimiento, ambas partes intercambian la diferencia entre ambas tasas, basándose en un monto nominal acordado previamente. Según el Autorregulador de Mercado de Valores las tasas aumentan, el comprador del swap (quien paga la tasa fija y recibe la variable) se beneficia, mientras que el vendedor del swap (quien paga la tasa variable y recibe la fija) pierde (2021).

Adicionalmente la tasa flotante es la tasa que se puede observar desde el inicio del periodo, así mismo, el primer pago de tipo flotante se conoce al inicio del swap (Hull. 2000) y es un resultado de un indicador overnight (IBR) compuesto o también llamado por el Banco de la República como Indicador Bancario de Referencia overnight (2008).

El IBR es una tasa de interés de corto plazo para el peso colombiano creado en 2008 por el sector privado y respaldado por el Banco de la República, la cuál refleja el precio del dinero el corto plazo dentro de la economía que a su vez refleja efectivamente los movimientos de política monetaria. Según Bancolombia, este indicador se calcula cada día usando la mediana de las tasas propuestas por ocho bancos participantes, las cuales indican las tasas a las que cada banco estaría dispuesto a colocar o recibir dinero, también llamada tasa choice (2021). El indicador compuesto se obtiene mediante las IBR overnight diarias cotizadas durante el período del swap, y su resultado establece la tasa variable del contrato (AMV, 2021).

Imagen 1. Valoración de los contratos swap con base en tasa fija y tasa variable.



Fuente: Tomado de AMV. Guía de estudio de derivados.

En este caso, la Imagen 1 muestra un swap que establece el intercambio de un flujo calculado con base en una tasa fija y la otra parte calculada con una tasa variable y de igual forma un swap de divisas de puede visualizar de la misma manera. A continuación, se evidencia uno de los principios de valoración de los swaps según el Autorregulador de

Mercado de Valores (2021) que consiste en establecer la equivalencia entre los valores presentes de los flujos de derecho y obligación:

$$VP(\text{Flujo caja}^{tasa\ fija}) = VP(\text{Flujo Caja}^{tasa\ variable})$$

En esta misma línea, el proceso de valoración de un título financiero inicia con los valores nominales de emisión, la fecha de vencimiento, la tasa de interés y la periodicidad de pago. Posteriormente se establecen los periodos de pago del cupón según la periodicidad y en seguida se calcula en valor del cupón de la siguiente forma:

$$\text{Cupón (valor futuro)} = \text{Tasa Aplicable} * \text{Valor Nominal}$$

Es importante mencionar que la tasa aplicable es la tasa de interés de convertida al periodo que se requiera para la valoración, en otras palabras, es la tasa facial convertida en la periodicidad de valoración. En esa misma línea, se establecen los días para valoración de la siguiente manera:

$$\text{Días de valoración} = \text{Fecha de pago del cupón} - \text{Fecha de valoración}$$

Por su parte, se calcula el valor del cupón en valor presente y se suman todos los pagos de cupones junto con el valor nominal para establecer valor final del instrumento financiero. La tasa de interés utilizada para calcular el valor presente de los cupones es la tasa de negociación del swap.

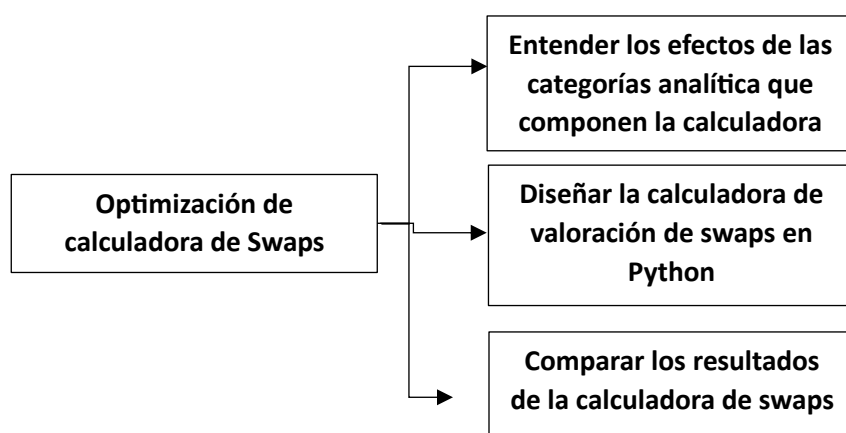
$$VP = \frac{VF}{(1 + i)^{\text{días valoración}/365}}$$

De acuerdo con el Autorregulador del Mercado de Valores, en un swap, el comprador recibe los flujos variables y debe pagar los flujos fijos. Al vencimiento, ambas partes intercambian la diferencia entre la tasa fija y la tasa flotante, calculada sobre un monto nominal previamente acordado. El vendedor, por otro lado, paga la tasa variable y recibe la tasa fija. En caso de que las tasas suban, quien paga la tasa fija y recibe la variable es quien obtiene la ganancia (AMV, 2021).

Por su parte, el *Basis Swap* se caracteriza porque las dos partes intercambian los flujos de capital provenientes de una inversión o de una deuda de esta forma ambas partes están

indexadas a tasas variables. En Colombia este tipo de swap corresponde a tasas variables Libor frente a IBR.

Finalmente, dentro de la AFP los swaps son utilizados únicamente en Renta Fija. Así mismo, algunas de las limitaciones de la calculadora de swaps actual es que es el documento que más tarda en procesar y valorar los activos financieros es por esto que se requiere de una optimización que realice la valoración de los swaps en menor tiempo y su vez no permita errores en el procesamiento. El cuadro a continuación detalla las causas y efectos que se tuvieron en cuenta acerca de la optimización de los swaps.



6. Objetivos

Objetivo General: Diseñar una calculadora de valoración de swaps en Python permitiendo optimización la calculadora actual dentro del área de gerencia de estrategia de la vicepresidencia de inversiones de Colfondos.

Objetivos Específicos:

- Comprender las distintas variables que componen la calculadora actual de swaps.
- Investigar la ruta para el diseño de la calculadora de swaps.
- Diseñar la calculadora de valoración de swaps en Python.

7. Metodología

La metodología de investigación establecida para este informe se caracteriza por ser un enfoque cuantitativo que resulta de la revisión de la literatura con un alcance descriptivo que busca especificar las propiedades y características de un fenómeno específico, que, en este caso, es el desarrollo del valorador de swaps en Python. Así mismo, se miden los resultados por medio de la diferenciación horizontal en subdivisión de tareas, junto con los conceptos, las variables y los componentes que hacen parte de la valoración de swaps. (Hernandez. 2014).

En esta misma línea, se implementó un marco de gestión de proyectos de metodología ágil Scrum que proporciona claridad para estructurar y gestionar el desarrollo y el proceso de optimización por medio de sprints con objetivos específicos para calcular, probar e integrar la calculadora de swaps para una validación y mejora continua que se observa más adelante en el Diagrama 1. Que a nivel general abarca las actividades mencionadas en la Tabla 1.

Finalmente, la herramienta a utilizar es Python ya que es un lenguaje de programación potente que desempeña un papel fundamental en una variedad de soluciones tecnológicas como la optimización para bases de datos que en este caso será aplicado para la calculadora de valoración de swaps. Es importante resaltar que se ha seleccionado esta herramienta debido a recomendaciones dentro de la Gerencia de Estrategia, pues según Liebre Capital, Python goza de una gran popularidad en el sector financiero, ya que instituciones financieras y fondos de como JPMorgan Chase, Goldman Sachs y Bridgewater Associates, han invertido fuertemente en este lenguaje de programación como herramienta principal para sus estrategias de investigación cuantitativa y trading. Así mismo, con Python se pueden analizar y manipular gran cantidad de datos económicos, contables y financieros.

Tabla 1. Proceso Metodológico Fases de Desarrollo.

Fecha	Detalle Avance
Agosto	Comprender que es un swap y sus funciones.
Septiembre - Octubre	Comprender los valores nominales y forma de valoración de los swaps.

4 nov – 8 nov	Fase 1 compresión de las variables que se requieren para valorar swaps
11 nov – 13 dic	Fase 2 implementación de la calculadora de swaps en Pyhon.
16 dic – 27 dic	Fase 3 análisis de los resultados de valoración de los swaps.

Fuente: Elaboración Propia

Diagrama 1. Marco de Gestión de Proyectos Backlog para la Gestión de Tareas



Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en el Diagrama 1, el desarrollo del valorador de swaps se compone de 16 Sprints cada uno con un objetivo específico para el desarrollo del código parte por parte de forma organizada, con el fin de llevar un seguimiento para mayor precisión.

En este sentido, desde el Sprint 1 al Sprint 7 se establecen las bases y los insumos que se requieren para el proceso de valoración diario. En esta sección, es importante resaltar que el Sprint 6 (Establecer fecha del último cupón pagado) se presentaron diferencias de los resultados de la calculadora de swaps en Python y los datos de la empresa por lo que fue necesario hacer una revisión y codificación del código varias veces.

En segundo lugar, desde el Sprint 8 al Sprint 12 se desarrollan los cálculos específicamente para la valoración de cada swap y descontar los flujos a valor presente. En esta sección, se crearon funciones en Python con las fórmulas de valoración a partir de las que ya estaban establecidas dentro de la empresa (este punto se explica en detalle en la Fase 2 de este informe).

Finalmente, el Sprint 13 y el Sprint 14 proporcionan datos adicionales a la valoración de los swaps para la toma de decisiones frente a los movimientos del mercado y decisiones de política monetaria. Por su parte, el Sprint 15 y el Sprint 16 se caracterizan por dar cuenta del resultado final de la valoración en la moneda local.

8. Desarrollo y Resultados

Fase 1. Comprensión de las variables para la valoración de swaps.

A partir de la información reportada mensualmente por la Superintendencia Financiera de Colombia se realiza la valoración de swaps. En primer lugar, para la respectiva identificación de cada swap se requiere de un **código ISIN** (International Securities Identification Number) que según la Comisión Nacional del Mercado de Valores identifica unívocamente un valor mobiliario a nivel internacional desarrollado en el estándar internacional ISO 6166 incorporado a procesos de liquidación y custodia. Así mismo, otro de los elementos clave en la valoración de swaps es su **clasificación** en caso de que sea un Cross Currency Swap o un Interest Rate Swap.

Por su parte, cada uno de los swaps utilizados para la valoración tiene características como la fecha de vencimiento que según FasterCapital es la fecha en que finaliza el contrato de swap y se liquidan todas las obligaciones restantes, la fecha de pago de los flujos de efectivo que marca el punto en el que las partes involucradas en el

swap intercambiarán los flujos de efectivo acordados según la periodicidad de tiempo (anual, semestral, trimestral) junto con la fecha de emisión del swap (2024).

En esta misma línea, la tasa facial la cuál está establecida en el contrato con las características iniciales del swap, según Grupo Sama es la tasa neta que el emisor ofrece al inversionista en el título, se expresa en términos anuales pagadera en función de los períodos de pago de cupón que se establezcan. Es la tasa que sirve para calcular el monto de intereses que pagará cada cupón en proporción al valor facial del título valor y del número de períodos de pago de cupón y se puede clasificar en tasa fija o tasa variable.

A su vez, se tiene en cuenta la base de tiempo para la valoración, es decir, si es base ACT/365, ACT/360 y 30/360 la cuál asume que todos los meses del año tienen 30 días y el año 360 días, junto con los días festivos del año y fines de semana ya para la valoración se deben tener en cuenta los días hábiles del año.

Adicionalmente, cada swap puede estar negociado en monedas distintas como lo son: dólar, euro o peso colombiano; para esto se debe tener presente la tasa de cambio diaria para la correcta valoración.

Por otro lado, el valor nominal de cada swap es clave para su respectiva valoración, que según la Comisión para el Mercado Financiero es el valor inicial o de emisión que tienen los activos financieros a la hora de negociarse. Cabe resaltar que cada uno de los aspectos mencionados anteriormente aplican para la parte del derecho y la obligación.

Al momento de valorar swaps se requiere de distintas curvas de tasas de interés, entre estas: Curva IBR que según el Banco de la República es el Indicador Bancario de Referencia y es una tasa de interés de referencia de corto plazo que refleja las tasas a las cuales las entidades bancarias se prestan dinero entre sí en el mercado interbancario con base en los plazos de los préstamos y se calcula a partir de las cotizaciones de los ocho participantes de este esquema de formación.

Así mismo, se utiliza la curva IBR UVR la cual combina la tasa de interés interbancaria con un índice que ajusta los valores por la inflación de la Unidad de Valor Real (UVR), es decir, los pagos realizados en un contrato basado en esta curva no solo

están sujetos a la tasa de interés interbancaria, sino también a los ajustes relacionados con el cambio en el valor del dinero a lo largo del tiempo debido a la inflación.

De la misma manera, se tiene en cuenta la curva DTE (Depósito a término fijo) que según el Banco de la República se determina a partir del promedio ponderado de las tasas de interés efectivas anuales de los Certificados de Depósito a Término (CDT) a 90 días ofrecidas por los establecimientos bancarios corporaciones y compañías de financiamiento comercial.

Por su parte, la curva USD OIS se toma en cuenta para los Swap IRS en el que una parte intercambia una tasa fija por una tasa variable vinculada a un índice overnight que en este caso esta referenciada a la Secured Overnight Financing Rate (SOFR) que según The Certificate of Bank Treasury Risk Management se basada en transacciones de recompra garantizadas en dólares estadounidenses que aplica al siguiente día hábil (2020).

A su vez, se utiliza la curva USD CO que hace referencia a la curva de rendimientos (yield curve) de los bonos en dólares emitidos por Colombia, en otras palabras, muestra la relación entre la tasa de interés y los vencimientos de los bonos denominados en dólares emitidos por el gobierno colombiano. En esta misma línea, se tiene en cuenta la curva EUR COP que hace referencia a los rendimientos de los instrumentos financieros emitidos euros dentro del mercado colombiano, evidenciando la relación entre la tasa de interés y los plazos de vencimiento de bonos o swaps en euros relacionados con el peso colombiano.

Fase 2. Forma de la creación de la calculadora de swaps

El desarrollo de la calculadora de swaps se podía realizar por medio de dos opciones. El primer camino era utilizar librerías especializadas de Python como numpy-financial que según NumPy Developers es una colección defunciones financieras elementales (2019), así mismo, QuantLib es una biblioteca utilizada para la valoración de instrumentos financieros, gestión de riesgos y modelado cuantitativo según QuantLib Python Documentation esta biblioteca es utilizada a partir de “evaluation date”, es decir, la fecha en la que desea valorar un instrumento (2020).

En conjunto estas bibliotecas proporcionan herramientas avanzadas para el cálculo de flujos de efectivo descontados, valoración de activos financieros y gestión del riesgo financiero. La segunda opción, era implementar directamente las fórmulas de valoración de swaps de la empresa mediante funciones en Python (aunque este era el camino más largo).

Dicho esto, se optó por la segunda opción, pues este enfoque permitía más precisión y transparencia en los cálculos, asegurando que los resultados fueran completamente replicables y comparables con los utilizados por la empresa. Pues las fórmulas y la manera de valorar dentro de la empresa fue la misma forma en como se crearon las funciones en Python, de esta forma se garantizó una alineación exacta con la metodología de valoración, minimizando posibles errores o diferencias que se pudieran presentar al optar por la primera opción. Además, esta solución facilitó un seguimiento total sobre cada componente del cálculo, permitiendo realizar ajustes específicos cuando fuera necesario.

Fase 3. Implementación de la calculadora de swaps en Python.

En primer lugar, se importaron las librerías a utilizar las cuales se pueden observar en la Imagen 1. En detalle la librería **numpy** se utiliza para el desarrollo de distintas operaciones matemáticas, así mismo, la biblioteca **os** permite implementar los archivos que se descargan diariamente dentro de un directorio específico.

Por su parte, la librería **datetime**, es un módulo que proporciona las herramientas para trabajar con fechas, junto con **relativedelta** que permite elaborar cálculos con los meses o años y adicionalmente se tiene en cuenta la librería **holidays** que permite identificar los festivos del año de un país y un año específico.

Sprint 1

Imagen 1. Importación de librerías

```
import numpy as np
import os
from datetime import datetime
from dateutil.relativedelta import relativedelta
!pip install holidays
import holidays

Requirement already satisfied: holidays in /usr/local/lib/python3.11/dist-packages (0.65)
Requirement already satisfied: python-dateutil in /usr/local/lib/python3.11/dist-packages (from holidays) (2.8.2)
Requirement already satisfied: six>=1.5 in /usr/local/lib/python3.11/dist-packages (from python-dateutil->holidays) (1.17.0)
```

Fuente: Python/ Importación de librerías/ datos confidenciales de Colfondos/ Gerencia de Estrategia/ Suministrados julio 15 del 2024.

El siguiente paso consistió en establecer la fecha de valoración. En este sentido, como muestra la Imagen 2 se establece el día a valorar, por ejemplo, si hoy es 17/12/2024 en el input establecido se escribe el día anterior, es decir, 16/12/2024.

Es importante resaltar que la fecha establecida en el día de la valoración se utilizará para importar los insumos de las curvas y los insumos de las monedas, junto con los intervalos de tiempo (días) entre fechas para valorar. Enseguida se declararon las rutas donde se encuentra cada uno de los insumos (debido a políticas de privacidad los detalles que tienen que ver directamente con información dentro de la empresa están reservados).

Sprint 2

Imagen 2. Declaración de la fecha de valoración

```
[10] fecha = input("Fecha día anterior(formato:20241216):")

Fecha día anterior(formato:20241216):20241216

# Separar la fecha en partes: año, mes, y día
año = fecha[:4]
mes = fecha[4:6]
día = fecha[6:]

# Formatear la fecha con guiones
MONEDAS = f"{año}-{mes}-{día}"

print("MONEDAS:", MONEDAS)

MONEDAS: 2024-12-16
```

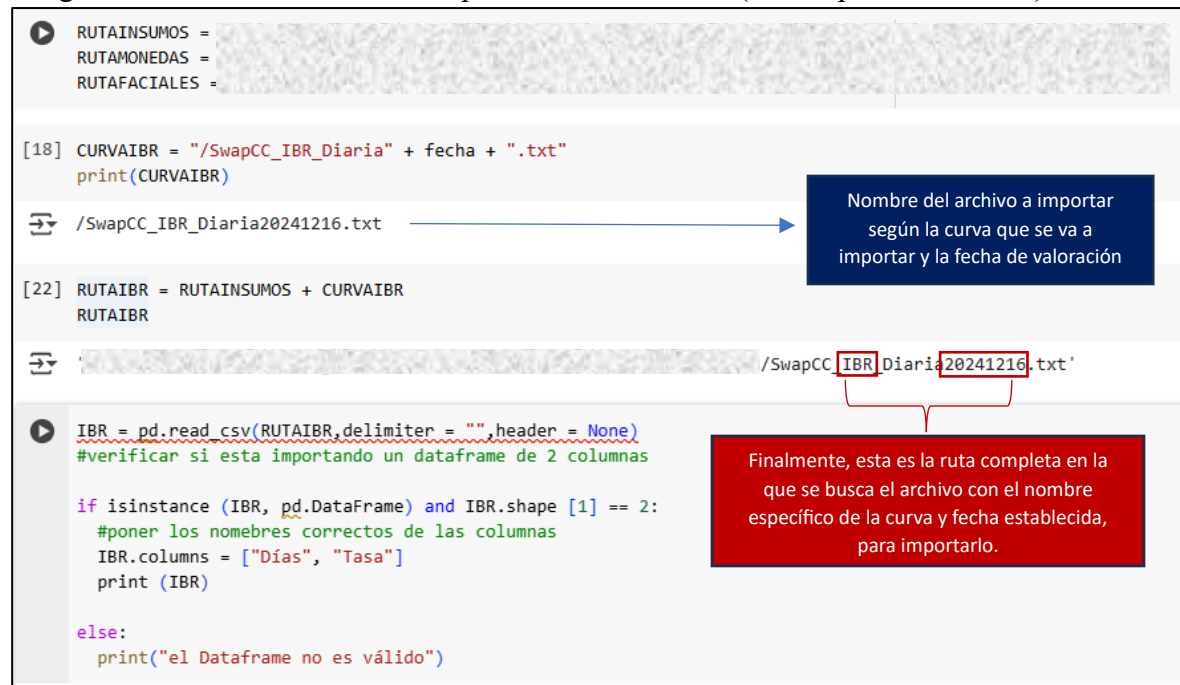
Fuente: Python/ Declaración de la fecha de valoración / datos confidenciales de Colfondos/ Gerencia de Estrategia/ Suministrados julio 15 del 2024.

En este sentido la Imagen 3 muestra el paso a paso para la importación de cada una de las curvas a partir de los insumos diarios, este proceso se realizó para todas las curvas a importar: EUR COP, USD CO, USD OIS, DTF, IBR UVR e IBR, como cada archivo importado tenía un nombre distinto asignado a cada curva no había espacio para errores de confusión en el código. En esta sección también se le daba un nombre a cada una de las columnas de tal forma que al momento de valorar el código identificara el “día” y la “tasa” respectiva según el tipo de curva. Finalmente, ese fue el código utilizado para la importación de los insumos puesto que se caracterizaban por ser TXT.

Sprint 3

Curvas de Valoración

Imagen 3. Declaración de rutas e importación de insumos (curvas para valoración)



Fuente: Python/importación de insumos/ datos confidenciales de Colfondos/ Gerencia de Estrategia/ Suministrados julio 15 del 2024.

A diferencia de estos últimos, los insumos de monedas no son TXT por lo tanto fue necesario identificar el tipo de archivo y realizar la respectiva importación como se evidencia en la Imagen 4. EL código de codificación detectado del archivo era ISO-8859-1, lo que significa que cada carácter ocupa un espacio que no admite emojis o caracteres de otros alfabetos. En este sentido, el código utilizado para la importación hacía referencia al archivo CSV pero con la característica especial de su codificación y delimitación por “punto y coma”, asumiendo que el archivo no tiene encabezado.

Por otro lado, se realiza la importación de los datos faciales de cada swap que son actualizados y se encuentran en un archivo de Excel, por lo tanto, su forma de importación se observa en la Imagen 5 (esta base llevará como nombre HFG en el DataFrame). En este sentido, una vez importada la base se requirió realizar algunas modificaciones para la correcta lectura de los datos en el que se toma la segunda fila del DataFrame y cada dato de la segunda fila lo asigna como el título correspondiente a cada columna.

Base monedas

Imagen 4. Importación Insumos Monedas

Posteriormente, se indica por medio de código se solamente se tomen los datos entre las columnas 75 a la 97 (Tipo se Swap, ISIN, emisor, fecha de compra, fecha de vencimiento, indicador de la tasa facial del derecho y la obligación, periodicidad de pago del derecho y la obligación, valor nominal del derecho y la obligación, junto con el tipo de moneda negociada en el derecho y la obligación)

siendo los únicos datos que se requerirán para la valoración. Una vez llamados los datos necesarios para la valoración se nombre de nuevo el dataframe con el nombre de HFG.

Así mismo, fue necesario continuar con las modificaciones en la base de datos, puesto que, al momento de importar la información y convertir el Excel a un dataframe las fechas permanecían en formato Excel lo que generaba errores a la hora de valoración. En este sentido, la Imagen 6 muestra como por medio del código se convierten las fechas de “Fecha de Compra. Fecha de Emisión y Fecha de Vencimiento” almacenadas como números de Excel a formato fecha dentro del DataFrame, se agrega la condición de que si dentro de la columna hay un dato no numérico entonces debe regresar Nat (que significa Not a Time) y antes de realizar el proceso es necesario mencionar que los datos se convirtieron a formato numérico para asegurar el correcto desarrollo del proceso.

Imagen 6. Conversión formato fecha de Excel a fechas reales en Python

```
# Función para convertir el número de fecha de Excel a un objeto datetime
def excel_to_date(excel_date):
    # Verificamos si el valor es un número antes de procesarlo
    if isinstance(excel_date, (int, float)):
        # Comprobamos si el valor es válido (no es NaN)
        if pd.isna(excel_date):
            return pd.NaT # Si es NaN, retornamos NaT
        return pd.to_datetime('1900-01-01') + pd.to_timedelta(excel_date - 2, unit='D')
    return pd.NaT # Retornar Not a Time (NaT) si el valor no es un número

# Asegurarse de que los valores en las columnas sean numéricos
HFG["F.Compra"] = pd.to_numeric(HFG["F.Compra"], errors='coerce')
HFG["F.Vcto"] = pd.to_numeric(HFG["F.Vcto"], errors='coerce')
HFG["Emision"] = pd.to_numeric(HFG["Emision"], errors='coerce')

# Convertir las columnas "F.Compra", "F.Vcto" y "Emision" a fechas
HFG["F.Compra"] = HFG["F.Compra"].apply(excel_to_date)
HFG["F.Vcto"] = HFG["F.Vcto"].apply(excel_to_date)
HFG["Emision"] = HFG["Emision"].apply(excel_to_date)

# Verificar si hay valores nulos después de la conversión
print(HFG[["F.Compra", "F.Vcto", "Emision"]].isna().sum())

# Cambiar el formato de las fechas para mostrar como día/mes/año
HFG["F.Compra"] = HFG["F.Compra"].dt.strftime('%d/%m/%Y')
HFG["F.Vcto"] = HFG["F.Vcto"].dt.strftime('%d/%m/%Y')
HFG["Emision"] = HFG["Emision"].dt.strftime('%d/%m/%Y')

# Mostrar el dataframe actualizado
print(HFG)
```

Usando .apply(excel_to_date), convierte los valores numéricos en fechas reales.

Las fechas se convierten a '%d/%m/%Y' usando .dt.strftime(), asegurando que se muestren en el formato correcto.

Fuente: Python/ Conversión formato fecha de Excel a fechas reales en Python/ datos confidenciales de Colfondos/ Gerencia de Estrategia.

Sprint 4

Imagen 7. Implementación Columna Base Tiempo Según el Tipo de Swap

```

# Define las condiciones
condiciones = [
    (HFG["TIPO SWAP"] == "CCS COPUSD") & (HFG["IND.Facial D"] == "FS") & (HFG["Moneda D"] == "COP"),
    (HFG["TIPO SWAP"] == "CCS COPUSD") & (HFG["IND.Facial D"] == "IBR") & (HFG["Moneda D"] == "COP"),
    (HFG["TIPO SWAP"] == "IRS IBRCOP") & (HFG["IND.Facial D"] == "IBR") & (HFG["Moneda D"] == "COP"),
    (HFG["TIPO SWAP"] == "IRS IBRCOP") & (HFG["IND.Facial D"] == "FS") & (HFG["Moneda D"] == "COP"),
    (HFG["TIPO SWAP"] == "IRS SOFUSD") & (HFG["IND.Facial D"] == "SOF1") & (HFG["Moneda D"] == "USD"),
    (HFG["TIPO SWAP"] == "IRS SOFUSD") & (HFG["IND.Facial D"] == "FS") & (HFG["Moneda D"] == "USD"),
    (HFG["TIPO SWAP"] == "CCS COPEUR") & (HFG["IND.Facial D"] == "FS") & (HFG["Moneda D"] == "COP"),
    (HFG["TIPO SWAP"] == "CCS COPEUR") & (HFG["IND.Facial D"] == "IBR") & (HFG["Moneda D"] == "COP")
]

# Define los valores correspondientes
valores = [
    "30/360",
    "ACT/365",
    "ACT/365",
    "ACT/360",
    "ACT/360",
    "ACT/360",
    "ACT/360",
    "ACT/365",
    "ACT/360"
]

# Crear la nueva columna utilizando np.select
HFG["Base Tiempo"] = np.select(condiciones, valores, default=None)

```

Fuente: Python/ Datos Temporales de cada swap/ datos confidenciales de Colfondos/ Gerencia de Estrategia/ Suministrados octubre 14 del 2024.

Como se observa en la Imagen 7 se realiza la creación de una nueva columna llamada “Base Tiempo” a la que sea asignan los valores correspondientes (30/360, ACT/365 y ACT/360) según las condiciones dadas del Tipo de Swap, IND.Facial D y Moneda. Es importante resaltar que los datos de Base Tiempo aplican tanto para el derecho como la obligación.

En esta misma línea, se creó una nueva columna llamada “días”. A partir del dato de la columna “Base Tiempo” se le asignaba un valor correspondiente al dato para completar los datos de la columna “días”. En otras palabras, si en la columna “Base Tiempo” está el dato “30/360” entonces en la columna “días” aparecerá “360”, si el dato es “ACT/365” entonces el dato en la columna “días” es “365” y finalmente, si el dato es “ACT/360” entonces el dato de la columna “días” es “360”. Este procedimiento se realizó con el fin de un manejo más versátil de los datos en procesos posteriores.

Por otro lado, por medio de la librería holidays se tomaron en cuenta los días festivos específicamente para Colombia. En este sentido, se creó una lista llamada festivos_colombia para almacenar las fechas de los días festivos desde el

año 2024 hasta el 2055 y como resultado se genera el número de días festivos dentro de un rango.

Imagen 8. Indicación del número de días anuales según la columna Base Tiempo

```
# Crear las condiciones para la columna "Base de días por año"
condiciones_base = [
    HFG["Base Tiempo"] == "ACT/360",
    HFG["Base Tiempo"] == "ACT/365",
    HFG["Base Tiempo"] == "30/360"
]

valores_base = [360, 365, 360]

# Asignar la nueva columna "Base de días por año"
HFG["dias"] = np.select(condiciones_base, valores_base, default=None)
print (HFG)
```

Fuente: Python/ Datos Temporales de cada swap/ datos confidenciales de Colfondos/ Gerencia de Estrategia.

Lo siguiente proporciona información clave para el siguiente procedimiento que se observa en la Imagen 10. Esta sección es una de las partes principales del valorador de swaps, pues al establecer la fecha de pago del último cupón de cada swap se determinan las demás fechas de pago de los cupones según la periodicidad (anual, semestral, trimestral). En este sentido, como se observa en la Imagen 11 a partir de la Fecha de Vencimiento, periodicidad de pago y los festivos de Colombia se crea la función que calcula la fecha de pago del último cupón.

Sprint 5

Imagen 9. Festivos en Colombia.

```
# Generar los días festivos para Colombia desde 2024 hasta 2055
festivos_colombia = []
for year in range(2024, 2056): # Incluye el año 2055
    festivos = holidays.Colombia(years=year)
    festivos_colombia.extend(festivos.keys())

# Convertir a un conjunto de fechas para mejor rendimiento
festivos_colombia = set(festivos_colombia)

print(f"Festivos desde 2024 hasta 2055: {len(festivos_colombia)} días festivos.")
```

Festivos desde 2024 hasta 2055: 571 días festivos.

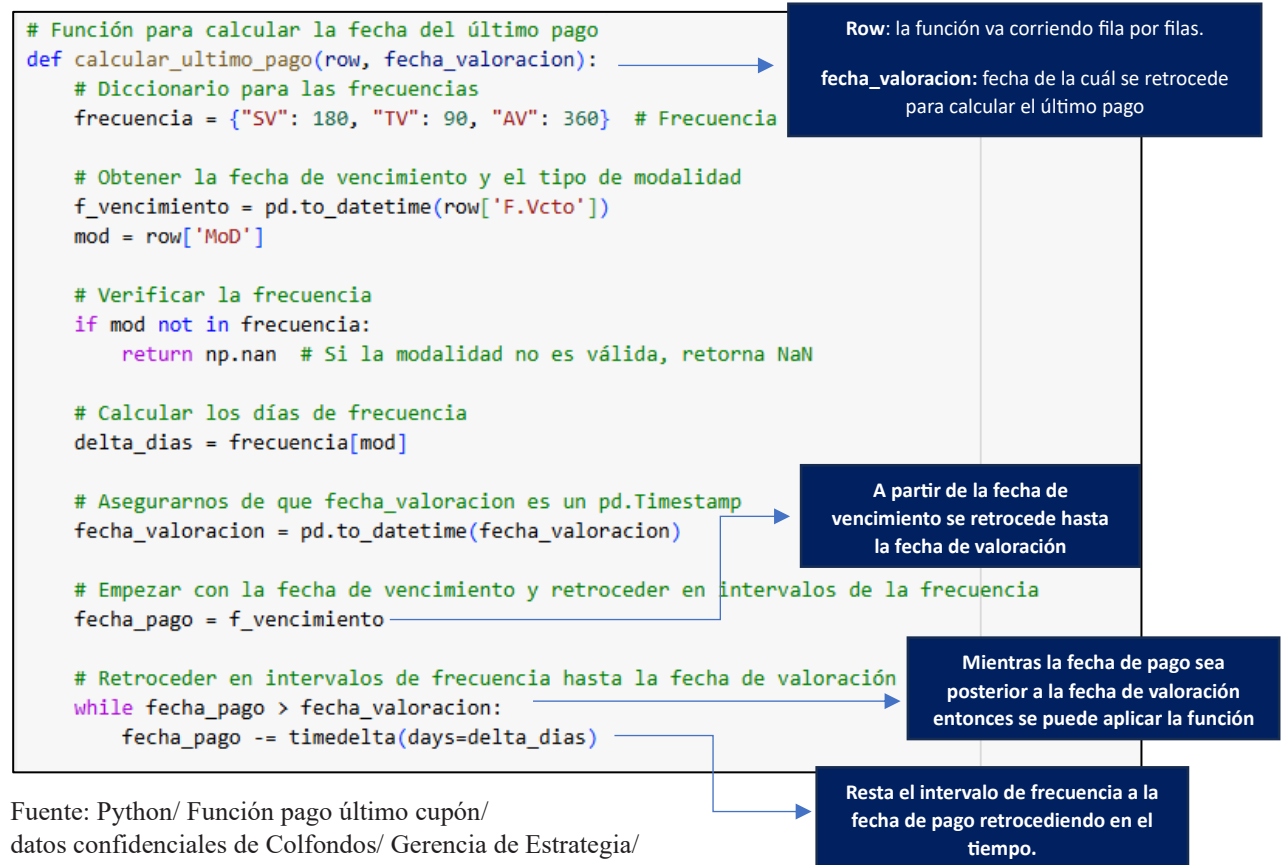
Fuente: Python/ Datos Temporales de cada swap/ datos confidenciales de Colfondos/ Gerencia de Estrategia/ Suministrados octubre 21 del 2024.

En este sentido, se declara el significado para los valores de frecuencia para la columna “MoD” donde “SV” = 180 días, “TV” = 90 días y “AV” = 360 días. Posteriormente se valida que el formato de la frecuencia sea válido, es decir, que si la modalidad (SV, TV, AV) no está en el diccionario de la frecuencia entonces devolverá valores nulos (NaN). Así mismo, se convierte la fecha de valoración en un formato compatible para las operaciones en fechas.

Así mismo, se establece la fecha de vencimiento del swap y a partir de la frecuencia se comienza a retroceder hasta llegar a la fecha de valoración o el último pago antes de la fecha de valoración. Sin embargo, esta función solamente se ejecutará siempre y cuando la fecha de vencimiento sea superior a la fecha de valoración o incluso igual y en seguida se ejecuta que a partir de la fecha de vencimiento se reste el intervalo de días según la frecuencia (SV, TV, AV).

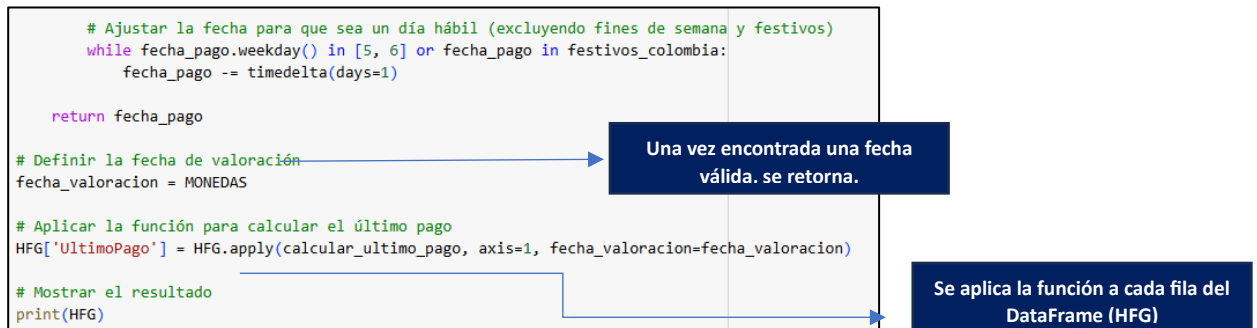
Sprint 6

Imagen 10. Función para el cálculo de la fecha de pago del último cupón.



Puesto que se requiere que el pago de pago del último cupón sea en un día hábil se agrega una nueva condición que se observa en detalle en la Imagen 11. Si la fecha de pago cae en fin de semana o en un festivo se retrocede día por día hasta encontrar un día hábil, es decir, que si la fecha calculada cae en sábado (5) o domingo (6) o en un día festivo (declarado anteriormente) se ajusta la fecha hasta el día hábil anterior.

Imagen 11. Aplicación de la fecha de pago del último cupón.

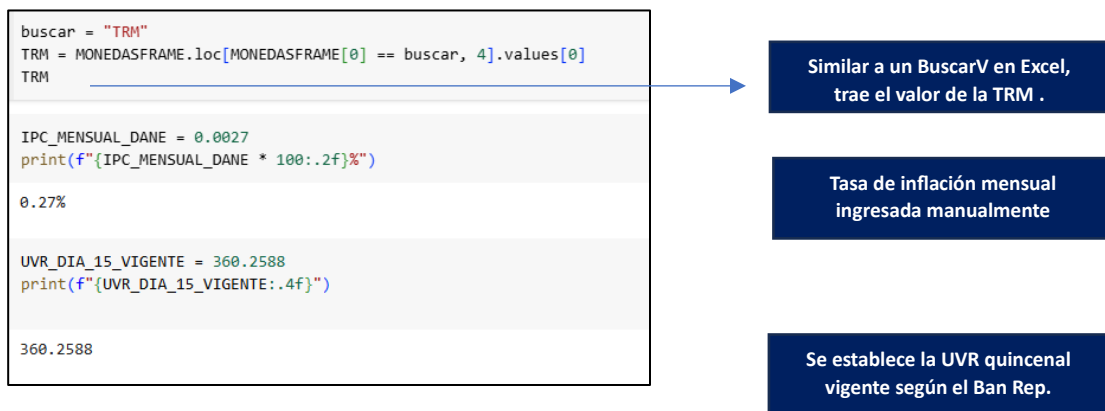


Fuente: Python/ Aplicación de la fecha de pago del último cupón/ datos confidenciales de Colfondos/ Gerencia de Estrategia.

Posteriormente se llama de nuevo la fecha de valoración y se aplica la función a cada fila del DataFrame, finalmente las fechas de pago del último cupón para cada swap se establecen en una nueva columna llamada “UltimoPago” y se imprime el DataFrame completo declarándolo nuevamente como HFG.

Sprint 7

Imagen 12. Declaración de factores importantes como la TRM, IPC y UVR Diaria



Fuente: Python/ Datos TRM, IPC, UVR/ datos confidenciales de Colfondos/ Gerencia de Estrategia/ Suministrados octubre 28 del 2024.

Por otro lado, para la valoración de los swaps CCS o IRS en dólar o euro se trae la TRM diaria de cada moneda frente al peso desde el insumo de monedas importado anteriormente (Ver Imagen 12).

En primer lugar, el DataFrame importado de los insumos anteriormente se busca “TRM” y extrae o selecciona su valor correspondiente en la columna 4 de la fila encontrada. En segundo lugar, se inserta manualmente la inflación mensual (que en su momento era de 0.27%) con mas detalle, -f’- permite insertar variables en la cadena de texto y posteriormente ese dato se multiplica por 100 para convertirlo a porcentaje y se declara ahí mismo una cantidad de 2 decimales junto con el símbolo de “%” después del número.

En segundo lugar, se añade el dato de inflación mensual, que en este caso era de 0.27%. Se ingresa el IPC mensual en décima y posteriormente se multiplica por 100 para finalmente establecer un dato porcentual de dos decimales. Finalmente, en tercer lugar, se define la variable UVR diaria 15 días vigente y se declara que el resultado ingresado contenga 4 decimales (este dato se toma en una periodicidad quincenal desde lo reportado en el Banco de la República).

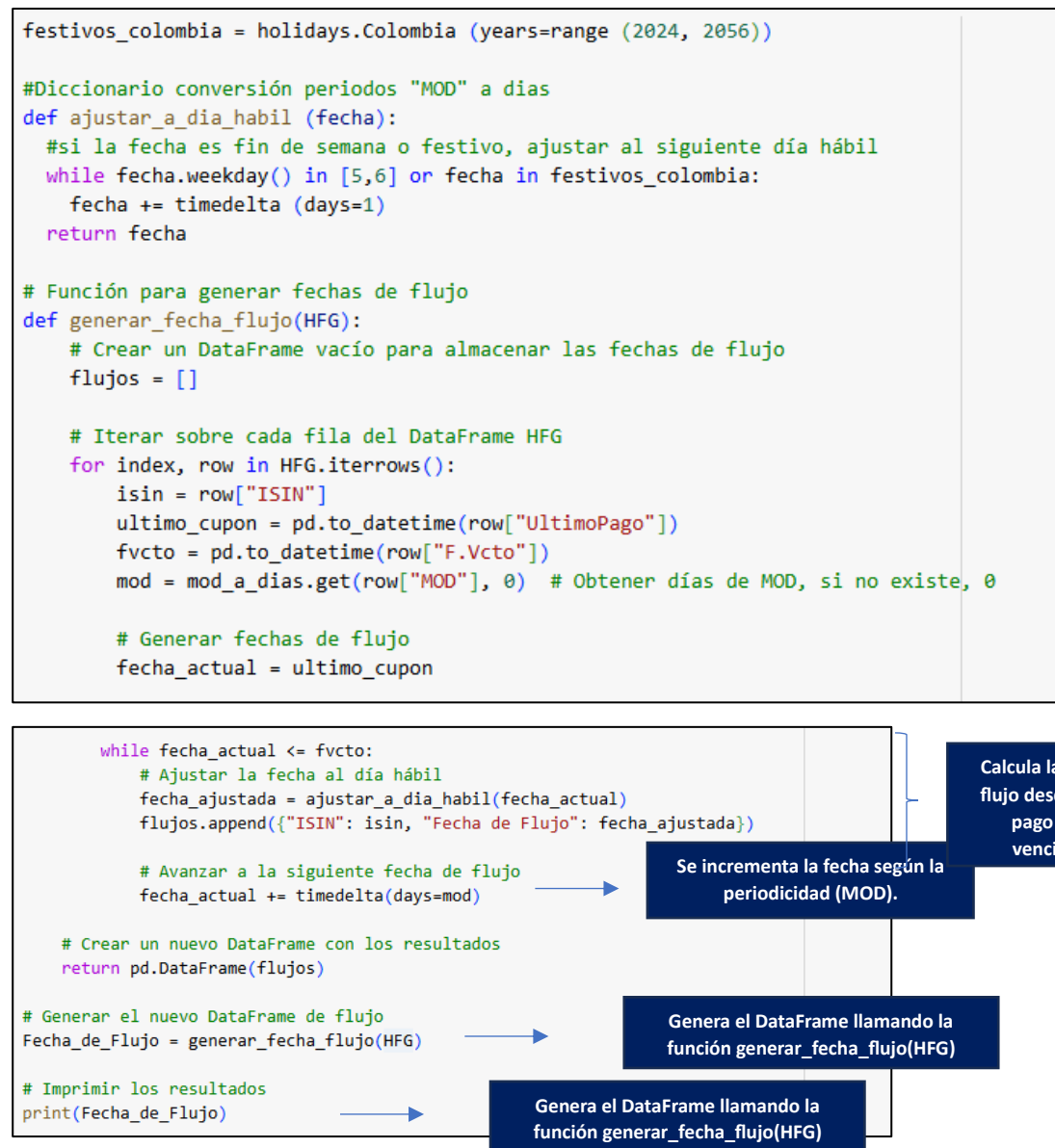
Finalmente, el último paso para proceder a la valoración de los swaps es establecer las fechas de pago de cada cupón para su respectivo swap. Como se observa en la Imagen 13 se utiliza nuevamente la librería holidays para obtener los días festivos en Colombia, generando un conjunto de los días festivos en el rango de años establecidos, así mismo, si la fecha es un sábado (5), un domingo (6) o un festivo se moverá al siguiente día hábil.

En este sentido, se crea una lista vacía donde se guardan las fechas de flujo (flujos = []) y se establece de tal forma que al DataFrame HFG se le aplique la función a cada una de las filas (row) en cada posición (index) por medio de HFG.iterrows(). Así mismo, se extraen los valores de la fila actual: ISIN, Ultimo Pago (establecido anteriormente), Fecha de Vencimiento y Periodicidad (MOD).

Posteriormente, se comienzan a generar las fechas de flujo a partir de la fecha de pago del último cupón. Para esto, se requiere de la fecha actual sea inferior o igual a la fecha de vencimiento y se aplica el ajuste de la fecha al siguiente día hábil. Por último, se guarda la fecha el alista creada anteriormente (flujos) con su respectivo ISIN (flujos.append({"ISIN": isin, "Fecha de Flujo": fecha_ajustada})).

Sprint 8

Imagen 13. Fecha de pago de cada cupón para su respectivo swap (días hábiles).



Fuente: Python/ Cálculo fecha de pago de cada cupón/ datos confidenciales de Colfondos/ Gerencia de Estrategia/ Suministrados octubre 28 del 2024.

Por último, se crea el DataFrame de fechas de Flujo con dos columnas ISIN y Fecha de Flujo y se obtienen todas las fechas de pago de cada cupón para cada swap desde la fecha de último pago hasta la fecha de vencimiento.

Una vez cargadas y establecidas todas las variables necesarias se procese a la etapa de valoración de swaps. El proceso de valoración es el mismo tanto para la parte del derecho como la parte de obligación, sin embargo, la única diferencia radica en que para valorar la parte del Derecho se toman las características faciales del derecho y para la valoración de la Obligación se tienen en cuenta los datos faciales de la obligación.

Imagen 14. Creación de un nuevo DataFrame con los datos de valoración

```
def filtrar_fechas_por_isin_y_dias_con_fra(Fecha_de_Flujo, HFG, isin_filtrar):  
    # Filtrar por ISIN específico  
    fechas_filtradas = Fecha_de_Flujo[Fecha_de_Flujo["ISIN"] == isin_filtrar]  
  
    # Asegurarse de que las fechas estén ordenadas  
    fechas_filtradas = fechas_filtradas.sort_values(by="Fecha de Flujo").reset_index(drop=True)  
  
    # Calcular la diferencia en días entre flujos consecutivos  
    fechas_filtradas["Días entre Flujos"] = fechas_filtradas["Fecha de Flujo"].diff().dt.days  
  
    # Unir la columna "Facial D" de HFG con el DataFrame filtrado por ISIN  
    fra_values = HFG[HFG["ISIN"] == isin_filtrar]["Facial D"].iloc[0] # Tomar el valor de la columna "Facial D"  
    fechas_filtradas["FRA"] = fra_values  
  
    return fechas_filtradas  
  
isin_especifico = "SK693820" # Cambia esto por el ISIN que deseas filtrar  
fechas_filtradas = has_por_isin_y_dias_con_fra(Fecha_de_Flujo, HFG, isin_especifico)  
  
fechas_filtradas = fechas_filtradas.merge(  
    HFG[["ISIN", "Vr Nominal DER", "MoD", "Moneda D", "Facial D"]], # Selecciona las columnas relevantes de HFG  
    on="ISIN", # Usa la columna ISIN como clave para la combinación  
    how="left" # Combina de modo que mantenga todas las filas de fechas_filtradas  
)
```

Filtra las fechas de flujo para que solo contengan registros del ISIN

Ordena las fechas de flujo en orden cronológico para cálculos correctos.

Fuente: Python/ Dataframe datos de valoración/ datos confidenciales de Colfondos/ Gerencia de Estrategia.

Imagen 15. Días restantes hasta la fecha de vencimiento por cada pago de cupón

```
#convertir la columna "Fecha de Flujo" y la variable "Fecha" a formato datetime si no lo estan  
fechas_filtradas ["Fecha de Flujo"] = pd.to_datetime (fechas_filtradas ["Fecha de Flujo"])  
fecha_valoracion = pd.to_datetime(fecha)  
  
#calcular los días al vencimiento  
fechas_filtradas ["Fecha de Flujo"] = (fechas_filtradas ["Fecha de Flujo"] - fecha_valoracion).dt.days
```

Fuente: Python/ Cálculo fecha días restantes a la fecha de vencimiento/ datos confidenciales de Colfondos/ Gerencia de Estrategia.

A partir de la Imagen 14 inicia el proceso de valoración de swaps. En primer lugar, se establece una función en la que se utilizan tres parámetros (fecha de flujo, el dataframe HFG y el ISIN específico que se va a valorar. Posteriormente, una vez establecido el isin_especifico que se desea valorar se aplica la función establecida anteriormente. Así mismo, se crea un nuevo dataframe llamado fechas_filtradas que contiene las columnas ISIN, Valor Nominal, Moneda, Periodicidad y Tasa Facial.

Por su parte, en la Imagen 15 se establecen los días al vencimiento, los cuales se determinan por medio de la resta entre la fecha_filtrada y la fecha_valoración indicando en formato de días la cantidad de días al vencimiento.

Sprint 9

Imagen 16. Búsqueda y aplicación de la tasa de descuento.

```
# Función para buscar la tasa correspondiente
def buscar_tasa(moneda, dias_vencimiento):
    if moneda == 'COP':
        # Buscar en IBR
        tasa = IBR[IBR['Días'] == dias_vencimiento]['Tasa'].values
    elif moneda == 'USD':
        # Buscar en USD_CO
        tasa = USD_CO[USD_CO['Días'] == dias_vencimiento]['Tasa'].values
    elif moneda == 'UVR':
        # Buscar en IBR_UVR
        tasa = IBR_UVR[IBR_UVR['Días'] == dias_vencimiento]['Tasa'].values
    else:
        tasa = None # Si no es una moneda válida
    return tasa[0] if len(tasa) > 0 else None

# Aplicar la función a cada fila del dataframe fechas_filtradas
fechas_filtradas['Tasa de Descuento'] = fechas_filtradas.apply(
    lambda row: buscar_tasa(row['moneda d'], row['días vencimiento']), axis=1
)
```

Fuente: Python/ Tasa de descuento/ datos confidenciales de Colfondos/ Gerencia de Estrategia/ Suministrados octubre 28 del 2024.

Posteriormente, se creó una nueva función en la que a partir de la moneda y los días al vencimiento trae la tasa correspondiente. Por ejemplo, si la moneda de la negociación del swap es COP entonces la tasa buscada la trae de la curva importada IBR, si la moneda es USD la tasa importada es traída de la curva IBR_UVR y finalmente si la “moneda” en negociación es UVR entonces la tasa importada es IBR_UVR. Es importante aclarar que la tasa tarida corresponde a los días de vencimiento para cada fila del pago del cupón.

Luego se aplica la función creada anteriormente al DataFrame por cada fila (row), donde se extrae la moneda y los días al vencimiento para posteriormente buscar la tasa y agregarlo finalmente en la columna Tasa de Descuento. Para efectos de rapidez y precisión se utilizó la función lambda para aplicar la función buscar_tasa a cada fila del DataFrame.

Como se evidencia en la Imagen 16 se establecieron las frecuencias según el tiempo donde Año Vencido = 1 año, Semestre Vencido = 2 semestres, Trimestre Vencido = 4 trimestres en el año. Luego, se crea una nueva función llamada calcular_flujo_intereses en la que a partir de la Frecuencia se busca en frecuencia_map la frecuencia de pago, para finalmente, calcular el flujo de intereses con la siguiente Fórmula 1, donde se divide la tasa (FRA) entre la frecuencia de pagos y luego se multiplica por el Valor Nominal.

Formula 1. Cálculo de flujo de intereses.

$$Flujo = \left(\frac{FRA}{Frecuencia} \right) * Vr\ Nominal$$

Luego se crea una nueva columna llamada Flujo de Intereses donde se almacenarán los resultados, para finalmente aplicar la función desde la fila 1 en adelante para cada una de las filas.

Sprint 10

Imagen 16. Función para el Cálculo de Flujo de Intereses

```
# Mapeo de frecuencias
frecuencia_map = { "AV": 1, "SV": 2, "TV": 4 }

# Función para calcular Flujo de Intereses
def calcular_flujo_intereses(row):
    frecuencia = frecuencia_map.get(row['Frecuencia'], 0) # Usa 'Frecuencia' para obtener el valor mapeado
    return (row['FRA'] / frecuencia ) * row['Vr Nominal DER'] # Multiplica por la frecuencia del mapeo

# Crear una columna con valores predeterminados
fechas_filtradas['Flujo de Intereses'] = 0

# Aplicar la fórmula desde la fila 1
fechas_filtradas.loc[1:, 'Flujo de Intereses'] = fechas_filtradas.loc[1:].apply(calcular_flujo_intereses, axis=1)
```

Fuente: Python/ Función cálculo flujo de intereses/ datos confidenciales de Colfondos/ Gerencia de Estrategia/ Suministrados octubre 28 del 2024.

A continuación, se observa en la Imagen 17 la creación de una nueva función llamada `calcular_factor` que posteriormente se utilizará para descontar flujos futuros al presente. Esta función se basa en la Formula 2 y posteriormente se aplica a cada fila del DataFrame `fechas_filtradas`. Finalmente, se guarda el resultado en una nueva columna llamada `factor`.

Formula 2. Cálculo Factor de Descuento.

$$Factor = \frac{1}{1 + \left(\frac{Tasa\ de\ Descuento}{360} * Días\ Vencimiento \right)}$$

Sprint 11

Imagen 17. Función para el cálculo del Factor de Descuento

```
# Crear la función
def calcular_factor(row):
    return 1 / (1 + row['Tasa de Descuento'] / 360 * row['Días Vencimiento'])

# Aplicar la función a cada fila
fechas_filtradas['Factor'] = fechas_filtradas.apply(calcular_factor, axis=1)

# Mostrar el DataFrame resultante
print(fechas_filtradas)
```

Fuente: Python/ Función factor de descuento/ datos confidenciales de Colfondos/ Gerencia de Estrategia/ Suministrados octubre 28 del 2024.

Nuevamente como se observa en la Imagen 18 se crea una función para el cálculo del Valor Presente donde la Formula 3 es aplicada solamente para la última fila del DataFrame y la Formula 4 es aplicada para cada una de las filas (Excepto la última) donde solo descuentan los intereses. Finalmente, como se observa en la Imagen 18 se aplica la función a cada fila del DataFrame y se almacenan los datos en la nueva columna “Valor Presente”.

Formula 3. Cálculo del Valor Presente solo para la última fila del DataFrame.

$$VP_{final} = Flujo\ de\ Intereses + (Valor\ Nominal * Factor)$$

Formula 4. Cálculo del Valor Presente para cada fila del DataFrame.

$$VP = Flujo\ de\ Intereses * Factor$$

Sprint 12

Imagen 18. Función para el cálculo del Valor Presente.

```
def calcular_valor_presente(row):  
    # Solo calcular para la última fila  
    if row.name == fechas_filtradasO.index[-1]:  
        return row['Flujo de Intereses'] + (row['Vr Nominal DER'] * row['Factor'])  
    else:  
        return (row['Flujo de Intereses'] * row['Factor']) # Las demás filas se mantienen iguales  
  
# Aplicar la función a cada fila para crear la columna Valor Presente  
fechas_filtradas['Valor Presente'] = fechas_filtradas.apply(calcular_valor_presente, axis=1)  
  
# Aplicar el formato solo a la columna 'Valor Presente' para evitar la notación científica  
fechas_filtradas['Valor Presente'] = fechas_filtradas['Valor Presente'].apply(lambda x: '{:,.0f}'.format(x))
```

Evitar notación científica. Usar
separador de miles y sin decimales.

Fuente: Python/ Función valor presente/
datos confidenciales de Colfondos/ Gerencia de Estrategia/ Suministrados octubre 28 del 2024.

Sprint 13

Imagen 19. Función para el cálculo la Duración Modificada.

```
# Crear la columna 'Duración Modificada' con la fórmula  
fechas_filtradas['Duración Modificada'] = (fechas_filtradas['Dias Vencimiento'] / 365) / (1 + fechas_filtradas['Tasa de Descuento'])
```

Fuente: Python/ Función duración modificada/ datos confidenciales de Colfondos/ Gerencia de
Estrategia/ Suministrados octubre 28 del 2024.

Sprint 14

Imagen 20. Función para el cálculo de la Convexidad.

```
# 'Tasa de Descuento' y 'Dias Vencimiento'  
  
# Crear la columna 'Convexidad' con la fórmula  
fechas_filtradas['Convexidad'] = ((fechas_filtradas['Dias Vencimiento'] / 365) *  
    (fechas_filtradas['Dias Vencimiento'] / 365 + 1)) * \  
    (1 + fechas_filtradas['Tasa de Descuento']) ** 2  
  
# Mostrar el DataFrame resultante  
print(fechas_filtradas)
```

Fuente: Python/ Función de convexidad / datos confidenciales de Colfondos/ Gerencia de
Estrategia/ Suministrados octubre 28 del 2024.

Para finalizar se realizó el cálculo de la Duración Modificada y la Convexidad. La primera de estas es un indicador clave en la valoración de activos financieros pues ayuda a medir la sensibilidad del precio de un activo ante cambios en la tasa de interés. La misma fórmula de la Imagen 19 se puede observar a continuación en la Fórmula 5.

Formula 5. Cálculo de la Duración Modificada.

$$D_m = \frac{\left(\frac{\text{Días Vencimiento}}{365}\right)}{1 + \text{Tasa de Descuento}}$$

Por otro lado, el cálculo de la convexidad es una corrección de la duración modificada, al utilizar la convexidad se ajusta la relación lineal de la duración modificada y entre mayores sean los datos de la Convexidad significa que el swap es menos sensible a fuertes cambios en la tasa de interés. Su fórmula de cálculo se puede observar en la Imagen 20 y en la Formula 6.

Formula 6. Cálculo de la Convexidad.

$$\text{Convexidad} = \left(\frac{\text{Días al Vencimiento}}{365} * \left(\frac{\text{Días Vencimiento}}{365} + 1 \right) \right) * (1 + \text{Tasa de Descuento})^2$$

Sprint 15

Imagen 21. Función Suma del Valor Presente

```
# Función para sumar los valores de la columna "Valor Presente" desde la fila 1
def sumar_valor_presente_desde_fila(df, columna="Valor Presente", fila_inicial=1):
    if columna not in df.columns:
        raise ValueError(f"La columna '{columna}' no existe en el DataFrame.")
    # Seleccionar desde la fila inicial hasta el final
    valores = df[columna].iloc[fila_inicial:]
    # Convertir valores no numéricos a 0 y sumar
    return pd.to_numeric(valores, errors='coerce').fillna(0).sum()

# Llamar la función y sumar desde la fila 1
resultado = sumar_valor_presente_desde_fila(fechas_filtradas)
print(f"La suma de los valores de 'Valor Presente' desde la fila 1 es: {VPCCSDERECHO}")
```

Fuente: Python/ Sumatoria Valor Presente/ datos confidenciales de Colfondos/ Gerencia de Estrategia/ Suministrados octubre 28 del 2024.

Para finalizar el proceso de valoración como se muestra en la Imagen 21 se suman todos los flujos de la columna valor presente y como se muestra en la Imagen 22 a partir de la moneda de negociación del swap se convierte a peso colombiano. Es importante resaltar que este procedimiento de valoración debe ser aplicado tanto para la parte del derecho como de la obligación.

Sprint 16

Imagen 22. Función conversión de la moneda a peso colombiano.

```
# Obtener el valor único de la columna "Moneda D"
monedaD = fechas_filtradas0['Moneda D'].iloc[0] # Suponemos que todos los valores en "Moneda 0" son iguales
monedaD

# Lógica de cálculo según la moneda
if moneda == "COP":
    resultado = VPCCSDERECHO * 1
elif moneda == "USD":
    resultado = VPCCSDERECHO * TRM
elif moneda == "UVR":
    resultado = VPCCSDERECHO * UVR_DIA_15_VIGENTE
else:
    resultado = VPCCSDERECHO # Caso por defecto

# Imprimir el resultado
print(f"El valor ajustado de VPCCSOBLIGACION es: {VPCCSDERECHO}")
```

Fuente: Python/ Función de conversión moneda/ datos confidenciales de Colfondos/ Gerencia de Estrategia/ Suministrados octubre 28 del 2024.

9. Resultado Final

El resultado final se compone de la parte del Derecho y de la parte de la Obligación. *Por ejemplo, suponiendo que se negocia un Cross Currency Swap con fecha de vencimiento 2029-04-20 y fecha de emisión 2024-10-31, con pagos de cupón semestrales y fecha de valoración 2024-10-31, negociado en COP y USD se obtiene por medio de la calculadora dos secciones.*

Como se observa en la Imagen 23 luego del proceso de valoración la parte del Derecho se compone de los siguientes flujos y datos descontados al valor presente, de igual forma en la Imagen 24 que muestra los flujos descontados de la Obligación. Como la parte de la obligación estaba establecida en USD se requiere de su conversión a pesos multiplicando el resultado por la TRM del día.

Imagen 23. Cuadro de flujos descontados a Valor Presente del **Derecho**.

	ISIN	Fecha de flujos	Días entre flujos	FRA	Vr Nominal DER	MoD	MonedaD	FacialD	Días Vencimiento	Tasa de Descuento	Flujo de Intereses	Factor	Valor Presente	Duración Modificada	Convexidad
0	EXSWAP123	2024-10-31 00:00:00	180	0.1623	9846000000	SV	COP	0.1623	0	0.022788	799002900	0.927957	587283852	0.248875	0.290298
1	EXSWAP123	2025-04-30 00:00:00	180	0.1623	9846000000	SV	COP	0.1623	181	0.032972	799002900	1.03862	717235334	0.650625	2.306293
2	EXSWAP123	2025-10-31 00:00:00	180	0.1623	9846000000	SV	COP	0.1623	365	0.058846	799002900	0.90156	619781581	1.052374	4.322289
3	EXSWAP123	2026-04-30 00:00:00	180	0.1623	9846000000	SV	COP	0.1623	546	0.045445	799002900	0.995946	691335576	1.454124	6.338284
4	EXSWAP123	2026-10-31 00:00:00	180	0.1623	9846000000	SV	COP	0.1623	730	0.040507	799002900	1.073103	602786480	1.855873	8.35428
5	EXSWAP123	2027-04-30 00:00:00	180	0.1623	9846000000	SV	COP	0.1623	911	0.049003	799002900	1.093164	695033559	2.257623	10.370275
6	EXSWAP123	2027-10-31 00:00:00	180	0.1623	9846000000	SV	COP	0.1623	1095	0.03849	799002900	0.92635	581207486	2.659372	12.386271
7	EXSWAP123	2028-04-30 00:00:00	180	0.1623	9846000000	SV	COP	0.1623	1277	0.09888	799002900	1.047302	641231132	3.061122	14.402266
8	EXSWAP123	2028-10-31 00:00:00	180	0.1623	9846000000	SV	COP	0.1623	1461	0.092053	799002900	0.937741	634698705	3.462871	16.418262
9	EXSWAP123	2029-04-30 00:00:00	180	0.1623	9846000000	SV	COP	0.1623	1642	0.020327	799002900	1.072346	626649403	3.864621	18.434257
10	TOTAL												6397243108		

Fuente: Python/ Tabla del Swap EXSWAP123 valorado derecho/ datos confidenciales de Colfondos/ Gerencia de Estrategia/ Suministrados diciembre 16 del 2024.

Imagen 24. Cuadro de flujos descontados a Valor Presente de la **Obligación**.

	ISIN	Fecha de flujos	Días entre flujos	FRA	Vr Nominal OBG	MoO	MonedaO	FacialO	Días Vencimiento	Tasa de Descuento	Flujo de Intereses	Factor	Valor Presente	Duración Modificada	Convexidad
0	EXSWAP123	2024-10-31 00:00:00	180	0.07275	2000000	SV	USD	0.1623	0	0.04897	73750	1.025588	72939	0.260688	0.290298
1	EXSWAP123	2025-04-30 00:00:00	180	0.07275	2000000	SV	USD	0.1623	181	0.041813	73750	0.93103	72001	0.690796	2.306293
2	EXSWAP123	2025-10-31 00:00:00	180	0.07275	2000000	SV	USD	0.1623	365	0.064781	73750	0.903187	71064	1.120904	4.322289
3	EXSWAP123	2026-04-30 00:00:00	180	0.07275	2000000	SV	USD	0.1623	546	0.089826	73750	0.911521	70127	1.551013	6.338284
4	EXSWAP123	2026-10-31 00:00:00	180	0.07275	2000000	SV	USD	0.1623	730	0.076575	73750	0.964243	69190	1.981121	8.35428
5	EXSWAP123	2027-04-30 00:00:00	180	0.07275	2000000	SV	USD	0.1623	911	0.09129	73750	1.067049	68253	2.411229	10.370275
6	EXSWAP123	2027-10-31 00:00:00	180	0.07275	2000000	SV	USD	0.1623	1095	0.082571	73750	1.039424	67316	2.841337	12.386271
7	EXSWAP123	2028-04-30 00:00:00	180	0.07275	2000000	SV	USD	0.1623	1277	0.07826	73750	0.918853	66379	3.271446	14.402266
8	EXSWAP123	2028-10-31 00:00:00	180	0.07275	2000000	SV	USD	0.1623	1461	0.037238	73750	0.963497	65442	3.701554	16.418262
9	EXSWAP123	2029-04-30 00:00:00	180	0.07275	2000000	SV	USD	0.1623	1642	0.069773	73750	0.916431	64505	4.131662	18.434257
10	TOTAL												687216		

Fuente: Python/ Tabla del Swap EXSWAP123 valorado obligación/ datos confidenciales de Colfondos/ Gerencia de Estrategia/ Suministrados diciembre 16 del 2024.

Una vez estandarizado la suma de los flujos descontados a Valor Presente de la Obligación de USD a COP, se obtiene el resultado final que se observa en la Imagen 25.

Imagen 25. Resultados del Cálculo de Valor Presente

VP Derecho	VP Obligación
6397243108	3025750400

Fuente: Python/ Resultado final/ datos confidenciales de Colfondos/ Gerencia de Estrategia/ Suministrados diciembre 16 del 2024.

Este es el resultado final de la calculadora o valorador de Swaps, este dato permite determinar el valor del activo financiero dentro del mercado, así mismo, proporciona información para la toma de decisiones financieras, junto con la medición para la gestión de riesgo y como el cambio en las tasas de interés de política monetaria pueden influir en el valor presente generando pérdidas o ganancias en la operación. Dentro del área de inversiones este resultado se utiliza para la generación del informe diario de posicionamiento de la AFP frente a su competencia.

10. Conclusiones y aportes a la empresa a partir del proyecto desarrollado.

La implementación de una calculadora de swaps optimizada en Python dentro de la empresa genera múltiples beneficios dentro de esta, pues la valoración de portafolios dentro de los fondos de pensión privados (AFP) requiere de tiempo y de una estructura sólida. Por lo que la optimización de la valoración de activos financieros de forma optimizada (en este caso los Swaps) le estaría proporcionando un posicionamiento a la empresa al anticiparse a los movimientos del mercado, contribuyendo al pronto análisis del posicionamiento de los portafolios ante escenarios que se puedan presentar cada día.

Esta ventaja permite saber cómo se están posicionado los portafolios en el mercado y ante cualquier eventualidad crear múltiples escenarios que permitan la pronta reacción por medio de la toma de decisiones en la empresa. Por su parte, esto podría beneficiar a las personas cuyas Pensiones y Cesantías se encuentran en esta empresa. Pues la optimización de procesos, precisión y tiempos genera un posicionamiento y ventaja a la empresa dentro del mercado y frente a sus competidores.

11. Recomendaciones

Medir el tiempo de valoración de los swaps comparando el método de valoración de la empresa frente al nuevo diseño de la calculadora de swaps con el fin de lograr saber

su nivel de eficiencia y los beneficios que la reducción de tiempo puede traer al desarrollo de las actividades dentro del área de inversiones, pues debido a la complejidad del proyecto no se logró hacer la comparación entre un valorador y otro. Así mismo, observar y analizar los resultados con el fin de verificar que, si sean precisos y adecuados, con el fin de establecer la nueva forma de valoración en Python.

Investigar e implementar dentro de la empresa más herramientas tecnológicas (como la programación) para la mejora en los procedimientos diarios de valoración pues actualmente toman bastante tiempo y siguen expuestos a errores que podrían retrasar todo el proceso.

12. Logros de la Práctica

Por medio de esta práctica logré entender la importancia y la conexión que existe entre la economía y las finanzas dentro de una empresa, ya que, aunque el enfoque de las prácticas era de análisis económico, la valoración y optimización de procesos por medio de herramientas como Python pueden proporcionarle ventajas a la empresa dentro del mercado debido a la generación de información más rápida y eficiente dentro de los procesos de la empresa. Este aspecto ha generado en mí la pasión por aprender a programar en distintos lenguajes pues es un valor agregado que puede proporcionarle muchos beneficios a las empresas.

En esta misma línea, desarrollé habilidades en muchos aspectos como en la escritura y comunicación de datos económicos de tal forma que pudiesen ser comprensibles para todas las personas. Así mismo, la comprensión y análisis de como las distintas variables macroeconómicas están directamente relacionadas con la toma de decisiones para la compra y venta de activos financieros.

También desarrollé habilidades a nivel interpersonal pues estar expuesta a un ambiente con personas de distintas áreas, con distintos niveles de jerarquía y diferentes formas de ser hizo que de alguna forma en mí hubiese un desarrollo a nivel interpersonal con cada persona. Así mismo, haber conocido personas tan brillantes me inspiró mucho y generó en mí un impulso por seguir aprendiendo y esforzándome.

Finalmente, aprendí que nada es imposible cuando se propone. Aunque se presentaron muchos desafíos nada es imposible de lograr cuando se tiene pasión y

esfuerzo. Junto con este punto, estas prácticas me ayudaron a saber que luego de que me gradúe de la universidad me gustaría enfocarme en el área de finanzas cuantitativas o en la operación de mercados financieros de Renta Variable o Renta Fija.

13. Dificultades y Sugerencias Sobre el Desarrollo de la Modalidad

Una de las dificultades fue que un día de la semana tenía clase en la universidad en las horas de la mañana por lo que tenía que ir a clase y dejar mi lugar de trabajo a cambio, la universidad podría asegurarse de ofrecer más materias en las horas de la tarde noche con fin de evitar este cruce de horarios. Por otro lado, sería muy interesante que se pudiesen implementar materias o electivas enfocadas en programación donde los profesores encargados en dictar esas materias sean expertos en el tema.

14. Fuentes Bibliográficas

Auto Regulador Mercado de Valores (AMVV). (2021). *Guía de estudio de derivados*. Recuperado de <https://www.amvcolombia.org.co/DERI-OP-2024.pdf>

Arditti, F. D. (1996). *Derivatives: A comprehensive resource for options, futures, interest rate swaps, and mortgage securities*. Harvard Business School Press.

Banco de la República. (2008). *Indicador Bancario de Referencia (IBR)*. Recuperado de <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/indicador-bancario-referencia-ibr>

Banco de la República. (s.f.). *Indicador Bancario de Referencia IBR*. Recuperado de <https://www.banrep.gov.co/es/glosario/indicador-bancario-referencia-ibr>

Banco de la República. (s.f.). *¿Cuál es la metodología de cálculo de la DTF y la normativa relacionada?* Recuperado de <https://www.banrep.gov.co/es/cual-metodologia-calculo-dtf-y-normativa-relacionada>

Bancolombia. (2021). *ABC sobre el indicador Bancario de Referencia IBR*. Recuperado de <https://www.bancolombia.com/negocios/actualizate/administracion-y-finanzas/abc-indicador-bancario-referencia-ibr>

BVC - Bolsa de Valores de Colombia. (2021). *Circular Única del Mercado de Derivados*. Recuperado de https://www.bvc.com.co/pps/tibco/portalbvc/Home/Regulacion/Sistemas_Administrados/Derivados

CFA Institute. (2017). *Fixed income and derivatives. CFA Program curriculum*

Circular Básica Contable y Financiera. (2008). *Superintendencia Financiera de Colombia*. Recuperado de <https://www.superfinanciera.gov.co/loader.php?!Servicio=Tools2&ITipo=descargas&IFuncion=descargar&idFile=21959>

Colfondos. (2023). *Código del Buen Gobierno*. Recuperado de <https://www.colfondos.com.co/dxp/documents/20143/37681/Codigo+de+Buen+Gobierno+Febrero+2023.pdf/>

Comisión Nacional del Mercado de Valores. (s.f.). *Estándares ISO, El código ISIN*. Recuperado de <https://www.cnmv.es/portal/ancv/codigoisin.aspx?lang=es#:~:text=Es%20un%20c%C3%B3digo%20que%20identifica,procesos%20de%20liquidaci%C3%B3n%20y%20custodia>

Comisión para el Mercado Financiero. (s.f.). *¿Qué es el valor nominal?* Recuperado de <https://www.cmfchile.cl/educa/621/w3-article-826.html?>

Estudio de Caso como Alternativa de Cobertura frente al Riesgo Cambiario. (2009). *Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas*. Recuperado de

Faster Capital. (2024). *Fecha de vencimiento: Plain Vanilla Swaps, navegando por el panorama de las fechas de vencimiento*. Recuperado de <https://fastercapital.com/es/contenido/Fecha-de-vencimiento--Plain-Vanilla-Swaps--navegando-por-el-panorama-de-las-fechas-de-vencimiento.html>

Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la investigación* (6ª ed.). McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V. Recuperado de <https://www.mcgraw-hill.com/metodologia-investigacion-sexta-edicion>

Hull, J. C. (2000). *Options, futures & other derivatives* (4ª ed.). Prentice Hall.

Grupo Sama. (s.f.). *Glosario de términos*. Recuperado de <https://gruposama.fi.cr/glosario-de-terminos/>

Liebre Capital. (s.f.). *Python en finanzas: Aplicaciones y beneficios*. Recuperado, de <https://liebrecapital.com.ar/phyton-en-finanzas/>

Ludwig, M. S. (1993). *Understanding interest rate swaps*. McGraw-Hill, Inc.

Marshall, J. F., & Kapner, K. R. (1993). *Understanding swaps*. John Wiley & Sons.

NumPy Developers. (2019). *NumPy-financial*. NumPy. Recuperado de <https://numpy.org/numpy-financial/>

QuantLib Developers. (2020). *QuantLib-Python documentation: Basics*. Read the Docs. Recuperado de <https://quantlib-python-docs.readthedocs.io/en/latest/basics.html>

SFC - Superintendencia Financiera de Colombia. (1995). *Circular Básica Contable y Financiera (Circular Externa 100 de 1995)*. Actualizaciones 2010, 2015, 2021. Recuperado de <https://www.superfinanciera.gov.co/jsp/15466>

The Certificate of Bank Treasury Risk Management. (2020). *SOFR OIS Pricing and Riskless USD Curve Construction in light of the Impending USD LIBOR Discontinuation*. Recuperado de https://btrm.org/wp-content/uploads/2024/03/BTRM-WP15_SOFR-OIS-Curve-Construction_Dec-2020.pdf