



El emprendimiento  
es de todos

Minhacienda

*Metodología para*  
**CÁLCULO DEL COSTO  
PROMEDIO DEL  
CAPITAL (WACC)**  
**EN PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA APP**

[www.minhacienda.gov.co](http://www.minhacienda.gov.co)

**DIRECCIÓN GENERAL DE  
CRÉDITO PÚBLICO Y  
TESORO NACIONAL**

Subdirección de  
Asociaciones Público  
Privadas



## MINISTERIO DE HACIENDA Y CRÉDITO PÚBLICO

---

Ministro de Hacienda y Crédito Público  
**José Manuel Restrepo**

Director General de Crédito Público y Tesoro Nacional  
**César Augusto Arias Hernández**

Subdirectora de Asociaciones Público Privadas (E)  
**Jenifer Bustamante Moreno**

Equipo Técnico  
**Ana María Guzmán**  
**Alejandro Antonio Martínez Bello**

Asesora de Comunicaciones  
**Juliana Franco Acevedo**

Diseño y Diagramación  
**Diana Londoño Aguilera**

---

eISBN 978-958-53553-5-4

Agosto de 2022



# Contenido

---

1. Presentación .....	4
2. Ámbito de aplicación .....	5
3. Introducción.....	6
4. Esquema Metodológico.....	7
4.1 Pasos generales de la metodología.....	7
5. Tasa de Costo de Capital Promedio - WACC .....	9
5.1 Definición de las variables del WACC .....	11
5.1.1 Costo de la deuda y otros gastos financieros - $K_d$ .....	11
5.1.1.1 Sondeo de mercado .....	11
5.1.1.2 Condiciones de financiación de proyectos de infraestructura en ejecución .....	15
5.1.1.3 Costo de la deuda final .....	15
5.1.2 Costo del capital (equity) – $K_e$ .....	15
5.1.2.1 $R_f$ - Tasa libre de riesgo .....	17
5.1.2.2 Prima de riesgo de mercado - $(ERM - r_f)$ .....	18
5.1.2.3 $\beta$ - Parámetro Beta .....	19
5.1.2.4 Devaluación .....	25
5.1.2.5 Cálculo del WACC .....	26
6. Resumen.....	27
7. Ejemplo Práctico .....	29
8. Glosario.....	34
9. Bibliografía .....	35



## Capítulo 1

# Presentación

---

El 31 de julio de 2008, el Ministerio de Hacienda y Crédito Público, publicó la Resolución 2080, con la cual se adopta la Tasa de Costo de Capital Promedio para los Contratos de Concesión Vial y Férrea<sup>1</sup>. Dicho documento daba los lineamientos en materia de tasa y riesgo que debía considerarse para adelantar las gestiones tendientes a determinar las condiciones de las adiciones y prórrogas de los contratos de concesión vial y férrea.

Posteriormente, se publicó la Resolución 6128 de 2008, con la cual se actualizó la Tasa de Costo de Capital Promedio para los contratos de concesión vial<sup>2</sup>. Con dicha publicación se estableció el 11,30%<sup>3</sup> como base máxima para la prórroga o adición de contratos de concesión vial.

Adicionalmente, mediante la Resolución 446 de febrero de 2010, se volvió a actualizar la Tasa de Costo de Capital Promedio para los contratos de concesión vial. En este sentido, se definió un 7.75%<sup>4</sup> como base máxima para la prórroga o adición de contratos de concesión mencionados anteriormente.

Ahora bien, bajo este antecedente, el artículo 26 de la Ley 1508 de 2012 indica que previo al concepto del CONFIS para definir el límite anual de autorizaciones para comprometer vigencias futuras para Proyectos de Asociación Público Privada (APP), se deberá contar con la no objeción del Ministerio de Hacienda y Crédito Público sobre las condiciones financieras y las cláusulas contractuales que rigen las mismas, propuestas por la entidad estatal competente.

Así mismo, el artículo 12 del Decreto 2384 de 2015<sup>5</sup> faculta a la Subdirección de Asociaciones Público Privadas para asesorar, proponer y hacer seguimiento a los procesos de concesiones, y esquemas de participación privada en proyectos de infraestructura y demás iniciativas similares consideradas estratégicas. Así como, para asesorar, proponer y emitir los lineamientos generales que aseguren los términos financieros más convenientes para la Nación, en procesos

---

<sup>1</sup> El Consejo Nacional de Política Económica y Social dio concepto favorable para su prórroga o adición a través del CONPES 3535.

<sup>2</sup> Resolución 6128 de 2008

<sup>3</sup> Documento técnico 3-2008-027951

<sup>4</sup> Documento técnico 3-2010-004070

<sup>5</sup> ARTÍCULO 12. Modifíquese el artículo 39 del Decreto 4712 de 2008, el cual quedará así:

“ARTÍCULO 39. Subdirección de Asociaciones Público Privadas. Son funciones de la Subdirección de Asociaciones Público Privadas, de la Dirección General de Crédito Público y Tesoro Nacional, las siguientes:

1. Asesorar, proponer y hacer seguimiento a los procesos de concesiones, y esquemas de participación privada en proyectos de infraestructura y demás iniciativas similares consideradas estratégicas.

2. Asesorar, proponer y emitir los lineamientos generales que aseguren los términos financieros más convenientes para la Nación, en procesos de licitación y concursos públicos-privados de contratos de concesión y de esquemas de participación privada en infraestructura.”



de licitación y concursos públicos privados de contratos de concesión y de esquemas de participación privada en infraestructura.

Con lo anterior, el Ministerio de Hacienda y Crédito Público decidió desarrollar una metodología para el cálculo del Costo Promedio de Capital (Wacc) para proyecto de Infraestructura desarrollados bajo el esquema de APPs. Esto, con el fin de definir parámetros objetivos en el cálculo de dicha tasa, que reconozcan las particularidades del esquema APP y de los proyectos desarrollados bajo esta modalidad.

Respecto a los lineamientos de política pública, y en el marco del artículo 26 de la Ley 1508 de 2012, el presente documento propone las directrices básicas que las Entidades Estatales deben contemplar en los procesos de estructuración de proyectos de Asociaciones Público Privadas para proyectos de infraestructura, que se rijan bajo el mencionado artículo. Lo anterior, propendiendo por un equilibrio entre los incentivos para la participación del sector privado y la conveniencia para el sector público.

## Capítulo 2

# Ámbito de aplicación

---

Considerando que las Asociaciones Público Privadas son “un instrumento de vinculación de capital privado, que se materializan en un contrato entre una entidad estatal y una persona natural o jurídica de derecho privado, para la provisión de bienes públicos y de sus servicios relacionados”<sup>6</sup>, el presente documento es aplicable en la estructuración financiera de todos aquellos contratos a los que les sea aplicable la No objeción de Condiciones Financieras por parte del Ministerio de Hacienda y Crédito Público, de que trata el artículo 26 de la Ley 1508 de 2012.

Sin perjuicio de lo anterior, en este documento se estipulan lineamientos generales para el cálculo del costo promedio de capital (WACC), con el fin de que las Entidades Estatales cuenten con herramientas de referencia para la estructuración financiera en el marco de contratos de infraestructura con capital privado.

---

<sup>6</sup> Artículo 1, Ley 1508 de 2012



## Capítulo 3

# Introducción

---

En proyectos de infraestructura que se desarrollan con participación privada, uno de los principales retos financieros, es definir la remuneración adecuada que el inversionista privado debería recibir por la ejecución del proyecto y las obligaciones asociadas al mismo. La definición del “pricing” en proyectos de Asociación Público Privada, es, en términos financieros, un aspecto imprescindible para obtener la bancabilidad del proyecto, contar con pluralidad de oferentes dentro del proceso de selección y así mismo establecer una relación equilibrada entre las partes, tanto pública como privada.

La rentabilidad asociada por la ejecución de un proyecto, desde un punto de vista teórico, se entiende como que i) compensa el costo de oportunidad asociado a las obligaciones a cargo del inversionista privado y ii) depende de la incertidumbre asociada a los riesgos que se transfieren al inversionista privado.

En conclusión, en términos financieros, la rentabilidad está correlacionada positivamente con el riesgo, es decir, cuanto mayor sea el riesgo asumido por el inversionista privado, mayor será la rentabilidad esperada por la ejecución del proyecto.

En general, el sector público calcula esta rentabilidad cuando la opción más eficiente para generar valor público y beneficio general resulta de un esquema en donde un inversionista privado se encarga de la ejecución del proyecto. Normalmente, esta decisión se basa en la capacidad que tienen las partes para gestionar los riesgos, para ejecutar el proyecto y para garantizar condiciones óptimas y de calidad en el largo plazo.

En este sentido, y con el objetivo de definir la metodología para el cálculo de dicha rentabilidad, junto con las demás variables que componen el WACC, este documento primero abordará un esquema metodológico con el paso a paso del procedimiento para el cálculo del WACC, posteriormente se revisará en detalle la Tasa de Costo de Capital Promedio, así como la descripción y la forma de cálculo de sus variables. Finalmente, se presenta un ejemplo práctico de cómo aplicar la metodología.

Con base en lo anterior, es de esperarse que esta metodología se empiece a aplicar como máximo un (1) año después de su publicación. Sin embargo, aquellos proyectos que hayan sido radicados, para iniciar el proceso de No objeción de condiciones financieras, ante el Ministerio

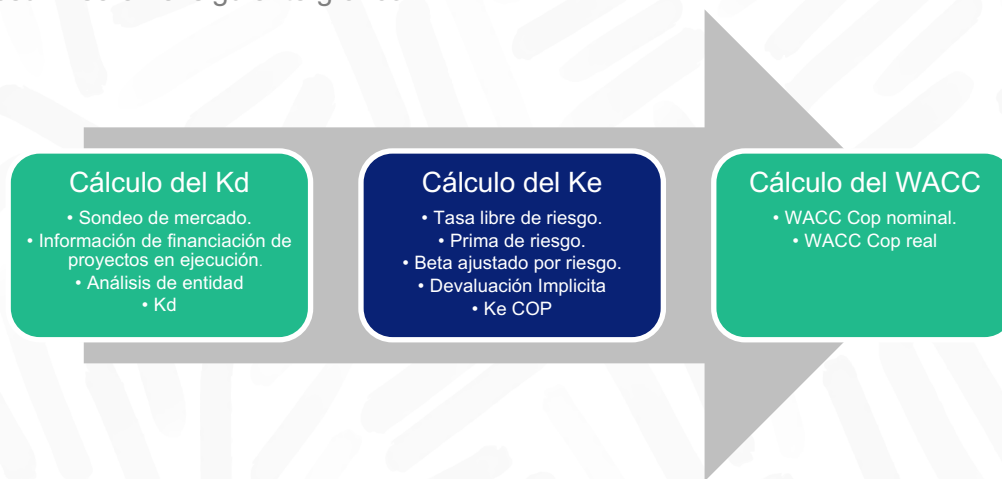


de Hacienda y Crédito Público, previo a la publicación de este documento, podrán utilizar la metodología anterior o decidir utilizar la presente metodología.

## Capítulo 4

# Esquema Metodológico

Para el cálculo del WACC, la metodología supone una serie de pasos secuenciales. Este procedimiento es diferente dependiendo de la información disponible, pero a modo general puede resumirse en el siguiente gráfico:



Fuente: Elaboración propia DGCPTN

## 4.1 Pasos generales de la metodología

1. **Cálculo del Costo de la Deuda (Kd):** el primer paso consiste en realizar un sondeo de mercado con los potenciales financiadores. Posteriormente, se deberá analizar la información de la financiación de proyectos en ejecución y definir una tasa final argumentando las razones de la elección. En la sección 5.1.1. se encuentra el detalle de este paso.
2. **Cálculo del Costo de Capital (Ke):** el segundo paso consiste en determinar el costo del capital del proyecto. Para esto, se debe calcular la tasa libre de riesgo, la prima



de riesgo del mercado y el beta del proyecto. Asimismo, y dado que las variables calculadas se encuentran en dólares, se debe considerar la devaluación implícita para finalmente obtener el  $K_e$  en pesos. En la sección 5.1.2 se encuentra el detalle de este paso.

3. **Cálculo del WACC:** una vez se obtienen las variables de la ecuación ( $K_d$  y  $K_e$ ), se calcula el WACC nominal. Paso seguido, se deflacta utilizando la inflación meta definida por el banco de la república para obtener el WACC real del proyecto.





## Capítulo 5

# Tasa de Costo de Capital Promedio Ponderado (WACC)

---

El WACC (Weighted Average Cost of Capital) o Tasa de Costo de Capital Promedio Ponderado es el promedio del costo de la deuda y el costo de equity de un proyecto. Los pesos hacen referencia a las proporciones de deuda y equity dentro de la estructura de capital<sup>7</sup>.

Las fuentes del capital en proyectos desarrollados bajo Project Finance permiten varias formas de obtención de recursos, sin embargo, se pueden agrupar en dos categorías principales: deuda y capital de los accionistas. En términos generales, la deuda se obtiene a través de entidades bancarias o cualquier otra modalidad de financiación con terceros que sea aceptada contractualmente; y el capital de los accionistas, como su nombre lo indica, tiene como fuente los recursos propios de los accionistas que componen el proyecto.

Generalmente, los contratos de concesión bajo los cuales se establecen las condiciones entre la entidad contratante y el concesionario para el desarrollo de un proyecto, establecen una serie de condiciones que tienen como objetivo alinear los incentivos entre las partes.

Dentro de estas condiciones, en general, el pago de la deuda senior tiene prelación sobre el pago de los dividendos de los accionistas. En este sentido, en el desarrollo de los proyectos existe un mayor riesgo para los accionistas y es de esperarse que el costo del equity (accionistas) sea superior al costo de la deuda.

Con lo anterior, el costo de capital puede estimarse como el promedio ponderado del costo de la deuda y el costo de equity de la siguiente ecuación:

---

<sup>7</sup> Ross, Stephen A.; Westerfield, Randolph W. y Jaffe, Jeffrey F. (2012). Finanzas Corporativas. 9ª Edición. México: McGraw-Hill. p332



$$WACC_{COP\ nominal} = \frac{E}{D + E} * K_{eCOP} + \frac{D}{D + E} * K_{dCOP} * (1 - t_x)$$

Donde,

**WACC<sub>COP</sub>**: representa el costo promedio de capital (según sus siglas en inglés Weighted Averaged Cost of Capital).

**E**: corresponde al monto del capital de los accionistas (incluye deuda subordinada de los socios).

**D**: corresponde al monto de la deuda.

**Ke**: corresponde al costo de capital de los accionistas (equity).

**Kd**: corresponde al costo de la deuda<sup>8</sup>.

**tx**: corresponde a la tasa efectiva de impuesto de renta aplicable.

Teniendo en cuenta que, los recursos de deuda y capital de los accionistas tienen riesgos diferentes, las tasas de rendimientos requeridas también lo son. La expresión matemática del WACC muestra que los costos se ponderan según su participación relativa en la financiación total del proyecto. Así, la participación del capital de los accionistas sobre el capital total viene dada por la razón E/(D + E) y la de la deuda es su complemento, la cual corresponde a D/(D + E).

De igual manera, la ecuación considera el beneficio fiscal que tiene la deuda en los estados financieros de la concesión. Esto, se encuentra representado a través de la expresión Kd\*(1-tx).

Lo anterior, considerando que, en Colombia, actualmente, los intereses son deducibles de la base gravable para la renta<sup>9</sup>. Asimismo, cabe resaltar que, como se verá más adelante, las variables de la ecuación se encontrarán denominadas en moneda extranjera, por lo cual, se deberá realizar la respectiva conversión a pesos colombianos.

Con lo anterior, la fórmula del WACC en pesos, y en términos reales anuales será la siguiente:

$$WACC_{real\ COP} = \frac{WACC_{COP\ nominal}}{1 + Inflación\ meta}$$

Donde:

**WACC<sub>real COP</sub>**: corresponde al WACC nominal en pesos deflactado por la inflación meta.

<sup>8</sup> El Kd deberá reflejar el costo de la deuda durante todo el plazo de la misma. No solo debe considerarse el costo inicial del crédito.

<sup>9</sup> Sin perjuicio de las modificaciones que se deban realizar a la fórmula en caso de que cambie la normatividad tributaria.



$WACC_{COP\ nominal}$ : corresponde al resultado de la aplicación de la ecuación descrita al inicio de esta sección.

**Inflación meta:** la inflación meta corresponde a la definida por el Banco de la República y/o los supuestos macroeconómicos del Ministerio de Hacienda, a la fecha de análisis<sup>10</sup>.

## 5.1 Definición de las variables del WACC

### 5.1.1 Costo de la deuda y otros gastos financieros - Kd

El costo de la deuda está relacionado con el costo que implica para los accionistas del proyecto, endeudarse a través de entidades financieras o terceros, para conseguir la financiación necesaria para ejecutar el contrato. El análisis y determinación del costo de la deuda es fundamental para calcular el beneficio, la eficiencia en la inversión de un proyecto y los recursos públicos asignados en este tipo de contratos. Por esto, una fórmula que logre calcular el costo de deuda adecuado, amortizándola en un plazo eficiente, supone una forma de financiación conveniente para adelantar cualquier proyecto de inversión.

En Colombia, el mayor porcentaje de deuda en proyectos de Asociación Público-Privada se adquiere a través de créditos sindicados con banca nacional e internacional. No obstante, en la medida en que el esquema se ha fortalecido, han entrado otros actores como fondos de deuda, así como de otros instrumentos como la emisión de bonos en el mercado de capitales, a hacer parte de la financiación de estos proyectos.

Teniendo en cuenta lo anterior, así como las características dinámicas del mercado financiero, y el hecho de que existen diferentes instrumentos financieros en el mercado local e internacional, el costo de deuda se puede calcular con base en un sondeo de mercado y la información de las condiciones de financiación de proyectos de infraestructura APP en ejecución<sup>11</sup> y estructuración. Esto, con el objetivo de determinar las condiciones de financiación de cada proyecto, teniendo en cuenta sus características particulares, la información histórica y las condiciones del mercado.

#### 5.1.1.1 Sondeo de mercado

En términos generales, los sondeos de mercado son herramientas de observación útiles para determinar las características relativas a un mercado particular, respecto a un bien o servicio. En el caso particular de infraestructura, deben existir parámetros de temporalidad y tipo de preguntas claras, con el objetivo de estandarizar las evaluaciones.

<sup>10</sup> <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/inflacion-total-y-meta>

<sup>11</sup> Los datos de condiciones financieras de proyectos actuales (tasas, plazos y comisiones) podrían ser obtenidos de las notas a los estados financieros de los concesionarios.



Así, se puede llegar a determinar las condiciones mínimas exigidas por los potenciales financiadores, tales como la tasa de interés, el plazo, las coberturas mínimas esperadas, los covenants, las comisiones de apertura y disponibilidad del crédito, entre otras.

Ahora bien, los proyectos desarrollados bajo el esquema de Asociación Público Privada están relacionados con la figura de project finance. Usualmente, esta herramienta tal y como lo plantea Gómez y Jurado (2011) es un modelo de financiación para un proyecto basado únicamente en los recursos que se generan por el mismo proyecto. Las APPs, en la medida de lo posible, propenden por contar con un esquema project finance. Sin embargo, algunos proyectos requieren de aportes del estado para completar la retribución que no se obtiene a través de la explotación comercial o de los recursos que genera el proyecto<sup>12</sup>. De esta manera, los flujos de caja futuros del proyecto (generados por la explotación comercial o por aportes de la nación) son la misma garantía del reembolso de la financiación recibida.

En este sentido, la capacidad de predictibilidad de los flujos del proyecto afectará directa o indirectamente los intereses de los financiadores. Por esta razón, cobra relevancia que el sondeo de mercado deba efectuarse de manera individual teniendo en cuenta las características particulares de cada contrato.

El resultado del sondeo de mercado deberá presentarse al realizar el respectivo trámite ante el Ministerio de Hacienda y Crédito Público, cumpliendo con los lineamientos de temporalidad e información, definidos por este Ministerio.

Asimismo, con el objetivo de obtener resultados transparentes, verificables y ajustados con la realidad de los proyectos y de estandarizar las evaluaciones, se presentan a continuación algunas consideraciones que se deberán tener en cuenta para: i) la planeación, ii) ejecución y iii) conclusiones del sondeo de mercado.

#### **i) Planeación del sondeo:**

En la planeación del sondeo se deberá elaborar un listado amplio de los potenciales financiadores interesados en el proyecto que se invitan al sondeo. Así mismo, se deberá preparar la información de contextualización del proyecto para socializar, en la cual se deberá incluir el alcance, el esquema general de contratación, las partes involucradas, el plazo, las intervenciones a desarrollar, los riesgos identificados, asignación y mecanismos de participación entre las partes, las fuentes de pago del privado (por ejemplo: vigencias futuras, peajes, arrendamientos, entre otros), y el resto de información relevante para el desarrollo de este.

Adicionalmente, se recomienda planear la realización del sondeo con todos los participantes, en fechas cercanas. Lo anterior, con el propósito de que los potenciales financiadores consideren perspectivas similares respecto a las condiciones (macroeconómicas, sociales, políticas, entre otras) que pudieran afectar el proyecto.

---

<sup>12</sup> Artículo 5 Ley 1508 de 2012



En las consultas o cuestionamientos realizados a los potenciales financiadores, se recomienda realizar preguntas abiertas sin definir valores de referencia con el propósito de evitar cualquier sesgo en las respuestas. En la siguiente subsección, se presentan algunos aspectos mínimos de referencia, que deberán tenerse en cuenta para dicho sondeo.

El plazo máximo entre la realización del sondeo y la radicación de la información ante el Ministerio de Hacienda, no debe exceder los 6 meses. En casos excepcionales, este plazo podría ser mayor (máximo un año) si se demuestra que las condiciones del mercado no han variado sustancialmente. No obstante, el Ministerio de Hacienda, siempre podrá pedir actualizaciones, de considerarlas pertinentes.

## ii) Ejecución del sondeo:

Acorde con la guía metodológica para el desarrollo de proyectos de inversión de infraestructura de los 5 casos del Infrastructure and Projects Authority del Reino Unido<sup>13</sup>, en la estructuración de proyectos se recomienda incluir un plan de participación con el mercado.

En este plan, se incorpora a los prestamistas, y se realiza una socialización y participación con el mercado, la cual se deberá efectuar de manera equitativa, justa y transparente. Por tanto, se recomienda que, a todos los potenciales financiadores interesados que se incluyan en el sondeo, se les socialice exactamente la misma información respecto a las características y contexto del proyecto. Además, se deberá propender por realizar las mismas preguntas a todos los posibles financiadores<sup>14</sup>.

Los aspectos que se recomienda consultar con los potenciales financiadores son:

- **Estructura de capital deuda/equity:** deberá consultarse la estructura de deuda/equity adecuada acorde con las condiciones del proyecto y el mercado.
- **Tasa de interés de la deuda:** acorde a la percepción del riesgo inherente del proyecto, así como la intensidad de competencia en los mercados financieros.

Se deberá consultar el rango de tasa de interés esperado por los potenciales financiadores para el proyecto en particular, tanto en la etapa de construcción como en la etapa de Operación y Mantenimiento.

- **Ratios de cobertura:** de la aversión al riesgo de los prestamistas, dependerán los valores de cobertura exigidos por los financiadores para protegerse de

<sup>13</sup> <https://www.gov.uk/government/collections/infrastructure-and-projects-authority-assurance-review-toolkit#guidance-and-templates-for-specific-types-of-review>

<sup>14</sup> La participación del mercado con los potenciales financiadores también pretende determinar las posibles modalidades de financiación para el proyecto en particular.



circunstancias inesperadas en la ejecución del proyecto. Se debe consultar los ratios de cobertura que los financiadores consideran necesarios para el proyecto, teniendo en cuenta las características y la situación actual del mercado financiero.

- **Opciones de refinanciación de la deuda:** Se deberá consultar a los potenciales financiadores, por los cambios en las condiciones de la deuda producto de la figura de refinanciación para el proyecto objeto de análisis.
- **Plazos:** Se deberá consultar el plazo mínimo esperado para obtener el cierre financiero del proyecto y el plazo de la deuda al cual estarían dispuestos a prestar los potenciales financiadores teniendo en cuenta las características particulares del proyecto.
- **Comisiones requeridas para la obtención de la financiación:** Se deberá consultar por las comisiones requeridas acorde con la modalidad de financiación, y las particularidades del proyecto. Asimismo, se deberá indagar por las tarifas asociadas a las mismas. En general, es importante contar con una justificación de dichas comisiones, a la luz de las condiciones del mercado y del proyecto.

Asimismo, se recomienda que la entidad contratante evalúe las comisiones producto de los sondeos, a la luz de los proyectos en ejecución y defina internamente, que comisiones considera adecuadas en los proyectos en estructuración. Es decir, es importante que la entidad propenda por estandarizar lineamientos, con el objetivo de evitar subjetividades en proyectos estructurados con periodicidades similares.

- **Otros covenants requeridos para la obtención de la financiación:** las demás condiciones adicionales que el financiador o prestamista mencione como necesarias para invertir en el proyecto<sup>15</sup>. Estos se tienen que incluir en la presentación del proyecto. Cabe resaltar, que dichas condiciones adicionales deben estar sustentadas en el marco del proyecto y de las condiciones del mercado.

Asimismo, se recomienda que la entidad contratante evalúe los covenants adicionales producto de los sondeos, a la luz de los proyectos en ejecución y defina internamente, cuáles de estos considera adecuados en los proyectos en estructuración. Es decir, es importante que la entidad propenda por estandarizar lineamientos, con el objetivo de evitar subjetividades en proyectos estructurados con periodicidades similares.

### iii) Conclusiones del sondeo:

---

<sup>15</sup> Se deberá realizar el análisis de todas las posibles fuentes de financiación y sus condiciones aplicables particulares. Es decir, el sondeo de mercado aplica para entidades financieras u otros mecanismos viables de financiación del proyecto.



Como resultado del sondeo de mercado, se deberá elaborar un documento en el que se consoliden los resultados respecto a cada una de las condiciones de la deuda que se utilizan para la estructuración financiera del proyecto.

En este documento, se deberán incluir los lineamientos y la metodología utilizada en la investigación realizada, así como el análisis para llegar a las conclusiones presentadas. También se deberá definir cuáles fueron las fuentes de información utilizadas para el sondeo, el tamaño de la muestra de financiadores consultados, los criterios para seleccionar la muestra, las fechas en las cuales se ejecutó la socialización del proyecto y la recopilación de la información y el horizonte de tiempo del estudio.

#### **5.1.1.2 Condiciones de financiación de proyectos de infraestructura en ejecución**

Complementando los sondeos de mercado, la entidad estructuradora deberá realizar un análisis de las condiciones de financiación de proyectos similares en ejecución<sup>16</sup>. Lo anterior, con el objetivo de contar con el panorama integral, respecto a la posible tasa de deuda del proyecto. En dicho análisis, se deberán incluir criterios similares a los indicados en el sondeo de mercado, y deberán presentarse ante el Ministerio de Hacienda y Crédito Público, de manera agregada y organizada.

#### **5.1.1.3 Costo de la deuda final**

Teniendo en cuenta las características propias de cada proyecto, así como el resultado del sondeo de mercado y de las condiciones de financiación de los proyectos en ejecución, la entidad estructuradora propondrá el costo de la deuda final y allegará al MHCP las respectivas justificaciones, soportadas en el análisis realizado.

Finalmente, el modelo financiero que se presente al Ministerio de Hacienda y Crédito Público en el marco del artículo 26 de la Ley 1508 de 2012, deberá plasmar el costo de la deuda total desarrollado para cada proyecto de manera particular. En cualquier caso, el resultado plasmado en el modelo debe considerar los criterios más convenientes para la optimización de la deuda, teniendo en cuenta las características propias del proyecto, de los requerimientos del financiador y de su modelación.

#### **5.1.2 Costo del capital (equity) – Ke**

De acuerdo con la teoría financiera, el costo de capital es el mejor estimador de los retornos esperados en el mercado para una inversión con riesgos similares. Es decir, para el caso de proyectos de infraestructura, el costo de capital correspondería al rendimiento que esperan los inversionistas por realizar un proyecto particular, considerando sus características.

---

<sup>16</sup> Las condiciones de financiación incluyen el rango de tasas, plazos de la deuda ordinaria y de la deuda subordinada, para el proyecto en particular.



El modelo utilizado para estimar el costo de capital es el modelo Capital Asset Pricing Model (CAPM). El CAPM fue planteado en los años sesenta por el economista Estadounidense William Sharpe, y los aportes realizados por John Lintner y Jan Mossin, como un modelo que mide la relación entre riesgos y rendimientos. El modelo teórico CAPM - Capital Asset Pricing Model (Sharpe W, 1964) es un modelo económico de equilibrio parcial, basado en el funcionamiento eficiente del mercado de capitales.

El modelo CAPM para estimar el costo de capital, cuenta con supuestos simplificadores como que: i) los inversionistas son diversificadores eficientes de inversiones, ii) los inversionistas son aversos al riesgo y tienen expectativas homogéneas, iii) el portafolio de mercado es eficiente, iv) no existe asimetría de la información, es decir todos los inversionistas conocen la misma información y en tiempo real y v) la prima de riesgo remunera el riesgo sistemático o no diversificado, entre otros.

Si bien dichos supuestos pueden no cumplirse de manera estricta, el modelo CAPM sigue siendo un modelo ampliamente adoptado, entre otras cosas, por la practicidad de su aplicación y la disponibilidad de la información para estimar las variables requeridas para su cálculo.

Ahora bien, teniendo en cuenta los análisis realizados a este modelo, tanto en mercados desarrollados como en mercados no desarrollados como Colombia, se ha concluido que incorporar una prima de riesgo país, podría mejorar la predictibilidad del modelo. Lo anterior, teniendo en cuenta las características particulares de mercados emergentes como es el caso colombiano, en donde el riesgo podría resultar no diversificable.

Asimismo, la teoría postula que todo inversionista exige un rendimiento mínimo al realizar una inversión, que está en función del rendimiento que obtiene de una inversión en un activo libre de riesgo, más una prima que compensa el riesgo asumido.

Este modelo plantea que el rendimiento esperado de un activo tiene una relación directamente proporcional al parámetro denominado Beta que mide la porción de riesgo no diversificable atribuible a determinada inversión. Este riesgo no diversificable guarda relación con la sensibilidad de los retornos del activo a las variaciones del mercado. En otras palabras, y para el caso particular de infraestructura, el Beta medirá el nivel de riesgo no diversificable que tiene la inversión particular, dentro del mercado. Más adelante, se detallan particularidades para el cálculo de este parámetro.

En la práctica, el modelo CAPM estima el costo del equity como la suma de la rentabilidad de un activo libre de riesgo y una prima por riesgo de mercado, ponderada por una medida del riesgo sistemático asociado al capital de la empresa. La ecuación de este modelo se expresa así:

$$r_i = r_f + \beta_i \times (E[R_M] - r_f)$$

Donde,



$r_i$ : es la tasa de retorno esperada por el accionista en la inversión  $i$ .

$r_f$  : es la tasa libre de riesgo.

$(E[R_M] - r_f)$ : corresponde al retorno adicional por encima de la tasa libre de riesgo, por invertir un portafolio de mercado.

$\beta_i$  : es el beta de la inversión, que corresponde a la sensibilidad de la inversión  $i$  relacionado con el portafolio de mercado (riesgo sistemático).

La ecuación muestra que un activo con un  $\beta$  mayor a 1 aumentará los rendimientos del mercado, y ofrecerá un rendimiento mayor por la prima de mercado, dado que el nivel de riesgo de la inversión es más alto. Por el contrario, un activo con un  $\beta$  inferior a 1 amortiguará las variaciones del mercado y requerirá una prima por riesgo inferior, dado que la inversión representa un nivel más bajo de riesgo.

En conclusión, la fórmula implica que el rendimiento esperado de una inversión está relacionado en forma lineal y positivamente con el factor denominado  $\beta$ . En este sentido, la definición del  $\beta$  cobra mayor relevancia, para garantizar el cálculo del costo de capital, acorde con la realidad del proyecto y el mercado.

En este sentido, y siguiendo con el modelo teórico CAPM, explicado anteriormente, el costo del capital se calcularía teniendo en cuenta lo siguiente:

### 5.1.2.1 Rf - Tasa libre de riesgo

Los mercados financieros son, entre otras cosas, un instrumento para suministrar información sobre la situación actual y futura de numerosas variables económicas. Uno de los referentes más importantes de los mercados financieros, son las curvas de tasas de bonos públicos. Comúnmente se considera que estos instrumentos tienen cero riesgo de crédito, toda vez que se asume que los gobiernos siempre pagarán sus obligaciones al vencimiento.

En el contexto internacional, los bonos del tesoro de Estados Unidos representan la menor probabilidad de impago. Es decir, la curva de rendimientos de este mercado se constituye en la referencia libre de riesgo por excelencia. Específicamente, la referencia de 10 años es la más líquida dado que, históricamente, esta tiende a ser mucho más estable si se compara con los otros plazos y es la que menos afectaciones sufre ante cambios en la política monetaria. Por tanto, es la que mejor representa un activo libre de riesgo<sup>17</sup>.

En la práctica, y para efectos de la no objeción de condiciones financieras en el marco del artículo 26 de la Ley 1508 de 2012, se tomará el promedio aritmético del histórico de

<sup>17</sup> [https://www.finra.org/investors/learn-to-invest/types-investments/bonds/types-of-bonds/us-treasury-securities#:~:text=U.S.%20Treasury%20securities%20\(%22Treasuries%22,credit%22%20of%20the%20U.S.%20government.](https://www.finra.org/investors/learn-to-invest/types-investments/bonds/types-of-bonds/us-treasury-securities#:~:text=U.S.%20Treasury%20securities%20(%22Treasuries%22,credit%22%20of%20the%20U.S.%20government.)



rendimientos de la referencia a 10 años de los Bonos del Tesoro de Estados Unidos, como la inversión libre de riesgo.

En los modelos financieros que se deban presentar ante el Ministerio de Hacienda y Crédito Público, la cantidad de datos históricos u horizonte de tiempo que se usará para determinar la tasa libre de riesgo, será igual al plazo del proyecto. Sin perjuicio de lo anterior, sólo se tomará información histórica a partir del 1 de enero del año 2000<sup>18</sup>. En este sentido, se elegirá el mínimo plazo entre el 1 de enero del 2000 y el plazo del proyecto, desde la fecha de evaluación hacia atrás.

Actualmente la fuente para obtener esta información son las bases de datos de Damodaran<sup>19</sup>, salvo que el MHCP emita lineamientos diferentes.

### 5.1.2.2 Prima de riesgo de mercado - $(E[R_M] - r_f)$

La prima por riesgo de mercado corresponde al retorno adicional por encima de la tasa libre de riesgo, por invertir un portafolio de mercado.

La manera más sencilla y utilizada en la práctica para estimar esta prima de mercado es a través de la serie histórica de retornos anuales del Índice Standard & Poor's (S&P 500). Es común usar el índice S&P 500 como aproximación de cartera del mercado, bajo el supuesto de que este índice es suficientemente grande o amplio para estar diversificado. En este sentido, si se asume que esta cartera es eficiente, los cambios en este índice representan choques sistémicos de la economía (Berk y Demarzo, 2008).

Para estimar el riesgo de mercado, se puede utilizar el promedio de la información histórica de las rentabilidades en exceso de la rentabilidad del mercado, respecto a la tasa libre de riesgo ( $rmp_i$ ).

En este sentido, y siguiendo las mejores prácticas internacionales, para efectos de los Modelos financieros presentados en el marco del artículo 26 de la Ley 1508 de 2012, la prima de mercado tendrá la siguiente fórmula para su cálculo:

$$RMP = \frac{1}{\delta} * \sum_{i=1}^{\delta} rmp_i$$

Donde  $\delta$  corresponde a la cantidad de datos históricos.

En la estimación de esta variable se utilizará la serie de rendimientos más larga que se conoce, que en la práctica incluye los cálculos de la prima de riesgo suministrada por Damodaran<sup>20</sup> desde 1928 a la fecha de análisis.

<sup>18</sup> Esto se explica por las diferencias en el mercado cambiario y de capitales antes del año 2000.

<sup>19</sup> Bases de datos de rendimientos anuales del profesor Aswath Damodaran del Stern School of Business de la New York University US T Bonds: [https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New\\_Home\\_Page/datafile/histretSP.html](https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/histretSP.html)

<sup>20</sup> [https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New\\_Home\\_Page/datafile/histretSP.html](https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/histretSP.html)



### 5.1.2.3 $\beta$ - Parámetro Beta

Como se mencionó en el apartado anterior, la ecuación del costo del equity incorpora también el riesgo sistemático no diversificable. Este riesgo sistemático no diversificable se estima a partir de la sensibilidad que presentan los retornos de una acción (correlación de los retornos de la acción del sector con los del mercado) ante posibles cambios en los retornos del mercado (varianza de los retornos del mercado). Este valor se denomina beta del Equity, beta de los accionistas o beta apalancado, y es un reflejo del riesgo de los accionistas de la empresa.

Particularmente, se pretende que el parámetro  $\beta$  mida qué tan sensible es el rendimiento de las actividades a las cuales se dedica una empresa o proyecto, respecto al rendimiento del mercado. De una forma cuantificable se calcula como la relación entre la covarianza de los retornos de la acción analizada y el mercado, dividido por la varianza de los retornos del mercado, como se observa a continuación<sup>21</sup>:

$$\beta_i = \frac{cov(R_i, R_m)}{var(R_m)}$$

Para calcular la varianza y la covarianza, primero se debe calcular la rentabilidad esperada  $R_i$ , que no es más que un promedio ponderado multiplicando cada nivel de rentabilidad posible por la probabilidad estimada de obtener ese nivel:

$$R_i = \sum P_{ij} * R_{ij}$$

Una vez calculado el  $R_i$  se calcula la Varianza que se expresa como el cuadrado de la desviación de una variable aleatoria respecto a su valor esperado. En otras palabras, la varianza permite medir la dispersión o difusión de los datos, dadas ciertas probabilidades de ocurrencia:

$$\sigma_J^2 = \sum_{j=1}^M P_{ij} (R_{ij} - \bar{R}_i)^2$$

La covarianza, por su parte, no es más que la medida en que dos variables aleatorias evolucionan en conjunto.

$$\sigma_{A,B} = \frac{\sum [(R_{Aj} - \bar{R}_A)(R_{Bj} - \bar{R}_B)]}{n}$$

Ahora bien, el beta calculado con los datos del mercado, el cual refleja el riesgo financiero y operativo correspondiente a la estructura de financiación de la empresa, basada en recursos propios y deuda, se denomina “beta apalancado”. Por otro lado, el beta que solo refleja el riesgo operativo, sin deuda, se denomina “beta desapalancado”.

Por definición, el beta del portafolio de mercado es igual a 1, lo que significa que, si el Beta de los activos es superior a 1, éste es más riesgoso que el portafolio de mercado, y consecuentemente, los inversionistas requerirán un retorno esperado superior al retorno esperado del mercado como compensación al mayor riesgo asumido.

<sup>21</sup> Ross, Stephen A.; Westerfield, Randolph W. y Jaffe, Jeffrey F. (2012). Finanzas Corporativas. 9ª Edición. México: McGraw-Hill. p304



La siguiente expresión, que se origina en el análisis de Modigliani y Miller (1958), es comúnmente empleada para corregir el parámetro beta por el impacto de la estructura de capital de la firma:

$$\beta_e = \beta_u * \left(1 + \frac{D}{E} * (1 - t)\right)$$

Donde:

$\beta_e$ : Beta apalancado

$\beta_u$ : Beta desapalancado

t: Tasa impositiva

$\frac{D}{E}$ : Relación Deuda Equity

Ahora bien, el beta apalancado que se definió anteriormente se encuentra apalancado a la estructura de capital promedio de las empresas que componen un índice, por lo tanto, si se quiere hallar el beta desapalancado o de los activos, se debe partir de la expresión matemática del Beta apalancado anterior, y solo bastará con despejar  $B_u$ :

$$B_u = B_e \left[1 + (1 - t) \frac{D}{E}\right]^{-1}$$

### Beta ajustado por riesgo

En project finance, el modelo CAPM ha sido útil para medir el costo de equity de los proyectos (Gatti, 2013 Yescombe, 2013). Sin embargo, tanto académicos como banqueros lo han utilizado sin abordar las diferencias entre project y corporate finance. De hecho, dados los grandes críticos del modelo CAPM, la literatura nunca había aplicado el CAPM en project finance o a firmas altamente apalancadas.

Considerando lo anterior y a pesar de que algunos autores (Miller y Scholes, 1972; Black, 1972; Fama y Mcbeth, 1973) han demostrado una clara correlación entre el coeficiente beta y el retorno de un activo, persisten algunas consideraciones respecto a la efectividad de los betas utilizados para calcular el CAPM.

En este sentido, Fama y French (1993, 1995, 2004) desarrollaron otra aproximación con el CAPM: el modelo de tres factores. Esta nueva visión utiliza las características propias de la firma o el proyecto y no solo el factor de mercado, para explicar la relación entre rendimiento y riesgo de los diferentes activos.

Por su parte, se han identificado documentos académicos con el uso del CAPM en proyectos de infraestructura como el de Kavussanos & Marcoulis (1997) para acueductos en EEUU, y Lai (2009) para el sector de aviación. En el caso de los proyectos carreteros, Sarmiento y Oliveira (2018) abordaron cómo las variables de cada proyecto impactan el costo de capital, en un



documento denominado “Use and limits in project finance of the capital asset pricing model: overview of highway projects”<sup>22</sup>.

En este trabajo se realizó una regresión lineal para analizar el cálculo del beta de proyectos de infraestructura bajo el esquema de Asociaciones Público Privadas en Portugal. En primera medida, se identificaron las variables que explican mejor el comportamiento del beta de los proyectos, y posteriormente a partir de un beta promedio de un grupo de pares, se realizó un ajuste por factores de riesgo identificados como:

- Longitud.
- Accionistas.
- Forma de retribución.
- Efecto crisis financiera.

Las conclusiones de este documento indican que incluir características propias de los proyectos ayudan a reflejar de mejor manera la incertidumbre y complejidades de los proyectos en el costo de capital.

Considerando lo anterior, y en línea con los objetivos del presente documento, obtener información puntual de cada proyecto para estimar el beta, resulta relevante, para obtener una medida acertada del nivel de riesgo del mismo.

En este sentido, y con el objetivo de replicar el modelo de Sarmiento y Oliveira (2018) al contexto colombiano, la metodología para calcular el beta en los proyectos será:

## 1. Estimar el beta desapalancado base del grupo de pares:

### a. Infraestructura productiva (carreteros, aeroportuarios, férreos, fluviales):

- i. Buscar en Bloomberg <sup>23</sup> el índice Dow Jones Brookfield Global Infrastructure Total Return (Ticket: DJBGIT) en moneda USD.
- ii. Listar las empresas que componen dicho índice.
- iii. Obtener el beta desapalancado (usando los indicadores Eff Tx Rate LF y Debt/Equity LF de bloomberg<sup>24</sup>) a partir del raw beta de un periodo de 2 años para las empresas del listado anterior. La fecha de referencia es el cierre de mes inmediatamente anterior a la fecha de análisis.<sup>25</sup>
- iv. Filtrar el listado de empresas considerando sólo aquellas pertenecientes a los siguientes subsectores según la clasificación de Bloomberg (BICS Level 4 Sub Industry Name): Infrastructure REIT, Infrastructure Construction, Transport Operations & Services y Transit Services. Cuando

<sup>22</sup><https://d1rkab7tlqy5f1.cloudfront.net/TBM/Over%20faculteit/Afdelingen/Engineering%20Systems%20and%20Services/EJTIR/Back%20issues/18.4/Sarmiento%20final%20v14092018%20v3.pdf>

<sup>23</sup> La Subdirección de APPs podrá dar lineamientos sobre la fuente en donde se podrá encontrar dicho índice.

<sup>24</sup>  $B_U = B_E \left[ 1 + (1 - t) \frac{D}{E} \right]^{-1}$

<sup>25</sup> La Subdirección de APPs podrá dar lineamientos sobre las fechas admitida para el análisis.



se trate de proyectos de servicios públicos, se pueden incluir los subsectores Water Utilities (Acueductos); Gas Utilities (Gas Domiciliario); Integrated Electric Utilities y Electric Transmission & Dist (Energía Eléctrica).

- v. Calcular el promedio aritmético de los betas desapalancados obtenidos anteriormente.

**b. Infraestructura social (oficinas, colegios, edificaciones públicas, entre otros):**

- i. Buscar en Bloomberg el índice Dow Jones US Real Estate (Ticket: DJUSRE).
- ii. Listar las empresas que componen dicho índice.
- iii. Obtener el beta desapalancado (usando los indicadores Eff Tx Rate LF y Debt/Equity LF de bloomberg<sup>26</sup>) a partir del raw beta de un periodo de 2 años para las empresas del listado anterior. La fecha de referencia es el cierre de mes inmediatamente anterior a la fecha de análisis.<sup>27</sup>
- iv. Filtrar el listado de empresas considerando sólo aquellas pertenecientes a los siguientes subsectores según la clasificación de Bloomberg (BICS Level 4 Sub Industry Name): Infrastructure REIT, Office REIT, Residencial REIT, Multi Asset Class REIT, Multi Asset Class Own & Develop del Índice a la fecha de análisis. Cuando se trate de infraestructura de salud (hospitales o clínicas) se pueden incluir empresas del subsector Health Care del índice anteriormente mencionado.
- v. Calcular el promedio aritmético de los betas desapalancados obtenidos anteriormente.

**2. Regresión lineal con base en variables que influyen en el riesgo del proyecto:** A partir de una regresión lineal se buscarán las variables que pudieran reflejar de mejor manera los riesgos de los proyectos de infraestructura. Las características que se tendrán en cuenta serán:

- **Años:** Plazo en años del Proyecto a ser evaluado.
- **Longitud:** Kilómetros del Proyecto a ser evaluado.
- **Construcción:** Proporción de kilómetros de construcción nueva en los proyectos.
- **Ingresos:** Nivel de cobertura de la inversión en Capex y Opex de los proyectos con vigencias futuras estimadas<sup>28</sup>.

---

<sup>26</sup>  $B_u = B_e \left[ 1 + (1 - t) \frac{D}{E} \right]^{-1}$

<sup>27</sup> La Subdirección de APPs podrá dar lineamientos sobre las fechas admitidas para el análisis.

<sup>28</sup> En la medida que se cuente con más información se podrá incluir una variable respecto a la Fuente de retribución, con ingresos garantizados o no garantizados. Si bien durante la estructuración no se tiene la información certera de las Vigencias Futuras, hasta tanto se cuente con el WACC, se espera que esta variable se obtenga con base en la información estimada o a priori del proyecto.



- **Geológico:** Construcción de túneles o presencia de inestabilidades Geológicas. Esta variable busca identificar el riesgo Geológico del proyecto.
- **Ambiental:** Variable que identifica si el proyecto requiere licencia ambiental y/o si existen pendientes ambientales. Esta variable busca identificar el riesgo Ambiental del proyecto.
- **Social:** Variable que identifica si existen comunidades étnicas certificadas por el Mininterior y no se hayan adelantado consultas previas en el área de influencia; si las conclusiones preliminares de las socializaciones, permiten concluir que existe aceptación del proyecto y sus características, por parte de las comunidades; si ha habido atentados contra la infraestructura, por eventos de orden público y/o el proyecto se encuentra en una zona con posibles hallazgos arqueológicos. Esta variable busca identificar el riesgo Social del proyecto.
- **Multimodal:** Esta variable busca reflejar el riesgo cuando se evalúen proyectos en un sector nuevo o con poca información.
- **Otro:** En casos particulares, esta variable busca capturar aquellas particularidades del proyecto que no se contemplen en las variables anteriores y que puedan influir en la percepción de riesgos del proyecto<sup>29</sup>.

Cabe resaltar que, para los proyectos de infraestructura social no se aplicará lo anterior teniendo en cuenta que a la fecha no existe información para calcular coeficientes relacionados con este tipo de infraestructura. El MHCP definirá las variables que le serán aplicables una vez cuente con información.

Todas estas variables, quedarán condensadas en la siguiente ecuación:

$$\beta_i = \beta_0 + \beta_1 \text{ Años} + \beta_2 \text{ Longitud} + \beta_3 \text{ Construcción} + \beta_4 \text{ Ingresos} + \beta_5 \text{ Geológico} \\ + \beta_6 \text{ Ambiental} + \beta_7 \text{ Social} + \beta_8 \text{ Multimodalidad} + \beta_9 \text{ Otro}$$

Donde:

$\beta_0$  corresponde al beta desapalancado base para infraestructura productiva.

El Ministerio de Hacienda y Crédito Público a través de la Subdirección de Asociaciones Público Privadas, publicará en su página web, los coeficientes que se deberán utilizar en la anterior ecuación<sup>30</sup>. Asimismo, la entidad estructuradora se encargará de realizar un análisis de los factores que podrían generar riesgo en el proyecto y sustentarlo de acuerdo con los siguientes criterios.

<sup>29</sup> La variable y su respectivo coeficiente se calcularán en la medida que se cuente con más información.

<sup>30</sup> Los coeficientes se estiman con base en la información disponible para proyectos en ejecución.



- **Años:** Plazo en años del Proyecto a ser evaluado.
- **Longitud:** Longitud en kilómetros del Proyecto a ser evaluado.
- **Construcción:** tomará el valor de 1 si la proporción de construcción nueva es el 70%<sup>31</sup> del proyecto y 0 de lo contrario.
- **Ingresos:** tomará el valor de 1 si las vigencias futuras estimadas para el proyecto son menores al Capex + Opex del proyecto y 0 de lo contrario.
- **Geológico:** tomará el valor de 1 si el proyecto considera construcción de túneles o inestabilidades Geológicas, y 0 de lo contrario.
- **Ambiental:** tomará el valor de 1 si el promedio aritmético de las variables discretas ambientales siguientes es mayor o igual a 0.5, o 0 de lo contrario<sup>32</sup>.
  - o Requiere Licenciamiento Ambiental: 1 si el proyecto requiere licencia ambiental, 0 de lo contrario.
  - o ¿Existen pendientes ambientales derivados de proyectos anteriores?: 1 si la respuesta es sí, 0 de lo contrario.
- **Social:** tomará el valor de 1 si el promedio aritmético de las variables discretas sociales siguientes es mayor o igual a 0.5, 0 de lo contrario<sup>33</sup>.
  - o ¿Existen comunidades étnicas en el área de influencia? 1 si existen, 0 de lo contrario.
  - o ¿Las conclusiones preliminares de las socializaciones, permiten concluir que hay aceptación del proyecto y sus características, por parte de las comunidades? 1 si hay aceptación, 0 de lo contrario.
  - o ¿Ha habido atentados contra la infraestructura, por eventos de orden público? 1 si se ha presentado, 0 de lo contrario.
  - o ¿El proyecto se encuentra en una zona con posibles hallazgos arqueológicos? 1 si hay hallazgos, 0 de lo contrario.
- **Multimodal:** 1 si se trata de proyectos en un sector nuevo o con poca información, 0 de lo contrario.

Con los elementos anteriores, y teniendo en cuenta las particularidades de cada proyecto, se definirá el beta del modelo CAPM descrito al inicio de esta sección. No obstante, y teniendo en

---

<sup>31</sup> El 70% sale de promedio más una desviación estándar de la proporción total de km nuevos de cada proyecto 4G sobre el total de km de los mismos. La Subdirección de APPs podrá modificar este y otros valores de referencia definidos en la metodología, con base en los análisis y la información disponible en su momento.

<sup>32</sup> La Subdirección de APPs podrá definir los pesos para las ponderaciones de las preguntas correspondientes, en caso en que lo considere necesario.

<sup>33</sup> La Subdirección de APPs podrá definir los pesos para las ponderaciones de las preguntas correspondientes, en caso en que lo considere necesario.



cuenta que todas las variables se estiman en dólares, el siguiente paso es utilizar la devaluación para que el Ke se exprese en pesos.

### 5.1.2.4 Devaluación

Teniendo en cuenta que, hasta este punto, todos los montos calculados se encuentran denominados en dólares, se debe incluir el ajuste por tipo de cambio al que está expuesto el inversionista.

Para incluir adecuadamente este riesgo se tomará la devaluación implícita calculada mensualmente por el Banco de la República, donde se tomará el último corte de mes previo a la fecha de análisis<sup>34</sup>.

Ahora bien, los análisis realizados en el marco de esta metodología, han evidenciado que las devaluaciones implícitas guardan correlación con las medidas de riesgo país. En particular, para los CDS a 10 años. Esto toda vez que además de la diferencia en cambio, se está considerando el nivel de endeudamiento externo (público y privado), los déficits en balanza de pagos, así como las expectativas de desempeño o la confianza en el país.

Considerando lo anterior, no se tendrán en cuenta ajustes por primas de riesgo país al momento de calcular el costo de capital, pues se entenderá que estos ya están contemplados en la devaluación implícita.

**Tabla 1. Backtesting Riesgo País vs Devaluación Implícita**



**Fuente: Bloomberg, Banco de la República / Cálculos propios**

<sup>34</sup> <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/montos-y-devaluaciones-del-mercado-forwards>



Una vez obtenida la devaluación y el costo de capital en USD, se debe obtener el costo de capital en pesos mediante el siguiente cálculo:

$$k_{eCOP} = [(1 + k_{eUSD}) * (1 + \text{Devaluación})] - 1$$

### 5.1.2.5 Cálculo del WACC

Con base en los cálculos anteriores, y una vez se cuente con las variables  $K_d$  y  $K_e$  en pesos y la información respecto a la proporción de deuda y equity, se calculará el WACC tanto nominal como real, de la siguiente manera:

$$WACC_{COP\ nominal} = \frac{E}{D + E} * K_{eCOP} + \frac{D}{D + E} * K_{dCOP} * (1 - t_x)$$

$$WACC_{real\ COP} = \frac{WACC_{COP\ nominal}}{1 + \text{Inflación meta}}$$



## Capítulo 6

# Resumen

A continuación, se presenta de manera condensada, la definición, fuente y forma de cálculo de cada variable del WACC:

Variable	Definición	Fuente	Fórmula de cálculo
Costo de la deuda – $K_d$	El costo que implica para los accionistas del proyecto, endeudarse a través de entidades financieras o terceros, para conseguir la	Sondeo de mercado y condiciones de financiación de proyectos en ejecución.	Tasa final propuesta por la entidad estructuradora.



	financiación necesaria para ejecutar el contrato.		
<b>Costo de capital – Ke</b>	Rendimiento que esperan los inversionistas por realizar un proyecto particular		$K_e = r_f + \beta_i \times (E[R_M] - r_f)$
<b>Tasa libre de riesgo - <math>r_f</math></b>	Representa la referencia más segura y sin riesgo de impago.	Bases de datos de Damodaran. <a href="https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/histretSP.html">https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/histretSP.html</a>	Promedio aritmético del histórico de rendimientos de la referencia a 10 años de los Bonos del Tesoro de Estados Unidos. Se tomarán como datos históricos el mínimo entre el 1 de enero del 2000 y el plazo del proyecto.
<b>Prima de riesgo de mercado - <math>(E[R_M] - r_f)</math></b>	Retorno adicional por encima de la tasa libre de riesgo, por invertir un portafolio de mercado.	Cálculos de la prima de riesgo suministrada por Damodaran. <a href="https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/histretSP.html">https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/histretSP.html</a>	Promedio aritmético de primas de riesgo desde 1928 a la fecha de análisis.
<b>Parámetro beta - <math>\beta_i</math></b>	Es un reflejo del riesgo de los accionistas de la empresa	Bloomberg y Página web Subdirección de APPs.	Se obtiene un beta desapalancado base de Bloomberg. Se hace el ajuste por factores de riesgos del beta base, de acuerdo con los coeficiente publicados por el MHCP.
<b>Relación deuda equity</b>	La cantidad de deuda y capital con la que cuenta el proyecto	Datos del proyecto	$\frac{\text{Deuda total}}{\text{Equity}}$
<b>Beta apalancado</b>	Parámetro beta incluyendo la relación deuda equity ajustada por factor tributario.		$\beta_e = \beta_u * (1 + \frac{D}{E} * (1 - t))$
<b>WACC Nominal COP</b>	Tasa de Costo de Capital Promedio es el promedio del costo de la deuda y el costo de equity de un proyecto.		$WACC_{COP \text{ nominal}} = \frac{E}{D + E} * K_{eCOP} + \frac{D}{D + E} * K_{dCOP} * (1 - t_x)$





## Capítulo 7

# Ejemplo Práctico

Este capítulo tiene como objetivo presentar un ejemplo práctico de la aplicación de la metodología acá presentada. Todas las cifras, y datos aquí presentados son completamente hipotéticos y tienen un fin ilustrativo.

- Ejemplo práctico de proyecto de infraestructura productiva (carreteros, aeroportuarios, férreos, fluviales):

- o **Características del proyecto:**

Variable	Definición
Tipo de proyecto:	Carretero.
Plazo del proyecto:	25 años.
Longitud del proyecto:	320 kilómetros
Alcance:	Construcción, operación y mantenimiento
Fecha de análisis	8 de julio de 2021

- o **Definición y cálculo de variables:**

### Costo de deuda – Kd

Variable	Definición
Sondeo de mercado de deuda	9.5%
Tasa promedio proyectos en ejecución	8%

En este caso, la entidad estructuradora ha definido como costo de la deuda<sup>35</sup> 8.85%, dando un 70% de peso a la tasa obtenida en el sondeo de mercado y un 30% a la tasa promedio de los proyectos en ejecución. La entidad argumenta que, dada las condiciones actuales de mayor incertidumbre, inflación y tasas de interés de intervención del Banco de la República, se debe dar más peso a la información más reciente obtenida del sondeo.

### Costo de capital – Ke

Variable	Definición
Tasa libre de riesgo (de 1 enero 2000 a 8 de julio 2021)	2.479%
Prima de riesgo Damodaran (de 31 diciembre 1928 a 31 diciembre 2020)	5.13%

<sup>35</sup> Esto incluye todas las tasas y tarifas dedicadas al servicio de la deuda.



Beta desapalancado (promedio DJBGIT) a 30 de junio de 2021	0.55
Devaluación (de 31 enero 2000 a 30 junio 2021)	4.33%
Tasa impositiva	33%
Relación Deuda Equity	70%
Inflación meta	30%
Proporción de Km de construcción nueva sobre el total de Km del proyecto.	3%
Inversiones en Capex	41%
Inversiones en Opex	\$850 mil millones
Vigencias futuras del proyecto	\$1.2 billones
% cobertura de Opex y Capex con vigencias futuras	\$2.25 billones
Número de túneles necesarios para el proyecto	109,75%
Riesgos geológicos identificados en el proyecto	0
Variable ambiental	Algunas bancadas del tramo presentan inestabilidad geológica Requiere licencia ambiental y no tiene pendientes ambientales de proyectos anteriores
Variable social	No existen comunidades étnicas en la zona de influencia; no hay aceptación del proyecto por parte de la comunidad; en las protestas de mayo de 2019 se presentaron hechos vandálicos en uno de los peajes del proyecto. No existe evidencia de posibles hallazgos arqueológicos en la zona de influencia.
Otro	No se evidencian especificidades adicionales que se deban tener en cuenta.

Coeficientes del Beta publicados a la fecha de análisis:

Variable	Valor
Años	0,001239
Longitud	0,000028
Construcción	0,049487
Ingresos	0,072009
Geológico	0,001069
Ambiental	0,069289
Social	0,013185
Multimodalidad	0,049487
Otro	0

A continuación, se les asignan los valores a las variables de acuerdo con la metodología:

**Años:** 25

**Longitud:** 320kms

**Construcción:** dado que la proporción de km de construcción nueva sobre el total del proyecto (41%) es menor al 70% definido en la metodología, se le asigna un valor de 0 a la variable.



**Ingresos:** considerando que las vigencias futuras propuestas cubren más del 100% del Capex y el Opex del proyecto, se le asigna 0 a la variable.

**Geológico:** Se asigna 1, dado que si bien no se requiere la construcción de túneles en el proyecto se han identificado riesgos geológicos por inestabilidades.

**Ambiental:** se asigna valor 1, dado que el promedio aritmético de las variables ambientales es igual a 0.5:

- Requiere licencia ambiental = 1.
- No tiene pendientes ambientales = 0.

**Social:** se asigna valor 1, dado que el promedio aritmético de las variables sociales es igual a 0.5:

- No se identifican comunidades étnicas en la zona de influencia y no hay necesidad de consulta previa = 0.
- No hay aceptación del proyecto por parte de la comunidad = 1.
- Se han presentado atentados a la infraestructura por eventos de orden público = 1.
- No hay evidencia de posibles hallazgos arqueológicos = 0.

Al aplicar los valores de las variables de la ecuación se obtiene:

$$\beta_u = 0.55 + 0,001239 (25) + 0,000028 (320) + 0,049487 (0) + 0,072009 (0) + 0,001069 (1) + 0,069289 (1) + 0,013185 (1) + 0,049487 (0) + 0$$

$$\beta_u = 0.6736$$

Con el beta desapalancado ajustado por riesgo se procede a calcular el beta apalancado:

$$\beta_e = \beta_u * (1 + \frac{D}{E} * (1 - t))$$

$$\beta_u = 0.6736 \left[ 1 + (1 - 33\%) \frac{70\%}{30\%} \right]^{-1} = 1,7267$$

El siguiente paso es calcular el costo de capital en USD:

$$k_{e\ USD} = r_f + \beta_i \times (E[R_M] - r_f)$$

$$k_{e\ USD} = 2.479\% + 1.7267 \times (5.13\%) = 11,33\%$$

Al convertirlo a pesos el resultado es el siguiente:

$$k_{eCOP} = [(1 + k_{eUSD}) * (1 + Devaluación)] - 1$$



$$k_{eCOP} = [(1 + 11.33\%) * (1 + 4.33\%)] - 1 = 16.15\%$$

Se reemplazan los valores en la ecuación del WACC:

$$WACC_{COP\ nominal} = \frac{E}{D + E} * K_{eCOP} + \frac{D}{D + E} * K_{dCOP} * (1 - t_x)$$

$$WACC_{COP\ nominal} = 30\% * 16.15\% + 70\% * 8.85\% * (1 - 33\%) = 8.99\%$$

Finalmente se calcula el WACC real:

$$WACC_{real\ COP} = \frac{WACC_{COP\ nominal}}{1 + Inflación\ meta}$$

$$WACC_{real\ COP} = \frac{1 + 8.99\%}{1 + 3\%} - 1 = 5.81\%$$



## Capítulo 8

# Glosario

---

- i. **Beta apalancado:** parámetro beta incluyendo la relación deuda equity ajustada por factor tributario.
- ii. **Beta desapalancado:** parámetro beta que excluye la relación deuda equity ajustada por factor tributario.
- iii. **Costo del Equity:** corresponde costo del capital de los accionistas (incluye deuda subordinada).
- iv. **Costo de la Deuda:** hace referencia a la tasa de interés de la deuda de un proyecto.
- v. **Deuda subordinada:** para contratos de concesión corresponden a recursos financieros a título de préstamo aportados por la casa matriz a la sociedad socia del proyecto, los cuales serán destinados para financiar los aportes de equity sus proyectos.
- vi. **Estructura de capital:** es la combinación de deuda y equity que un proyecto elige para financiar sus operaciones.
- vii. **Equity:** representada en las participaciones de capital (acciones o deuda subordinada) en una empresa o proyecto.
- viii. **Inestabilidades Geológicas:** zonas identificadas con amenazas o peligros para la infraestructura por diversos procesos geológicos naturales.
- ix. **Parámetro Beta:** es el riesgo sistemático no diversificable.
- x. **Prima por riesgo de mercado:** Corresponde al retorno adicional por encima de la tasa libre de riesgo, para retribuir un portafolio de mercado.
- xi. **Relación Deuda Equity:** Es una medida del apalancamiento, es decir la cantidad de deuda y capital con la que cuenta el proyecto.
- xii. **Tasa libre de riesgo:** es un concepto teórico que asume que en la economía existe una alternativa de inversión que no tiene riesgo para el inversionista.
- xiii. **WACC (Weighted Average Cost of Capital):** es el promedio del costo de la deuda y el costo de equity de una empresa o proyecto. Los pesos son proporciones de deuda y equity dentro de la estructura de capital.



## Capítulo 9

# Bibliografía

---

- i. Berk, Jonathan; Demarzo, Peter, Finanzas Corporativas, Editorial Pearson, 2008.
- ii. Demirag, I; Khadaroo, I; Stapleton, P.; Caral, S. Risks and the financing of PPP: Perspectives from the financiers, The British Accounting Review. 2011.
- iii. Financiación de proyectos de infraestructura vial de cuarta generación (4g) en Colombia, autor: José Fernando Bravo Páez - 200823333 Asesor: Diego Jara Pinzón Co-Asesor: Julio Ernesto Villarreal Navarro Universidad de los Andes – Departamento de Economía Bogotá – Julio 2015 Documento de Trabajo
- iv. Finnerty, John. Project Financing Asset- Based Financial Engineering, Editorial Wiley, 1996.
- v. Gomez, D; y Jurado, J. Financiación global de proyectos, Editorial ESIC, 2001.
- vi. Gatti, Stefano. Project Finance in Theory and Practice: Designing, Structuring, and Financing Private and Public Projects Designing, Structuring, and Financing Private and Public Projects, Editorial Elsevier, 2008.
- vii. Hernandez A; Jaulin G.; Carmona D; Valoración de activos de renta variable para el mercado accionario colombiano en los sectores industrial, comercial y de servicios 2009-2013: Modelos Fama & French y Reward Beta, Pág. 180 Universidad EAFIT, NIC 38 activos intangibles.
- viii. <https://www.gov.uk/government/collections/infrastructure-and-projects-authority-assurance-review-toolkit#guidance-and-templates-for-specific-types-of-review>
- ix. [http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New\\_Home\\_Page/valquestions/CountryRisk.htm](http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/valquestions/CountryRisk.htm)
- x. <https://eleconomista.com.ar/2019-05-emb-tir-o-cds/>
- xi. Sharpe, W. "Capital Asset Prices: A theory of Market Equilibrium Under Conditions of Risk". Journal of Finance, 1964.
- xii. Yescombe, E.R. Public - Private Partnerships Principle of policy and Finance, Editorial Elsevier, 2007.
- xiii. Westerfeld, R., 2012. Finanzas Corporativas. 9th ed. México, p.304.
- xiv. Westerfeld, R., 2012. Finanzas Corporativas. 9th ed. México, p.332.
- xv. Westerfeld, R., 2012. Finanzas Corporativas. 9th ed. México, p.396.



El emprendimiento  
es de todos

Minhacienda

Conoce los **Logros del Sector  
Hacienda** en estos **4 años:**



**SIGUENOS EN NUESTRAS REDES SOCIALES**

 Ministerio de Hacienda     @MinHacienda  
 @minhacienda     Ministerio de Hacienda