



# Determinación del Valor por Dinero

Guía Metodológica del Comparador Público-Privado para esquemas de Participación Público-Privada en Uruguay

Agosto 2018

# Tabla de contenidos

<b>1. ASPECTOS GENERALES.....</b>	<b>5</b>
1.1. CONTRATOS DE PARTICIPACIÓN PÚBLICO-PRIVADA.....	5
1.2. OBJETIVO DEL MANUAL .....	5
1.3. ¿QUÉ ES VALOR POR DINERO (VPD)?.....	5
1.4. CRITERIO DE APLICACIÓN DEL VPD.....	6
<b>2. METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DEL VALOR POR DINERO .....</b>	<b>7</b>
2.1. FORMULACIÓN CONCEPTUAL.....	7
2.2. FORMULACIÓN ANALÍTICA.....	8
2.3. FORMULACIÓN GRÁFICA .....	9
2.4. RESPONSABILIDAD FISCAL .....	11
2.5. FACTORES QUE GENERAN VALOR POR DINERO. ....	11
2.6. ÁMBITO DE APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA .....	12
<b>3. PROCEDIMIENTO DE APLICACIÓN Y ETAPAS DE LA METODOLOGÍA.....</b>	<b>14</b>
3.1. ETAPAS DE LA METODOLOGÍA .....	14
3.1.1. <i>Etapa I: Estimación del costo total del Proyecto Público de Referencia</i> .....	14
Subetapa I.1: Cálculo del costo base .....	15
Sub-etapa I.2: Cálculo de los costos ajustados por riesgo del PPR .....	17
3.1.2. <i>Etapa II: Medición del costo del proyecto PPP</i> .....	20
Subetapa II.1: Estructura del modelo de negocio.....	20
Subetapa II.2: Análisis económico-financiero.....	22
Subetapa II.3: Cálculo del costo total de la alternativa PPP .....	31
3.1.3. <i>Etapa III: Estimación del Valor por Dinero (VpD)</i> .....	34
Subetapa III.1: Análisis comparativo de alternativas .....	34
Subetapa III.2: Elaboración del reporte final del análisis del Valor por Dinero .....	35
<b>ANEXO I: ANÁLISIS DE RIESGOS PARA PROYECTOS DE PARTICIPACIÓN PÚBLICO-PRIVADA .....</b>	<b>36</b>
<b>ANEXO II: ELEMENTOS PARA LA EVALUACIÓN DE RIESGOS.....</b>	<b>49</b>
<b>ANEXO III: OTROS COMPONENTES DEL VPD .....</b>	<b>80</b>
Cálculo de los ingresos de terceras fuentes del proyecto .....	80
Cálculo del Costo de Espera Pública .....	80
<b>ANEXO IV: EJEMPLO DE APLICACIÓN DEL VALOR POR DINERO .....</b>	<b>82</b>
<b>ANEXO V: SIMULACIÓN DE MONTE CARLO Y BOOTSTRAP .....</b>	<b>86</b>
<b>ANEXO VI: ESTRUCTURA DOCUMENTO DEL COMPARADOR PÚBLICO PRIVADO .....</b>	<b>90</b>
<b>ANEXO VII: ANÁLISIS DE DISTINTAS ESTRUCTURAS DE FINANCIAMIENTO PÚBLICO.....</b>	<b>92</b>
<b>GLOSARIO DE TÉRMINOS .....</b>	<b>97</b>

# Índice de Tablas

TABLA 1: COMPONENTES PARA LA DETERMINACIÓN DEL VPD .....	6
TABLA 2: EJEMPLO DE CÁLCULO DE VALOR POR DINERO .....	10
TABLA 3: MATRIZ GENERAL DE RIESGOS .....	18
TABLA 4: VALORES DE BETAS CLASIFICADOS POR SECTOR.....	28
TABLA 5: COMPONENTES PARA LA DETERMINACIÓN DEL VPD .....	39
TABLA 6: COMPONENTES PARA LA DETERMINACIÓN DEL VPD .....	39
TABLA 7: MODELO COMPARATIVO INTERNACIONAL APLICADO A PROYECTOS DE TRANSPORTE .....	41
TABLA 8: RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN .....	45
TABLA 9: RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN .....	47
TABLA 10: DEFINICIÓN Y CRITERIOS DEL IMPACTO EN EL PROYECTO DEL RIESGO/CAUSA.....	55
TABLA 11: DEFINICIÓN Y CRITERIOS DE LA PROBABILIDAD DE OCURRENCIA .....	56
TABLA 12: EJEMPLO DE JERARQUIZACIÓN DE LAS CAUSAS IDENTIFICADAS .....	56
TABLA 13: DEFINICIÓN DE LA JERARQUIZACIÓN DE LOS RIESGOS/CAUSAS .....	57
TABLA 14: EJEMPLO DE JERARQUIZACIÓN DE LAS CAUSAS IDENTIFICADAS - CONTINUACIÓN .....	58
TABLA 15: RIESGO RETENIDO .....	59
TABLA 16: RIESGO TRANSFERIDO .....	60
TABLA 17: RIESGO RETENIDO Y TRANSFERIDO .....	60
TABLA 18: CÁLCULO DE LA ASIGNACIÓN DEL COSTO DEL RIESGO.....	60
TABLA 19: EJEMPLO – RIESGO RETENIDO .....	61
TABLA 20: EJEMPLO – RIESGO TRANSFERIDO .....	61
TABLA 21: EJEMPLO – RIESGO RETENIDO Y TRANSFERIDO .....	62
TABLA 22: EJEMPLO – ASIGNACIÓN DEL COSTO DEL RIESGO .....	62
TABLA 23A: PROBABILIDAD DE OCURRENCIA SEGÚN LA OPINIÓN DE CADA UNO DE LOS EXPERTOS.....	63
TABLA 24: IMPACTO GENERADO POR EL RIESGO .....	64
TABLA 25: PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DEL RIESGO.....	64
TABLA 26: PROBABILIDAD DE OCURRENCIA E IMPACTO DE CADA UNO DE LOS RIESGOS .....	65
TABLA 27: CÁLCULO DEL COSTO DEL RIESGO SEGÚN LA DISTRIBUCIÓN TRIANGULAR .....	65
TABLA 28: POSICIÓN FRENTE AL RIESGO EN FUNCIÓN DE LOS PERCENTILES .....	66
TABLA 29: PROBABILIDADES DE OCURRENCIA PARA CADA RIESGO POR CADA UNO DE LOS EXPERTOS .....	66
TABLA 30: PROBABILIDADES DE OCURRENCIA PARA CADA RIESGO POR CADA UNO DE LOS EXPERTOS .....	67
TABLA 31: IMPACTO PARA CADA RIESGO POR CADA UNO DE LOS EXPERTOS.....	68
TABLA 32: IMPACTO PARA CADA RIESGO POR CADA UNO DE LOS EXPERTOS.....	69
TABLA 33: PROBABILIDADES DE OCURRENCIA E IMPACTO DE LOS RIESGOS .....	69
TABLA 34: CÁLCULO DEL COSTO DEL RIESGO .....	70
TABLA 35: CÁLCULO DEL COSTO DEL RIESGO .....	71
TABLA 36: EJEMPLO – RIESGO DE IMPACTO Y PROBABILIDAD DE OCURRENCIA .....	73
TABLA 37: PONDERACIÓN DE LOS IMPACTOS EN FUNCIÓN AL NÚMERO DE RIESGOS .....	73
TABLA 38: JERARQUIZACIÓN INDIVIDUAL CON RESPECTO AL IMPACTO Y LA PROBABILIDAD .....	74
TABLA 39: RESULTADO DE LA JERARQUIZACIÓN.....	75
TABLA 40: SUPUESTOS PARA LA MODELACIÓN .....	76
TABLA 41: PROBABILIDAD DE OCURRENCIA Y EL RIESGO DE IMPACTO DEL RIESGO 1.....	76
TABLA 42: PERCENTILES DEL RIESGO 1 .....	76
TABLA 43: PROBABILIDAD DE OCURRENCIA Y EL RIESGO DE IMPACTO DEL RIESGO 2.....	76
TABLA 44: PERCENTILES DEL RIESGO 2 .....	77
TABLA 45: PROBABILIDAD DE OCURRENCIA Y EL RIESGO DE IMPACTO DEL RIESGO 3.....	77
TABLA 46: PERCENTILES DEL RIESGO 3 .....	78
TABLA 47: PROBABILIDAD DE OCURRENCIA Y EL RIESGO DE IMPACTO DEL RIESGO 4.....	78
TABLA 48: PERCENTILES DEL RIESGO 4 .....	78
TABLA 49: SUPUESTOS GENERALES .....	82

<b>TABLA 50: CÁLCULO DEL COSTO BASE DEL PPR</b> .....	82
<b>TABLA 51: RESULTADOS DEL TALLER DE RIESGO PARA EL COSTO DEL RIESGO TOTAL</b> .....	82
<b>TABLA 52: SUPUESTOS SOBRE EL RIESGO DE DEMANDA</b> .....	82
<b>TABLA 53: CÁLCULO DEL COSTO DEL RIESGO TRANSFERIDO</b> .....	83
<b>TABLA 54: RESULTADOS DEL VPD CONSIDERANDO EL MODELO EN TASA DE CRECIMIENTO (USD)</b> .....	83
<b>TABLA 55: REGLA PERCENTIL 5-50-95</b> .....	87
<b>TABLA 56: BOOTSTRAPPING DE INFORMACIÓN HISTÓRICA SOBRE INVERSIÓN PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA</b> .....	88
<b>TABLA 57: TABLA DE FRECUENCIAS DE LAS MEDIAS</b> .....	88
<b>TABLA 58: REGLA PERCENTIL 5-50-95 DEL EJEMPLO BOOTSTRAP</b> .....	89
<b>TABLA 59: DESARROLLO DE LA DEUDA CON CUPONES CONSTANTES</b> .....	92
<b>TABLA 60: DESARROLLO DE LA DEUDA CON CINCO PERÍODOS DE GRACIA EN EL PAGO DE AMORTIZACIONES</b> .....	93
<b>TABLA 61: EJEMPLO DESARROLLO DE LA DEUDA CON CUPONES CONSTANTES</b> .....	94
<b>TABLA 62: EJEMPLO DESARROLLO DE LA DEUDA CON CINCO PERÍODOS DE GRACIA EN EL PAGO DE AMORTIZACIONES</b> .....	95

<b>FIGURA 1: VALOR POR DINERO</b> .....	6
<b>FIGURA 2: COMPONENTES DEL VALOR POR DINERO</b> .....	9
<b>FIGURA 3: ETAPAS DE LA METODOLOGÍA</b> .....	14
<b>FIGURA 4: ESTRUCTURA GENERAL DEL MODELO ECONÓMICO-FINANCIERO</b> .....	23
<b>FIGURA 5: DESARROLLO DE DEUDA CON CUPONES CONSTANTES</b> .....	26
<b>FIGURA 6: DESARROLLO DE DEUDA CON CUPONES CRECIENTES</b> .....	26
<b>FIGURA 7: REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE RESULTADOS Y ANÁLISIS</b> .....	34
<b>FIGURA 8: ETAPAS ANÁLISIS DE RIESGOS PARA PROYECTOS PPP</b> .....	36
<b>FIGURA 9: REGLAS PARA LA ASIGNACIÓN DE RIESGOS</b> .....	38
<b>FIGURA 10: ESQUEMA METODOLOGÍA DE VALORACIÓN DE RIESGOS</b> .....	41
<b>FIGURA 11: DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD DEL RIESGO DE IMPACTO</b> .....	45
<b>FIGURA 12: COSTO DEL RIESGO ESPERADO</b> .....	46
<b>FIGURA 13: DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD DEL RIESGO DE IMPACTO</b> .....	47
<b>FIGURA 14: COSTO DEL RIESGO ESPERADO</b> .....	48
<b>FIGURA 15: DISTRIBUCIÓN TRIANGULAR</b> .....	53
<b>FIGURA 16: REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA CLASIFICACIÓN DE RIESGOS</b> .....	57
<b>FIGURA 17: REGLAS PARA LA ASIGNACIÓN DE RIESGOS</b> .....	59
<b>FIGURA 18: REPRESENTACIÓN DEL COSTO DEL RIESGO COMO PARÁMETROS DE UNA DISTRIBUCIÓN TRIANGULAR</b> .....	66
<b>FIGURA 19: COMPORTAMIENTO DEL VPD POR PERCENTIL</b> .....	83
<b>FIGURA 20: VPD MEDIANTE EL MODELO EN TASA DE CRECIMIENTO – PERCENTIL 5%</b> .....	84
<b>FIGURA 21: VPD MEDIANTE EL MODELO EN TASA DE CRECIMIENTO – PERCENTIL 50%</b> .....	84
<b>FIGURA 22: VPD MEDIANTE EL MODELO EN TASA DE CRECIMIENTO – PERCENTIL 95%</b> .....	85
<b>FIGURA 23: DISTRIBUCIÓN CONTINUA</b> .....	86
<b>FIGURA 24: DESARROLLO DE DEUDA CON CUPONES CONSTANTES</b> .....	93
<b>FIGURA 25: COMPARACIÓN DE PERFILES DE DEUDA CON Y SIN PERÍODOS DE GRACIA PARA AMORTIZACIONES</b> .....	94

# 1. Aspectos generales

---

## 1.1. Contratos de Participación Público-Privada

Los contratos de Participación Público-Privada (PPP), son aquellos donde la Administración Pública encarga a una persona de derecho privado, por un período determinado, el diseño, la construcción y la operación de infraestructura o alguna de dichas prestaciones, además de la financiación. Los contratos tienen un periodo máximo de duración de 35 años.

Todo proyecto de participación público-privada, deberá procurar el beneficio público, respetando el interés general, y adoptar los mecanismos de participación y control que serán de aplicación durante toda la vigencia del contrato.

## 1.2. Objetivo del Manual

El objetivo del presente Manual es proporcionar una metodología respecto de las etapas y actividades que debería emprender la Administración Pública para evaluar la alternativa más conveniente de desarrollar un proyecto público ya sea vía obra pública tradicional o a través de un contrato de Participación Público-Privada.

## 1.3. ¿Qué es Valor por Dinero (VpD)?

De manera general, el Valor por Dinero (VpD) es un término usado para describir un compromiso explícito que asegure el mejor resultado posible en términos de precio y calidad que puede ser obtenido de entre dos o más alternativas de solución para un problema que implique el uso de recursos públicos. La materialización del término anterior para la presente metodología consiste en definir una medida numérica que cuantifica la ganancia, para el sector público, de realizar un proyecto de infraestructura y servicios a través de un esquema de Participación Público-Privada. El VpD se define como la diferencia entre el valor presente del costo total neto de un Proyecto Público de Referencia (PPR) ajustado por riesgo y por ingresos de terceras fuentes y el costo total del proyecto PPP. El costo total del proyecto PPP viene determinado por el valor presente del flujo de pagos que recibe el Contratista de parte de la Administración Pública, los costos de administración del contrato PPP, el costo de los riesgos retenidos del proyecto y la ganancia en competitividad.

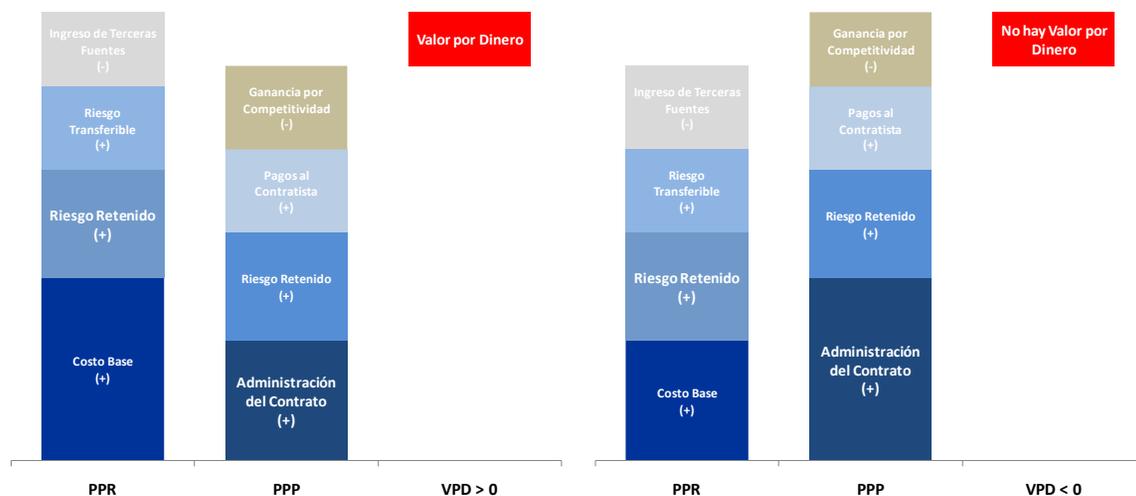
Tabla 1: Componentes para la determinación del VpD	
Costo del PPR	Costos del proyecto PPP
❖ Costo base del PPR	❖ Costo del riesgo retenido
❖ Ingresos de terceras fuentes	❖ Costo de administración del contrato
❖ Costo del riesgo retenido	❖ Pagos al Contratista
❖ Costo del riesgo transferible	❖ Ganancia en competitividad

Cada uno de estos componentes debe poder valorizarse para determinar el costo total correspondiente al PPR que se usará como referencia para la etapa de autorización y adjudicación del proyecto. En un proyecto de Participación Público-Privada previo a la iniciación del procedimiento de contratación, la Administración Pública contratante deberá contar con un documento de evaluación en el cual se ponga de manifiesto la viabilidad y la conveniencia del proyecto en cuestión. En particular, se deberá mostrar a través de un estudio, que el modelo de contratación propuesto es el que permite al Estado obtener el mayor Valor por Dinero siguiendo la metodología que se desarrolla en este documento. Dicho estudio deberá ser presentado ante el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) para su consideración e informe. Por su parte, los entes autónomos y los servicios descentralizados, deberán realizar la presentación del estudio a través del Ministerio correspondiente.

### 1.4. Criterio de aplicación del VpD

El VpD será positivo cuando el costo de provisión pública ajustado por riesgo sea mayor al costo de provisión privada ajustado por riesgo y eficiencias. En este caso diremos que se crea valor al delegar el desarrollo del proyecto a un Contratista. En el caso que el VpD sea negativo, el costo monetario de provisión privada será mayor, y en este caso diremos que no se obtiene VpD al entregar el proyecto a un Contratista para que lo implemente a través de una modalidad PPP.

Figura 1: Valor por Dinero



## 2. Metodología para la determinación del Valor por Dinero

---

### 2.1. Formulación conceptual

El Comparador Público Privado (CPP) es una forma objetiva de comparar una modalidad de ejecución pública, denominada Proyecto Público de Referencia (PPR), con una modalidad de ejecución privada, denominada Participación Público-Privada. Para ello, se debe construir un indicador sobre el cual establecer comparaciones. En el presente Manual, el VpD será equivalente a construir un CPP para determinar la modalidad de ejecución y contratación, a fin de determinar si la participación privada en la provisión de infraestructura o del servicio público, implica un mayor beneficio para la sociedad, respecto a si éstos fuesen provistos por el Estado a través de una obra pública.

La metodología establece el procedimiento para construir un indicador que permita definir la conveniencia de proveer la prestación de un servicio público a través de un Contrato de Participación Público-Privada (CPPP) en relación a un esquema de obra pública tradicional. Este indicador es el Valor por Dinero (VpD), que puede ser expresado como la comparación en valor presente de los costos de desarrollar el proyecto bajo contratación tradicional considerando un Proyecto Público de Referencia y los costos de un proyecto desarrollado bajo Participación Público-Privada.

Para ello es necesario estimar los costos totales del PPR, considerando el costo de los riesgos que el sector público asume bajo modalidad de contratación tradicional, los que se comparan con las proyecciones estimadas de los pagos a realizar por el gobierno a un Contratista bajo un CPPP. En este sentido, y debido a que se considera desde el punto de vista técnico que ambas modalidades de contratación pueden ofrecer el mismo nivel de servicio, los costos base de partida para ambos esquemas son iguales.

El VpD genera un valor numérico, que permite a la Administración Pública, a través de la comparación de la alternativa pública tradicional con la alternativa PPP teórica, decidir si es que la participación de la iniciativa privada aportará más valor a la prestación del servicio público en relación a la modalidad pública tradicional.

La identificación y estimación de costos y riesgos del Proyecto Público de Referencia contra el cual se compara la alternativa de provisión del CPPP y posteriormente las ofertas privadas, son entonces fundamentales para asegurar el mejor escenario en que el proyecto aporte valor.

## 2.2. Formulación analítica

Para estimar el VpD, los costos se expresan en términos de valor presente, es decir consideran el valor del dinero en el tiempo. Debe estar basado en la experiencia reciente en el desarrollo de infraestructura y provisión de servicios públicos por parte del gobierno, incorporando las eficiencias que sean razonablemente esperables y debe tomar en consideración los riesgos que pueden presentarse en el desarrollo del proyecto.

La formulación básica para estimar el VpD es la siguiente:

$$VpD = \underbrace{\sum_{t=0}^n \frac{(CB_t - ITF_t + CRR_t + CRT_t)}{(1+r)^t}}_{PPR} - \underbrace{\sum_{t=0}^n \frac{(PC_t + CRR_t + CAD_t - GC_t)}{(1+r)^t}}_{PPP}$$

Donde:

- $VpD$  : Valor por dinero que genera el proyecto.
- $CB_t$  : Estimación del Costo Base del PPR en el período  $t$ .
- $ITF_t$  : Ingresos de Terceras Fuentes generados en el período  $t$ .
- $CRR_t$  : Costo del Riesgo Retenido en el período  $t$ .
- $CRT_t$  : Costo del Riesgo Transferible en el período  $t$ .
- $PC_t$  : Pago al Contratista en el período  $t$  (sin IRAE)<sup>1</sup>.
- $CAD_t$  : Costo de administración del contrato PPP, en el período  $t$ .
- $GC_t$  : Ganancia en competitividad en el período  $t$ .
- $r$  : Tasa de descuento libre de riesgo.
- $n$  : Número de años del horizonte de evaluación.
- $t$  : Año del contrato, siendo el año 0 el de inicio de la construcción.

Para efectos de comparación de las dos modalidades de contratación, la tasa de descuento requiere ser la misma, y será igual a la tasa libre de riesgo para la República Oriental del Uruguay. La tasa libre de riesgo a utilizar corresponderá al promedio simple de la tasa obtenida de la curva CUI<sup>2</sup> correspondiente al plazo del proyecto<sup>3</sup>.- Para calcular dicho promedio, se considerará el periodo correspondiente a los últimos 12 meses contado a

<sup>1</sup> Se debe deducir el componente de IRAE que la Sociedad de Propósito Específico devenga, dado que este monto vuelve al Estado como un “ahorro” del sector público. El no considerarlo disminuiría artificialmente el Valor por Dinero. En este sentido, se siguen los procedimientos recomendados en los manuales de Inglaterra, Irlanda, Australia y Victoria. Existen justificaciones de la deducción de estos impuestos en el marco de criterios de neutralidad competitiva de los impuestos en varios manuales consultados de PPP en países desarrollados. Se sugiere ver VDTF (2001), Australian Government (2008), PER (2007), Coulson (2006).

<sup>2</sup> La tasa CUI se obtienen de [www.bevsa.com.uy](http://www.bevsa.com.uy)

<sup>3</sup> O, en su defecto, la tasa que corresponda según la estrategia de financiamiento más adecuada definida por la Unidad de Gestión de Deuda del Ministerio de Economía y Finanzas.

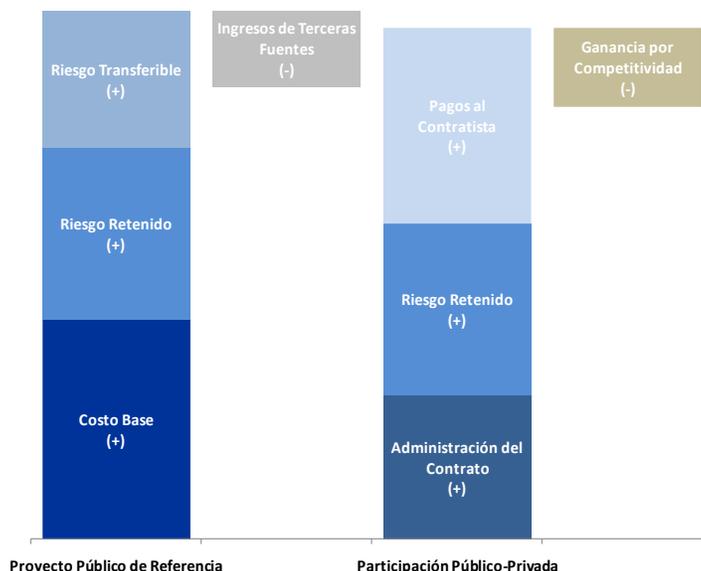
partir del tercer mes anterior a la presentación del Comparador al Ministerio de Economía y Finanzas.

### 2.3. Formulación gráfica

En la figura siguiente se muestra el primer componente a determinar para la comparación: el costo base del proyecto público de referencia. El costo base del proyecto público de referencia incluye los costos de inversión, financiamiento, mantención y operación de la infraestructura y servicios. También hay un componente de costo de la valoración de los riesgos totales que debe asumir la Administración Pública en caso de desarrollar el proyecto por el mecanismo de contratación tradicional. Los riesgos totales pueden ser desagregados en riesgos retenidos y riesgos transferidos.

Un riesgo retenido es aquel que permanece bajo la responsabilidad y gestión de la Administración Pública, y por lo tanto en caso de activarse, tiene un impacto directo en el presupuesto público. Un riesgo transferido al sector privado permanece bajo la administración y en la “contabilidad” de la empresa Contratista que firma el CPPP. Nuevamente, si el riesgo es activado, tiene un impacto directo en el presupuesto del proyecto y es de responsabilidad del Contratista mitigarlo y administrarlo.

Figura 2: Componentes del Valor por Dinero



Obsérvese que el componente de riesgo que puede potencialmente ser transferible al sector privado, bajo la modalidad contratación tradicional es siempre retenido por el sector público. Finalmente, a los costos anteriores, se le debe restar el Ingreso por Terceras Fuentes. Dentro de estos ingresos, por ejemplo, se encuentran aquellos que la Administración Pública recibe por concepto de cobro de tarifas por el uso de la infraestructura y los servicios directamente de los usuarios. Por otra parte, en la alternativa PPP se estiman los costos asociados al desarrollo del proyecto en todas sus etapas (diseño

detallado, construcción, operación y mantenimiento), así como los costos asociados al financiamiento del componente de la deuda del sector privado, para posteriormente calcular el valor presente de lo que sería una estimación de una oferta económica (aportes públicos netos) a ser presentada por un Contratista privado que lleve a cabo el proyecto bajo la modalidad PPP, obteniendo una rentabilidad por el capital invertido.

Dichas variables alimentan la modelación económico – financiera del negocio PPP desde el punto de vista privado, y se obtiene una estimación de los Pagos al Contratista que debe realizar la Administración Pública. A lo anterior se agrega el costo de administración del contrato PPP que debe asumir el sector público durante toda la vida del proyecto, y el costo del riesgo retenido por el Estado. La racionalidad de agregar tanto en la alternativa PPR como en la opción PPP el costo del riesgo retenido, es que cualquiera sea la modalidad de ejecución, dicho riesgo debe ser asumido por el Estado. La Ganancia en Competitividad (GC) se define como el valor de la reducción en los pagos al Contratista que debe realizar la Administración Pública, que es generada por la presencia de la competencia de otros licitantes al visualizar un negocio de largo plazo y/o por eficiencias en la estructura de costos del sector privado.

En la tabla siguiente se muestra un ejemplo de cálculo de Valor por Dinero, en la cual se observa que el proyecto público de referencia tiene un costo de 660 unidades monetarias (UM) mientras que el costo del proyecto de Participación Pública Privada tiene un costo igual a UM 630. Dicha diferencia proporciona VpD igual a UM 30.

Tabla 2: Ejemplo de cálculo de Valor por Dinero	
CPP	Valor
Costo Base Proyecto de Referencia	+320
Costo del Riesgo Retenido	+250
<b>PPR</b> Costo de Riesgo Transferido	+200
Ingresos de Terceras Fuentes	-110
<b>Costo Ajustado PPR</b>	<b>660</b>
Costo de Administración de Contrato PPP	+210
Costo de Riesgo Retenido	+250
<b>PPP</b> Pagos al Contratista (descontando IRAE)	+285
Ganancia por Competitividad	-115
<b>Costo Ajustado PPP</b>	<b>630</b>
<b>VpD</b>	<b>30</b>

Resulta central calcular el costo total del PPR, que incluya no solamente el costo base de las etapas de diseño, construcción, financiamiento, mantenimiento y operación de la infraestructura y la provisión de servicios, sino también el costo estimado de los riesgos inherentes al proyecto debido a la ocurrencia principalmente de sobre costos y sobre plazos producidos por contingencias de cualquier naturaleza. Asimismo, se deben calcular los riesgos que ocurren por una contingencia que afecta la demanda por los servicios y consecuentemente los ingresos del proyecto. En caso que el proyecto tenga una o varias

fuentes de ingresos (ingresos de terceras fuentes), por ejemplo el cobro directo de tarifas a los usuarios, se deberá reducir el costo base en el monto de los ingresos que el sector público está percibiendo y se deberán valorar los riesgos de demanda que el sector público asume en caso de desarrollar el proyecto a través de la modalidad de obra pública tradicional. Una vez obtenido el costo total neto ajustado del PPR, se compara con el costo total neto del proyecto desarrollado mediante un esquema de Participación Público-Privada.

Si el costo total neto del PPR es mayor al costo total neto del proyecto PPP, entonces la modalidad de ejecución de menor costo para el desarrollo del proyecto es mediante la provisión del servicio a través de un esquema PPP. En este caso, el proyecto genera VpD para el sector público, por lo tanto se crea valor al delegar el desarrollo del proyecto a un Contratista privado. En la situación de un VpD negativo, el costo de provisión privada será mayor, y en este caso, es posible asumir que no se genera valor al entregar el proyecto a un Contratista de largo plazo, razón por la cual la modalidad de ejecución más conveniente será la provisión del servicio mediante un proyecto público.

## 2.4. Responsabilidad fiscal

Las erogaciones y compromisos financieros que se asuman en el marco de proyectos de Participación Público-Privada deberán ser consistentes con la programación financiera del Estado, en un marco de responsabilidad fiscal y de la debida rendición de cuentas.

## 2.5. Factores que generan Valor por Dinero.

Los factores principales que permiten obtener Valor por Dinero al seleccionar una alternativa PPP son los siguientes:

- **Asignación de riesgo.** El factor principal se refiere a lograr una adecuada asignación de riesgos durante el ciclo de vida del proyecto, asegurando que la parte en mejores condiciones de administrar un determinado riesgo sea quien lo asuma. En efecto, la asociación entre el sector público y privado en el campo de la infraestructura y servicios resulta beneficiosa siempre y cuando se contextualice en una adecuada distribución de riesgos entre las partes, de modo que cada una asuma los riesgos que le son más fáciles de gestionar y por lo tanto mitigar.
- **Especificaciones funcionales.** Además de las necesarias especificaciones normativas, las especificaciones de un proyecto de PPP deben estar basadas principalmente en elementos funcionales (outputs), de tal forma de incentivar y optimizar así la capacidad de innovación del Contratista privado para la prestación de servicios de mayor calidad al mejor precio asegurando los estándares de calidad perseguidos por la Administración Pública.

- **Naturaleza de largo plazo de los contratos.** La visión de largo plazo debe asegurar la recuperación de la inversión del Contratista privado, permitir alternativas de decisión e integración de la inversión inicial, operación, mantenimiento y conservación que sean coherentes con el ciclo de vida del proyecto.
- **Medición de niveles de servicio y mecanismo de pago.** La medición del cumplimiento de las especificaciones funcionales o niveles de servicio debe asegurar una adecuada alineación entre los intereses públicos y privados, la que acompañada de una adecuada definición de los mecanismos de pago, generan incentivos a la eficiencia.
- **Competencia en la licitación.** La conducción por parte de la Administración Pública debe propender a generar un proceso competitivo en la licitación. Una alta competencia asegura valores de mercado en la provisión de la infraestructura y los servicios, y por lo tanto, favorece la generación de VpD. Asimismo, uno de los mecanismos centrales de la regulación de monopolios naturales de infraestructura es la competencia. En la medida que mayor sea la competencia, el Contratista que se adjudica el contrato PPP obtendrá ganancias normales por su inversión, lo que se traducirá en un precio de mercado por la infraestructura construida y los servicios prestados.
- **Financiamiento privado de largo plazo.** Es altamente beneficioso para generar VpD que los Contratistas adjudicatarios orienten el componente de deuda de sus inversiones en financiamientos de largo plazo, de preferencia en moneda local y a tasa fija. Al respecto, un mercado natural que complementa los financiamientos bancarios son los fondos institucionales, los que se encuentran disponibles en Uruguay.
- **Considerar a todos los agentes involucrados en el proyecto.** En el campo de los proyectos PPP, una activa participación de los actores involucrados es un factor decisivo que puede hacer que un proyecto logre finalmente implementarse y genere VpD. Se recomienda que en la etapa de diseño y en la posterior ejecución de un contrato PPP se elaboren estrategias efectivas de comunicación y de participación con cada uno de los involucrados en el proyecto.
- **Flexibilidad.** Resulta muy importante que el sector privado, en el contexto del marco regulatorio vigente, disponga de la necesaria flexibilidad en las soluciones técnicas y de provisión de los servicios, de tal manera que tenga los incentivos de generar innovación tanto en los productos y servicios que ofrece como en los procesos que realiza, especialmente en el uso de tecnologías.

## 2.6. **Ámbito de aplicación de la metodología**

Se considera obligatoria la aplicación de la metodología del Comparador Público Privado en proyectos que impliquen contraprestaciones donde el Contratista reciba ingresos, en la

forma de contribuciones públicas de manera exclusiva (Pagos al Contratista) o combinadas con tarifas de los usuarios.

Las contribuciones que otorgue la Administración Pública, podrán tener la forma de:

- Aportes pecuniarios,
- Otorgamiento de subvenciones,
- Créditos,
- Garantías para la financiación del proyecto,
- Garantías de obtención de ingresos mínimos, y
- Exoneraciones fiscales, entre otras.

Adicionalmente, podrían haber iniciativas de proyectos que no consideran ninguna de las contribuciones mencionadas anteriormente, pero que requerirían la cesión de la Administración Pública de los ingresos que percibe por concepto de la explotación de un proyecto existente (cobro al usuario por el uso de la infraestructura) y que se está evaluando la posibilidad de entregar su mejoramiento, operación y mantenimiento bajo un esquema de Participación Público-Privada. En este caso, la Administración Pública dejará de percibir el cobro al usuario, por ejemplo, ingresos por peajes, tarifas portuarias o tarifas de embarque aeroportuarias, y estos ingresos al no ser percibidos por el Estado y ser cedidos al sector privado, constituyen desde el punto de vista del Estado un costo de oportunidad de los fondos públicos.

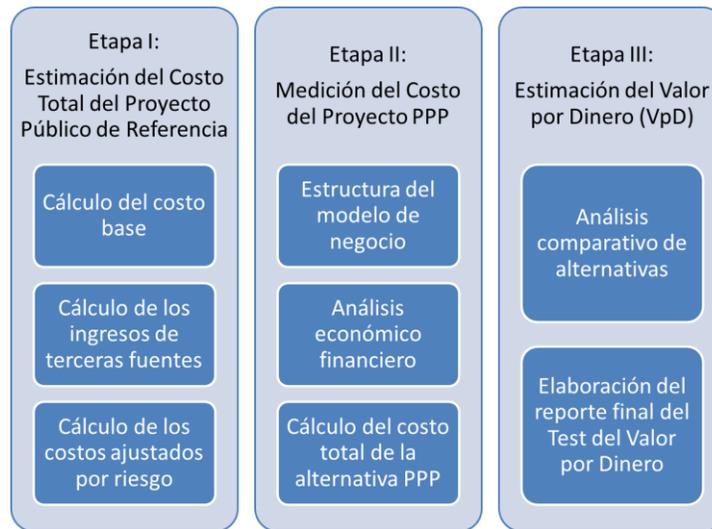
Por lo anterior, también en este caso debe realizarse el análisis del Comparador Público Privado, ya que la Administración Pública está obligada a evaluar la conveniencia (VpD) del esquema tradicional y el de Participación Público-Privada en el uso de estos fondos públicos.

## 3. Procedimiento de aplicación y etapas de la metodología

### 3.1. Etapas de la metodología

El siguiente esquema muestra las etapas de la metodología del Comparador Público Privado:

Figura 3: Etapas de la metodología



#### 3.1.1. Etapa I: Estimación del costo total del Proyecto Público de Referencia

En esta etapa se calculan las componentes que permiten la evaluación del Proyecto Público de Referencia. Se incluye:

- Cálculo del costo base.
- Cálculo de los ingresos de terceras fuentes del proyecto.
- Cálculo de los costos ajustados por riesgo del PPR.

## Subetapa I.1: Cálculo del costo base

El Costo Base (CB) es calculado sobre la base del valor presente neto de los costos esperados para el sector público articulados en el PPR, durante el horizonte de vida del proyecto. El PPR debe entonces ser descrito en sus especificaciones técnicas y funcionales de diseño, construcción, operación, mantenimiento y conservación y de los costos asociados con ellas.

Típicamente, el costo base cubre la inversión inicial en activo fijo, equipamientos, financiación, costos de operación de los servicios, mantenimiento, conservación y las ampliaciones de capital o reinversiones en caso de ser necesarias.

Se debe incluir un resumen de las estimaciones de los costos básicos de los activos fijos, tales como infraestructura o equipamiento, incluyendo toda mejora que hubiera que realizarse a instalaciones existentes para poner en marcha el proyecto, conforme al uso requerido.

Estos costos incluyen los costos de diseño, costos de implementación, costos de construcción y costos de equipamiento.

- **Costos de diseño.** En esta parte se precisan todos los costos propios del estudio de ingeniería del proyecto, del estudio de demanda, del estudio de impacto ambiental y del estudio económico-financiero, entre otros estudios necesarios en la etapa de diseño.
- **Costos de implementación.** Incluyen los costos de posibles compras de terrenos o pago de derechos de expropiación, los posibles gastos por demoliciones y adaptaciones del terreno, la tramitación de permisos y licencias para desarrollar el proyecto, y los costos de transacción, incluidos aquí los gastos en consultores.
- **Costos de construcción.** Aquí se detallan los costos de construcción de la infraestructura misma.
- **Costos de equipamiento.** Incorpora los costos de equipos necesarios para el funcionamiento de la infraestructura y la provisión de los servicios

Las estimaciones del costo deben reflejar los costos completos del recurso para el proyecto. Es necesario detallar todos los supuestos y fuentes de información, en particular, los relacionados al cálculo de los precios unitarios, las cubicaciones, las especificaciones y el cronograma de gastos.

Los supuestos sobre el inicio, la ejecución o el progreso de avances en el trabajo de la construcción deben reflejar lo que podría ser realista esperar en el sector público. Las técnicas de construcción asumidas en la estimación de los costos de inversión deben reflejar la reciente práctica real en el sector público, conforme a la ejecución de los planes existentes.

Cuando hay razones fundadas para suponer que la provisión pública de la infraestructura tomará un tiempo superior al plazo que normalmente tomaría la provisión privada, podría incorporarse en el análisis el costo de la espera pública. De optar por la realización de este cálculo, ver Anexo III. La incorporación de este costo solo podrá realizarse cuando existe una fundamentación adecuada de su pertinencia.

#### ❖ Costos de operación, mantenimiento y conservación

Estas partidas de costos son incurridas durante la etapa de operación y mantenimiento del proyecto con el fin de habilitar el servicio durante todo su horizonte. Su naturaleza varía de acuerdo a cada proyecto. Las estimaciones de estos costos están basadas en la experiencia del evaluador en el sector en que se desarrolla el proyecto específico.

Pueden subdividirse en costos de operación y costos de mantenimiento y conservación.

- **Costos de operación.** Corresponde a aquellos costos necesarios para operar la infraestructura y proveer el servicio público. Deben incluir el personal, los insumos necesarios, y todos aquellos egresos en que incurra la Administración Pública mientras se encuentra prestando servicio.
- **Costos de mantenimiento y conservación.** Corresponden a los costos periódicos necesarios para mantener el activo fijo y su equipamiento operando en su especificación original. Generalmente se divide en un mantenimiento rutinario expresado como un gasto anual equivalente a un porcentaje fijo de la inversión, y un mantenimiento mayor o periódico (o de conservación) que puede ser necesario tras cierto número de años<sup>4</sup>.
- **Costos del financiamiento público.** En el cálculo del costo total se deberá incluir el costo del financiamiento público. Se entiende por financiamiento público a los recursos monetarios que son necesarios de obtener a través de deuda internacional por parte del sector público. Para lo anterior, se usará como referencia un financiamiento obtenido mediante la emisión de un bono del Estado, cuyo plazo dependerá del plazo del proyecto<sup>5</sup>. La tasa de interés de referencia a utilizar corresponderá al promedio simple de la tasa obtenida de la curva CUI<sup>6</sup> correspondiente al plazo del proyecto <sup>7</sup>.- Para calcular dicho promedio, se considerará el periodo correspondiente a los últimos 12 meses contado a partir del tercer mes anterior a la presentación del Comparador al Ministerio de Economía y Finanzas. .

---

<sup>4</sup> En el caso de proyectos de carreteras se deberá usar el modelo HDM-4.

<sup>5</sup> Como alternativa en caso de restricción crediticia, o por otro motivo justificado, se considerará la estructura de financiamiento a través de un préstamo otorgado por un organismo multilateral.

<sup>6</sup> La tasa CUI se obtienen de [www.bevsa.com.uy](http://www.bevsa.com.uy)

<sup>7</sup> O, en su defecto, la tasa que corresponda según la estrategia de financiamiento más adecuada definida por la Unidad de Gestión de Deuda del Ministerio de Economía y Finanzas.

En base a la información anterior, es posible determinar analíticamente la deuda contraída, cuyo desarrollo considera una estructura de repago a través de cuotas constantes y que incluye períodos de gracia que contemplan el no pago de amortizaciones. Dichos períodos de gracia permiten el repago de la deuda cuando el margen operacional de los primeros períodos de un proyecto son pequeños o incluso negativos.

En el Anexo VII se profundiza en el análisis de distintas estructuras de financiamiento público.

En caso de que el proyecto cuente con ingresos actuales o potenciales de terceras fuentes ver Anexo III.

## Sub-etapa I.2: Cálculo de los costos ajustados por riesgo del PPR

### ❖ Costo base

Corresponde a la suma del valor presente de las componentes de costo que tendría el proyecto si fuera desarrollado por el sector público.

$$CB = INV + OMC + CF$$

Donde  $CB$  es el valor presente del costo base del proyecto referencia. La primera componente de la derecha de la ecuación corresponde a la inversión y equipamiento, que se obtiene del costeo tradicional que las instituciones públicas hacen sobre su proyecto de inversión, y se expresa en valor presente. La segunda componente corresponde al valor presente de los costos de operación, mantenimiento y conservación ( $OMC$ ), que a su vez se dividen en costos de operación ( $CO$ ), costos de mantenimiento ( $CMan$ ) y costos de conservación ( $CC$ ). La tercera componente se refiere al costo de financiamiento del sector público ( $CF$ ), en la cual  $INT$  corresponde a los intereses de una deuda contraída por el sector público para el desarrollo del proyecto (ver Anexo VII). Se usará como referencia la tasa de financiamiento que se obtendría mediante la emisión de un bono del Estado, cuyo plazo dependerá del plazo del proyecto. Dicha tasa se obtiene de la Curva UI publicada por BEVSA<sup>8</sup>.

$$CF = \sum_{t=0}^n \frac{INT_t}{(1+r)^t}$$

---

<sup>8</sup> Como alternativa en caso de restricción crediticia, o por otro motivo justificado, se considerará la estructura de financiamiento a través de un préstamo otorgado por un organismo multilateral. O, en su defecto, la tasa que corresponda según la estrategia de financiamiento más adecuada definida por la Unidad de Gestión de Deuda del Ministerio de Economía y Finanzas.

### ❖ Costo del riesgo total (CRR+CRT)

El costo del riesgo total de la modalidad de ejecución tradicional puede ser dividido en un componente de costo que es retenido por la Administración Pública (*CRR*) y por otra componente de costo que puede potencialmente ser transferido (*CRT*) por la Administración Pública al Contratista en el caso que el proyecto se desarrollara bajo la modalidad PPP. Como se mencionó en el punto 2.2, no es necesario calcular el costo retenido.

La definición de riesgos estándares que se propone a continuación se basa principalmente en casos de estudio, experiencia internacional y literatura relacionada a proyectos de inversión de infraestructura y provisión de servicios públicos.

La confección de esta matriz considera diferentes categorías para clasificar los riesgos de las distintas etapas de un proyecto de inversión pública y dispone de una descripción general del mismo.

En la siguiente tabla se presenta una matriz general de riesgos:

Tabla 3: Matriz General de Riesgos			
Categoría del riesgo	Etapas	Riesgos estándares	Descripción
Riesgo de implementación	Etapa licitación	Riesgo de adquisición de terrenos	Dificultad en la entrega del área de contrato en concordancia con un programa previamente definido lo que implica atrasos en el proceso constructivo y pérdida de beneficios económicos para la sociedad.
	Etapa licitación	Riesgo de demora en la aprobación de la adjudicación del contrato de construcción	El contrato no se suscribe en la fecha programada y retrasa el inicio del proyecto, generando pérdida de beneficios económicos netos para la sociedad.
Riesgos de construcción	Etapa de construcción	Riesgo de diseño	El diseño de ingeniería y/o arquitectura establecido para el proyecto puede ser insuficiente, lo que puede generar la realización de nuevas obras y/o inversiones complementarias respecto al diseño original incrementando los costos del proyecto original.
	Etapa de construcción	Riesgo de sobre costos	Aumento de costos de distintos ítems en la etapa de construcción debido a incrementos en las cubriciones, precios reales de los materiales, insumos, mano de obra y especificaciones de diseño.
	Etapa de construcción	Riesgo de atrasos en el desarrollo de la construcción de las obras	Aumentos de los costos debido a atrasos en la ejecución de las actividades programadas para la etapa de construcción.
Riesgos de operación y mantenimiento	Etapa de explotación	Riesgo de sobre costos	Aumento no previsto de los costos de operación y/o mantenimiento del proyecto.
	Etapa de explotación	Riesgo de nivel de servicio	No se logra alcanzar un nivel de servicio y de calidad para el proyecto acorde con las especificaciones definidas generando impacto en la percepción de beneficios económicos netos.
	Etapa de explotación	Riesgo de discontinuidad del servicio	Interrupción parcial o permanente de los servicios que lleva a una pérdida de ingresos monetarios, además del reclamo e inconformidad de los usuarios que se pueden traducir en demandas civiles.
Riesgos ambientales	Etapa de construcción/explotación	Riesgo ambiental	Ajuste medioambiental no previsto respecto a las normas establecidas, obstrucciones geológicas, climáticas, físicas y arqueológicas, entre otras que producen sobre plazos y mayores costos que los inicialmente proyectados para el proyecto.
Riesgos de fuerza mayor	Todas las etapas del proyecto	Riesgo de catástrofes naturales	Hechos de la naturaleza que impiden el desarrollo del proyecto, destruyen activos, incrementan los costos, interrumpen el servicio

**Tabla 3: Matriz General de Riesgos**

Categoría del riesgo	Etapas	Riesgos estándares	Descripción
			no permitiendo su operación de manera adecuada con la consecuente generación neta de ingresos.
Riesgos políticos	Todas las etapas del proyecto	Riesgo de cambios en la legislación pertinente	Cambio en la legislación y/o regulación de los estándares (técnicos, ambientales, económicos, entre otros) genera efectos en los costos, ingresos e inversiones afectando la viabilidad del proyecto.
	Todas las etapas del proyecto	Riesgo de terminación del proceso de contratación	Por decisiones políticas se deja de desarrollar el proyecto y se genera una terminación anticipada obligando a realizar compensaciones y/o entrar en un proceso judicial.
Riesgos sociales	Todas las etapas del proyecto	Riesgo de conflicto social ajeno al proyecto	Protestas, paros, huelgas y/o aspectos culturales que interfieran con el normal desarrollo del proyecto produciendo plazos y costos mayores a los estimados inicialmente.
Riesgos de ingresos	Etapas de explotación	Riesgo de demanda	La cantidad demandada por el servicio es diferente a la prevista, lo que tiene efectos en la dimensión del proyecto y los ingresos percibidos.
	Etapas de explotación	Riesgo tarifarios	El nivel de la tarifa es resistido por los usuarios y los cambios en los ajustes tarifarios no se efectúan en los plazos establecidos y/o no son sustentables de acuerdo a la disposición a pagar por el servicio afectando los ingresos percibidos.
Riesgos tecnológicos	Etapas explotación	Riesgo de obsolescencia tecnológica	Los equipos y tecnología necesarios para la operación, cumplen su ciclo de vida y quedan obsoletos, o no se encuentran operativos para satisfacer los requerimientos del proyecto, lo que implica un aumento de costos al reemplazarlos y/o una disminución de ingresos del proyecto.
Riesgos de mercado	Etapas construcción/operación	Riesgo de incremento en el precio de los insumos	El precio de los insumos necesarios para la construcción de las obras o de la operación del proyecto aumenta debido a contingencias macroeconómicas
Riesgos financieros	Etapas licitación	Riesgo de obtención de financiamiento	No obtención del financiamiento apropiado. El proyecto no puede levantar los fondos suficientes para ser materializado, lo que implica retrasos produciendo disminución del beneficio económico neto para la sociedad.
	Todas las etapas	Riesgo de tasa de interés	Las tasas de interés fluctúan en forma desfavorable encareciendo los costos financieros
	Todas las etapas	Riesgo de tipo de cambio	El tipo de cambio fluctúa de manera desfavorable afectando el financiamiento y el costo de los insumos importados necesarios para el proyecto

La materialización de los riesgos anteriores se traduce ya sea en un aumento de costos del proyecto mayores a los inicialmente estimados y/o en una disminución de los ingresos o beneficios que el proyecto puede percibir o generar.

A los efectos del cálculo del costo de cada uno de los riesgos transferidos, debe seguirse el Anexo II.

❖ **Costo ajustado total del Proyecto Público de Referencia**

Una vez completados los pasos anteriores, se determina el costo ajustado total del Proyecto Público de Referencia (CTPPR) como la suma del costo base, costo del riesgo retenible, costo del riesgo transferible, menos los ingresos de terceras fuentes:

$$CTPPR = CB + CRT + CRR - ITF$$

Donde:

- CB* : Valor presente del costo base del PPR  
*CRT* : Valor presente del costo del riesgo transferible  
*CRR* : Valor presente del costo del riesgo retenible  
*ITF* : Valor presente de los ingresos provenientes de terceras fuentes

### 3.1.2. Etapa II: Medición del costo del proyecto PPP

En esta etapa se presentan y valorizan los elementos del costo asociado a la alternativa de provisión privada de la infraestructura o servicio público.

#### Subetapa II.1: Estructura del modelo de negocio

El primer paso es definir con precisión cuál es el tamaño de las inversiones en infraestructura y el alcance o frontera de la provisión de los servicios por parte del sector privado. Esto es lo que se denomina el diseño o modelo del plan de negocio, y que consiste en la definición de las siguientes variables:

- Determinación del plazo del contrato.
- Definición del mecanismo de pago por parte de la Administración Pública contratante
  - Pago por disponibilidad.
  - Pago por uso o tarifa sombra.
- Definición de las deducciones en los pagos, tipología y niveles de las multas.
- Tipología y niveles de garantías que serán solicitadas al Contratista.
- Mecanismo de revisión y de reajustes por los pagos de los servicios contratados al Contratista.
- Determinación de los gastos operacionales para cada servicio.
- Determinación de los gastos operacionales y administrativos del Contratista.
- Potencialidad de percibir ingresos adicionales identificando con precisión su tipología y el tipo de regulación que tendrán. Por ejemplo, ingresos percibidos por la venta de combustible en una estación de servicio en una carretera, ingresos por venta de servicios de *duty free* en un aeropuerto.
- Estimación del valor de la tarifa al usuario si fuera el caso, los distintos tipos de usuarios y el mecanismo de reajuste de la tarifa en el tiempo.
- Demanda (número de usuarios o prestaciones del servicio).
- Ingresos por cobro a los usuarios, si fuera el caso.
- Tasas de descuento para el capital propio del Contratista.
- Tasa de interés para la deuda, aportes de capital propio y deuda (nivel de apalancamiento), y tabla de desarrollo de la misma.
- Garantías y seguros que potencialmente el sector público otorgara que permita la bancabilidad del proyecto.

No se menciona en este listado el alcance o el monto de la inversión, equipamientos, costos de operación de los servicios y costos de conservación a desarrollar por el sector privado, porque ya fueron definidos en el Proyecto Público de Referencia. Tampoco se menciona el

análisis de riesgos, la definición y las especificaciones funcionales de los servicios porque fueron desarrollados en etapas previas para el dimensionamiento del PPR.

En lo que sigue se precisan algunas de las variables anteriores.

- **Plazo del contrato.** Corresponde a la definición del plazo a través del cual el servicio público será integrado a la explotación del Contratista privado. No es materia de esta metodología determinar cuál es la mejor extensión temporal del contrato PPP. Sin embargo, se señala que a nivel internacional el plazo promedio de los contratos PPP asciende a 20 años, y entre los criterios que se utilizan para su definición está la duración del activo principal, de los equipos, la capacidad del mercado financiero de aportar recursos para el desarrollo del proyecto en el mediano y largo plazo, las economías de escala que se pueden lograr, la intensidad en tecnología que el proyecto implica, el grado de conocimiento que se tiene sobre el proyecto y su impacto en la población de que éste sea desarrollado por el sector privado.
- **Mecanismo de pago.** Esta actividad consiste en la descripción de la mecánica de pago que se utilizará para remunerar al Contratista. Se deberán incluir los conceptos que incidirán en la determinación de los montos a pagar, los modelos de pago que se aplicarán a cada uno de ellos, la periodicidad con la que se utilizarán y los procedimientos e instrumentos que se utilizarán para medir las variables que incidan en la magnitud de los pagos. Al concluir esta actividad se dispondrá de una descripción detallada de los mecanismos de pago y de la forma de operarlos así como su resolución.
- **Ingreso por cobro a usuarios.** Corresponde a los ingresos que el Contratista cobrará a los usuarios (de ser el caso), ya sea que este cobro sea preexistente, o se genere a partir del contrato. Estos ingresos no son contabilizados en el costo de la alternativa de provisión privada, sino que son utilizados de manera indirecta en el cálculo del aporte público requerido de manera indirecta a través del resultado del pago periódico a realizar.
- **Demanda (número de usuarios o prestaciones del servicio).** Corresponde a la proyección del número de servicios por unidad de tiempo que serán prestados por el Contratista. No corresponden a un ítem de costo a ser reportado en el Comparador, sino a una de las variables utilizadas en el modelo económico-financiero, a partir del cual se determina el nivel de financiamiento público esperable.
- **Ingresos por tarifa sombra o uso.** Corresponde a aquellos ingresos que son contingentes a la cantidad de servicios prestados, pero cuyas tarifas son pagadas por el sector público en lugar de los usuarios de esas prestaciones. Son parte del aporte público y no se reportan en forma separada. El caso más común son los peajes en las carreteras, que en proyectos de PPP pueden ser complementados con peajes sombra pagado directamente por el usuario al Contratista.

- **Nivel del aporte público.** Corresponde a la suma de las fuentes de pago de sector público que contempla el diseño del negocio base para el Contratista. Se compone de los compromisos firmes (pagos directos no sometidos al cumplimiento de condiciones), los compromisos contingentes (pagos directos sometidos al cumplimiento de condiciones), las tarifas sombra (pagos contingentes exclusivamente a la cantidad de servicios prestados). Las componentes que están fijas en el diseño del negocio, son contabilizadas simplemente como el valor actual de costos asociado al pago fijo.
- **Garantías requeridas de la Administración Pública.** Corresponden a los mecanismos de pago contingentes que la Administración Pública podría entregar al Contratista y que se activan cuando ocurren ciertas condiciones objetivas establecidas en el contrato PPP (o previamente en el diseño de negocio). Ejemplo de estas garantías, son las garantías de compra de una cantidad mínima de servicios prestados por parte del Contratista, de tráfico mínimo y/o de ingresos mínimos. En la contabilidad pública estos compromisos se denominan pasivos contingentes.

## Subetapa II.2: Análisis económico-financiero

En esta sección se describe el modelo económico-financiero que simula y sistematiza la perspectiva de evaluación del Contratista frente a un proyecto PPP determinando las condiciones financieras para que el proyecto sometido a evaluación sea viable y bancable. El modelo de evaluación está basado en el cálculo de presupuesto de capital y valoración de empresas, que es ampliamente usado en el campo de las finanzas.

Dentro de estas condiciones, el beneficio que presta el modelo económico-financiero tiene relación con determinar si distintas variables vinculadas tanto a las inversiones iniciales del proyecto, a los costos de mantenimiento, operación de los servicios, administración y conservación relacionadas con el modelo de negocio, así como también al financiamiento del mismo, son las adecuadas para que un Contratista privado pueda interesarse en participar en la licitación del proyecto, y su posterior financiación con recursos del mercado financiero.

### ❖ Estructura del modelo de evaluación

El modelo económico-financiero es una herramienta utilizada para evaluar la viabilidad de proyectos de Participación Público-Privada, ya que permite determinar la rentabilidad y bancabilidad de éstos mediante la simulación de distintos escenarios de flujos y estructuras de financiamiento, mismos que son combinados con diversas variables que inciden en el desarrollo del negocio en cuestión, como es el caso del crecimiento de la demanda, cambios en las tasas de interés, cambios en las condiciones de mercado respecto al precio de los insumos y el crecimiento de la economía, entre otras.

Habitualmente, el modelo económico-financiero se materializa en una planilla de cálculo desarrollado en plataforma Excel, que cuenta con subrutinas que automatizan la simulación de distintos escenarios y con menús desplegados para facilitar el ingreso de algunas

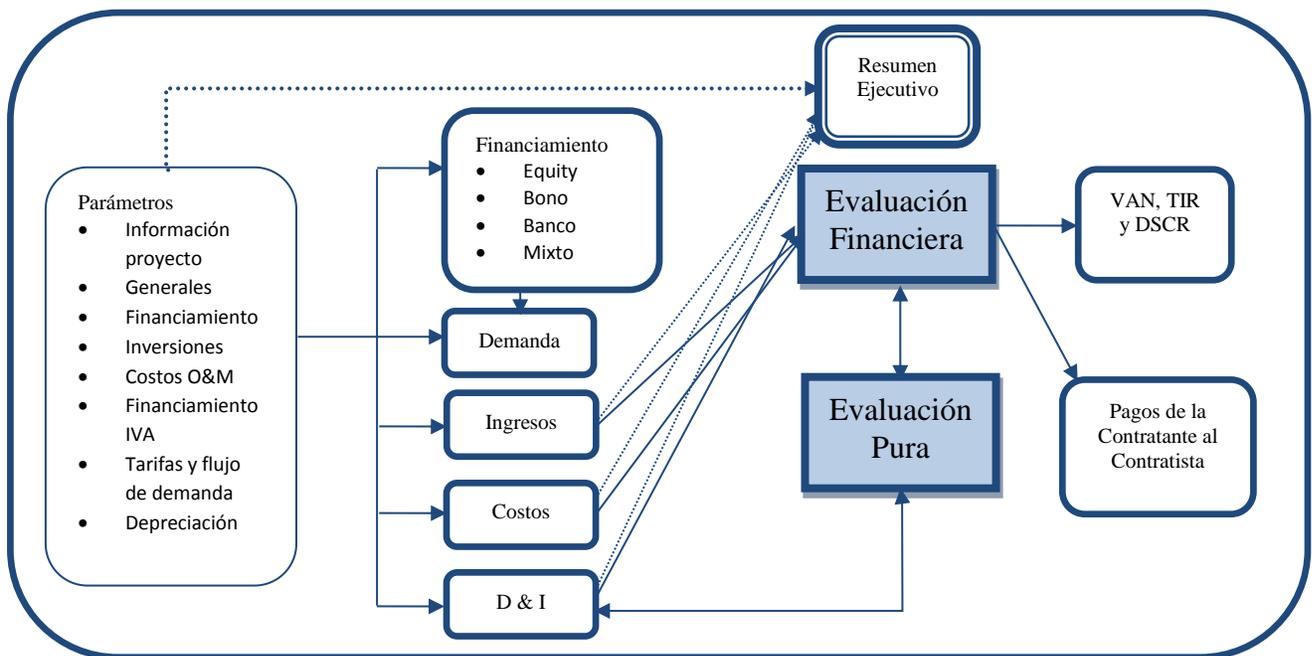
variables del modelo y a la vez evitar la adopción de supuestos incorrectos que puedan afectar su adecuado funcionamiento. Consta de varias hojas o planillas de cálculo vinculadas entre sí, donde el ingreso de la mayor parte de la información se realiza a través de una hoja de control (generalmente denominada hoja “Parámetros”).

En general, el modelo se compone de planillas u hojas, las cuales permiten realizar los cálculos a través de fórmulas basadas en funciones del programa Excel. Dichas planillas, sin perjuicio de que puedan ser consideradas otras en función de las características del proyecto, son las siguientes:

- Resumen Ejecutivo
- Parámetros
- Financiamiento (puede ser bancario, con mercado de capitales y/o mixto)
- Evaluación Financiera
- Evaluación Pura
- Cantidades demandadas
- Ingresos
- Costos
- Impuestos y Depreciación

En la siguiente figura se presenta la lógica de la estructura de un modelo económico-financiero típico, y la relación entre cada una de las hojas o planillas que conforman el núcleo del mismo y que permiten efectuar la evaluación financiera del proyecto:

Figura 4: Estructura general del modelo económico-financiero



En función de los componentes anteriores, el modelo puede ser diseñado para calcular pagos por disponibilidad, ya sea por concepto de inversión y/o mantenimiento, de tal forma que estos pagos más los ingresos por concepto de tarifas por la cantidad demandada, en caso de proceder, permitan el pago de la deuda contraída por el Contratista para desarrollar las obras, cubrir costos de mantenimiento y operación del proyecto, y obtener la rentabilidad exigida por el inversionista sobre el capital propio colocado.

#### ❖ Modalidades de Proyectos de Participación Público-Privada

La modelación financiera debe estar orientada a distintas formas de modalidades de negocio, según las contribuciones que realiza la Administración Pública. En función de lo anterior, es posible identificar al menos tres modalidades puras:

- PPP basados en pagos a cargo de la Administración Pública por disponibilidad
- PPP basados en pagos a cargo de la Administración Pública por uso
- PPP basados en pagos que realizan los usuarios a través de tarifas
- PPP mixtos. Combina las modalidades anteriores.

#### ❖ Estimación de ingresos y costos

Para efectos de valorización se recomienda usar el método de Flujo de Capital del Inversionista. En este caso se calcula de manera directa el flujo de caja libre disponible para los accionistas tomando en consideración todos los pagos que se reciben y se realizan a los acreedores del proyecto. Los flujos resultantes se descuentan a la tasa de costo de capital propio de los accionistas.

En consecuencia, la valoración del proyecto requiere descontar los flujos de caja libres disponibles para accionistas a la tasa de costo de capital propio. Los flujos de caja para cada período pueden ser calculados de la siguiente forma:

$ING$	Ingresos
$-CV$	Costos Variables
$-CF$	Costos Fijos
$-Dep$	Depreciación
$EBIT$	Ganancias antes intereses e impuestos
$-K_d D$	Gastos en intereses
$EBITDA$	Ganancias antes impuestos depreciación y amortización
$-T$	Impuestos
$UN$	Utilidades netas

+ <i>Dep</i>	Depreciación
- <i>CAPEX</i>	Gastos de capital (inversión inicial)
- <i>KTN</i>	Capital de trabajo neto
+ <i>DN</i>	Préstamo neto
= <i>FCL</i>	Flujos de caja libre para accionistas

#### ❖ Bancabilidad, apalancamiento de deuda y capital

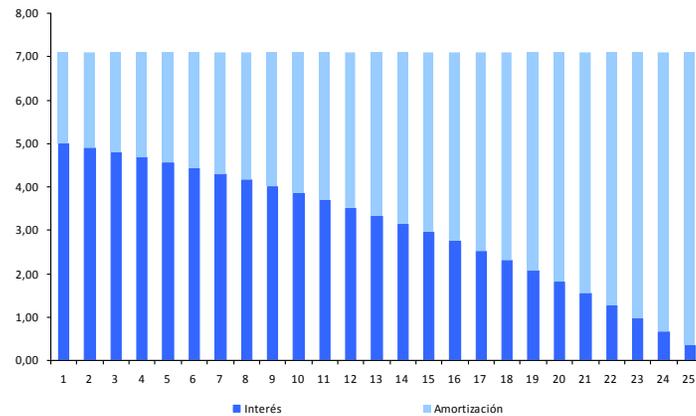
Un proyecto es considerado bancable si los prestamistas están dispuestos a financiar el proyecto a una tasa de mercado competitiva y con exigencias normales de colaterales o garantías que respalden la deuda. Generalmente, los proyectos PPP presentan niveles de apalancamiento que varían en guarismos 70:30 y 90:10. Esto significa que entre el 70% y el 90% de los fondos requeridos para el desarrollo del proyecto son provistos por el sector financiero por la vía de una deuda bancaria, bonos, u otro instrumento financiero de mediano y largo plazo. Cuando la totalidad de los ingresos que recibe el Contratista es a través de un modelo basado en pagos por parte de la Administración Pública es por disponibilidad y/o uso, el nivel de deuda puede estar más cercana al 90%. Mientras que, en la medida que mayor sea el componente de los ingresos que proviene de los usuarios, el porcentaje de deuda puede estar más cercano al 70%.

Por otro lado, el nivel de deuda que el sector financiero es capaz de colocar a disposición del proyecto tendrá directa relación con la percepción de riesgo que los agentes financieros tengan sobre el mismo. Para determinar el apalancamiento adecuado para ser utilizado en el modelo económico-financiero en cuestión, probablemente la aproximación metodológica más precisa es simplemente recurrir a entidades financieras, presentar el proyecto en los términos que se desea contratar, y consultar directamente a juicio de tales entidades cuáles serían las condiciones financieras factibles de ser implementadas. Para lo anterior, es importante tener en consideración que el nivel de apalancamiento dependerá del tipo de proyecto o modalidad de negocio a evaluar, y de otros factores tales como si el financiamiento es a una tasa variable o fija, si existe riesgo de demanda, la calidad crediticia que posee la entidad encargada de los pagos, entre otros.

#### ❖ Perfil del servicio de deuda

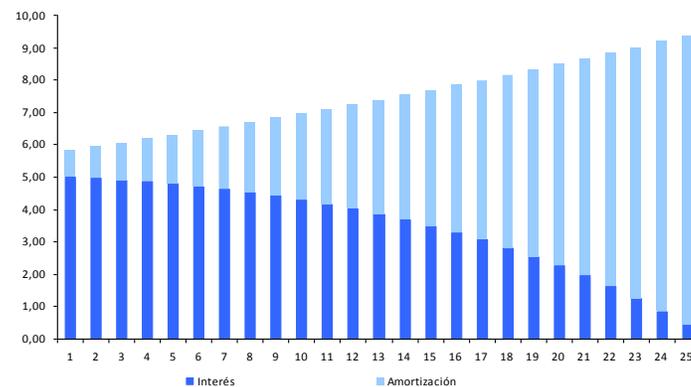
A menos que haya razones relevantes para suponer que el proyecto tendrá una capacidad de pago ostensiblemente variable durante su fase operativa, lo más apropiado en la mayoría de los casos será asumir un servicio de deuda constante. El desarrollo de una deuda con cupones constantes tiene obviamente un perfil con dicha estructura, como el que se presenta a continuación:

Figura 5: Desarrollo de deuda con cupones constantes



Esta estructura de repago es la más común y es la que se utiliza habitualmente en los créditos. Sin embargo, financiar los proyectos de esta manera, especialmente los PPP basados en tarifas de los usuarios, impone una restricción significativa a los primeros años del proyecto, donde los ingresos generalmente son menores. El perfil óptimo para financiar un proyecto es aquel que se comporta exactamente igual al margen operacional del proyecto. Bajo este escenario, sería posible suponer un perfil de deuda como el que se muestra a continuación:

Figura 6: Desarrollo de deuda con cupones crecientes



Por otro lado también es normal que las entidades financieras, principalmente bancos, con el objeto de mitigar parcialmente los riesgos a los que se ven expuestos en un proyecto PPP, estén dispuestas a prestar fondos a un plazo que está entre dos tercios y tres cuartos del plazo total del contrato. El mercado de capitales, gobernado principalmente por fondos institucionales, sin embargo, tiene preferencia por plazos largos y podría prestar a plazos más cercanos al plazo del Proyecto PPP (hasta 90% del plazo disponible, dejando un 10% del plazo como “cola” del proyecto sin financiamiento).

Cuando sí se pueden fundamentar variaciones relevantes en la capacidad de pago del proyecto, por ejemplo si el proyecto contempla una inversión por etapas en el tiempo, y por lo tanto la cantidad de servicios que es posible prestar por unidad de tiempo se ajustará a tales escalones de inversión, entonces se debe buscar una estructura de pago de deuda que sea lo más ajustada posible a la capacidad proyectada de pago del proyecto. También y de manera justificada se podrán estructurar financiamientos más innovadores, como por ejemplo, balones (*bullets*) o incluso cero cupón cuando haya evidencia que el mercado responde a este tipo de financiamientos.

#### ❖ Tasa de costo de capital propio

Para la estimación del costo de capital propio, se deberá utilizar el modelo de valoración de activos de capital (en adelante CAPM por *Capital Asset Pricing Model*). El modelo anterior es ampliamente usado en el campo de las finanzas.

En consecuencia, para medir el costo de capital o la rentabilidad esperada de los Contratistas privados en los proyectos PPP se deberá usar el modelo de valoración de activos de capital CAPM. Para lo anterior, se debe asumir que en equilibrio un Contratista privado debería esperar recibir por sus capitales invertidos (*equity*) al menos la tasa libre de riesgo más un premio por el riesgo específico del proyecto determinado por el factor Beta.

Para su aplicación a un país específico, una adaptación implica realizar un cambio al modelo CAPM tradicional que consiste en agregarle un término que refleje un premio por riesgo-país asociado en este caso a Uruguay.

La aproximación se presenta en la siguiente ecuación:

$$\mathbb{E}(R_p) = \mathbb{E}(R_f) + \beta (R_m - \mathbb{E}(R_f)) + PRP$$

Donde *PRP* es Premio por Riesgo País,  $\mathbb{E}(R_f)$  es el valor esperado de la tasa libre de riesgo según se define más abajo,  $R_m$  es el retorno del portfolio de mercado y  $\beta$  es un factor que mide la covarianza entre el riesgo del proyecto y el riesgo de mercado, es decir el riesgo que no es diversificable por el potencial Contratista.

La tasa de descuento del inversor será pues estimada mediante el CAPM actualizándola con datos con tres meses de antelación a la presentación del Comparador al Ministerio de Economía y Finanzas (en caso de no existir actualizaciones tan recientes para algún parámetro, se considerarán las últimas disponibles). A continuación se describen los parámetros a recabar para la construcción del CAPM.

El valor esperado de la tasa libre de riesgo a utilizar corresponderá al promedio simple de los últimos 10 años del retorno de los bonos del tesoro de los Estados Unidos de Norteamérica con el plazo a 10 años<sup>9</sup>.

La tasa de retorno del portafolio de mercado ( $R_m$ ) corresponderá al promedio del retorno de mercado en función del Índice Standard and Poor's 500 (S&P 500) de un período equivalente al doble del plazo del proyecto en estudio. Se deberán incluir retornos tanto por variación de precios como por distribución de dividendos. Esta información se extraerá de la web del Profesor Aswath Damodaran<sup>10</sup>, donde se encuentra disponible con frecuencia anual<sup>11</sup>.

Respecto al premio por riesgo país ( $PRP$ ) se deberá usar el promedio simple de los valores diarios correspondientes a los últimos 12 meses, la fuente de dicha información será el EMBI + Uruguay, calculado por el Banco de Inversión JP Morgan.

Los valores para el factor  $\beta$  se extraerán de estudios recientes. Por ejemplo, en la web del Profesor Damodaran, se pueden encontrar valores de  $\beta$  que podrían ser utilizados para los sectores ("Industry") más relacionado con el proyecto en consideración y debe ser el  $\beta$  de "mercados emergentes"<sup>12</sup>. Debe tenerse en cuenta que la información de esta web suele actualizarse con cierta frecuencia.

En todo caso, se deberá utilizar el  $\beta$  desapalancado ("Unlevered Beta") y posteriormente transformarlo para que refleje el apalancamiento del proyecto en cuestión y las tasas impositivas vigentes en Uruguay.

A modo de ejemplo, la siguiente tabla contiene los valores de  $\beta$  más actuales para varios sectores al momento de redactar la última versión de esta guía (publicada en agosto de 2018). Las cifras corresponden a enero de 2018.

**Tabla 4: Valores de betas clasificados por sector**

Clasificación	Sector	Clasificación Damodaran	Beta
1	Carreteras	"Engineering/Construction"	0,76
2	Puertos	"Engineering/Construction"	0,76
3	Aguas	" Utility (Water)"	1,03
4	Telecomunicaciones	" Telecom. Services"	0,74

<sup>9</sup> 10-Year Treasury Constant Maturity Rate

<sup>10</sup> Disponible en: <http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/> (Consultado el 7/8/2018). Los datos se encuentran disponibles en la sección "Data", "Current Data", "Discount Rate Estimation", pestaña "Historical Returns on Stocks, Bonds and Bills - United States".

<sup>11</sup> Fuentes alternativas de información son: Yahoo.Finance, FED de Saint Louis, Bloomberg, etc.

<sup>12</sup> Los datos se encuentran disponibles en la sección "Data", "Current Data", "Discount Rate Estimation", pestaña "Levered and Unlevered Betas by Industry", "Emerg Mkt"

**Tabla 4: Valores de betas clasificados por sector**

Clasificación	Sector	Clasificación Damodaran	Beta
5	Energía – Generación	“Power”	0,59
6	Energía – Distribución	“Utility (General)”	0,44
7	Ferrocarriles	“Transportation (Railroads)”	1,34
8	Aeropuertos	“Engineering/Construction”	0,76
9	Transporte Público	“Transportation”	1,01
10	Edificación Pública	“Engineering/Construction”	0,76
11	Hospitales	“Hospitals/Healthcare Facilities”	0,79
12	Recintos penales	“Engineering/Construction”	0,76
13	Cultura y Deportes	“Entertainment”	1,09
14	Carreteras sin cuota	“Engineering/Construction”	0,76
15	Plantas de Tratamientos	“Environmental & Waste Services”	1,48

Para transformar el Beta desapalancado ( $\beta_d$ ) a Beta apalancado ( $\beta_a$ ) se deberá usar la siguiente expresión:

$$\beta_a = \beta_d \left\{ 1 + (1 - t) \left( \frac{\overline{W_d}}{W_e} \right) \right\}$$

Donde  $t$  es la tasa de impuesto a la renta que se aplica en Uruguay,  $W_e$  es el porcentaje de capital (equity) en el financiamiento del proyecto PPP,  $W_d$  es el porcentaje de deuda en el porcentaje del proyecto PPP. De esta forma,  $\left( \frac{\overline{W_d}}{W_e} \right)$  es el promedio del cociente deuda capital para todos los años del proyecto.

Para proyectos en sectores que no se encuentren entre los listados arriba se seguirá el mismo procedimiento. Esto es, se utilizará el  $\beta$  del sector más similar entre los considerados por el Profesor Damodaran en la lista correspondiente a mercados emergentes (pestaña “Emerg Mkt”).

#### ❖ Transformación de la tasa a valores reales

Debido a que las tasas y parámetros anteriores se encuentran expresados en dólares se debe pasar la tasa a unidades monetarias constantes eliminando el efecto de la inflación internacional para lo cual se utiliza la inflación de EEUU.

Lo importante a considerar es que la tasa del CAPM que utilizemos en el modelo financiero debe estar expresada en la misma moneda que los demás flujos del modelo. Por lo tanto, si el modelo financiero está expresado en pesos uruguayos corrientes, la tasa del CAPM se debe convertir a pesos uruguayos corrientes. Para hacer esta conversión es necesario contar con el dato de inflación de Uruguay y de Estados Unidos de los últimos 12 meses.

Una vez que tengamos esos datos, lo que hay que hacer es calcular las siguientes fórmulas:

$$Dev = \frac{(1 + \pi_{UYU})}{(1 + \pi_{usa})} - 1$$

$$K_{E(UYU)} = (1 + K_{E(USD)}) \cdot (1 + Dev) - 1$$

Pero si el modelo financiero está expresado en términos reales (por ejemplo, en Unidades Indexadas), la tasa del CAPM también debe estar expresada en términos reales. Para transformar la tasa de pesos uruguayos corrientes a constantes hay que calcular la siguiente fórmula:

$$K_{E(UI)} = \frac{(1 + K_{E(UYU)})}{(1 + \pi_{UYU})} - 1$$

#### ❖ Estimación de los costos financieros

Al momento de realizar la modelación financiera deberán buscarse y fundamentarse los diferentes supuestos de tasa a utilizar. Para una alternativa que considere un crédito bancario se deberá seleccionar la tasa en UI más apropiada, concordante con el período de pago de intereses del crédito (por ejemplo, la tasa de crédito de 180 días para un crédito con pagos de intereses semestrales). La estimación del nivel de sobretasa del crédito es más compleja, pues involucra, por una parte, estimar el nivel de riesgo que podría alcanzar la deuda del proyecto y por otra realizar una lectura de mercado respecto de sobretasas vigentes en ese momento para el nivel de riesgo estimado.

Para el caso de una emisión de bonos, que normalmente se estructura con una tasa fija, se recomienda utilizar como referencia la tasa de financiamiento que se obtendría mediante la emisión de un bono del Estado, cuyo plazo dependerá del plazo del proyecto. Dicha tasa se obtiene de la Curva UI publicada por BEVSA. Una vez determinada la tasa base es preciso estimar la sobretasa, se recomienda recurrir a informes financieros recientes que preparan periódicamente diversos bancos o casas de bolsa, y que analizan en profundidad las cotizaciones de instrumentos de renta fija privados y públicos durante el período de análisis y muestran niveles de sobretasa para instrumentos privados de distintas categorías de riesgo. Por ejemplo, se puede consultar la página de la Bolsa Electrónica de Valores S.A la “Curva de Corporativos de Uruguay en Unidades Indexadas”<sup>13</sup> Puesto que se estructura una emisión de bonos para alcanzar un cierto nivel de riesgo, utilizando estas publicaciones se podrá encontrar la sobretasa promedio para instrumentos privados calificados en dicho nivel.

<sup>13</sup> Disponible en: <https://web.bevsa.com.uy/CurvasVectorPrecios/CurvasIndices/CurvaPrivados.aspx>  
(Consultado 7/8/2018).

La estructuración de cualquier financiamiento normalmente requiere de incurrir en gastos asociados al proceso, pues éste normalmente involucra la contratación de asesores expertos, técnicos, jurídicos y financieros, que en conjunto ayuden a evaluar y estructurar los riesgos del proyecto y su financiamiento. Los gastos asociados a los financiamientos bancarios normalmente son menores a los que requiere un financiamiento con mercado de capitales, pues estos últimos requieren de actividades adicionales, tales como calificaciones crediticias, registros públicos, entre otros.

Para la estimación de los costos del financiamiento siempre resulta beneficioso realizar un sondeo de mercado con agentes del sector financiero, y consultar directamente los términos y condiciones de financiamiento que estarían dispuestos a otorgar al proyecto.

### Subetapa II.3: Cálculo del costo total de la alternativa PPP

En la presente sección se explica cómo se determinan los distintos elementos de costo de provisión privada de la infraestructura, y en particular cómo a partir del modelo económico-financiero se determina el nivel de financiamiento que se espera será requerido por los agentes privados en la licitación del proyecto.

#### ❖ Costo del riesgo retenido

Como se menciona en el capítulo 2, el cálculo del riesgo retenido se realizó junto con el de riesgo transferido para el Proyecto Público de Referencia, por lo tanto no es necesario calcular el costo del riesgo retenido, solamente hay que incorporarlo en la alternativa de PPP.

#### ❖ Costo de administración del contrato

Corresponde al costo en que incurre la Administración Pública para estructurar, supervisar y controlar el contrato que se establecería con el sector privado.

#### ❖ Costo del pago al Contratista

El pago al Contratista se expresa en el valor presente de los pagos diferidos prorrateados en el tiempo: pagos por disponibilidad y pagos por uso, y corresponde al flujo de pagos periódicos que el Estado compromete ante el Contratista para solventar la totalidad o parte de los ingresos del contrato PPP, de modo tal que satisfaga su condición de equilibrio económico-financiero, y de bancabilidad.

#### ❖ Ganancia en competitividad

En un esquema de PPP, es probable que el sector privado pueda alcanzar niveles de eficiencia en el manejo de los costos de construcción, de operación y de mantención, mayores que en una modalidad de obra pública tradicional, y que se traduzcan en Ganancias de Competitividad (*GC*). Por lo tanto, un coeficiente de competitividad puede ser aplicado, con una rigurosa y precisa metodología que fundamente su justificación, especialmente a

los costos de construcción. Lo anterior, implica multiplicar los costos de construcción y mantención por un coeficiente  $\lambda$  menor a 1. Esto permite, por ejemplo traducir la capacidad del Contratista de negociar mejor con sus proveedores y realizar ganancias de productividad que se materializan en una reducción de costos. Asimismo, dado que un contrato PPP ofrece la posibilidad que un Contratista se encargue tanto del diseño (de manera total o parcial), construcción y mantención de la infraestructura, es posible que el Contratista seleccione un método constructivo más eficiente, y probablemente más exigente en calidad y durabilidad de los materiales e insumos productivos que utiliza, para así ahorrar recursos en operación, mantención y rehabilitación durante la vida del contrato, logrando de esta forma que el valor presente de los costos sea menor que un proyecto público de referencia. Asimismo, la posibilidad de contar con un contrato de largo plazo en un esquema PPP, y no una sumatoria de contratos de corto plazo que ofrece la modalidad de obra pública tradicional, genera economías de escala que reducen los costos de la alternativa PPP.

De manera complementaria, la ganancia en competitividad puede ser expresada como la reducción en el aporte del Estado exigido por el licitante, que es generada por la presencia de la competencia de otros postores en un esquema PPP.

En una licitación, cada postor se presenta con una tasa de retorno exigida como mínima, lo cual, dados unos parámetros de tarifas, plazo, costos estándar (incluidos la inversión, los costos de operación, mantenimiento y conservación y los costos financieros) e ingresos esperados (existentes o potenciales), define un nivel de aporte público requerido para sostener el equilibrio económico-financiero a esa tasa de retorno.

Supóngase que la variable de licitación fuera el menor valor presente de los pagos por disponibilidad y pagos por uso requeridos. Un licitante cualquiera podría analizar tres alternativas (y propuestas) económicas, correspondientes a distintas exigencias de financiamiento en PPD y PPU. Debido a que en su modelo de evaluación los parámetros de tarifa, plazo, costos e ingresos son iguales para las tres alternativas, lo único que puede generar variaciones en el valor del aporte de los PPD y PPU es la tasa de descuento aplicada. Si en la licitación hubiera un solo postor, es esperable que él presente la propuesta con la mayor solicitud de aporte en PPD y PPU, porque puede especular con la tasa de retorno esperada mayor.

A medida que aumente el número de postores, el licitante se enfrentaría a la situación de sostener su máxima tasa requerida, pero con alto riesgo de perder la subasta, o reducir sus expectativas de tasa de retorno pero mejorando su posibilidad de ganar el contrato. En tal caso, si fuera neutral al riesgo, sostendría su máxima oferta. Si es adverso al riesgo, el licitante presentaría una oferta con menor requerimiento de aporte de PPD y PPU, que reflejaría el ajuste a la baja de su tasa de retorno exigida al proyecto.

En tal caso, si el número de competidores fuera, por ejemplo, tres o cuatro, podría presentar la segunda oferta con una tasa de retorno intermedia. Si en cambio, hubiera muchos competidores, por ejemplo seis o siete, es muy probable que presente la oferta de menor aporte de PPD y PPU, que es compatible con la tasa de retorno esperada más baja que

estaría dispuesto a aceptar por ganarse el contrato. Esta tasa sería la tasa de retorno mínima aceptable realmente por el postor, en tanto que en las otras ofertas posibles, dicha tasa exigible en realidad incorpora un elemento especulativo vinculado al grado de competencia enfrentada.

De esta forma, un mecanismo de transmisión de las eficiencias del sector privado con respecto a un proyecto público de referencia puede ser expresado también a través del mecanismo de competencia en la licitación y se materializaría en ajustes en la tasa de descuento del potencial Contratista. Para lo anterior, se define:

$$r_{PPP} = TMAR_{PPP} + \theta_{COM}$$

Donde:

- $r_{PPP}$  : Tasa de descuento aplicable a los flujos del modelo financiero del licitante de la modalidad PPP
- $TMAR_{PPP}$  : Tasa mínima atractiva de retorno del licitante de la modalidad PPP
- $\theta_{COM}$  : Prima por especulación por ausencia de competencia en la licitación de la PPP

En la medida que la prima por especulación ( $\theta_{COM}$ ) se acerque a cero, entonces significará que se espera que un mayor número de competidores participe en la licitación. De esta forma, el cálculo de este componente se realiza con el modelo económico-financiero, pudiendo establecerse rangos de tasas de descuento de acuerdo al número de postores. Así, el costo total de la alternativa PPP podrá reducirse, si es que la Administración Pública asegura o puede demostrar de manera fundada al Ministerio de Economía y Finanzas que la licitación del contrato tendrá un número adecuado de postores, de tal forma que el sector público capture las eficiencias privadas a través de un menor Pago al Contratista (PPD + PPU) que debe realizar en el tiempo.

#### ❖ Costo ajustado total del contrato PPP

Corresponde a la suma del valor presente de los financiamientos esperables, determinados de acuerdo a la sección correspondiente a los costos del aporte del Estado, más el valor presente del costo del riesgo retenido, más el valor presente de los costos de administración del contrato PPP y menos la ganancia en competitividad.

$$CAPPP = PC + CRR + CAD - GC$$

Donde:

$CAPPP$  : Costo ajustado total del proyecto PPP

- PC* : Valor presente del pago al Contratista (pagos por disponibilidad + pago por uso)
- CRR* : Valor presente del costo del riesgo retenido
- CAD* : Valor presente de los costos de administración del contrato PPP
- GC* : Ganancia en competitividad

### 3.1.3. Etapa III: Estimación del Valor por Dinero (VpD)

En esta etapa se calculan las componentes que permiten la evaluación del PPP, y se complementa la condición necesaria (Análisis de Elegibilidad) con la condición suficiente (VpD) para llevar a cabo un proyecto PPP.

- Análisis comparativo de alternativas.
- Elaboración del reporte final del test del Valor por Dinero.

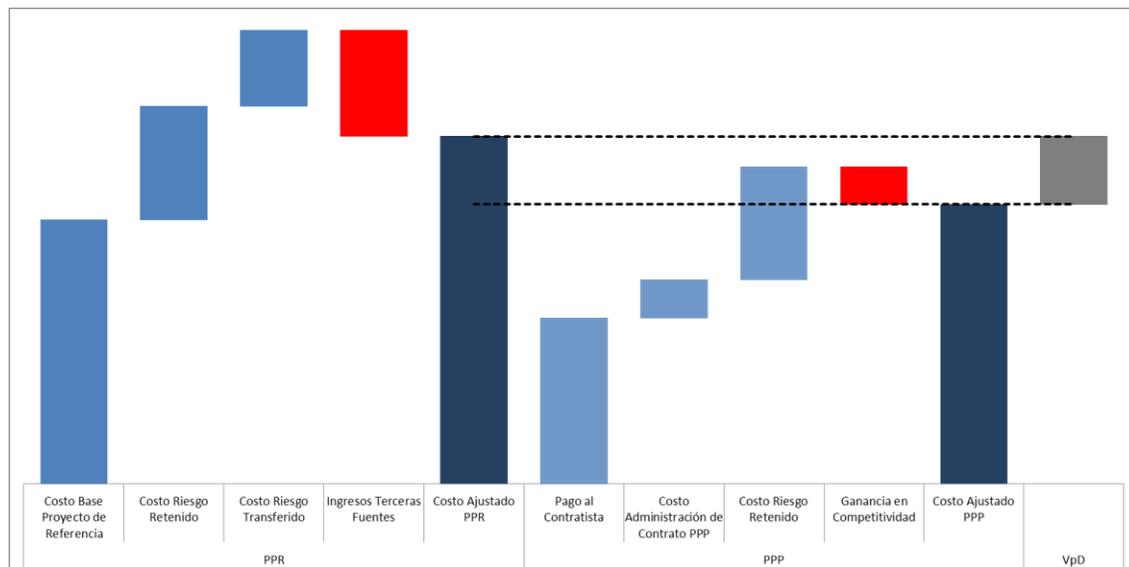
#### Subetapa III.1: Análisis comparativo de alternativas

En esta sección se detalla la forma de presentar los resultados del análisis y sus conclusiones.

- ❖ Presentación de resultados y diagrama comparativo

La representación gráfica de los resultados del análisis se muestra en la figura siguiente:

Figura 7: Representación gráfica de resultados y análisis



Cada una de las barras verticales corresponde al valor presente del costo respectivo. Los signos diferencian aquellas barras que están sumando el costo de aquellas que están restando. Las barras achuradas representan el resultado final del costo de provisión pública

y el costo de provisión privada. La diferencia entre ellas, sea ésta positiva o negativa, representa el valor que se está generando o destruyendo por la vía de contratar el proyecto a privados.

#### ❖ Cálculo del VpD

El valor por dinero no es otra cosa que la diferencia del costo ajustado por riesgo entre la provisión pública y la provisión privada de la infraestructura. En la figura anterior la última barra representa gráficamente este diferencial, para un caso en que el costo privado es menor al costo público y por lo tanto se está creando valor al contratar la provisión de infraestructura mediante PPP.

### **Subetapa III.2: Elaboración del reporte final del análisis del Valor por Dinero**

El reporte final que se elabore con los resultados del análisis del proyecto debe seguir la pauta que se presenta en Anexo VI.

# Anexo I: Análisis de Riesgos para Proyectos de Participación Público-Privada

## ❖ Definición

Desde el ámbito de los proyectos de inversión, el concepto de riesgo e incertidumbre puede expresarse de manera integrada como sigue: *“riesgo es un evento incierto que si ocurre, tiene un efecto negativo o positivo en al menos uno de los objetivos de un proyecto, tales como plazo, tiempo, costo, ámbito y/o calidad”*. También es posible agregar en la definición anterior, *“el impacto que se genera en la satisfacción percibida por el usuario del proyecto, y la duración que este evento tiene”*.

Por lo tanto, el riesgo puede ser definido como una combinación de la probabilidad de ocurrencia de un evento y sus consecuencias, incluyendo la severidad de éstas.

## ❖ Fases del análisis de riesgos

Las fases del análisis de riesgos están orientadas a identificar, describir y medir las probabilidades de ocurrencia y sus impactos. Generalmente, el análisis de riesgos está compuesto por las siguientes etapas:

- Identificación
- Valoración
- Asignación

Para el caso de los proyectos PPP, dada la existencia de un contrato entre el sector público y privado, aparece una etapa adicional, que corresponde a la asignación de los riesgos entre ambos sectores. El siguiente esquema muestra las etapas del análisis de riesgos en un esquema PPP de manera secuencial:

Figura 8: Etapas análisis de riesgos para proyectos PPP



### ▪ Identificación

El primer paso del análisis de riesgos es la identificación de todos los posibles eventos que generan consecuencias e impactos en el desempeño del cumplimiento de los objetivos del

proyecto de inversión de infraestructura. Se trata de identificar todas las posibles causas potenciales que pueden producirse y que tendrían impacto en el resultado esperado del proyecto. En otras palabras, en esta etapa se debe responder la pregunta acerca de: ¿Cuáles eventos o acciones podrían afectar adversamente el plazo, costo, alcance, ámbito y/o la viabilidad de la materialización del proyecto y la provisión de los servicios previstos?

En la etapa de identificación de riesgos, resulta central utilizar como referencia la Matriz General de Riesgos presentada en la tabla 7. A partir de esta matriz, se procederá a complementarla estableciendo la definición y los impactos de los riesgos identificados de una manera narrativa en una matriz con un formato claro. Esta matriz permitirá la descripción y la posterior evaluación de los riesgos de tal manera de facilitar su comprensión. La descripción de los riesgos debiera contener el nombre del riesgo, los impactos, su naturaleza, el grado de tolerancia, su tratamiento, recomendaciones para priorizar el riesgo, la etapa en el desarrollo del proyecto en que se produce, su asignación, es decir si el riesgo es retenido por el sector público o es transferido al sector privado. Asimismo, esta matriz permitirá realizar el procedimiento de jerarquización de riesgos. Ver Anexo II para mayor detalle.

#### ▪ Valoración

La estimación del riesgo puede ser cuantitativa, semi-cuantitativa o cualitativa en términos de la probabilidad de ocurrencia y sus consecuencias en los objetivos del proyecto.

En su forma cuantitativa, la valoración del riesgo puede estar expresada en valores monetarios multiplicando el costo del proyecto por la probabilidad de ocurrencia y su impacto. Hay una variedad de técnicas cuantitativas para la valoración del riesgo de impacto, entre los que se incluyen los métodos con soluciones analíticas, cuando la distribución de probabilidad puede ser estimada, o los métodos desarrollados a través de simulación cuando es necesario estimar la distribución. Entre estos últimos se encuentran los métodos de Monte Carlo y Bootstrap (Ver Anexo V).

Si no es posible cuantificar el impacto numéricamente, entonces se debe realizar un análisis de manera cualitativa.

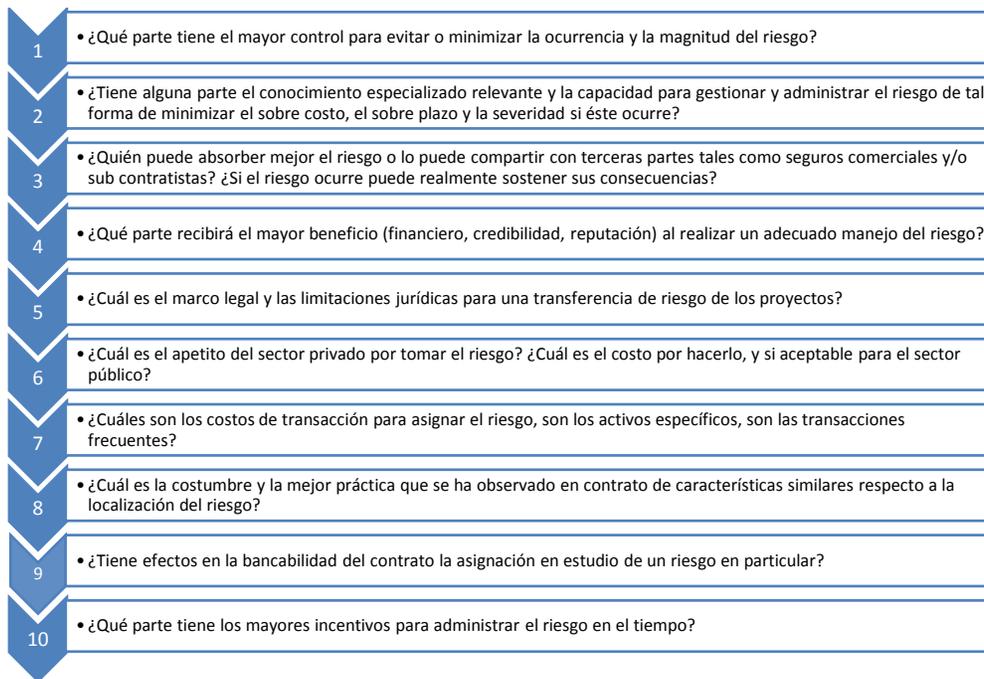
#### ▪ Asignación

Uno de los aspectos claves de los proyectos PPP es la localización, distribución o asignación de los riesgos entre el sector público y el sector privado que se materializa en un contrato de largo plazo. Esto se produce una vez que todos los riesgos han sido identificados, descritos y valorados. En dicho contrato queda escrito en la forma de cláusulas, la tipología de riesgos cuya gestión es de responsabilidad del sector público, y por lo tanto son riesgos retenidos, y los riesgos que son de responsabilidad del sector privado, y por lo tanto, son riesgos transferidos. Una inadecuada asignación de los riesgos entre ambos sectores, implica un mayor costo para el proyecto, e incluso se genera un incremento de la exposición

del proyecto a nuevos riesgos. En esta etapa de asignación de riesgos, también determinan los elementos mitigadores de los riesgos más importantes, lo que implica buscar las herramientas para reducir la probabilidad de que los eventos adversos ocurran y de esta manera se reduzcan sus impactos en el objetivo del proyecto.

En función de lo anterior, las reglas que comúnmente aparecen en la literatura especializada expresada en términos de preguntas orientadas a la asignación de riesgos son las siguientes:

Figura 9: Reglas para la asignación de riesgos



En Anexo IV se presenta un ejemplo de asignación de riesgos.

## ❖ Metodología para la valoración de riesgos

### ▪ Definición del Costo del Riesgo

El costo del riesgo se define como la probabilidad de ocurrencia de un evento multiplicada por el impacto que genera en el valor monetario del proyecto. Por consiguiente, la expresión analítica general se define como:

$$CR = VPIN \times PO \times RI$$

Donde:

- $CR$  : Costo del riesgo
- $VPIN$  : Inversión o costos del proyecto
- $PO$  : Probabilidad de ocurrencia del riesgo (en porcentaje)

$RI$  : Impacto que genera sobre el proyecto ( en porcentaje)

### ▪ Valoración del impacto del riesgo a través de la volatilidad

El impacto que genera un riesgo sobre un proyecto de inversión es una variable aleatoria que define el comportamiento del riesgo. Sin embargo, puede suceder que no se encuentre evidencia fundamentada que indique el tipo de distribución asociada al impacto que genera un riesgo. En este sentido la estadística ofrece una regla empírica y otra por medio de una desigualdad en función de la media y la volatilidad, para la medición del impacto que genera el riesgo sobre el ciclo de vida del proyecto de inversión. La primera se deriva a partir de las propiedades de una distribución normal y la segunda se deriva de la aplicación de la “regla empírica de la desigualdad” cuando no se tiene conocimiento de la distribución de probabilidad asociada a la variable aleatoria.

- Regla percentil 5-50-95 cuando se conoce o se aproxima a la distribución normal

**Tabla 5: Componentes para la determinación del VpD**

Regla Percentil 5-50-95	Percentiles
$\mu - 1.645\sigma$	$P_5$
$\mu$	$P_{50}$
$\mu + 1.645\sigma$	$P_{95}$

- Regla empírica de la desigualdad, se emplea cuando no se conoce la distribución de la variable aleatoria<sup>14</sup>.

**Tabla 6: Componentes para la determinación del VpD**

Regla Percentil 5-50-95	Percentiles
$\mu - 3.162\sigma$	$P_5$
$\mu$	$P_{50}$
$\mu + 3.162\sigma$	$P_{95}$

### ▪ Fuentes para obtener la información estadística

Los enfoques para la valoración de riesgos se basan en el cálculo de la media, la volatilidad y/o la distribución de probabilidad de una variable aleatoria, como por ejemplo el costo, el plazo, y la demanda, entre otros. Por lo tanto, resulta un aspecto central en el estudio de la valoración de riesgos, las fuentes para obtener información estadística que permitan realizar el cálculo de cada uno de los estadígrafos. Las siguientes fuentes de información pueden ser utilizadas:

<sup>14</sup> También conocida como Teorema de Chebyshev: “La proporción de cualquier distribución que esté a menos de  $k$  desviaciones estándar de la media es por lo menos  $(1 - 1/k^2)$  donde  $k$  es cualquier número positivo mayor que 1. Este teorema es válido para todas las distribuciones de datos”.

- **Información a través de datos históricos**

Una de las primeras aproximaciones al análisis y valoración de los riesgos es el levantamiento y análisis de la información pasada en base a una interpretación objetiva de la probabilidad. Típicamente lo que se hace es tomar la información de la variable aleatoria y transformarla en un histograma para analizar la frecuencia con que tienden a ocurrir ciertos eventos. La ventaja de hacer esto es que a partir del histograma es posible reconocer las formas básicas de distribución de probabilidad que son conocidas y cuya formulación está formalizada. Cuando la cantidad de información es suficiente, y es posible razonablemente asumir una u otra distribución de probabilidad, se pueden calcular intervalos de confianza y valorar el riesgo de las variables.

- **Información a través de un taller de riesgos**

Se basa en los juicios de valor o en la experiencia de una o un grupo de expertos, pero no necesariamente en la frecuencia con que se ha producido realmente un determinado resultado en el pasado. Por lo tanto, información diferente o habilidades diferentes para procesar la misma información pueden influir en la probabilidad subjetiva. La práctica en valoración de riesgos en proyectos de infraestructura, en ausencia o dificultad de obtener información basada en datos objetivos, utiliza de manera extensiva un proceso de toma de decisiones en equipo respecto a diferentes aspectos del análisis de riesgos. En este proceso un grupo de expertos se organiza en un Taller dónde se identifican, valoran y se asignan los riesgos. En el Anexo III se entregan elementos orientados a la gestión y a la operación de un Taller de Riesgos.

- **Información a través de entrevistas a expertos**

En este caso una herramienta alternativa a utilizar puede ser una serie de entrevistas a expertos de forma individual con el moderador encargado de evaluar el proyecto. En este caso los mismos pueden expresarse libremente sin efectos generados por otros participantes. Es útil para cotejar información histórica de menor calidad y para identificar más adecuadamente las causas de determinados riesgos.

- **Información con estudios referenciales**

Cuando no es posible obtener información histórica ni realizar un taller de riesgo para capturar la percepción de riesgo, una alternativa es recurrir a las referencias internacionales, y de ser posible complementarlas con referencias o estudios nacionales, relacionadas con la identificación y valoración de riesgos, especialmente en proyectos de gran tamaño e impacto en la población. Por ejemplo, la Comisión Mundial de Represas<sup>15</sup> en noviembre del 2000 publicó un documento que constata que el sobre costo en la construcción de represas es el 40%, considerando una muestra internacional de 81

---

<sup>15</sup> Comisión Mundial de Represas (2000) "Represas y Desarrollo: Un nuevo marco para la toma de decisiones".

represas. Asimismo, en un estudio desarrollado en el año 2002<sup>16</sup> se trabaja con una muestra de 258 proyectos de infraestructura de transporte en el mundo y los resultados son los siguientes:

Tabla 7: Modelo comparativo internacional aplicado a proyectos de transporte			
Tipo de proyectos	Número de casos	Sobre costo promedio (%)	Volatilidad
Ferrocarriles Interurbanos y Urbanos	58	44.7	38.4
Túneles y Puentes	33	33.8	62.4
Carreteras y Autopistas	167	20.4	29.9
<b>Todos los proyectos</b>	<b>258</b>	<b>27.6</b>	<b>38.7</b>

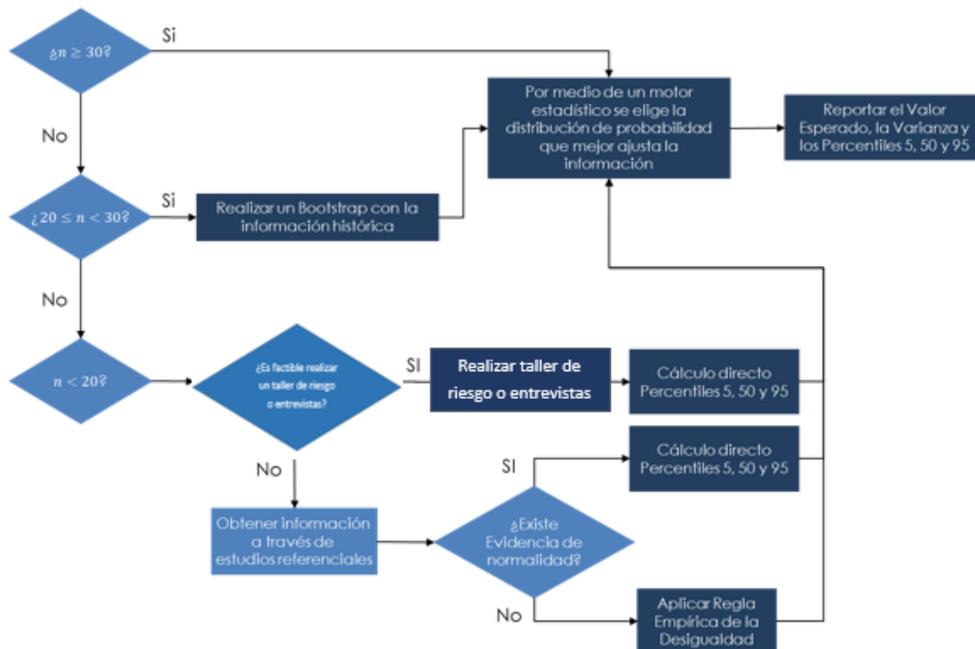
Fuente: Adaptado de Flyvbjerg, Holm y Buhl (2002)

Como se observa de la tabla anterior, la información que interesa capturar de estudios de referencia para ser utilizado en la valoración de riesgos corresponde generalmente al valor esperado y la volatilidad.

### ❖ Esquema metodológico para valoración de algunos riesgos

La metodología para obtener la información estadística requerida para el valor esperado, la volatilidad y los percentiles de las variables aleatorias es la siguiente:

Figura 10: Esquema metodología de valoración de riesgos



<sup>16</sup> Bent Flyvbjerg, Mette Skamris Holm y Soren Buhl (2002) "Underestimating costs in public works projects: Error or lie?" publicado por el Journal of the American Planning Association.

- Si el tamaño de la información histórica ( $n$ ) es mayor a 30, es decir:  $n \geq 30$ , entonces, por medio de un motor estadístico<sup>17</sup> se elige la distribución de probabilidad que mejor ajusta la información histórica, y por medio de la simulación de Monte Carlo se reporte el valor esperado, la volatilidad y los Percentiles 5, 50 y 95 del riesgo que se desea valorar.
- Si el tamaño de la información histórica ( $n$ ) es mayor igual a 20, es decir:  $20 \leq n < 30$ , se procede a realizar un Bootstrap de la información histórica, con la nueva información y mediante un motor estadístico se elige la distribución de probabilidad que mejor ajusta a la información remuestreada, de tal manera que por medio de la simulación de Monte Carlo se reporte el valor esperado, la volatilidad y los Percentiles 5, 50 y 95 del riesgo que se desea valorar.
- Si el tamaño de la información ( $n$ ) es inferior a 20, es decir:  $n < 20$ , y siempre que sea posible realizar un taller de riesgo<sup>18</sup> o entrevistas a expertos, se procede a preguntar a cada uno de los expertos que conforman el grupo o lista seleccionada, por los valores “mínimo”, “más probable” y “máximo” acerca del riesgo que se desea evaluar. Para obtener la medida más representativa de cada conjunto de valores, se procede a tomar el valor de la mediana del conjunto de datos (mínimo, más probable, máximo) de tal manera que sea posible obtener: un valor mínimo, un valor más probable y un valor máximo como medida de tendencia central más representativa del riesgo que se desea valorar. Teniendo en cuenta que dichos valores corresponden a los parámetros de una distribución triangular, en el motor estadístico se elige la distribución de probabilidad triangular, de tal manera que empleando la simulación de Monte Carlo se reporte el valor esperado, la volatilidad y los percentiles 5, 50 y 95 del riesgo que se desea valorar.
- Cuando del análisis de los estudios referenciales no se tenga evidencia del tipo de distribución que está asociada con los datos correspondientes a la variable aleatoria analizada, se recomienda usar la Regla Percentil 5-50-95 a través de la aplicación de la “regla empírica de la desigualdad” descrita anteriormente. Posteriormente, y por medio de un motor estadístico, se procede a realizar simulaciones de Monte Carlo, para de esta manera reportar el valor esperado, la volatilidad y los percentiles 5, 50 y 95 del riesgo que se desea valorar.

## ▪ Valoración del costo del riesgo de sobre costo y sobre plazo

### • Riesgos de sobre costos

<sup>17</sup> Como motor estadístico entiéndase a programas como:

- ModelRisk ([www.vosesoftware.com](http://www.vosesoftware.com));
- Crystall Ball ([www.oracle.com/us/crystalball/index.html](http://www.oracle.com/us/crystalball/index.html));
- @Risk (<http://www.palisade-lta.com/risk/>);
- SimulAr (<http://www.simularsoft.com.ar/>);
- Risk Simulator (<http://www.software-shop.com>); entre otros.

<sup>18</sup> Elementos para estructurar y obtener conclusiones de un Taller de Riesgos se puede encontrar en Anexo III

Para la cuantificación del riesgo de sobre costo de un proyecto PPP, es necesario conocer el valor presente de la inversión del proyecto. Los percentiles 5-50-95 de la distribución del costo del riesgo de sobre costo<sup>19</sup> indican una posición frente al riesgo.

$$CR_{sobre\ costo} = VPIN \times PO \times RI$$

Donde:

- $CR_{sobre\ costo}$  : Costo del riesgo del sobre costo del proyecto PPP.  
 $VPIN$  : Valor presente de la inversión o costo del proyecto.  
 $PO$  : Probabilidad de ocurrencia del riesgo de sobre costo durante el ciclo de vida del proyecto (en porcentaje).  
 $RI$  : Impacto del riesgo de sobre costo generado sobre el proyecto (en porcentaje).

- **Riesgos de sobre plazos**

Para la cuantificación del riesgo de sobre plazo de un proyecto PPP, se deben utilizar los siguientes parámetros: la tasa social de descuento, el valor presente de la inversión o costos del proyecto, y el plazo inicial de ejecución de la inversión o del gasto del proyecto bajo análisis. Los percentiles 5-50-95 de la distribución del costo del riesgo de sobre plazo<sup>20</sup> indican una posición frente al riesgo.

$$CR_{sobre\ plazo} = ((1 + r_s)^{1/360} - 1) \times VPIN \times PI \times POR \times RIS$$

Donde:

- $CR_{sobre\ plazo}$  : Costo del riesgo de sobre plazo del proyecto PPP por día de atraso.  
 $r_s$  : Tasa social de descuento anual (en porcentaje) definido por OPP para el año respectivo de evaluación.  
 $VPIN$  : Valor presente de la inversión o costo del proyecto.  
 $POR$  : Probabilidad de ocurrencia del riesgo de sobre plazo (en porcentaje).  
 $RIS$  : Impacto del sobre plazo (en porcentaje).  
 $PI$  : Plazo inicial de ejecución del proyecto bajo análisis (en días).

- **Valoración del riesgo de ingreso y/o demanda**

<sup>19</sup> Esta información se obtiene por medio de información histórica, taller de riesgo o modelo comparativo internacional, según corresponda.

<sup>20</sup> Esta información se obtiene por medio de información histórica, taller de riesgo o modelo comparativo internacional, según corresponda.

En caso de transferir el riesgo de ingreso y/o demanda al contratista privado, consultar al MEF sobre posible metodología de cálculo.

## ❖ Posición del sector público frente al riesgo

Para los efectos de esta Metodología se asumirá que el sector público toma posiciones frente al riesgo en función de percentiles 5, 50 y 95.

### ▪ La solución con aversión baja

Si el supuesto es que el sector público se encuentra en una situación de aversión baja al riesgo, se usará el *Percentil 5* como situación de referencia.

### ▪ La solución con aversión promedio

Si el supuesto es que el sector público se encuentra en una situación de aversión de neutralidad al riesgo, se usará el *Percentil 50* como situación de referencia.

### ▪ La solución con aversión superior

Si el supuesto es que el sector público se encuentra en una situación de aversión superior al riesgo, se deberá considerar el *Percentil 95* como situación de referencia.

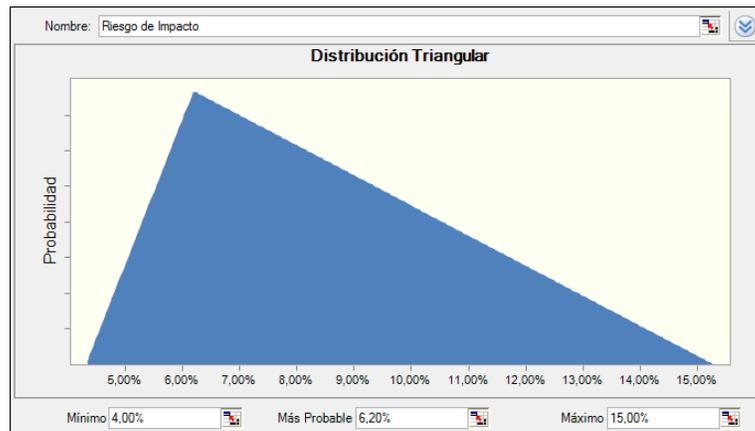
## ❖ Ejemplos sobre el cálculo del costo del riesgo de sobre costo, sobre plazo

A continuación se presentan tres ejemplos independientes que tienen por finalidad orientar el cálculo del costo del riesgo de sobre costos, sobre plazos e ingresos.

### I. Riesgo de sobre costo

Supongamos que hay un único riesgo de sobre costo y se ajusta a una distribución triangular. La probabilidad de ocurrencia del riesgo que se ha estimado es igual al 75%, y el riesgo de impacto “más probable” es 6,2%, un valor mínimo de 4% y un valor máximo de 15%.

Figura 11: Distribución de probabilidad del riesgo de impacto



Considerando que el valor presente del costo sujeto a análisis es igual a 120 millones de unidades indexadas (UI), se procede a calcular el Costo del Riesgo Esperado, teniendo en cuenta que:

$$CR_{sobrecosto} = VPIN \times PO \times RI$$

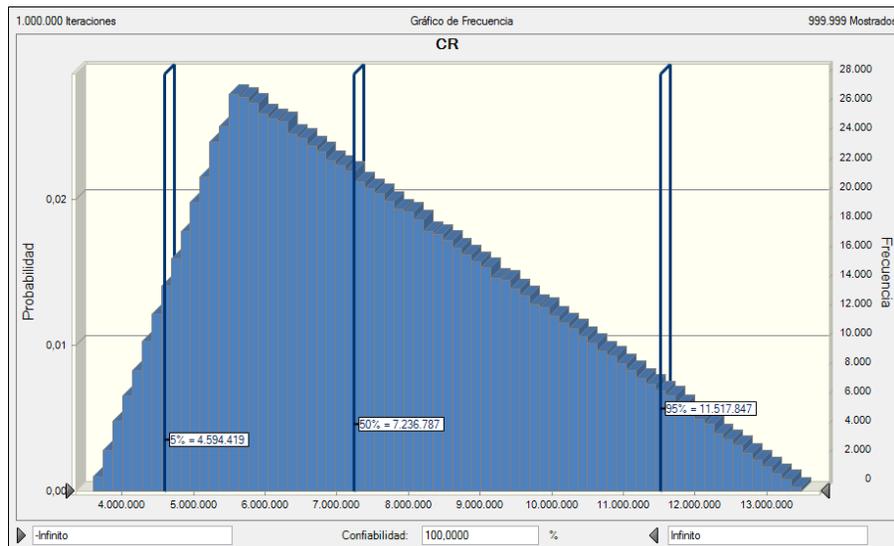
Por consiguiente, se tiene que  $VPIN = UI\ 120$  millones,  $PO = 75\%$  y  $RI = 6,2\%$  (Distribución Triangular). De esta forma:

$$CR_{sobrecosto} = UI\ 120 \times 75\% \times 6,2\% = UI\ 5.580.000$$

Realizando 1.000.000 de simulaciones para la obtención del Costo de Riesgo de Sobre plazo, se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 8: Resultados de la simulación		
Percentil	Monto	Monto/Inversión inicial
5%	UI 4.594.419	3,8%
50%	UI 7.236.787	6,0%
95%	UI 11.517.847	9,6%

Figura 12: Costo del riesgo esperado

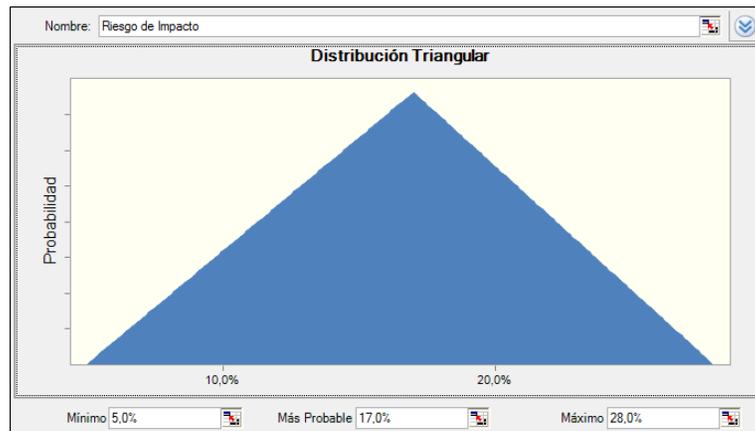


La figura muestra el resultado de la simulación del costo del riesgo de sobre costo, y la valoración de las diferentes posiciones del sector público frente al riesgo. Para una posición de aversión baja frente al riesgo se tiene que el costo del riesgo de sobre costo es igual a UI 4.594.419, el cual representa el 3,8% del valor presente de la inversión inicial. Si la posición del sector público frente al riesgo es de aversión media se tiene que el costo del riesgo de sobre costo es igual a UI 7.236.787, el cual representa el 6,0% del valor presente de la inversión inicial. Si el sector público toma una posición de aversión superior frente al riesgo el costo del riesgo de sobre costo es UI 11.517.847, el cual representa el 9,6% del valor presente de la inversión inicial.

## II. Riesgo de sobre plazo

Supóngase que se cuenta con un único riesgo de sobre plazo para un proyecto, y producto de la elicitación de un grupo de expertos reunidos en un taller de riesgo para discutir sobre los parámetros que permitirían cuantificar el riesgo de sobre plazo, se llegó a los siguientes resultados: la probabilidad de ocurrencia del riesgo es igual al 45%, el riesgo de impacto “Más probable” bajo el esquema PPR es 17%, un valor mínimo de 5% y una valor máximo de 28%.

Figura 13: Distribución de probabilidad del riesgo de impacto



Se considera un valor presente de la inversión es UI 210 millones, con el plazo inicial de ejecución del proyecto es de 1080 (=3x360) días y se considera una Tasa social de descuento anual igual al 10%, se tiene que:

$$CR_{sobreplazo} = ((1 + r_s)^{1/360} - 1) \times VPIN \times PI \times POR \times RIS$$

Por consiguiente, se tiene que  $VPIN = UI$  210 millones,  $PI = 1080$ ,  $POR = 45\%$   $RIS = 17\%$ , y  $r_s = 10\%$ . Entonces:

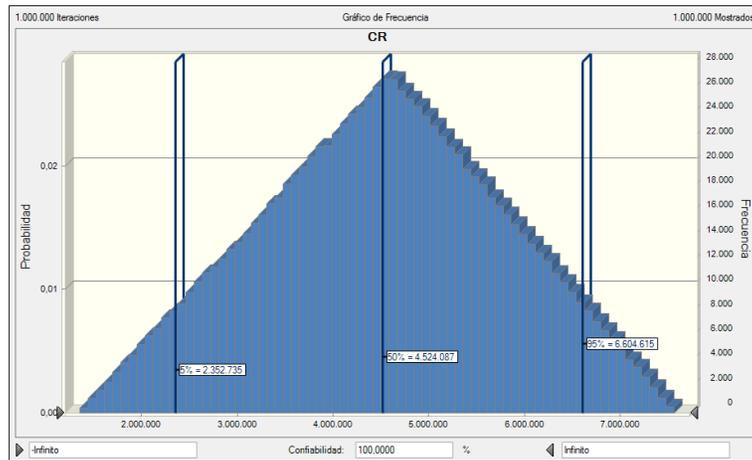
$$CR_{sobreplazo} = ((1 + 10\%)^{1/360} - 1) \times UI\ 210 \times 1080 \times 45\% \times 17\%$$

$$CR_{sobreplazo} = USD\ 4.524.082$$

Realizando 1.000.000 simulaciones para la obtención del Costo de Riesgo de Sobre plazo, se obtienen los resultados que se muestran a continuación:

Tabla 9: Resultados de la simulación		
Percentil	Monto	Monto/Inversión inicial
5%	UI 2.352.735	1,1%
50%	UI 4.524.087	2,2%
95%	UI 6.604.615	3,1%

Figura 14: Costo del riesgo esperado



De la figura se observa que el costo del riesgo de sobre plazo cuando el sector público toma un posición de aversión baja frente al riesgo es igual al 1,1%. Si adopta una posición de aversión media frente al riesgo es igual al 2,2%, y si toma una posición de aversión superior frente al riesgo igual al 3,1% del valor presente de la inversión inicial respectivamente.

# Anexo II: Elementos para la evaluación de riesgos

---

## Recopilación de la Información sobre riesgos

### ❖ Taller de Expertos o Entrevista a Expertos.

Tanto el taller de expertos como la entrevista a expertos son técnicas que se utilizan como recurso para obtener información sistemática cuando el problema aún sin ser susceptible al uso de técnicas analíticas, requiere que se utilicen juicios cualitativos sobre un tema en específico.

Un Taller de Riesgos, se concentra en analizar el proceso de gestión de riesgos de un proyecto de inversión en un activo físico y en los servicios públicos que provee, y se orienta a facilitar la toma de decisiones en equipo. El principio central que sustenta esta técnica es que el juicio subjetivo es útil si se utiliza sobre una base colectiva. Esta metodología es una adaptación que combina distintas técnicas para la toma de decisiones grupales en la cual se rescatan las opiniones de un grupo de expertos en las etapas de la gestión de riesgos, con el objetivo de identificar las causas y efectos de los riesgos, la probabilidad y los impactos para valorarlos cuantitativamente, y la asignación de los riesgos al agente mejor preparado.

La Entrevista a Expertos, se concentra en identificar los riesgos de un proyecto de inversión a través de la experiencia y especialidad de profesionales relacionados con la temática. Si bien la metodología, en principio puede presentar la desventaja de no considerar una opinión surgida del razonamiento en grupo, presenta algunas ventajas respecto al taller de riesgo. En primer lugar, en proyectos que involucran agentes que pueden tener intereses contrapuestos, permite que el entrevistado exprese libremente su opinión sin temor a generar un conflicto en la reunión. En segundo lugar, se puede evitar la existencia de agentes que tiendan a liderar en la reunión desviando la opinión general a su favor. En tercer lugar, muchas veces no es factible reunir a un grupo amplio de expertos en un mismo lugar por tanto tiempo, siendo más fácil coordinar entrevistas en diferentes horarios de acuerdo a la conveniencia del entrevistado.

### ❖ Objetivos del Taller y de las Entrevistas

- Cuando no se dispone de información histórica para medir el sobre costo y el sobre plazo

- Identificar de manera exhaustiva los riesgos, teniendo en cuenta las características propias del proyecto y de su entorno interno/externo, y la Matriz General de Riesgos, definida en la tabla 3.
  - Jerarquizar los riesgos identificados tomando en cuenta agrupaciones generales de probabilidades y consecuencias.
  - Determinar las probabilidades específicas de ocurrencia y los impactos en el costo del proyecto de cada uno de los riesgos jerarquizados.
  - Calcular el costo del riesgo de cada uno de los riesgos jerarquizados y el riesgo total del proyecto público de referencia.
  - Clasificar cada uno de los riesgos entre retenidos y transferidos.
- **Cuando se dispone de información histórica para medir el sobre costo y el sobre plazo**
    - Identificar de manera exhaustiva las causas más probables que dieron origen al sobre costo y el sobre plazo cuantificado.
    - Jerarquizar las causas identificadas.
    - Determinar las probabilidades de ocurrencia y los impactos en el costo del proyecto de cada uno de las causas jerarquizadas.
    - Clasificar el costo del riesgo de sobre costo y sobre plazo en retenido y transferido.

#### ❖ Selección de expertos

El panel de expertos consultado mediante entrevistas o cuya participación se realice en un taller debe estar compuesto por no menos de quince (15) miembros. Por lo general, el pronóstico que se realiza basado en las respuestas de por lo menos 15 expertos sería relativamente similar al producto de una muestra mayor; por lo tanto, este número se le considera una muestra adecuada en la mayoría de los casos. Los expertos deberán contar con experiencia suficiente y comprobada de la materia bajo análisis.

#### ❖ Dinámica del taller de riesgos

De manera general, una Agenda del Taller de Riesgo debería contar al menos con las siguientes presentaciones:

- Presentación por parte del Jefe de Proyecto del proyecto público de referencia (PPR) en sus aspectos técnicos, económicos-financieros, regulatorios y legales.
- Presentación de los objetivos del Taller en el contexto del Comparador Público-Privado.
- Presentación de la metodología para jerarquizar riesgos o causas, valoración de riesgos y asignación de riesgos.

Al finalizar la sesión de trabajo, la autoridad correspondiente de la Administración Pública deberá levantar un acta con los acuerdos obtenidos del Taller de Riesgo, la que deberá de llevar la firma de todos los participantes expertos.

Los expertos en el Taller serán conducidos por un Coordinador General y un Coordinador Técnico especialista en el sector al que pertenece el PPR. El Coordinador General fungirá como facilitador de la sesión y del desarrollo de la dinámica del taller. El Coordinador Técnico dirigirá y orientará la discusión especializada. Un resumen del currículum vitae de cada experto y del Coordinador Técnico deberá ser anexado en el acta que se levante al término del Taller de Riesgo (TR).

El Coordinador General dará inicio al Taller de Riesgo, presentando a los asistentes, los objetivos de la sesión y los resultados que se pretende con el panel.

A continuación, se dará inicio al bloque de presentaciones del proyecto en cuestión con la finalidad de homogenizar el conocimiento del PPR, y las particularidades técnicas del Comparador Público-Privado para el tema específico.

Este primer bloque estará conformado por:

- Presentación del proyecto público de referencia.
- Presentación del Comparador Público-Privado.

Cuando no se dispone de información histórica para medir el sobre costo y el sobre plazo, el segundo bloque tendrá como objetivo la identificación de riesgos, donde se dará a conocer la Matriz General de Riesgos y se invitará a una propuesta de ideas para decidir si hay otros riesgos que podrían ser considerados, así como también cuales deberían de ser omitidos porque no se consideran relevantes para el proyecto que se pretende analizar. El tercer bloque corresponderá al proceso de jerarquización de riesgos. El cuarto bloque se orientará a la cuantificación o valoración; y el quinto bloque para la asignación de los riesgos.

Para el cuarto bloque que corresponde a la valoración de los riesgos, se entregarán cartillas con los riesgos definidos en el bloque anterior, y se procederá a cuantificar la probabilidad de ocurrencia y el impacto. Posteriormente se asignarán cada uno de ellos, entregando un porcentaje para el Riesgo Retenido (RR) y otro porcentaje para el Riesgo Transferido (RT). Este proceso se repetirá para cada uno de los riesgos individuales que generan sobre costo y sobre plazo. En todos los casos, a menos que el Coordinador General del Taller indique lo contrario, se asumirá una Distribución de Probabilidad Triangular para la cuantificación de los riesgos.

Cuando se dispone de información histórica para medir el sobre costo y el sobre plazo, el (los) analista(s) que disponga la Administración Pública deberá(n) presentar los análisis desarrollados, los supuestos y la base de datos utilizada para la determinación numérica del

Costo Total del Riesgo. En base a lo anterior, el segundo bloque tendrá como objetivo lograr la identificación de las causas que provocaron el sobre costo y el sobre plazo cuantificado. El tercer bloque corresponderá al proceso de jerarquización de las causas. El cuarto bloque corresponderá a la etapa de asignación de las causas. Obsérvese que bajo este escenario, la etapa de valoración y cuantificación de riesgos de sobre costos y sobre plazos fue realizada por analistas con anterioridad a la realización del Taller, y por lo tanto serán variables exógenas para los participantes expertos.

Para el cuarto bloque, el Coordinador General entregará cartillas con las causas de los riesgos de sobre costo y sobre plazo jerarquizados en el bloque anterior, y los expertos procederán a la asignación de cada uno de ellos, entregando un porcentaje para el RR y otro porcentaje para el RT.

### ❖ Entrevistas a Expertos

Como se mencionó anteriormente, a diferencia del taller, estas instancias permiten encontrar riesgos relacionados al funcionamiento interno del proyecto que pueden no ser tratadas en un taller para evitar conflictos entre los asistentes.

Mediante esta modalidad, juega un rol clave el coordinador del análisis de riesgos que a su vez es el que se recomienda que realice las entrevistas. Es por ello que el entrevistador debe tener una serie de preguntas concretas preparadas previamente para que sean consultadas durante el proceso de forma abierta. Debido a que las preguntas son abiertas, se debe tener preparadas preguntas de seguimiento para obtener aclaraciones, es por ello que el coordinador / entrevistador debe tener un conocimiento previo muy profundo del proyecto y del análisis que está realizando.

Este método implica una mayor profundidad en la definición de los riesgos ante el tiempo que se dispone con cada entrevistado de poder explicarlos.

Luego de que se tiene la información de los tipos de causas o riesgos tanto mediante un taller como mediante las entrevistas, el proceso de análisis de riesgos continúa con el procesamiento de la información generada por las instancias.

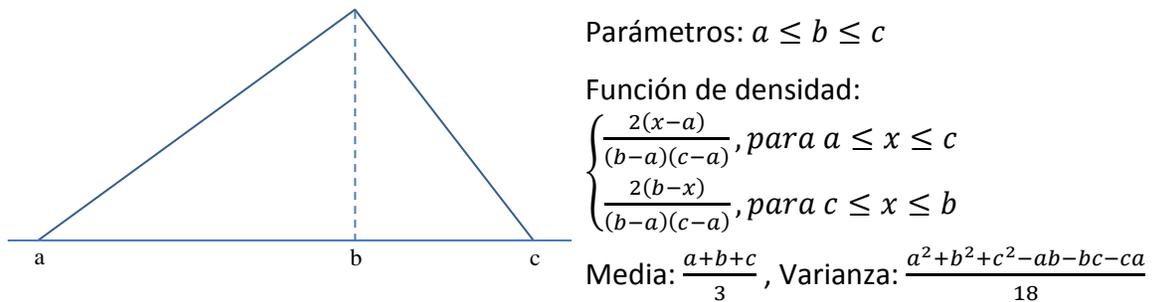
## Metodologías para el análisis de riesgos

### ❖ La Distribución de Probabilidad Triangular

Esta distribución es ampliamente utilizada para la administración y análisis de riesgos en las áreas de la ingeniería y la gerencia de proyectos de infraestructura debido a su sencillez, la que es fácilmente comprendida por los analistas. Su nombre se debe a que su función de densidad tiene una forma triangular, pudiendo ser totalmente asimétrica, dado que

depende de la posición del valor más probable con respecto a los valores extremos, los cuales pueden ser, una estimación pesimista (a), una más probable (b), y una optimista (c). A continuación se muestra en forma gráfica la distribución, y la expresión analítica para la función de densidad y sus dos principales momentos: media y varianza.

Figura 15: Distribución Triangular



### ❖ Procedimiento de identificación de riesgos/causas

En lo que sigue, la palabra *Riesgos* se referirá al caso en que la Administración Pública no disponga de información histórica para su cuantificación. Se referirá a *Causas* cuando la Administración Pública a través de un estudio realizado de manera previa al Taller / a las Entrevistas, haya cuantificado el valor del riesgo total de sobre costo y de sobre plazo, pero le sea muy difícil identificar las razones que afectaron los costos de los proyectos de la muestra, como una condición necesaria para el proceso de asignación de riesgos en su componente retenido y transferido. El procedimiento que a continuación se explica usará como notación “riesgo/causa” según se trate de información histórica no disponible/disponible respectivamente.

Para la etapa de Identificación se propone que los expertos desarrollen ideas sobre riesgos/causas siguiendo las siguientes tres fases:

- Fase de Generación de Ideas de Riesgos/Causas

Es la fase inicial durante la cual se aclaran las expectativas, objetivos y normas para el Taller / la Entrevista y se procede a la generación de ideas por parte de los participantes hasta que se agoten. Estas ideas, generalmente son progresivamente superiores en calidad y cantidad. Es recomendable que inicialmente el Coordinador General del Taller / de las Entrevistas entregue un tiempo prudencial (3 a 5 minutos) para que cada experto piense y escriba sus ideas sobre riesgos/causas de los sobre plazos y los sobre costos.

En el Taller de Riesgos se recomienda que cada miembro del grupo aporte una idea de riesgo/causa por turno. El Coordinador Técnico se encargará de escribir en una planilla de

cálculo o una pizarra (o papelógrafo) las ideas sobre las causas/riesgos que se vayan generando en el transcurso de la sesión / entrevista, la que será proyectada para que sea visualizada por cada uno de los participantes.

- **Fase de Clarificación**

En esta fase el Coordinador Técnico revisa la lista de ideas sobre riesgos/causas generadas para garantizar que todos los expertos las entiendan con claridad, descartándose aquellas ideas de riesgos/causas que no corresponden al objetivo del Taller.

Es usual encontrar problemas (síntomas – efectos) mezclados con causas, los cuales de no evitarse, sesgarán la solución. El Coordinador General debe, en esta fase, retomar el objetivo del Taller, aclararlo, y dar ejemplos de cómo se expresa el mismo. Este rol también es jugado por el Coordinador General en las entrevistas aclarando posibles dudas sobre las causas que sean planteadas por el entrevistado.

- **Fase de Evaluación**

En esta fase, guiados por el Coordinador Técnico, el panel de expertos o el entrevistado revisará la lista de ideas de riesgos/causas con el objetivo de eliminar duplicaciones. El Coordinador General debe evitar largas discusiones, y especialmente evitar sesgos de participación, detectando quienes serán los expertos que por razones de su personalidad lideran el Taller y pueden influir en agregar/eliminar riesgos/causas o enfoquen la entrevista hacia objetivos particulares no necesariamente relacionados al estudio o proyecto en cuestión.

Para que la participación sea amplia, se logre eficiencia en la opinión y se aproveche la experiencia de los expertos, se recomienda que el Coordinador General del Taller o de las entrevistas procure el cumplimiento de las siguientes normas:

- Prohibición estricta de la crítica:** Se deberá evitar criticar las opiniones y calificarlas de buenas o malas. La persona que se sienta criticada puede sentirse cohibida para expresarse posteriormente. Ninguna idea de riesgo/causa debe ser considerada como no pertinente.
- Libertad y opinión libre:** No deben hacerse restricciones a la libre expresión de las ideas en función de aspectos como jerarquías o responsabilidad sobre la materia del Taller / de la Entrevista. Se asume que cualquier experto miembro del panel puede proponer riesgos/causas importantes, o si es el caso, de ver causas o problemas que otros no han advertido antes como tales.
- Más es preferible a menos:** Un principio es que cuantas más ideas se produzcan es mejor, debido a que hay más probabilidades de que a través de ellas se llegue a la idea de riesgo/causa superior.
- Aprovechar las opiniones:** Se debe promover la producción de nuevas ideas sobre riesgos/causas, a partir de la asociación o perfeccionamiento de otras ya sugeridas.

- **Facilitar la sesión:** Es importante la presencia de un Coordinador General que conduzca y oriente el Taller/ la Entrevista desde el punto de vista de las normas básicas y otras expectativas establecidas por los expertos como: tiempo de la reunión, secuencia de preguntas, tiempos para cada participante para dar su opinión. Es recomendable que cada sesión del Taller tenga máximo 6 horas de trabajo. En proyectos complejos, y cuando no se encuentra disponible la información histórica, y se deben realizar todas las etapas de un análisis de riesgos, es posible llegar a 30 horas (5 días en 5 sesiones). En el caso de las entrevistas, el tiempo recomendable es de no más de 90 minutos.

### ❖ Procedimiento para la jerarquización de los riesgos/causas

El objetivo de este procedimiento es jerarquizar los riesgos/causas previamente identificadas para el PPR, teniendo como datos de entrada o información relevante provista por los expertos, el impacto en el proyecto del riesgo/causa y la probabilidad de ocurrencia del riesgo/causa. Este método es realizable tanto en la modalidad de taller como en la modalidad de entrevistas a expertos.

- **Impacto:** La valoración cualitativa del impacto asigna un rango de opciones no superpuestas que incluyen todas las consecuencias posibles de la causa o riesgo. Las definiciones de estas categorías se expresan de la siguiente manera:

Tabla 10: Definición y criterios del impacto en el proyecto del riesgo/causa		
Consecuencia del Impacto	Impacto	Criterio
Crítico (C)	Mayor o igual al 60%	Impacto que podría llevar a la cancelación del proyecto dado que produce alteraciones de las principales variables de costo y plazo muy por sobre lo esperado
Severo (S)	Menor al 60%	Cualquier impacto que coloque en peligro el objetivo del proyecto o que puedan llevar a un impacto significativo en el largo plazo.
Moderado (Mo)	Menor al 40%	Cualquier impacto que causaría un cambio en la planificación de manera importante o que podría conducir a un efecto notable e inoportuno para el proyecto.
Mínimo (Mi)	Menor al 10%	Cualquier impacto que puede ser tratado al interior del equipo de proyecto y que tendría un efecto manejable en el largo plazo.
Despreciable (D)	Menor al 5%	Cualquier impacto que afecta de manera insignificante sobre el ciclo de vida del proyecto y sus principales variables de costo y plazo.

- **Probabilidad de Ocurrencia:** Se entenderá como la probabilidad de ocurrencia a la probabilidad que un riesgo/causa ocurra durante todo el ciclo de vida del proyecto. La probabilidad de cualquier riesgo/causa específico, toma valores entre cero (sin posibilidad de ocurrencia) y uno (ocurre inevitablemente). La evaluación de los riesgos/causas por medio de métodos cualitativos divide las opciones en rangos de probabilidad y requiere de una asignación dentro de los rangos definidos. La evaluación cuantitativa del riesgo/causa asigna una fracción específica entre cero y uno (entre cero y 100 por ciento), tal como se describe a continuación:

**Tabla 11: Definición y criterios de la probabilidad de ocurrencia**

Probabilidad de ocurrencia	Probabilidad	Descripción
Muy Alto (MA)	Mayor o igual al 80%	Es muy probable que el riesgo/causa ocurra durante el ciclo de vida del proyecto.
Alto (A)	Menor al 80%	Probablemente el riesgo/causa ocurra durante el ciclo de vida del proyecto.
Moderado (M)	Menor al 50%	Puede o no ocurrir el riesgo/causa durante el ciclo de vida del proyecto.
Bajo (B)	Menor al 20%	Es improbable que el riesgo/causa ocurra durante el ciclo de vida del proyecto.
Muy Bajo (MB)	Menor al 5%	Es muy poco probable que ocurra el riesgo/causa durante el ciclo de vida del proyecto.

- **Valor de Borda:** Con la finalidad de obtener la jerarquización de los riesgos/causas, es decir, determinar cuáles son los riesgos/causas que deben de ser tomados en consideración debido al grado de importancia que representan para el proyecto, la practica sugiere aplicar el Método de Borda<sup>21</sup>. Supongamos que se tienen definidos 8 riesgos/causas tal como se muestra a continuación:

**Tabla 12: Ejemplo de jerarquización de las causas identificadas**

N°	Riesgos/ Causas	Probabilidad de ocurrencia (%)	Impacto	Valor de Borda
C1	XXX	90%	C	1
C2	XXX	60%	S	3
C3	XXX	50%	Mo	5
C4	XXX	30%	Mi	6
C5	XXX	99%	C	0
C6	XXX	65%	S	2
C7	XXX	58%	Mo	4
C8	XXX	5%	D	7

Para cada uno de los riesgos/causas se considera el impacto y la probabilidad de ocurrencia definidos, y sobre la base de una evaluación de múltiples criterios, se pondera y se logra jerarquizar los riesgos/ causas que afectan al proyecto. Como se puede observar en el ejemplo que se presenta en la Tabla 12, los riesgos/causas C1/R1, C5/R5 y C6/R6 son considerados con una mayor probabilidad de ocurrencia y mayor impacto sobre el proyecto.

- **Clasificación:** El proceso de clasificación se inspira en el Principio de Pareto (PP), el cual tiene como objetivo dar prioridad a los riesgos/causas que podrían afectar el normal desarrollo del proyecto. Aquellos que resultan de la aplicación del PP serán los que representan un alto riesgo/causa. Además el resultado de la combinación entre probabilidad de ocurrencia y su impacto implica que los riesgos/causas pueden ser clasificados en tres categorías: Altamente Relevantes (AR), Medianamente Relevantes (MR) y Poco Relevantes (PR), tal como se muestra en la Tabla 13:

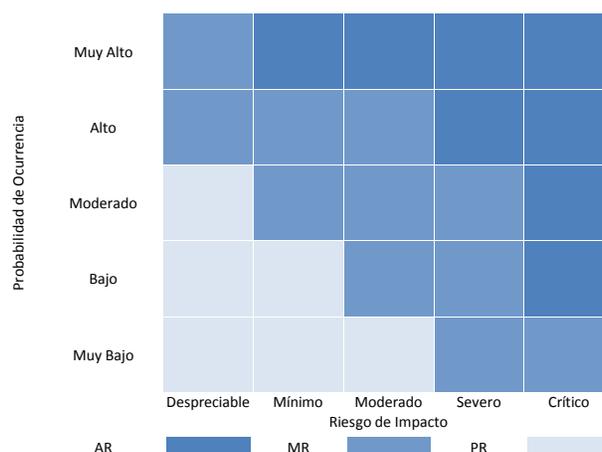
<sup>21</sup> Cuyo proceso de cálculo se detalla en Apéndice I

**Tabla 13: Definición de la jerarquización de los riesgos/causas**

Probabilidad de ocurrencia	Riesgo/Causa de impacto				
	Despreciable	Mínimo	Moderado	Severo	Crítico
Muy Alto (MA)	MR	AR	AR	AR	AR
Alto (A)	MR	MR	MR	AR	AR
Moderado (M)	PR	MR	MR	MR	AR
Bajo (B)	PR	PR	MR	MR	AR
Muy Bajo (MB)	PR	PR	PR	MR	MR

A continuación se muestra la representación del impacto por la probabilidad, con zonas de clasificación de los riesgos:

**Figura 16: Representación gráfica de la clasificación de riesgos**



El Principio de Pareto señala que no todos los acontecimientos son realmente importantes para explicar fenómenos. En una situación es posible definir aquellas variables que afectan considerablemente (pocos “vitales”) y aquellas que la afectan muy relativamente (muchos “triviales”). Este principio se conoce también con el nombre de 80-20 y 20-80 e indica que en todo fenómeno que resulte como consecuencia de la intervención de varias causas o factores, se encontrará que un pequeño número de causas, contribuyen a la mayor parte del efecto; mientras que el numeroso grupo de causas restantes contribuye solamente a una pequeña parte del efecto.

Además por el mismo principio se logra priorizar el total de riesgos/causas a solo aquellos que son clasificados como de alta probabilidad de ocurrencia e impacto sobre el proyecto.

Empleando el ejemplo considerado en la Tabla 13 y aplicando el proceso de clasificación se tiene el siguiente resultado:

**Tabla 14: Ejemplo de jerarquización de las causas identificadas - Continuación**

N°	Riesgos/ Causas	Probabilidad de ocurrencia (%)	Impacto	Valor de Borda	Clasificación
C1	XXX	90%	C	1	AR
C2	XXX	60%	S	3	MR
C3	XXX	50%	Mo	5	MR
C4	XXX	30%	Mi	6	PR
C5	XXX	99%	C	0	AR
C6	XXX	65%	S	2	AR
C7	XXX	58%	Mo	4	MR
C8	XXX	5%	D	7	PR

### ❖ Procedimiento para la asignación de riesgos para el caso donde se cuenta con información histórica

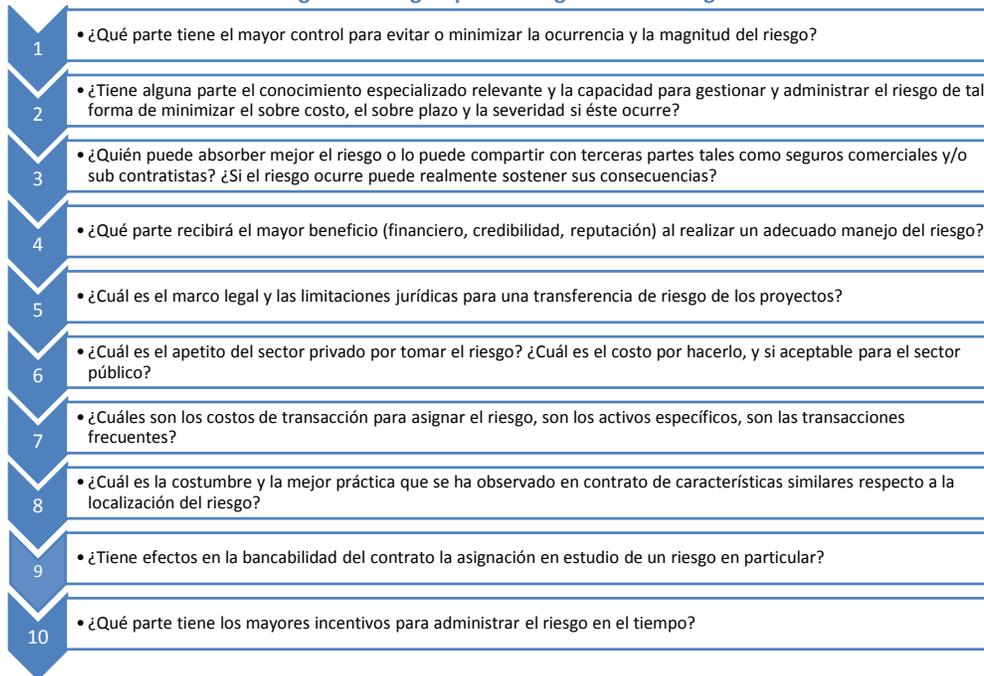
Dado el costo del riesgo de sobre costo y/o sobre plazo, el objetivo de este procedimiento es calcular qué parte del costo total corresponde al costo del riesgo retenido y transferido, contando para ello con una matriz de causas, las que han sido debidamente jerarquizadas según el procedimiento mostrado anteriormente.

Dado que el Costo Total del Riesgo  $CR$  es producto del análisis de la información histórica y es conocido, el objetivo es asignarlo en riesgo retenido y transferido, respectivamente. Para ello, los expertos responderán la siguiente pregunta: **¿Qué porcentaje de la causa jerarquizada se asigna como riesgo retenido?**<sup>22</sup> El Coordinador General procede entonces a desarrollar la dinámica del Taller para responder esta pregunta por cada uno de los expertos de manera individual y posteriormente obtener la mediana de las respuestas por causa y agregadas.

Para lo anterior, el Coordinador General explicará y sugerirá a los expertos que se tenga presente las siguientes reglas para la asignación según fuera ya expuesta en Anexo II:

<sup>22</sup> Donde se tendrá en cuenta que:  $RR + RT = 100\%$

Figura 17: Reglas para la asignación de riesgos



En la siguiente tabla se muestran las respuestas de cada experto para cada causa. Por ejemplo, el experto  $j$  opina que para la Causa 2, la asignación como riesgo retenido es igual a  $RR_2^j$ .

Tabla 15: Riesgo Retenido							
Causas	Experto 1	Experto 2	...	Experto $j$	...	Experto $m$	Mediana
Causa 1	$RR_1^1$	$RR_1^2$	...	$RR_1^j$	...	$RR_1^m$	$RR_1$
Causa 2	$RR_2^1$	$RR_2^2$	...	$RR_2^j$	...	$RR_2^m$	$RR_2$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Causa $i$	$RR_i^1$	$RR_i^2$	...	$RR_i^j$	...	$RR_i^m$	$RR_i$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Causa $n$	$RR_n^1$	$RR_n^2$	...	$RR_n^j$	...	$RR_n^m$	$RR_n$

Donde  $RR_i^j$  es el porcentaje de la causa  $i$  que se asigna como riesgo retenido según la opinión del experto  $j$ .  $RR_i$  representa la mediana del conjunto de valores  $\{RR_i^1, RR_i^2, \dots, RR_i^m\}$  que fueron proporcionados por los  $m$  expertos. Dada la complementariedad con el riesgo transferido, se obtienen los siguientes valores:

Tabla 16: Riesgo Transferido							
Causas	Experto 1	Experto 2	...	Experto $j$	...	Experto $m$	Mediana
Causa 1	$(1 - RR_1^1)$	$(1 - RR_1^2)$	...	$(1 - RR_1^j)$	...	$(1 - RR_1^m)$	$(1 - RR_1)$
Causa 2	$(1 - RR_2^1)$	$(1 - RR_2^2)$	...	$(1 - RR_2^j)$	...	$(1 - RR_2^m)$	$(1 - RR_2)$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Causa $i$	$(1 - RR_i^1)$	$(1 - RR_i^2)$	...	$(1 - RR_i^j)$	...	$(1 - RR_i^m)$	$(1 - RR_i)$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Causa $n$	$(1 - RR_n^1)$	$(1 - RR_n^2)$	...	$(1 - RR_n^j)$	...	$(1 - RR_n^m)$	$(1 - RR_n)$

La combinación de los resultados de la obtención de las medianas para las filas correspondientes, se obtiene la siguiente tabla resumen:

Tabla 17: Riesgo Retenido y Transferido		
Causas	Riesgo Retenido	Riesgo Transferido
Causa 1	$RR_1$	$RT_1 = (1 - RR_1)$
Causa 2	$RR_2$	$RT_2 = (1 - RR_2)$
⋮	⋮	⋮
Causa $i$	$RR_i$	$RT_i = (1 - RR_i)$
⋮	⋮	⋮
Causa $n$	$RR_n$	$RT_n = (1 - RR_n)$

De la tabla anterior se obtiene el parámetro  $\lambda$ , el cual representa la mediana del conjunto de valores  $\{RR_1, RR_2, \dots, RR_n\}$ . Por lo tanto, es posible conocer cómo se asigna el costo del riesgo, es decir:

Tabla 18: Cálculo de la Asignación del Costo del Riesgo		
Costo del Riesgo	Costo del Riesgo Retenido	Costo del Riesgo Transferido
$CR$	$\lambda \times CR$	$(1 - \lambda) \times CR$

Para una aplicación consideremos el siguiente ejemplo. El número de expertos es igual a 15 ( $m = 15$ ) y el número de causas obtenidas de mayor relevancia después de ser jerarquizadas es igual a 10 ( $n = 10$ ). Además, producto de los estudios previos, los analistas de la Administración Pública determinaron que el promedio de sobre costo total es igual a 80%, con una volatilidad igual a 20%.

En la Tabla 19 se muestran las respuestas de cada uno de los 15 expertos para las 10 causas identificadas. La última columna muestra la mediana de las respuestas para cada causa.

Tabla 19: Ejemplo – Riesgo Retenido																
Causas	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	Mediana
C1	2%	3%	13%	68%	7%	61%	55%	28%	56%	48%	52%	3%	20%	9%	32%	28%
C2	69%	26%	47%	33%	62%	24%	33%	45%	44%	52%	23%	68%	62%	13%	46%	45%
C3	49%	7%	68%	43%	22%	64%	66%	32%	38%	56%	7%	3%	20%	15%	23%	32%
C4	4%	32%	24%	52%	65%	31%	9%	13%	39%	63%	67%	60%	58%	3%	49%	39%
C5	47%	65%	57%	34%	2%	11%	10%	13%	62%	5%	23%	2%	45%	27%	34%	27%
C6	67%	37%	12%	23%	59%	61%	60%	48%	47%	2%	33%	57%	17%	66%	5%	47%
C7	60%	21%	37%	26%	41%	13%	55%	33%	38%	38%	29%	13%	56%	65%	53%	38%
C8	13%	50%	53%	26%	45%	39%	28%	64%	40%	28%	2%	58%	30%	44%	47%	40%
C9	46%	25%	28%	32%	3%	64%	37%	36%	61%	53%	63%	46%	60%	54%	57%	46%
C10	21%	67%	62%	37%	68%	40%	54%	20%	13%	40%	6%	34%	57%	18%	18%	37%

Por ejemplo, de la tabla anterior se puede observar que el Experto 8 (E8) opina que 33% de la Causa 7 (C7) corresponde a Riesgo Retenido. Asumiendo que el RT = (1-RR), se obtiene el Tabla 18.

Tabla 20: Ejemplo – Riesgo Transferido																
Causas	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	Mediana
C1	98%	97%	87%	32%	93%	39%	45%	72%	44%	52%	48%	97%	80%	91%	68%	72%
C2	31%	74%	53%	67%	38%	76%	67%	55%	56%	48%	77%	32%	38%	87%	54%	55%
C3	51%	93%	32%	57%	78%	36%	34%	68%	62%	44%	93%	97%	80%	85%	77%	68%
C4	96%	68%	76%	48%	35%	69%	91%	87%	61%	37%	33%	40%	42%	97%	51%	61%
C5	53%	35%	43%	66%	98%	89%	90%	87%	38%	95%	77%	98%	55%	73%	66%	73%
C6	33%	63%	88%	77%	41%	39%	40%	52%	53%	98%	67%	43%	83%	34%	95%	53%
C7	40%	79%	63%	74%	59%	87%	45%	67%	62%	62%	71%	87%	44%	35%	47%	62%
C8	87%	50%	47%	74%	55%	61%	72%	36%	60%	72%	98%	42%	70%	56%	53%	60%
C9	54%	75%	72%	68%	97%	36%	63%	64%	39%	47%	37%	54%	40%	46%	43%	54%
C10	79%	33%	38%	63%	32%	60%	46%	80%	87%	60%	94%	66%	43%	82%	82%	63%

De la Tabla 20, para el Experto 15 (E15), el 51% de la Causa 4 (C4) corresponde a Riesgo Transferido.

Tomando las columnas correspondientes a las medianas de los Tablas 19 y 20, se obtiene la siguiente tabla:

Tabla 21: Ejemplo – Riesgo Retenido y Transferido		
Causas	Riesgo Retenido	Riesgo Transferido
C1	28%	72%
C2	45%	55%
C3	32%	68%
C4	39%	61%
C5	27%	73%
C6	47%	53%
C7	38%	62%
C8	40%	60%
C9	46%	54%
C10	37%	63%
Mediana	$\lambda = 39\%$	$(1 - \lambda) = 61\%$

En la Tabla 21, se procede a obtener el valor de  $\lambda = 39\%$ , que indica el porcentaje del costo del riesgo que corresponde al riesgo retenido y por consiguiente el 61% del costo del riesgo corresponde al riesgo transferido.

Tabla 22: Ejemplo – Asignación del Costo del Riesgo		
Costo del Riesgo	Costo del Riesgo Retenido	Costo del Riesgo Transferido
80%	$31,2 = 80\% \times 39\%$	$48,8\% = 80\% \times 61\%$

### ❖ Procedimiento para la valoración y asignación de riesgos para el caso donde no se cuenta con información histórica

Cuando no sea posible obtener información histórica sobre proyectos de similares características al PPR que se desea evaluar, se deberá usar un proceso de generación de información cualitativa a través de expertos. Una vez que los riesgos han sido identificados y jerarquizados según los procedimientos anteriores, entonces el Coordinador General solicitará a los expertos que precisen las probabilidades de ocurrencia de acuerdo a la siguiente pregunta: **¿De acuerdo a su experiencia, cuál es su estimación acerca de la probabilidad de ocurrencia mínima, más probable y máxima para el riesgo jerarquizado?** Esta pregunta se repetirá para cada uno de los riesgos jerarquizados, y será posible construir las Tablas 23a y 23b siguientes:

**Tabla 23a: Probabilidad de Ocurrencia según la opinión de cada uno de los expertos**

Riesgos	Experto 1			...	Experto $j$			...	Experto $m$		
	Mínimo	Más Probable	Máximo		Mínimo	Más Probable	Máximo		Mínimo	Más Probable	Máximo
Riesgo 1	$PO_{1,a}^1$	$PO_{1,c}^1$	$PO_{1,b}^1$	...	$PO_{1,a}^j$	$PO_{1,c}^j$	$PO_{1,b}^j$	...	$PO_{1,a}^m$	$PO_{1,c}^m$	$PO_{1,b}^m$
Riesgo 2	$PO_{2,a}^1$	$PO_{2,c}^1$	$PO_{2,b}^1$	...	$PO_{2,a}^j$	$PO_{2,c}^j$	$PO_{2,b}^j$	...	$PO_{2,a}^m$	$PO_{2,c}^m$	$PO_{2,b}^m$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Riesgo $i$	$PO_{i,a}^1$	$PO_{i,c}^1$	$PO_{i,b}^1$	...	$PO_{i,a}^j$	$PO_{i,c}^j$	$PO_{i,b}^j$	...	$PO_{i,a}^m$	$PO_{i,c}^m$	$PO_{i,b}^m$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Riesgo $n$	$PO_{n,a}^1$	$PO_{n,c}^1$	$PO_{n,b}^1$	...	$PO_{n,a}^j$	$PO_{n,c}^j$	$PO_{n,b}^j$	...	$PO_{n,a}^m$	$PO_{n,c}^m$	$PO_{n,b}^m$

Donde:

- $PO_{i,a}^j$  : Valor mínimo de la probabilidad de ocurrencia proporcionado por el  $j$ -ésimo experto con respecto al riesgo  $i$ .
- $PO_{i,c}^j$  : Valor más probable de la probabilidad de ocurrencia proporcionado por el  $j$ -ésimo experto con respecto al riesgo  $i$ .
- $PO_{i,b}^j$  : Valor máximo de la probabilidad de ocurrencia proporcionado por el  $j$ -ésimo experto con respecto al riesgo  $i$ .

**Tabla 23b: Probabilidad de Ocurrencia del riesgo agregada**

Riesgos	Mínimo	Más Probable	Máximo
Riesgo 1	$PO_{1,a}$	$PO_{1,c}$	$PO_{1,b}$
Riesgo 2	$PO_{2,a}$	$PO_{2,c}$	$PO_{2,b}$
⋮	⋮	⋮	⋮
Riesgo $i$	$PO_{i,a}$	$PO_{i,c}$	$PO_{i,b}$
⋮	⋮	⋮	⋮
Riesgo $n$	$PO_{n,a}$	$PO_{n,c}$	$PO_{n,b}$

Donde,  $PO_{i,a}$  representa la mediana del conjunto de valores mínimos de la probabilidad de ocurrencia proporcionados por cada uno de los expertos con respecto al riesgo  $i$ ,  $PO_{i,c}$  representa la mediana del conjunto de valores más probables de la probabilidad de ocurrencia proporcionados por cada uno de los expertos con respecto al riesgo  $i$  y  $PO_{i,b}$  representa la mediana del conjunto de valores máximo de la probabilidad de ocurrencia proporcionados por cada uno de los expertos con respecto al riesgo  $i$ . Es decir,

$$PO_{i,a} = \text{Mediana}\{PO_{i,a}^1, PO_{i,a}^2, \dots, PO_{i,a}^j, \dots, PO_{i,a}^{m-1}, PO_{i,a}^m\}$$

$$PO_{i,c} = \text{Mediana}\{PO_{i,c}^1, PO_{i,c}^2, \dots, PO_{i,c}^j, \dots, PO_{i,c}^{m-1}, PO_{i,c}^m\}$$

$$PO_{i,b} = \text{Mediana}\{PO_{i,b}^1, PO_{i,b}^2, \dots, PO_{i,b}^j, \dots, PO_{i,b}^{m-1}, PO_{i,b}^m\}$$

A continuación, el Coordinador General solicitará a los expertos que precisen los impactos en el plazo y en el costo del proyecto para cada uno de los riesgos realizando la siguiente pregunta: **¿De acuerdo a su experiencia, cuál es su estimación acerca del impacto mínimo, más probable y máximo para el riesgo jerarquizado?** Esta pregunta se repetirá para cada uno de los riesgos jerarquizados, y será posible construir las Tablas 24 y 25 siguientes:

Tabla 24: Impacto generado por el riesgo											
Riesgos	Experto 1			...	Experto $j$			...	Experto $m$		
	Mínimo	Más Probable	Máximo	...	Mínimo	Más Probable	Máximo	...	Mínimo	Más Probable	Máximo
Riesgo 1	$I_{1,a}^1$	$I_{1,c}^1$	$I_{1,b}^1$	...	$I_{1,a}^j$	$I_{1,c}^j$	$I_{1,b}^j$	...	$I_{1,a}^m$	$I_{1,c}^m$	$I_{1,b}^m$
Riesgo 2	$I_{2,a}^1$	$I_{2,c}^1$	$I_{2,b}^1$	...	$I_{2,a}^j$	$I_{2,c}^j$	$I_{2,b}^j$	...	$I_{2,a}^m$	$I_{2,c}^m$	$I_{2,b}^m$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Riesgo $i$	$I_{i,a}^1$	$I_{i,c}^1$	$I_{i,b}^1$	...	$I_{i,a}^j$	$I_{i,c}^j$	$I_{i,b}^j$	...	$I_{i,a}^m$	$I_{i,c}^m$	$I_{i,b}^m$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Riesgo $n$	$I_{n,a}^1$	$I_{n,c}^1$	$I_{n,b}^1$	...	$I_{n,a}^j$	$I_{n,c}^j$	$I_{n,b}^j$	...	$I_{n,a}^m$	$I_{n,c}^m$	$I_{n,b}^m$

Donde:

$I_{i,a}^j$  : Valor mínimo del impacto proporcionado por el  $j$ -ésimo experto con respecto al riesgo  $i$ .

$I_{i,c}^j$  : Valor más probable del impacto proporcionado por el  $j$ -ésimo experto con respecto al riesgo  $i$ .

$I_{i,b}^j$  : Valor máximo del impacto proporcionado por el  $j$ -ésimo experto con respecto al riesgo  $i$ .

Tabla 25: Probabilidad de Ocurrencia del riesgo			
Riesgos	Mínimo	Más Probable	Máximo
Riesgo 1	$I_{1,a}$	$I_{1,c}$	$I_{1,b}$
Riesgo 2	$I_{2,a}$	$I_{2,c}$	$I_{2,b}$
⋮	⋮	⋮	⋮
Riesgo $i$	$I_{i,a}$	$I_{i,c}$	$I_{i,b}$
⋮	⋮	⋮	⋮
Riesgo $n$	$I_{n,a}$	$I_{n,c}$	$I_{n,b}$

Donde,  $I_{i,a}$  representa la mediana del conjunto de valores mínimos del impacto proporcionados por cada uno de los expertos con respecto al riesgo  $i$ ,  $I_{i,c}$  representa la mediana del conjunto de valores más probables del impacto proporcionados por cada uno de los expertos con respecto al riesgo  $i$  y  $I_{i,b}$  representa la mediana del conjunto de valores máximo del impacto proporcionados por cada uno de los expertos con respecto al riesgo  $i$ . Es decir,

$$I_{i,a} = \text{Mediana}\{I_{i,a}^1, I_{i,a}^2, \dots, I_{i,a}^j, \dots, I_{i,a}^{m-1}, I_{i,a}^m\}$$

$$I_{i,c} = \text{Mediana}\{I_{i,c}^1, I_{i,c}^2, \dots, I_{i,c}^j, \dots, I_{i,c}^{m-1}, I_{i,c}^m\}$$

$$I_{i,b} = \text{Mediana}\{I_{i,b}^1, I_{i,b}^2, \dots, I_{i,b}^j, \dots, I_{i,b}^{m-1}, I_{i,b}^m\}$$

La Tabla 26 resume las medianas de las probabilidades de ocurrencia y de los impactos de cada riesgo.

Tabla 26: Probabilidad de Ocurrencia e Impacto de cada uno de los riesgos						
Riesgos	Probabilidad de Ocurrencia			Riesgo de Impacto		
	Mínimo	Más Probable	Máximo	Mínimo	Más Probable	Máximo
Riesgo 1	$PO_{1,a}$	$PO_{1,c}$	$PO_{1,b}$	$I_{1,a}$	$I_{1,c}$	$I_{1,b}$
Riesgo 2	$PO_{2,a}$	$PO_{2,c}$	$PO_{2,b}$	$I_{2,a}$	$I_{2,c}$	$I_{2,b}$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Riesgo $i$	$PO_{i,a}$	$PO_{i,c}$	$PO_{i,b}$	$I_{i,a}$	$I_{i,c}$	$I_{i,b}$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Riesgo $n$	$PO_{n,a}$	$PO_{n,c}$	$PO_{n,b}$	$I_{n,a}$	$I_{n,c}$	$I_{n,b}$
Mediana	$PO_a$	$PO_c$	$PO_b$	$I_a$	$I_c$	$I_b$

$PO_a$  representa la mediana del conjunto de valores mínimos de la probabilidad de ocurrencia  $\{PO_{1,a}, PO_{2,a}, \dots, PO_{i,a}, \dots, PO_{n,a}\}$ ,  $PO_c$  representa la mediana del conjunto de valores más probable de la probabilidad de ocurrencia  $\{PO_{1,c}, PO_{2,c}, \dots, PO_{i,c}, \dots, PO_{n,c}\}$  y  $PO_b$  representa la mediana del conjunto de valores máximos de la probabilidad de ocurrencia  $\{PO_{1,b}, PO_{2,b}, \dots, PO_{i,b}, \dots, PO_{n,b}\}$ .  $I_a$  representa la mediana del conjunto de valores mínimos del impacto  $\{I_{1,a}, I_{2,a}, \dots, I_{i,a}, \dots, I_{n,a}\}$ ,  $I_c$  representa la mediana del conjunto de valores más probable del impacto  $\{I_{1,c}, I_{2,c}, \dots, I_{i,c}, \dots, I_{n,c}\}$  y  $I_b$  representa la mediana del conjunto de valores máximos del impacto  $\{I_{1,b}, I_{2,b}, \dots, I_{i,b}, \dots, I_{n,b}\}$ .

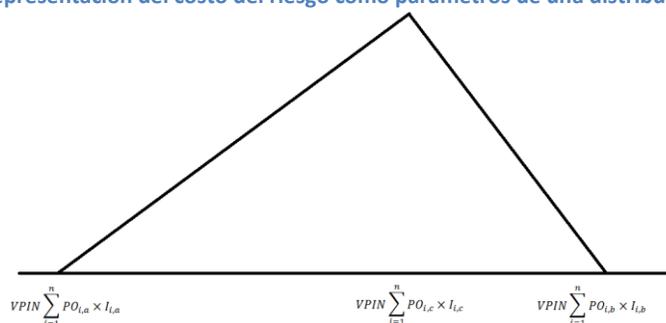
La Tabla 27 muestra el cálculo del costo de riesgo utilizando la definición de costo del riesgo que se indica en el Anexo II.

Tabla 27: Cálculo del costo del riesgo según la distribución triangular			
Riesgos	Mínimo	Más Probable	Máximo
Riesgo 1	$VPIN \times PO_{1,a} \times I_{1,a}$	$VPIN \times PO_{1,c} \times I_{1,c}$	$VPIN \times PO_{1,b} \times I_{1,b}$
Riesgo 2	$VPIN \times PO_{2,a} \times I_{2,a}$	$VPIN \times PO_{2,c} \times I_{2,c}$	$VPIN \times PO_{2,b} \times I_{2,b}$
⋮	⋮	⋮	⋮
Riesgo $i$	$VPIN \times PO_{i,a} \times I_{i,a}$	$VPIN \times PO_{i,c} \times I_{i,c}$	$VPIN \times PO_{i,b} \times I_{i,b}$
⋮	⋮	⋮	⋮
Riesgo $n$	$VPIN \times PO_{n,a} \times I_{n,a}$	$VPIN \times PO_{n,c} \times I_{n,c}$	$VPIN \times PO_{n,b} \times I_{n,b}$
Riesgo Total	$VPIN \sum_{i=1}^n PO_{i,a} \times I_{i,a}$	$VPIN \sum_{i=1}^n PO_{i,c} \times I_{i,c}$	$VPIN \sum_{i=1}^n PO_{i,b} \times I_{i,b}$

La sumatoria de cada una de las columnas correspondiente a los riesgos, representa el costo del riesgo total, esto es posible dado que se asume que los riesgos son independientes entre

sí<sup>23</sup>. Debido a que se ha trabajado con una distribución triangular, los valores obtenidos corresponden a sus parámetros y por lo tanto, se tendrá:

Figura 18: Representación del costo del riesgo como parámetros de una distribución triangular



Con los parámetros de la distribución y empleando la fórmula del percentil, según corresponda, se obtiene los percentiles 5-50-95 que representa el valor del costo del riesgo para las distintas posiciones frente al riesgo que puede tomar el sector público según se muestra en la Tabla 28:

Tabla 28: Posición frente al riesgo en función de los percentiles		
Aversión Baja	Aversión Promedio	Aversión Superior
$P_5$	$P_{50}$	$P_{95}$

### Ejemplo:

Supongamos que se desea evaluar el costo del riesgo del sobre costo, para lo cual, luego del proceso de jerarquización se obtienen 20 riesgos. Los riesgos serán evaluados por un grupo de 15 expertos quienes utilizan la distribución de probabilidad triangular tanto para la probabilidad de ocurrencia y como para medir el impacto.

Los resultados para las probabilidades de ocurrencia para cada riesgo se presentan en la Tabla 29.

Tabla 29: Probabilidades de ocurrencia para cada riesgo por cada uno de los expertos																								
Riesgos	Experto 1			Experto 2			Experto 3			Experto 4			Experto 5			Experto 6			Experto 7			Experto 8		
	Min	Más	Max																					
R1	14%	28%	41%	19%	33%	44%	9%	25%	44%	6%	20%	39%	15%	33%	38%	19%	22%	40%	18%	22%	45%	17%	32%	42%
R2	13%	32%	47%	11%	24%	38%	19%	33%	39%	15%	26%	47%	19%	23%	36%	10%	33%	43%	19%	29%	36%	13%	29%	44%

<sup>23</sup> Cuando se encuentre evidencia de una relación no causal entre los riesgos, implica que es posible considerar alguna correlación entre los riesgos para determinar de esta forma las relaciones directas entre ellos. Solamente si hay evidencia fundada acerca de la presencia de dichas correlaciones. El coeficiente de correlación indica un número entre -1 y 1 que especifica matemáticamente el valor de correlación negativa y positiva, respectivamente. La presencia de correlación no afecta el valor esperado del riesgo total. Sin embargo, la volatilidad del riesgo total se ve afectada a medida que aumenta el coeficiente de correlación (siempre que las variables correlacionadas tiren el resultado para el mismo lado). Actualmente existen diferentes motores estadísticos que permiten además de generar distintos escenarios mediante simulaciones de Monte Carlo, definir previamente las variables que consideremos que deben de estar correlacionadas.

**Tabla 29: Probabilidades de ocurrencia para cada riesgo por cada uno de los expertos**

Riesgos	Experto 1			Experto 2			Experto 3			Experto 4			Experto 5			Experto 6			Experto 7			Experto 8		
	Min	Más	Max																					
R3	7%	29%	49%	18%	24%	46%	13%	32%	36%	9%	29%	48%	16%	29%	43%	9%	33%	47%	15%	24%	37%	6%	32%	37%
R4	13%	28%	36%	12%	21%	46%	17%	20%	39%	19%	31%	39%	14%	22%	41%	17%	28%	46%	6%	23%	39%	18%	22%	45%
R5	13%	26%	38%	18%	29%	47%	11%	30%	43%	12%	34%	35%	16%	23%	38%	16%	26%	46%	11%	26%	46%	19%	30%	48%
R6	8%	29%	37%	16%	33%	37%	17%	26%	42%	8%	23%	43%	13%	32%	46%	17%	34%	49%	10%	22%	45%	17%	27%	35%
R7	5%	20%	42%	7%	31%	44%	11%	20%	37%	17%	28%	48%	15%	30%	49%	5%	27%	41%	15%	24%	44%	9%	24%	35%
R8	18%	32%	49%	15%	30%	43%	5%	25%	45%	5%	20%	46%	12%	32%	42%	7%	31%	37%	19%	34%	39%	15%	34%	40%
R9	7%	21%	49%	14%	24%	42%	5%	22%	49%	15%	32%	47%	6%	30%	46%	12%	24%	43%	15%	22%	43%	19%	25%	39%
R10	13%	29%	46%	6%	22%	40%	8%	20%	41%	6%	25%	40%	15%	34%	46%	14%	20%	36%	7%	31%	49%	19%	21%	47%
R11	13%	21%	37%	11%	24%	42%	14%	30%	47%	8%	24%	49%	7%	20%	37%	6%	29%	45%	6%	33%	35%	11%	25%	48%
R12	11%	23%	39%	19%	34%	45%	13%	28%	47%	8%	34%	40%	8%	34%	36%	13%	31%	44%	16%	21%	41%	19%	34%	41%
R13	11%	24%	44%	5%	29%	40%	14%	33%	36%	10%	27%	42%	17%	23%	41%	7%	31%	39%	19%	34%	44%	17%	34%	46%
R14	19%	25%	43%	7%	26%	44%	12%	26%	38%	15%	29%	35%	14%	23%	40%	11%	28%	36%	6%	27%	38%	5%	32%	47%
R15	17%	22%	39%	16%	34%	42%	8%	20%	46%	14%	26%	36%	12%	23%	37%	6%	25%	48%	19%	24%	37%	12%	27%	44%
R16	16%	30%	42%	19%	25%	36%	10%	22%	42%	5%	20%	38%	11%	25%	38%	19%	20%	43%	6%	22%	47%	19%	33%	40%
R17	12%	26%	46%	19%	28%	37%	9%	30%	41%	6%	31%	38%	6%	33%	39%	16%	27%	37%	12%	31%	45%	18%	24%	37%
R18	5%	32%	48%	9%	32%	36%	14%	31%	42%	8%	32%	49%	11%	24%	38%	7%	26%	47%	8%	24%	49%	11%	24%	44%
R19	17%	31%	42%	13%	25%	49%	9%	22%	42%	19%	27%	37%	14%	30%	39%	5%	31%	44%	14%	24%	39%	16%	24%	39%
R20	9%	20%	42%	13%	32%	39%	17%	27%	43%	13%	25%	38%	7%	23%	35%	10%	31%	48%	14%	24%	40%	7%	33%	41%

**Tabla 30: Probabilidades de ocurrencia para cada riesgo por cada uno de los expertos**

Riesgos	Experto 9			Experto 10			Experto 11			Experto 12			Experto 13			Experto 14			Experto 15		
	Min	Más	Max	Min	Más	Max	Min	Más	Max	Min	Más	Max	Min	Más	Max	Min	Más	Max	Min	Más	Max
R1	6%	27%	41%	5%	22%	38%	9%	30%	41%	19%	32%	43%	8%	31%	47%	17%	29%	36%	10%	25%	42%
R2	17%	34%	38%	7%	31%	36%	12%	32%	36%	7%	26%	42%	15%	20%	44%	8%	23%	45%	9%	22%	48%
R3	5%	22%	37%	6%	25%	44%	14%	25%	46%	8%	24%	37%	13%	32%	46%	15%	33%	37%	16%	22%	45%
R4	18%	32%	41%	5%	26%	39%	12%	34%	47%	17%	25%	39%	16%	30%	38%	9%	23%	43%	14%	30%	38%
R5	15%	28%	43%	17%	23%	37%	5%	30%	46%	8%	31%	44%	19%	31%	42%	12%	23%	46%	14%	23%	45%
R6	10%	30%	35%	7%	31%	43%	15%	28%	47%	14%	21%	47%	14%	29%	37%	18%	26%	43%	12%	25%	47%
R7	19%	29%	38%	17%	26%	38%	16%	32%	40%	12%	32%	38%	10%	26%	45%	12%	28%	36%	6%	27%	49%
R8	19%	20%	42%	8%	27%	38%	13%	29%	35%	18%	29%	39%	5%	29%	35%	7%	22%	35%	6%	22%	49%
R9	11%	26%	49%	8%	30%	36%	14%	31%	49%	13%	30%	44%	19%	20%	48%	14%	21%	37%	16%	28%	38%
R10	8%	22%	35%	13%	29%	36%	19%	20%	35%	8%	26%	39%	8%	27%	41%	13%	22%	48%	18%	32%	36%
R11	18%	20%	46%	11%	29%	35%	17%	22%	45%	8%	30%	37%	7%	27%	46%	14%	24%	49%	15%	34%	36%
R12	11%	23%	38%	13%	23%	49%	18%	22%	39%	7%	24%	43%	10%	24%	44%	16%	28%	40%	14%	27%	42%
R13	10%	25%	36%	12%	30%	38%	14%	29%	36%	16%	21%	37%	8%	21%	46%	9%	29%	48%	11%	33%	48%
R14	18%	24%	39%	6%	30%	40%	9%	24%	37%	13%	23%	37%	18%	23%	49%	14%	23%	44%	18%	28%	44%
R15	17%	20%	35%	6%	24%	47%	16%	31%	49%	15%	20%	35%	13%	34%	43%	18%	27%	37%	13%	23%	38%
R16	9%	22%	46%	14%	34%	38%	16%	34%	44%	6%	28%	43%	14%	24%	40%	11%	24%	45%	17%	33%	49%
R17	11%	31%	49%	16%	23%	45%	5%	26%	49%	8%	22%	44%	18%	24%	35%	14%	22%	36%	6%	31%	37%

**Tabla 30: Probabilidades de ocurrencia para cada riesgo por cada uno de los expertos**

Riesgos	Experto 9			Experto 10			Experto 11			Experto 12			Experto 13			Experto 14			Experto 15		
	Min	Más	Max	Min	Más	Max	Min	Más	Max	Min	Más	Max	Min	Más	Max	Min	Más	Max	Min	Más	Max
R18	10%	29%	47%	19%	21%	45%	16%	34%	44%	11%	26%	37%	11%	21%	36%	13%	34%	41%	17%	30%	35%
R19	14%	28%	44%	16%	20%	40%	11%	28%	43%	8%	32%	37%	18%	27%	46%	16%	20%	38%	15%	22%	38%
R20	18%	25%	39%	9%	31%	37%	5%	20%	38%	18%	25%	49%	17%	22%	42%	13%	27%	40%	7%	30%	49%

Por ejemplo, de las tablas anteriores se puede observar que para el Experto 5 con respecto al Riesgo 4, el valor mínimo de la probabilidad de ocurrencia es igual al 14%, el valor más probable de la probabilidad de ocurrencia es igual a 22% y el valor máximo para la probabilidad de ocurrencia es a 41%.

Por su parte las Tablas 31 y 32 muestran para cada experto, la percepción del impacto de cada riesgo jerarquizado.

**Tabla 31: Impacto para cada riesgo por cada uno de los expertos**

Riesgos	Experto 1			Experto 2			Experto 3			Experto 4			Experto 5			Experto 6			Experto 7			Experto 8		
	Min	Más	Max																					
R1	13%	21%	37%	5%	31%	41%	19%	30%	43%	15%	21%	43%	5%	34%	47%	6%	33%	38%	14%	23%	42%	8%	20%	47%
R2	5%	29%	39%	12%	33%	45%	14%	28%	43%	6%	32%	44%	10%	27%	42%	10%	32%	40%	7%	25%	35%	15%	29%	46%
R3	5%	25%	44%	9%	32%	43%	10%	21%	49%	13%	26%	37%	13%	29%	36%	11%	30%	44%	11%	34%	37%	19%	29%	40%
R4	12%	21%	46%	11%	33%	45%	9%	33%	39%	5%	25%	39%	12%	34%	40%	5%	23%	40%	12%	34%	40%	15%	20%	37%
R5	7%	25%	38%	12%	30%	35%	13%	29%	38%	10%	29%	41%	9%	27%	49%	10%	22%	43%	6%	32%	49%	11%	24%	37%
R6	16%	24%	36%	7%	31%	46%	6%	24%	48%	12%	20%	49%	10%	22%	48%	15%	32%	39%	16%	27%	49%	11%	23%	47%
R7	13%	23%	35%	5%	24%	48%	18%	27%	40%	13%	22%	38%	18%	34%	45%	14%	33%	47%	5%	27%	44%	8%	29%	38%
R8	18%	33%	39%	10%	26%	45%	13%	30%	39%	15%	25%	40%	5%	21%	35%	18%	23%	35%	11%	25%	40%	18%	34%	37%
R9	11%	26%	36%	10%	33%	36%	12%	34%	49%	12%	29%	41%	16%	21%	37%	9%	28%	46%	10%	25%	44%	17%	31%	39%
R10	10%	25%	49%	7%	28%	35%	18%	33%	45%	15%	33%	36%	9%	32%	37%	11%	23%	37%	16%	20%	36%	7%	33%	48%
R11	8%	30%	42%	5%	30%	46%	18%	27%	41%	14%	25%	36%	12%	25%	36%	10%	29%	42%	10%	27%	45%	10%	22%	44%
R12	14%	20%	43%	13%	23%	38%	9%	23%	36%	10%	24%	49%	9%	33%	48%	5%	29%	35%	12%	31%	48%	5%	33%	41%
R13	17%	21%	43%	14%	31%	43%	7%	27%	47%	12%	24%	48%	12%	25%	42%	11%	30%	48%	9%	26%	37%	12%	24%	43%
R14	15%	29%	35%	10%	24%	38%	6%	21%	42%	10%	29%	40%	10%	23%	43%	13%	33%	45%	17%	31%	42%	12%	27%	43%
R15	14%	30%	44%	7%	25%	47%	16%	26%	48%	5%	23%	39%	13%	29%	41%	15%	23%	48%	12%	24%	36%	19%	24%	36%
R16	8%	25%	44%	13%	33%	37%	19%	29%	37%	14%	26%	47%	8%	31%	44%	8%	33%	37%	6%	24%	47%	7%	30%	48%
R17	17%	22%	39%	17%	34%	44%	13%	31%	36%	9%	29%	48%	12%	31%	38%	18%	22%	44%	11%	21%	42%	18%	32%	49%
R18	5%	20%	47%	14%	24%	47%	19%	31%	35%	11%	27%	38%	16%	27%	41%	11%	24%	46%	13%	20%	48%	18%	27%	43%
R19	19%	27%	44%	9%	25%	37%	14%	33%	44%	19%	21%	37%	6%	28%	37%	11%	31%	42%	10%	22%	35%	6%	26%	36%
R20	18%	20%	44%	9%	21%	43%	18%	29%	49%	5%	30%	40%	18%	24%	47%	18%	23%	46%	7%	33%	35%	12%	25%	41%

**Tabla 32: Impacto para cada riesgo por cada uno de los expertos**

Riesgos	Experto 9			Experto 10			Experto 11			Experto 12			Experto 13			Experto 14			Experto 15		
	Min	Más	Max	Min	Más	Max	Min	Más	Max	Min	Más	Max	Min	Más	Max	Min	Más	Max	Min	Más	Max
R1	6%	27%	49%	17%	32%	46%	5%	29%	39%	5%	29%	37%	7%	28%	38%	11%	25%	48%	13%	34%	40%
R2	9%	27%	42%	5%	31%	41%	8%	29%	35%	6%	21%	48%	7%	28%	49%	16%	34%	48%	15%	33%	42%
R3	11%	28%	42%	9%	26%	49%	8%	20%	40%	5%	21%	46%	6%	27%	39%	9%	31%	40%	17%	24%	48%
R4	11%	34%	41%	9%	28%	45%	17%	27%	39%	6%	31%	37%	8%	28%	45%	12%	27%	45%	18%	26%	46%
R5	16%	27%	39%	12%	26%	47%	16%	34%	40%	13%	25%	41%	15%	20%	47%	15%	25%	37%	12%	20%	41%
R6	9%	27%	41%	11%	30%	39%	19%	32%	44%	18%	22%	41%	6%	30%	45%	19%	21%	36%	7%	33%	48%
R7	18%	28%	47%	5%	26%	38%	9%	33%	42%	8%	28%	35%	16%	29%	39%	11%	33%	37%	13%	34%	40%
R8	17%	31%	39%	15%	23%	40%	11%	26%	47%	14%	20%	49%	13%	28%	45%	17%	34%	44%	15%	31%	37%
R9	14%	26%	45%	5%	26%	42%	19%	33%	44%	8%	30%	44%	10%	24%	35%	19%	31%	47%	16%	34%	46%
R10	18%	25%	37%	8%	22%	45%	5%	21%	40%	15%	26%	41%	5%	22%	39%	11%	24%	37%	7%	33%	42%
R11	12%	21%	47%	15%	23%	48%	13%	26%	47%	10%	22%	43%	6%	27%	36%	14%	33%	39%	18%	22%	35%
R12	7%	29%	49%	13%	21%	35%	17%	26%	45%	8%	33%	43%	17%	34%	40%	5%	25%	45%	15%	34%	43%
R13	9%	30%	37%	13%	32%	41%	19%	23%	45%	7%	20%	48%	15%	20%	44%	12%	26%	36%	18%	31%	49%
R14	15%	33%	38%	13%	22%	49%	10%	21%	42%	7%	29%	38%	14%	27%	36%	7%	29%	39%	17%	30%	42%
R15	10%	28%	47%	19%	21%	46%	6%	27%	35%	16%	28%	42%	10%	26%	35%	14%	29%	45%	14%	21%	40%
R16	11%	32%	36%	8%	23%	44%	9%	34%	40%	9%	31%	47%	18%	23%	38%	15%	25%	47%	13%	27%	44%
R17	8%	28%	48%	11%	25%	47%	10%	26%	44%	8%	24%	45%	5%	33%	39%	7%	25%	43%	11%	29%	42%
R18	8%	28%	37%	7%	33%	44%	6%	20%	47%	10%	24%	47%	8%	30%	41%	6%	20%	38%	16%	30%	37%
R19	9%	31%	48%	10%	31%	46%	15%	24%	35%	8%	30%	41%	13%	29%	39%	6%	31%	41%	11%	27%	44%
R20	13%	32%	41%	15%	27%	43%	14%	23%	48%	18%	34%	40%	7%	33%	39%	16%	28%	48%	19%	20%	47%

Por ejemplo, de la Tabla 32, se puede observar que para el Experto 9 con respecto al Riesgo 18, percibe que el impacto sobre el PPR puede ser como mínimo igual a 8% de sobre costo, el valor más probable igual a 28% y el valor de impacto máximo es un sobre costo de 37%.

Con la información de las Tablas 31 y 32, agregando las medianas para todos los expertos, se obtiene la Tabla 33:

**Tabla 33: Probabilidades de ocurrencia e Impacto de los riesgos**

Riesgos	Probabilidad de ocurrencia			Impacto		
	Mínimo	Más probable	Máximo	Mínimo	Más probable	Máximo
R1	14%	28%	41%	8%	29%	42%
R2	13%	29%	42%	9%	29%	42%
R3	13%	29%	44%	10%	27%	42%
R4	14%	26%	39%	11%	28%	40%
R5	14%	28%	44%	12%	26%	41%
R6	14%	28%	43%	11%	27%	45%
R7	12%	27%	41%	13%	28%	40%

**Tabla 33: Probabilidades de ocurrencia e Impacto de los riesgos**

Riesgos	Probabilidad de ocurrencia			Impacto		
	Mínimo	Más probable	Máximo	Mínimo	Más probable	Máximo
R8	12%	29%	40%	15%	26%	40%
R9	14%	25%	44%	12%	29%	44%
R10	13%	25%	40%	10%	25%	39%
R11	11%	25%	45%	12%	26%	42%
R12	13%	27%	41%	10%	29%	43%
R13	11%	29%	41%	12%	26%	43%
R14	13%	26%	40%	12%	29%	42%
R15	14%	24%	39%	14%	26%	42%
R16	14%	25%	42%	9%	29%	44%
R17	12%	27%	39%	11%	28%	44%
R18	11%	29%	44%	11%	27%	43%
R19	14%	27%	40%	10%	28%	41%
R20	13%	25%	40%	15%	27%	43%

De acuerdo a la definición del costo del riesgo, y asumiendo un VPIN= USD 50.000.000 se obtiene la siguiente tabla:

**Tabla 34: Cálculo del Costo del Riesgo**

Riesgos	Mínimo	Más Probable	Máximo
R1	560.000	4.060.000	8.610.000
R2	585.000	4.205.000	8.820.000
R3	650.000	3.915.000	9.240.000
R4	770.000	3.640.000	7.800.000
R5	840.000	3.640.000	9.020.000
R6	770.000	3.780.000	9.675.000
R7	780.000	3.780.000	8.200.000
R8	900.000	3.770.000	8.000.000
R9	840.000	3.625.000	9.680.000
R10	650.000	3.125.000	7.800.000
R11	660.000	3.250.000	9.450.000
R12	650.000	3.915.000	8.815.000
R13	660.000	3.770.000	8.815.000
R14	780.000	3.770.000	8.400.000
R15	980.000	3.120.000	8.190.000
R16	630.000	3.625.000	9.240.000
R17	660.000	3.780.000	8.580.000
R18	605.000	3.915.000	9.460.000
R19	700.000	3.780.000	8.200.000
R20	975.000	3.375.000	8.600.000

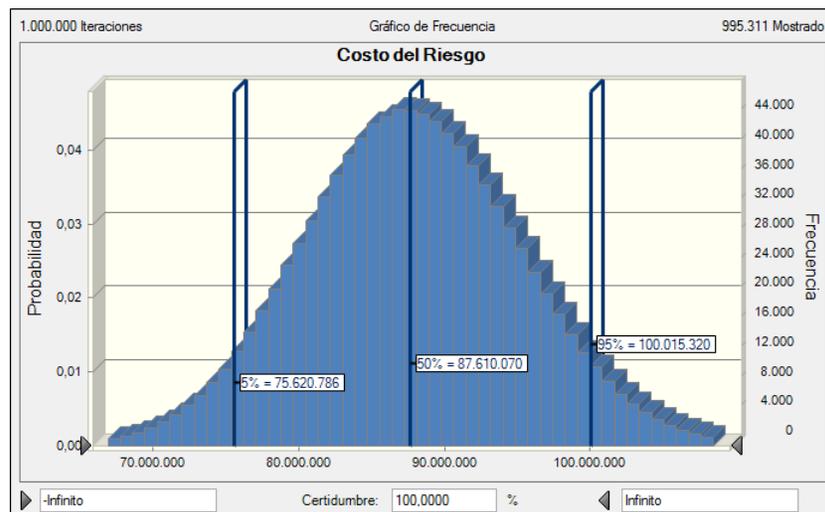
**Tabla 34: Cálculo del Costo del Riesgo**

Riesgos	Mínimo	Más Probable	Máximo
Total	14.645.000	73.840.000	174.595.000

Por ejemplo, para el riesgo R15, en el caso más probable el valor de 3.162.366 se obtiene de la siguiente manera:

$$3.120.000 = 50.000.000 \times 24\% \times 26\%$$

Luego de realizar 1.000.000 de iteraciones mediante una simulación de Monte Carlo se obtiene los siguientes resultados para diferentes posiciones frente al riesgo de parte del sector público mediante los percentiles de la distribución de probabilidad del Costo del Riesgo Total, que corresponde a la suma de los costos del riesgo de los respectivos riesgos.



En la Tabla 35 se muestra el resultado de la simulación.

**Tabla 35: Cálculo del Costo del Riesgo**

	$P_5$	$P_{50}$	$P_{95}$
Costo del Riesgo	75.620.786	87.610.070	100.015.320

El costo del riesgo total calculado debe ser asignado en riesgos retenidos y riesgos transferidos utilizando el mismo procedimiento mostrado en el caso cuando se disponía de información histórica con la diferencia que ahora se están analizando riesgos (y no causas del riesgo total), y el costo del riesgo se ha calculado con probabilidad de ocurrencia y de impacto de manera subjetiva.

Siguiendo con el ejemplo, para la etapa que sigue se asume que el Coordinador General le pregunta a cada experto la pregunta: **¿Qué porcentaje del riesgo valorado y jerarquizado se asigna como riesgo retenido?**

Una vez que cada experto responde la pregunta anterior, el procedimiento de la información es idéntico al mostrado para el caso presentado cuando se cuenta con información histórica.

## Apéndice: Método de Borda

El método de Borda se emplea para poder obtener una jerarquización de los riesgos teniendo en cuenta el impacto y la probabilidad de ocurrencia sobre la base de una aplicación multicriterio.

En 1970 J-C. Borda propuso el siguiente método de votación: dado  $n$  candidatos, se asignará el siguiente puntaje  $n - 1$  al primer lugar,  $n - 2$  al segundo lugar y al último lugar se le asigna un puntaje igual a 0. Por consiguiente, el candidato ganador será aquel que logre acumular la mayor cantidad de puntos asignados. El puntaje ingresado por cada uno de los votantes puede ser reemplazado por criterios, que reflejen la percepción sobre cada uno de los candidatos.

Para el desarrollo del Método de Borda se tendrá en cuenta la siguiente tabla que se muestra a continuación de manera parcial.

Tabla 36: Ejemplo – riesgo de impacto y probabilidad de ocurrencia		
Riesgos/Causas	Riesgo de Impacto	Probabilidad de ocurrencia (%)
RC1	C	90%
RC2	S	60%
RC3	Mo	25%
RC4	D	4%
RC5	Mi	18%
RC6	Mo	75%
RC7	S	85%
RC8	D	85%

Sea  $Q_j$  el valor del  $j$ -ésimo impacto de tal manera que  $Q_j > Q_{j+1}$ , dado los impactos definidos en la Tabla 34. Además, se define  $M_j$  como el número de riesgos que tienen el impacto  $Q_j$ , siguiendo con el ejemplo de la Tabla 37 se obtiene los siguientes valores:

Tabla 37: Ponderación de los impactos en función al número de riesgos			
$j$	$Q_j$	$M_j$	$T_j$
1	C	1	1,0
2	S	2	2,5
3	Mo	2	4,5
4	Mi	1	6,0
5	D	2	7,5

Donde se ha definido a  $T_j$  como el rango para todos los riesgos que tienen el  $j$ -ésimo impacto. Dado que existen  $M_1$  riesgos que están restringidos entre las posiciones 1 y  $M_1$ ,

entonces la suma de todas las posiciones es igual<sup>24</sup> a  $(M_1/2)(1 + M_1)$ . Por lo tanto el promedio de la suma es igual a  $T_1 = (1/2)(1 + M_1)$ . De manera análoga, existen  $M_2$  riesgos que están restringidos a las posiciones  $M_1 + 1$  hasta la posición  $M_1 + M_2$ , por consiguiente el promedio de la suma de todas las posiciones es igual a  $T_2 = (1/2)(1 + 2M_1 + M_2)$ . Por inducción, se puede generalizar para un número de riesgo  $M_j > 0$  de la siguiente manera:

$$T_j = \frac{1}{2}(2C_j + 1 + M_j), \text{ donde } C_j = \sum_{k=1}^{j-1} M_k \text{ tal que } C_1 = 0.$$

Para el ejemplo, se tiene cada uno de los valores de  $T_j$  en la Tabla 34, a continuación se describe el proceso de cálculo para  $j$ :

$$T_1 = \frac{1}{2}(1 + M_1) = \frac{1}{2}(1 + 1) = 1,0$$

$$T_2 = \frac{1}{2}(2M_1 + 1 + M_2) = \frac{1}{2}(2 \times 1 + 1 + 2) = 2,5$$

$$T_3 = \frac{1}{2}(2(M_1 + M_2) + 1 + M_3) = \frac{1}{2}(2 \times (1 + 2) + 1 + 2) = 4,5$$

$$T_4 = \frac{1}{2}(2(M_1 + M_2 + M_3) + 1 + M_4) = \frac{1}{2}(2 \times (1 + 2 + 2) + 1 + 1) = 6,0$$

$$T_5 = \frac{1}{2}(2(M_1 + M_2 + M_3 + M_4) + 1 + M_5) = \frac{1}{2}(2 \times (1 + 2 + 2 + 1) + 1 + 2) = 7,5$$

Asimismo, sea  $r_{ik}$  la calificación del riesgo  $i$  bajo el criterio  $k$ , donde un valor de  $k = 1$  indica el riesgo de impacto y  $k = 2$  indica la clasificación de las probabilidades de ocurrencia inversamente al valor de las probabilidades respectivas.

Tabla 38: Jerarquización individual con respecto al impacto y la probabilidad				
Riesgos estándares	Riesgo de Impacto	Probabilidad de ocurrencia (%)	$r_{i1}$	$r_{i2}$
RC1	C	90%	1	1
RC2	S	60%	2,5	5
RC3	Mo	25%	4,5	6
RC4	D	4%	7,5	8
RC5	Mi	18%	6	7
RC6	Mo	75%	4,5	4
RC7	S	85%	2,5	2,5
RC8	D	85%	7,5	2,5

Sin embargo la probabilidad de ocurrencia es jerarquizado en función a su valor, es decir, al riesgo RC5 le corresponde el valor de 7, por ser el mayor de todos los valores

<sup>24</sup> Dado que se encuentran ordenados de tal manera que forman una progresión aritmética, entonces la suma de todos los elementos que indican las respectivas posiciones es igual a  $(n/2)(a + b)$ , donde  $n$  indican el número de sumandos,  $a$  y  $b$  representan el primer y último elemento de la progresión aritmética, respectivamente.

correspondientes a las probabilidades de ocurrencia, de esta misma manera se obtiene que el riesgo RC2 le corresponde el valor de 5, por el mayor de todos después de RC4, en la Tabla 37 se muestra la jerarquización de todas las probabilidades.

El siguiente paso es la aplicación de Contador de Borda, con la finalidad de obtener una jerarquización teniendo en cuenta las jerarquizaciones individuales anteriormente calculadas, lo cual se realiza por medio de la siguiente expresión:

$$b_i = (N - r_{i1}) + (N - r_{i2}), \quad i = 1, \dots, N$$

Donde  $N$  representa el número de riesgos analizados. Continuado con el ejemplo anterior el valor de  $N = 8$ ,

$$\begin{aligned} b_1 &= (8 - 1,0) + (8 - 1) = 14 \\ b_2 &= (8 - 2,5) + (8 - 5) = 8,5 \\ b_3 &= (8 - 4,5) + (8 - 6) = 5,5 \\ b_4 &= (8 - 7,5) + (8 - 8) = 0,5 \\ b_5 &= (8 - 6,0) + (8 - 7) = 3,0 \\ b_6 &= (8 - 4,5) + (8 - 4) = 7,5 \\ b_7 &= (8 - 2,5) + (8 - 2,5) = 11,0 \\ b_8 &= (8 - 7,5) + (8 - 2,5) = 6,0 \end{aligned}$$

El paso final es la jerarquización de los riesgos con respecto a sus respectivos Contadores de Borda. En particular, el riesgo con mayor Contador de Borda es considerado como el riesgo más crítico, el riesgo con el segundo mayor Contador de Borda es el siguiente riesgo más crítico y así sucesivamente. El Valor de Borda para un riesgo dado es calculado en función del Contador de Borda tal como se muestra a continuación:

Tabla 39: Resultado de la jerarquización								
N°	Riesgo	Riesgo de Impacto	Probabilidad de Ocurrencia (%)	I Rank	Po Rank	Contador de Borda	Valor de Borda	Clasificación
1	XXX	C	90%	1	1	14	1	AR
2	XXX	S	60%	2,5	5	8,5	3	AR
3	XXX	Mo	25%	4,5	6	5,5	6	MR
4	XXX	D	4%	7,5	8	0,5	8	PR
5	XXX	Mi	18%	6	7	3	7	PR
6	XXX	Mo	75%	4,5	4	7,5	4	MR
7	XXX	S	85%	2,5	2,5	11	2	AR
8	XXX	D	85%	7,5	2,5	6	5	MR

En la siguiente tabla se muestran los supuestos que se han considerado para el cálculo del costo del riesgo:

Tabla 40: Supuestos para la modelación	
Parámetro	Valor
Porcentaje riesgo retenido	35%
Porcentaje riesgo transferido	65%

En las siguientes tablas se muestra el resultado de la elicitación de los 15 expertos con respecto a los riesgos considerados, además del cálculo de los percentiles que permitirán calcular el costo del riesgo para diferentes posiciones frente al riesgo por parte del sector público:

Tabla 41: Probabilidad de ocurrencia y el riesgo de impacto del Riesgo 1						
Experto	Probabilidad de Ocurrencia			Riesgo de Impacto		
	Mínimo	Más probable	Máximo	Mínimo	Más probable	Máximo
E1	3%	19%	25%	7%	22%	26%
E2	6%	13%	24%	13%	19%	32%
E3	7%	20%	26%	12%	21%	33%
E4	5%	17%	26%	6%	20%	27%
E5	3%	14%	23%	5%	18%	30%
E6	5%	13%	26%	8%	22%	28%
E7	7%	16%	23%	11%	22%	31%
E8	4%	20%	23%	8%	19%	30%
E9	3%	17%	25%	10%	19%	28%
E10	5%	18%	25%	11%	14%	30%
E11	7%	14%	29%	10%	14%	27%
E12	3%	19%	22%	12%	16%	33%
E13	6%	15%	30%	6%	18%	26%
E14	9%	20%	23%	12%	15%	30%
E15	4%	13%	24%	13%	21%	32%
<b>Promedio representativo</b>	<b>5%</b>	<b>17%</b>	<b>25%</b>	<b>10%</b>	<b>19%</b>	<b>30%</b>

Tabla 42: Percentiles del Riesgo 1			
Probabilidad de Ocurrencia		Riesgo de Impacto	
Percentil 5%	3,3%	Percentil 5%	3,0%
Percentil 50%	10,5%	Percentil 50%	19,3%
Percentil 95%	21,9%	Percentil 95%	26,7%

Tabla 43: Probabilidad de ocurrencia y el riesgo de impacto del Riesgo 2						
Experto	Probabilidad de Ocurrencia			Riesgo de Impacto		
	Mínimo	Más probable	Máximo	Mínimo	Más probable	Máximo
E1	7%	20%	39%	10%	13%	22%
E2	7%	23%	43%	7%	14%	39%

**Tabla 43: Probabilidad de ocurrencia y el riesgo de impacto del Riesgo 2**

Experto	Probabilidad de Ocurrencia			Riesgo de Impacto		
	Mínimo	Más probable	Máximo	Mínimo	Más probable	Máximo
E3	5%	20%	41%	9%	17%	38%
E4	2%	23%	41%	6%	18%	21%
E5	3%	24%	44%	9%	18%	25%
E6	8%	15%	41%	7%	13%	22%
E7	2%	16%	37%	8%	20%	43%
E8	7%	24%	31%	8%	17%	29%
E9	3%	17%	44%	6%	14%	40%
E10	9%	24%	37%	7%	15%	33%
E11	6%	22%	44%	9%	19%	31%
E12	5%	16%	40%	10%	18%	22%
E13	8%	16%	43%	7%	13%	24%
E14	6%	17%	32%	6%	13%	40%
E15	5%	20%	44%	8%	17%	39%
<b>Promedio representativo</b>	<b>6%</b>	<b>20%</b>	<b>41%</b>	<b>8%</b>	<b>17%</b>	<b>31%</b>

**Tabla 44: Percentiles del Riesgo 2**

Probabilidad de Ocurrencia		Riesgo de Impacto	
Percentil 5%	4,9%	Percentil 5%	3,3%
Percentil 50%	21,9%	Percentil 50%	18,2%
Percentil 95%	35,0%	Percentil 95%	27,1%

**Tabla 45: Probabilidad de ocurrencia y el riesgo de impacto del Riesgo 3**

Experto	Probabilidad de Ocurrencia			Riesgo de Impacto		
	Mínimo	Más probable	Máximo	Mínimo	Más probable	Máximo
E1	12%	10%	33%	12%	20%	40%
E2	12%	18%	27%	11%	24%	44%
E3	11%	12%	31%	14%	28%	41%
E4	11%	20%	20%	14%	23%	36%
E5	12%	17%	29%	11%	29%	44%
E6	11%	15%	22%	15%	24%	40%
E7	10%	12%	22%	14%	22%	41%
E8	11%	11%	31%	14%	30%	40%
E9	11%	12%	25%	11%	26%	37%
E10	10%	19%	27%	15%	25%	44%
E11	11%	14%	24%	10%	26%	43%
E12	11%	19%	21%	12%	20%	44%
E13	10%	11%	31%	12%	22%	39%
E14	11%	14%	30%	15%	30%	37%
E15	10%	15%	32%	14%	21%	39%
<b>Promedio representativo</b>	<b>11%</b>	<b>14%</b>	<b>27%</b>	<b>14%</b>	<b>24%</b>	<b>40%</b>

**Tabla 46: Percentiles del Riesgo 3**

Probabilidad de Ocurrencia		Riesgo de Impacto	
Percentil 5%	1,7%	Percentil 5%	3,8%
Percentil 50%	16,9%	Percentil 50%	25,6%
Percentil 95%	24,1%	Percentil 95%	35,3%

**Tabla 47: Probabilidad de ocurrencia y el riesgo de impacto del Riesgo 4**

Experto	Probabilidad de Ocurrencia			Riesgo de Impacto		
	Mínimo	Más probable	Máximo	Mínimo	Más probable	Máximo
E1	9%	23%	24%	10%	20%	40%
E2	4%	17%	40%	9%	27%	41%
E3	9%	23%	35%	10%	19%	35%
E4	7%	24%	26%	13%	30%	36%
E5	5%	24%	24%	9%	28%	38%
E6	6%	20%	39%	10%	26%	39%
E7	7%	17%	40%	10%	20%	36%
E8	7%	22%	21%	12%	24%	37%
E9	5%	19%	44%	10%	22%	44%
E10	9%	16%	25%	13%	25%	41%
E11	7%	18%	42%	9%	29%	38%
E12	5%	21%	25%	11%	18%	44%
E13	6%	20%	36%	11%	18%	40%
E14	8%	19%	34%	11%	24%	42%
E15	8%	23%	31%	11%	29%	41%
<b>Promedio representativo</b>	<b>7%</b>	<b>20%</b>	<b>34%</b>	<b>10%</b>	<b>24%</b>	<b>40%</b>

**Tabla 48: Percentiles del Riesgo 4**

Probabilidad de Ocurrencia		Riesgo de Impacto	
Percentil 5%	4,3%	Percentil 5%	4,5%
Percentil 50%	13,4%	Percentil 50%	24,6%
Percentil 95%	29,3%	Percentil 95%	34,8%

Como medida promedio más representativa de cada una de las columnas se ha empleado la mediana de los datos, con la finalidad de evitar problemas de asimetría en la información presentada por los expertos. La información así obtenida corresponde a los parámetros de la distribución triangular, y el cálculo de los percentiles se detalla a continuación.

Punto de inflexión (*I*):

$$I = \frac{\text{Más probable} - \text{Mínimo}}{\text{Máximo} - \text{Mínimo}}$$

Percentil  $k$ :

*Percentil  $k$*

$$= \begin{cases} k \leq I \Rightarrow X = \text{Mínimo} + \sqrt{k(\text{Máximo} - \text{Mínimo})(\text{Más probable} - \text{Mínimo})} \\ k > I \Rightarrow X = \text{Máximo} + \sqrt{(1 - k)(\text{Máximo} - \text{Mínimo})(\text{Máximo} - \text{Más probable})} \end{cases}$$

## Anexo III: Otros componentes del VpD

### Cálculo de los ingresos de terceras fuentes del proyecto

#### ❖ Ingresos actuales

Corresponde a los ingresos que son percibidos por la Administración Pública al momento de realizar el análisis y que se espera serán entregados al Contratista una vez tomada la decisión de desarrollar el proyecto por la modalidad PPP. El ejemplo típico de este tipo de ingreso es la tarifa de peaje público vigente en una carretera que será entregada a privados a través de un contrato de largo plazo, y que la repartición pública dejará de percibir y entregará al Contratista.

#### ❖ Ingresos potenciales

Corresponden a los ingresos que el sector público potencialmente podría cobrar por la prestación del servicio, pero que no se encuentran siendo percibidos al momento de realizar el análisis, y que sin embargo, se espera que el derecho potencial de cobro sea transferido al Contratista en el caso de tomar la decisión de desarrollo privado del proyecto.

Si la tarifa que cobrará el Contratista por la provisión del servicio público será fijada y regulada por la Administración Pública contratante, y no es una variable de licitación cuyo valor final será producto del proceso competitivo de licitación, entonces para efectos del comparador se debe utilizar directamente el valor fijo que la Administración Pública está definiendo.

Si la tarifa que cobrará el Contratista es una variable de licitación, entonces para efectos del Comparador, su valor debe estar determinado en base al modelo económico-financiero que simule la decisión de oferta del Contratista.

### Cálculo del Costo de Espera Pública

- Se determina el beneficio anual uniforme equivalente de la evaluación social, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$BAUE_{social} = VAN_{social} \times \frac{r_A(1+r_A)^P}{(1+r_A)^P - 1}$$

Donde  $VAN_{social}$  es el valor actual neto de los flujos de la evaluación social,  $r_A$  es la tasa de descuento en términos anuales, y  $P$  es el plazo de la evaluación social en años. La tasa

de descuento corresponde a la tasa social de descuento cuyo valor se encuentra en el Anexo I.

- Posteriormente se mensualiza la tasa social de descuento de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$r_m = (1 + r_A)^{1/12} - 1$$

Donde  $r_m$  es la tasa descuento en términos mensuales.

- Se calcula el valor actual de costos del retraso en la implementación del proyecto de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$VAC_{espera} = \frac{BAUE_{social}}{12} \times \frac{(1 + r_m)^m - 1}{r_m(1 + r_m)^m}$$

Donde  $m$  es el número de meses de retraso esperable en la provisión pública de la infraestructura.

- Finalmente la cifra anterior es agregada al valor actual de costos del Proyecto Público de Referencia.

Para el caso de los proyectos sociales, cuando a través de la metodología costo-eficiencia, se asumen que los beneficios de diferentes alternativas son los mismos o cuando existe dificultad en traducir algunos beneficios en términos monetarios, y consecuentemente no es posible calcular  $VAN_{social}$ , se deberá tomar como referencia un porcentaje del  $VAC_{social}$ . Para estos efectos, se asumirá que el Valor Actual Neto Social ( $VAN_{social}$ ) es igual a  $VAN_{social} = \beta \times VAC_{social}$ . El valor de  $\beta$  inicialmente será igual a 30%, y podrá ser corregido por la Oficina de Planeamiento y Presupuesto (OPP).

## Anexo IV: Ejemplo de aplicación del Valor por Dinero

A continuación se enuncian una serie de supuestos para mostrar un ejemplo de cálculo del Valor por Dinero.

**Tabla 49: Supuestos generales**

Parámetro	Valor
Ingresos terceras fuentes	USD 20.082.250
Pago al Contratista	USD 211.969.489
Costo administración contrato PPP	0,5% inversión
Ganancia en competitividad	USD 50.000.000

**Tabla 50: Cálculo del costo base del PPR**

Parámetro	Valor
Costo operación	USD 47.862.493
Costo mantenimiento	USD 70.831.012
Costo inversión	USD 110.930.000
Costo Base Proyecto de Referencia	USD 229.623.505

Después de 1.000.000 simulaciones de Monte Carlo se obtuvieron los siguientes resultados para el costo del riesgo

**Tabla 51: Resultados del taller de riesgo para el costo del riesgo total**

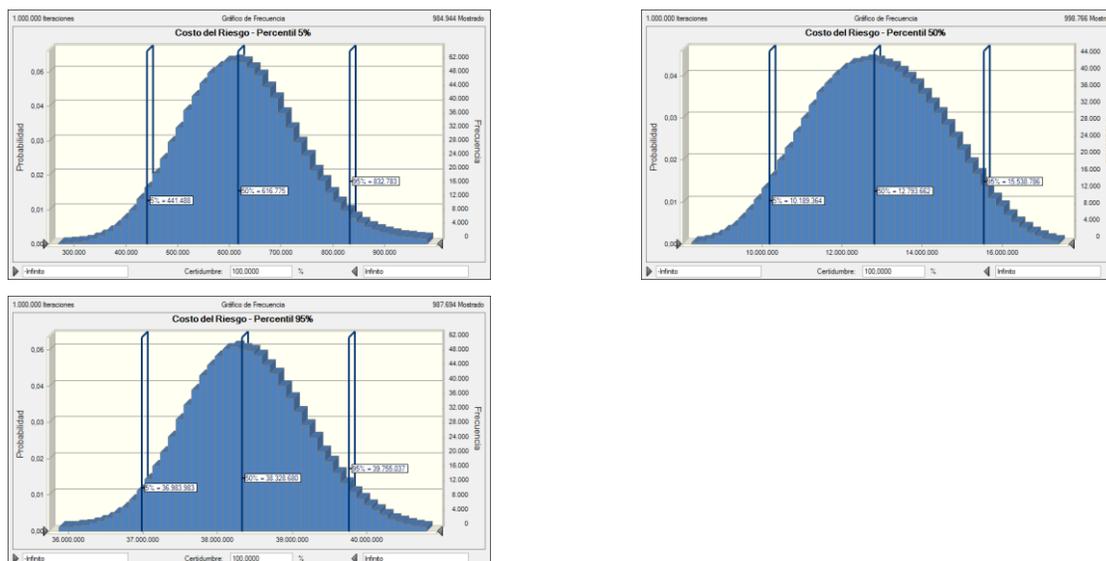
	Percentil 5	Percentil 50	Percentil 95
Costo del Riesgo	441.488	12.793.662	39.755.037
Riesgo Retenido	154.521	4.477.782	13.914.263
Riesgo Transferido	286.967	8.315.881	25.840.774

**Tabla 52: Supuestos sobre el riesgo de demanda**

Modelo estocástico	Percentil 5%	Percentil 50%	Percentil 95%
Modelo en tasa de crecimiento	USD 0	USD 13.436.878	USD 50.017.548

Tabla 53: Cálculo del costo del riesgo transferido			
	Percentil 5%	percentil 50%	Percentil 95%
Riesgo Transferido	286.967	8.315.881	25.840.774
Modelo en tasa de crecimiento	0	13.436.878	50.017.548
Costo Riesgo Transferido	286.967	21.752.759	75.858.322

Figura 19: Comportamiento del VpD por percentil



Mediante la simulación de Monte Carlo y dado los supuestos considerados en el ejemplo, se obtuvieron los siguientes resultados, además de las figuras que muestran los resultados para cada uno de los percentiles, según el modelo considerado para modelar la tasa de crecimiento de los ingresos:

Tabla 54: Resultados del VpD considerando el modelo en tasa de crecimiento (USD)				
Modalidad de ejecución	Parámetros de medición	Percentil 5%	Percentil 50%	Percentil 95%
PPR	Costo Base Proyecto de Referencia	229.623.505	229.623.505	229.623.505
	Costo Riesgo Retenido	154.521	4.477.782	13.914.263
	Costo Riesgo Transferido	286.967	21.752.759	75.858.322
	Ingresos Terceras Fuentes	20.082.250	20.082.250	20.082.250
	Costo Ajustado PPR	209.982.743	235.771.796	299.313.840
PPP	Pago al Contratista	211.969.489	211.969.489	211.969.489
	Costo Administración de Contrato PPP	554.650	554.650	554.650
	Costo Riesgo Retenido	154.521	4.477.782	13.914.263
	Ganancia en Competitividad	50.000.000	50.000.000	50.000.000
	Costo Ajustado PPP	162.678.660	167.001.921	176.438.402
<b>VpD</b>		<b>47.304.083</b>	<b>68.769.875</b>	<b>122.875.438</b>

Figura 20: VpD mediante el modelo en tasa de crecimiento – Percentil 5%

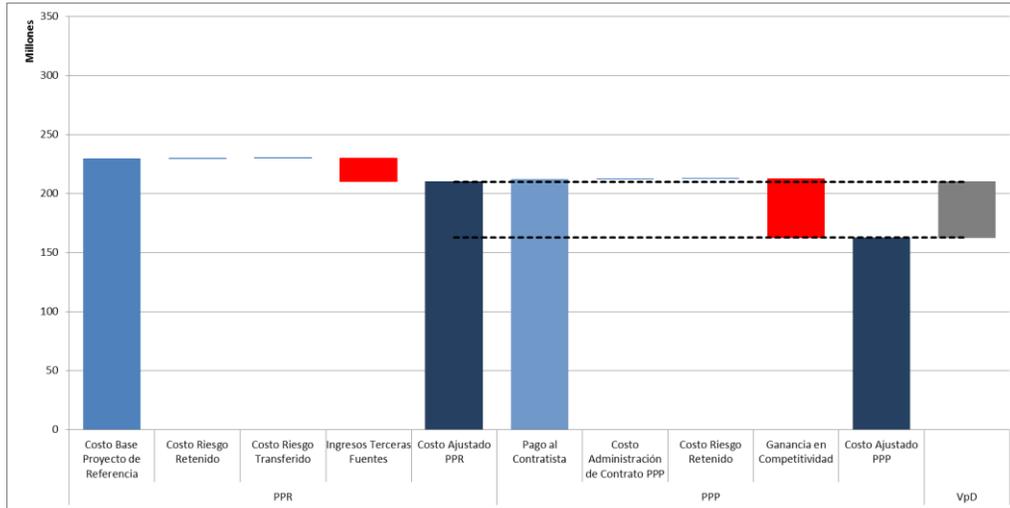


Figura 21: VpD mediante el modelo en tasa de crecimiento – Percentil 50%

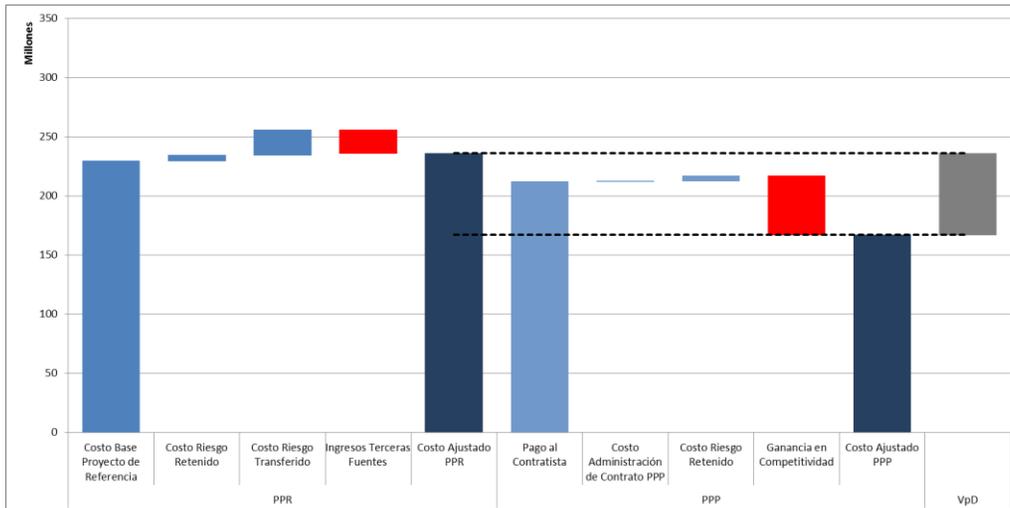
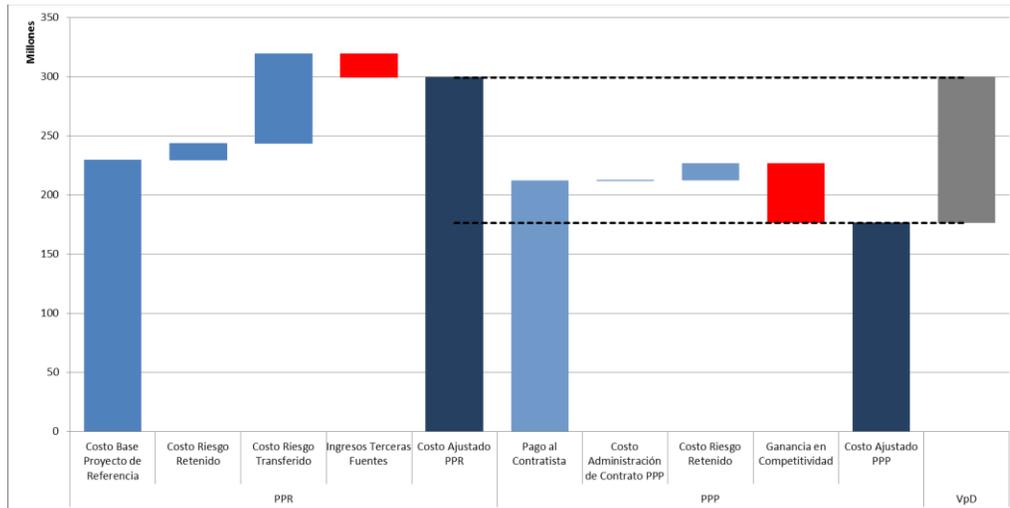


Figura 22: VpD mediante el modelo en tasa de crecimiento – Percentil 95%



Dado los resultados de la simulación de Monte Carlo y el modelo en tasa de crecimiento para cuantificar el riesgo transferido, el cual depende del riesgo transferido de parte del taller de riesgo y del costo del riesgo de demanda, se concluye que el proyecto debe de ser ejecutado bajo la modalidad de una PPP, indiferente de la posición que tome el sector público frente al riesgo, dado que hay VPD.

# Anexo V: Simulación de Monte Carlo y Bootstrap

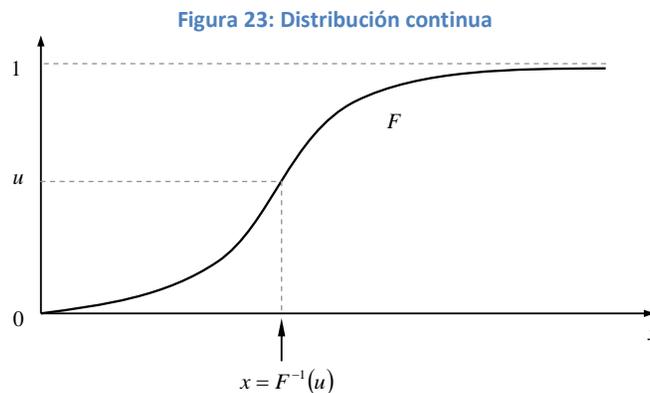
## Simulación de Monte Carlo

La simulación de Montecarlo permite realizar análisis de riesgos financieros mediante la construcción de modelos para posibles resultados mediante la sustitución de un rango de valores por medio de una distribución de probabilidad para cualquier variable que tiene una incertidumbre inherente. El proceso se repite un número finito de veces, y en cada vez emplea un conjunto diferente de números aleatorios asociado a una cierta distribución de probabilidad, así como también permite observar directamente sus resultados. De esta manera, la simulación de Monte Carlo proporciona una visión mucho más amplia de lo que puede suceder o la forma en el cual es más probable que suceda.

Para entender el proceso de la generación del conjunto de números aleatorios que se genera en cada iteración, sea una función de densidad de probabilidad  $f(x)$  definida en la recta real, su función de distribución acumulada (la cual expresa la probabilidad que  $x \leq a$ ) está dado por la siguiente ecuación:

$$F(a) = \mathbb{P}(X \leq a) = \int_{-\infty}^a f(t)dt$$

Si se elige  $a$  con densidad de probabilidad  $f(a)$ , entonces la probabilidad integrando hasta el punto  $a$ ,  $F(a)$ , es en sí misma una variable aleatoria que se producirá con densidad de probabilidad sobre  $[0,1]$ . Si  $x$  puede tomar cualquier valor, e ignorando los valores extremos, se encuentra un único  $x$  elegido de la función de densidad de probabilidad  $f(\cdot)$  para algún valor de su dominio, si se define  $u = F(x)$ , siempre es posible encontrar la inversa de  $F$ , definido por  $x = F^{-1}(u)$ . Este método se muestra en el gráfico siguiente:



En la gráfica anterior, se emplea un número aleatorio  $u$  elegido de una distribución uniforme (0,1) para encontrar un número aleatorio  $x$  de una distribución con función de distribución acumulada  $F$ . En la actualidad, algunos motores estadísticos cuentan con este modelo para realizar simulaciones.

## El método Bootstrap

Consideremos el siguiente conjunto de datos  $(x_1, x_2, \dots, x_n)$  de tamaño  $n$ , la cual corresponde a información histórica de un cierto riesgo (sobre costos, sobre plazos) asociados a proyectos similares al proyecto en evaluación, los pasos para la aplicación de la metodología Bootstrap son los siguientes:

- Se procede a construir una muestra de tamaño  $n$ , con los elementos de la muestra original. A la nueva muestra se le conoce como muestra Bootstrap.
- La construcción de cada uno de los elementos de la muestra es realizando extracciones con reemplazo de la muestra original, hasta completar  $n$  elementos, donde es posible que se repitan algunos de los elementos que conforman el conjunto de datos.
- Este proceso se repite una cantidad finita de veces. Para cada muestra Bootstrap se procede a calcular su media y volatilidad.
- Para la cuantificación del riesgo, se procede a realizar el cálculo del valor promedio del conjunto de media y las volatilidades obtenidas para cada una de las muestras Bootstrap, es decir,  $\bar{\mu}$  y  $\bar{\sigma}$ . Con estos nuevos valores, se procede a aplicar la Regla Percentil 5-50-95, de la siguiente manera:

Tabla 55: Regla Percentil 5-50-95		
$P_5$	$P_{50}$	$P_{95}$
$\mu - 1,645\sigma$	$\mu$	$\mu + 1,645\sigma$

Donde:

$$\bar{\mu} = \frac{\sum_{i=1}^m \mu_i}{m} \quad \text{y} \quad \bar{\sigma} = \frac{\sum_{i=1}^m \sigma_i}{m}$$

- $\mu_i$  : Media de la muestra Bootstrap  $i$
- $\sigma_i$  : Volatilidad de la muestra Bootstrap  $i$
- $m$  : Número de muestras Bootstrap

A continuación, se muestra un ejemplo de aplicación de la metodología Bootstrap, donde la muestra original corresponde a sobre costos (en porcentaje) de diferentes proyectos de infraestructura en un sector determinado de características similares a un proyecto que se desea evaluar:

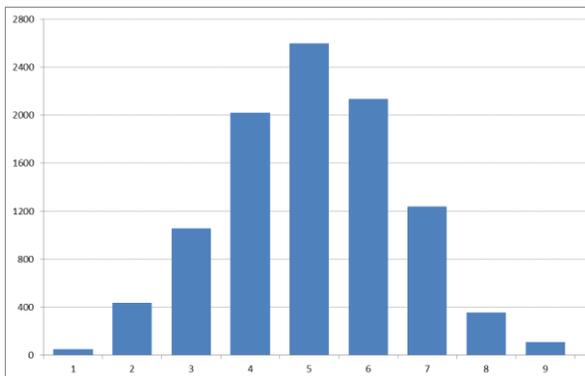
**Tabla 56: Bootstrapping de información histórica sobre inversión proyectos de infraestructura**

Número de datos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	$\mu$	$\sigma$
<b>Muestra</b>	<b>74%</b>	<b>57%</b>	<b>55%</b>	<b>15%</b>	<b>9%</b>	<b>6%</b>	<b>70%</b>	<b>29%</b>	<b>15%</b>	<b>74%</b>	<b>13%</b>	<b>8%</b>	<b>67%</b>	<b>44%</b>	<b>34%</b>	<b>37%</b>	<b>60%</b>	<b>50%</b>	<b>67%</b>	<b>70%</b>		
Bootstrap 1	44%	8%	9%	67%	9%	9%	37%	70%	60%	74%	8%	67%	34%	13%	70%	74%	15%	44%	6%	9%	36,4%	27,3%
Bootstrap 2	67%	60%	37%	74%	34%	74%	13%	55%	60%	67%	57%	60%	15%	60%	8%	15%	34%	9%	6%	37%	42,1%	24,1%
Bootstrap 3	29%	67%	50%	6%	6%	50%	8%	8%	37%	70%	70%	70%	50%	6%	13%	50%	55%	55%	6%	13%	36,0%	25,4%
Bootstrap 4	55%	74%	60%	9%	74%	29%	50%	70%	15%	15%	15%	67%	67%	70%	15%	9%	15%	13%	55%	34%	40,6%	25,6%
Bootstrap 5	67%	29%	44%	8%	70%	34%	29%	34%	67%	57%	57%	9%	67%	29%	74%	15%	13%	70%	67%	8%	42,4%	24,2%
Bootstrap 6	57%	55%	74%	70%	13%	6%	9%	55%	13%	60%	13%	8%	57%	67%	70%	34%	74%	50%	60%	37%	44,1%	24,9%
Bootstrap 7	67%	34%	70%	70%	44%	8%	74%	50%	60%	60%	74%	15%	60%	74%	60%	70%	70%	15%	9%	60%	52,2%	23,2%
Bootstrap 8	15%	74%	67%	50%	13%	15%	70%	57%	74%	37%	44%	70%	74%	37%	15%	70%	34%	44%	37%	13%	45,5%	23,1%
Bootstrap 9	15%	74%	67%	13%	70%	50%	8%	6%	37%	6%	55%	37%	34%	9%	50%	34%	29%	60%	6%	29%	34,5%	23,1%
Bootstrap 10	60%	57%	74%	37%	57%	60%	70%	50%	44%	74%	67%	29%	70%	9%	9%	67%	74%	67%	15%	60%	52,5%	21,6%
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Bootstrap 10.000	57%	6%	37%	60%	70%	70%	13%	6%	50%	13%	6%	60%	9%	70%	70%	37%	9%	70%	34%	15%	38,1%	26,3%
																					<b>42,8%</b>	<b>24,1%</b>

A continuación se muestra la tabla de frecuencias y la distribución de las medias, por medio del Teorema del Límite Central se puede concluir que la muestra Bootstrap se distribuye normalmente.

**Tabla 57: Tabla de frecuencias de las medias**

Clase	Frecuencia
0,1	50
0,2	439
0,3	1056
0,4	2018
0,5	2598
0,6	2134
0,7	1237
0,8	356
0,9	112
1	0



La tabla anterior, muestra un ejemplo donde el tamaño de la muestra es igual a 20, y se han generado 10.000 muestras Bootstrap a partir de la muestra original, para cada una de las cuales se ha procedido a calcular su media y volatilidad. De dicho cálculo, se obtiene los siguientes resultados:  $\bar{\mu} = 42,8\%$  y  $\bar{\sigma} = 24,1\%$ . Con estos valores se procede a cuantificar el riesgo asociado al proyecto en evaluación, aplicando la Regla Percentil 5-50-95.

Tabla 58: Regla Percentil 5-50-95 del ejemplo Bootstrap		
$P_5$	$P_{50}$	$P_{95}$
3,16%	42,8%	82,4%

# Anexo VI: Estructura documento del Comparador Público Privado

---

El presente anexo muestra la estructura del documento del Comparador Público Privado para el proyecto en evaluación y que deberá ser utilizada en la elaboración del reporte final:

## ❖ Contenido estudio

El contenido específico del estudio será el siguiente:

- Resumen ejecutivo
- Introducción
- Antecedentes
- Descripción del proyecto
- Estimación de sobre costos
- Estimación de sobre plazos
- Estimación de riesgo de demanda
- Matriz de riesgos del proyecto
- Valoración de los riesgos
- Estimación del costo del proyecto PPR
- Medición del costo del proyecto PPP
- Construcción del comparador, resultados y análisis comparativo de alternativas
- Conclusiones

### • Resumen ejecutivo

El resumen ejecutivo incluirá los principales aspectos, resultados y análisis de la aplicación del Comparador, así como los supuestos más relevantes.

### • Introducción

Planteamiento del problema, en la cual se justifica la necesidad del Comparador. Y la racionalidad de la metodología. Detalle del contenido del informe.

### • Antecedentes

Se deberá indicar en primer lugar los antecedentes generales, particularmente indicando como se realiza en la actualidad la provisión de dicha infraestructura, cómo se mantiene, opera y quién financia este tipo de obras. Asimismo, se deberá indicar como se eligió evaluar la alternativa PPP, los resultados del estudio de elegibilidad, los resultados del estudio de perfil y/o prefactibilidad y en caso que corresponda el estudio de factibilidad.

- **Descripción del proyecto**
- **Estimación de sobrecostos**

En este capítulo se debe indicar cuál es la base de información para el cálculo del sobre costo y la metodología utilizada para el procesamiento de la información estadística. La fundamentación deberá estar basada en el Anexo II. El grado de apertura de los sobrecostos estará en función de la información disponible y deberá ser debidamente justificada.

- **Estimación de sobre plazos**

De igual forma que para la estimación de los sobrecostos, se deberá indicar la fuente de datos a utilizar y cuál ha sido la aproximación estadística utilizada.

- **Estimación de los riesgos de ingreso y demanda**
- **Matriz de riesgos del proyecto**
- **Estimación del costo del proyecto PPR**
- **Medición del costo del proyecto PPP**
- **Construcción del comparador, resultados y análisis comparativo de alternativas**
- **Conclusiones**

Finalmente se entregará un reporte con los siguientes elementos:

- Parámetros y supuestos utilizados.
- Definición del proyecto público de referencia.
- Principales riesgos retenibles.
- Costo de los riesgos retenibles.
- Principales riesgos transferibles.
- Costo de los riesgos transferibles.
- Valor de los ingresos de terceras fuentes.
- Valor presente de cada una de las componentes del PPR.
- Definición del modelo de negocio base de la modalidad PPP.
- Valor presente de cada una de las componentes de la modalidad PPP.
- Resultados del Valor por Dinero.
- Sensibilidad del valor por dinero a las principales variables bajo incertidumbre.

## Anexo VII: Análisis de distintas estructuras de financiamiento público.

En el caso de deudas con cuotas constantes, la amortización es diferente en cada período y se determina como el monto del cupón menos el interés correspondiente al período en cuestión. El monto del cupón permite repagar la deuda en un plazo establecido, se calcula matemáticamente de la siguiente manera:

$$Deuda = \frac{C}{1+r} + \frac{C}{(1+r)^2} + \frac{C}{(1+r)^3} + \dots + \frac{C}{(1+r)^n} = C \times \sum_{i=1}^n \frac{1}{(1+r)^i}$$

$$C = \frac{Deuda}{\frac{1}{r} - \frac{1}{r(1+r)^n}}$$

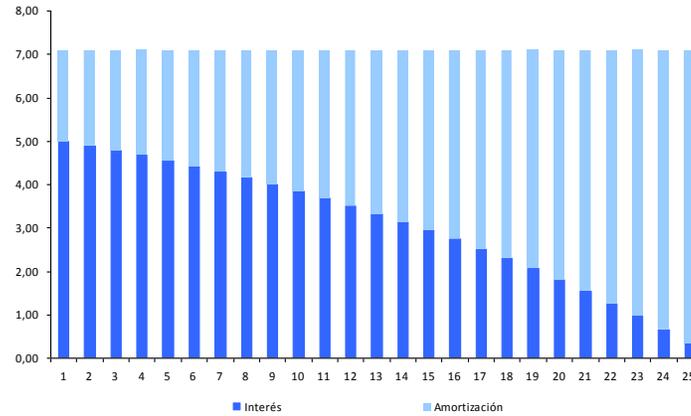
De esta forma, determinado el monto de la cuota cupón, el desarrollo de la deuda es el siguiente:

Tabla 59: Desarrollo de la deuda con cupones constantes			
Período	Deuda Permanente	Interés	Amortización
0 (Inicio)	$M$		
1	$M - (C - M \times r)$	$M \times r$	$C - M \times r$
2	$M - (C - M \times r) \times (1 + (1+r))$	$C - (C - M \times r) \times (1+r)$	$(C - M \times r) \times (1+r)$
3	$M - (C - M \times r) \times (1 + (1+r) + (1+r)^2)$	$C - (C - M \times r) \times (1+r)^2$	$(C - M \times r) \times (1+r)^2$
⋮	⋮	⋮	⋮
$n-1$	$M - (C - M \times r) \times (1 + (1+r) + (1+r)^2 + \dots + (1+r)^{n-1})$	$C - (C - M \times r) \times (1+r)^{n-2}$	$(C - M \times r) \times (1+r)^{n-2}$
$n$	0	$C - (C - M \times r) \times (1+r)^{n-1}$	$(C - M \times r) \times (1+r)^{n-1}$

Donde M es el monto, C es la cuota y r es la tasa de interés.

El desarrollo de una deuda con cupones constantes tiene un perfil con dicha característica, como el que se presenta a continuación en la siguiente figura:

Figura 24: Desarrollo de deuda con cupones constantes



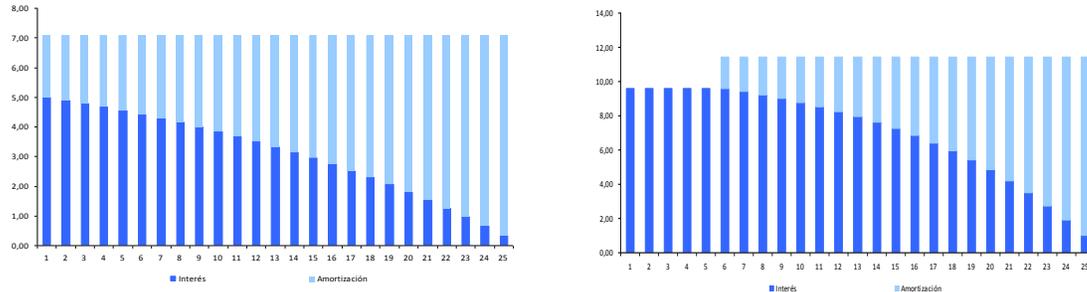
En el caso de una deuda que considera cuota constante y períodos de gracia para el pago de amortizaciones, se permite por parte del acreedor, que durante cierto número de períodos se repaguen solamente los intereses del crédito, tal como se muestra en la siguiente tabla, donde se asume para efectos ilustrativos, que se conceden cinco períodos de gracia:

Tabla 60: Desarrollo de la deuda con cinco períodos de gracia en el pago de amortizaciones				
Periodo	Deuda remanente	Cupón	Interés	Amortización
0 (Inicio)	$DR_0 = M$			
1	$DR_1 = M$	$M \times r$	$M \times r$	0
2	$DR_2 = M$	$M \times r$	$M \times r$	0
3	$DR_2 - Amortización_3$	$C = PAGO(r; n - 2; M)$	$DR_2 \times r$	0
4	$DR_3 - Amortización_4$	$C$	$DR_3 \times r$	0
5	$DR_4 - Amortización_5$	$C$	$DR_4 \times r$	0
6	$DR_5 - Amortización_6$	$C$	$DR_5 \times r$	$C - Interés_6$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
$n - 4$	$DR_{n-5} - Amortización_{n-4}$	$C$	⋮	⋮
$n - 3$	$DR_{n-4} - Amortización_{n-3}$	$C$	⋮	⋮
$n - 2$	$DR_{n-3} - Amortización_{n-2}$	$C$	⋮	⋮
$n - 1$	$DR_{n-2} - Amortización_{n-1}$	$C$	⋮	⋮
$n$	$DR_{n-1} - Amortización_n = 0$	$C$	$DR_{n-1} \times r$	$C - Interés_n$

Como se puede apreciar en la tabla anterior, tener 5 períodos de gracia en el pago de amortizaciones significa que durante esos cinco períodos sólo se paguen intereses, permaneciendo la deuda remanente constante, la cual debe ser pagada totalmente en  $n - 5$  períodos.

En la figura siguiente se muestra una comparación entre una deuda sin períodos de gracia y otra con los mismos parámetros, pero con cinco períodos de gracia para el pago de amortizaciones.

Figura 25: Comparación de perfiles de deuda con y sin períodos de gracia para amortizaciones



Por ejemplo, si se tiene una deuda de 100 UM (unidades monetarias) con una tasa de interés de un 9,60% y un plazo de repago del crédito de 25 años, el valor de la cuota cupón está dado por la siguiente expresión:

$$C = \frac{Deuda}{\frac{1}{r} - \frac{1}{r(1+r)^n}} = \frac{100}{\frac{1}{0,096} - \frac{1}{0,096(1+0,096)^{25}}} = 10,68$$

Por su parte el desarrollo de la deuda tanto para la deuda remanente, como para los montos de interés y amortización se muestran para cada uno de los períodos en la siguiente tabla:

Tabla 61: Ejemplo desarrollo de la deuda con cupones constantes				
Período	Deuda remanente	Cupón	Interés	Amortización
0	100,00			
1	98,92	10,68	9,60	1,08
2	97,74	10,68	9,50	1,18
3	96,44	10,68	9,39	1,30
4	95,02	10,68	9,26	1,42
5	93,46	10,68	9,13	1,56
6	91,76	10,68	8,98	1,71
7	89,89	10,68	8,81	1,87
8	87,84	10,68	8,63	2,05
9	85,59	10,68	8,44	2,25
10	83,13	10,68	8,22	2,46
11	80,43	10,68	7,98	2,70
12	77,47	10,68	7,72	2,96
13	74,22	10,68	7,44	3,24
14	70,67	10,68	7,13	3,55

**Tabla 61: Ejemplo desarrollo de la deuda con cupones constantes**

Período	Deuda remanente	Cupón	Interés	Amortización
15	66,77	10,68	6,79	3,90
16	62,50	10,68	6,41	4,27
17	57,82	10,68	6,00	4,68
18	52,69	10,68	5,55	5,13
19	47,07	10,68	5,06	5,62
20	40,91	10,68	4,52	6,16
21	34,16	10,68	3,93	6,75
22	26,75	10,68	3,28	7,40
23	18,64	10,68	2,57	8,11
24	9,75	10,68	1,79	8,89
25	0,00	10,68	0,94	9,75

Teniendo en cuenta las mismas condiciones o parámetros anteriores de la deuda en cuanto a la tasa de interés, período del crédito y deuda total, pero considerando 5 períodos de gracia para el pago de las amortizaciones, el desarrollo de la deuda se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 62: Ejemplo desarrollo de la deuda con cinco períodos de gracia en el pago de amortizaciones**

Período	Deuda remanente (DR)	Cupón	Interés	Amortización
0	100,00			
1	100,00	9,60	9,60	0,00
2	100,00	9,60	9,60	0,00
3	100,00	9,60	9,60	0,00
4	100,00	9,60	9,60	0,00
5	100,00	9,60	9,60	0,00
6	98,17	11,43	9,60	1,83
7	96,17	11,43	9,43	2,00
8	93,98	11,43	9,24	2,19
9	91,57	11,43	9,03	2,40
10	88,94	11,43	8,79	2,64
11	86,05	11,43	8,54	2,89
12	82,88	11,43	8,26	3,17
13	79,42	11,43	7,96	3,47
14	75,61	11,43	7,63	3,80
15	71,44	11,43	7,26	4,17
16	66,88	11,43	6,86	4,57
17	61,87	11,43	6,42	5,01
18	56,38	11,43	5,94	5,49
19	50,36	11,43	5,41	6,02
20	43,77	11,43	4,84	6,59
21	36,54	11,43	4,20	7,23

**Tabla 62: Ejemplo desarrollo de la deuda con cinco períodos de gracia en el pago de amortizaciones**

Período	Deuda remanente (DR)	Cupón	Interés	Amortización
22	28,62	11,43	3,51	7,92
23	19,94	11,43	2,75	8,68
24	10,43	11,43	1,92	9,51
25	0,00	11,43	1,00	10,43

## Glosario de Términos

---

- **Asignación de riesgos:** Corresponde a la distribución de responsabilidades entre el Estado y el sector privado sobre los diferentes riesgos de un proyecto. Se ve reflejada en una matriz de riesgos y en el Contrato de Participación Público Privada.
- **Análisis económico-financiero:** Análisis efectuado una vez identificados los esquemas de PPP bajo los cuales podría desarrollarse el proyecto a objeto de determinar la viabilidad financiera del proyecto de desarrollarse.
- **Bancabilidad de un contrato:** Conjunto de condiciones jurídicas y económico-financieras endógenas y exógenas que permiten que más de un agente del mercado bancario o del mercado de capitales o ambos a la vez, estén dispuestos a otorgar financiamiento a un contrato a un costo y garantías razonables dadas las condiciones de mercado.
- **Canon:** Pago del sector privado al Estado por el derecho de percibir ingresos.
- **CAPM (“Capital Asset Pricing Model”):** Modelo de valoración de activos de capital. Se utiliza para la estimación del costo de capital propio o de la rentabilidad esperada de un potencial contratista privado que participa en un sector determinado.
- **Comparador Público Privado:** Corresponde a una metodología que se orienta a comparar una alternativa de contratación bajo dos escenarios: 100% pública y bajo un contrato de Participación Público Privada.
- **Contingencia:** hechos o situaciones no previstas en la planeación de un proyecto de inversión, que tienen su expresión en sobrecostos o sobre plazos del proyecto o pérdidas de ingresos.
- **Costo base del Proyecto Público de Referencia:** Es el costo esperado de implementar el proyecto por parte de la Administración Pública, asociado a las fases de diseño, construcción, operación y mantenimiento bajo los estándares de calidad especificados como exigibles bajo condiciones de gestión privada, calculados en valor presente.
- **Costos de Administración Contrato PPP:** Corresponde al costo en que incurre la Administración Pública para estructurar, supervisar y controlar el contrato que se establecería con el sector privado.
- **Costos de diseño:** Costos propios del estudio de ingeniería del proyecto, del estudio de demanda, del estudio de impacto ambiental y del estudio económico-financiero, entre otros estudios necesarios en la etapa de diseño.

- **Costos de equipamiento:** Corresponden a aquellos costos que consideran los equipos necesarios para el funcionamiento de la infraestructura y la provisión de los servicios.
- **Costos del financiamiento público:** Se entiende por financiamiento público a los recursos monetarios que son necesarios de obtener a través de deuda internacional o local por parte del sector público.
- **Costos de implementación:** Incluyen los costos de posibles compras de terrenos o pago de derechos de expropiación, los posibles gastos por demoliciones y adaptaciones del terreno, la tramitación de permisos y licencias para desarrollar el proyecto, y los costos de transacción, incluidos los gastos en consultores.
- **Costos de mantenimiento y conservación:** Corresponden a los costos periódicos necesarios para mantener el activo fijo y su equipamiento operando en su especificación original. Generalmente se divide en un mantenimiento rutinario expresado como un gasto anual equivalente a un porcentaje fijo de la inversión, y un mantenimiento mayor o periódico (o de conservación) que puede ser necesario tras cierto número de años.
- **Costos de operación:** Corresponden a aquellos costos necesarios para operar la infraestructura y proveer el servicio público. Deben incluir el personal, los insumos necesarios, y todos aquellos egresos en que incurra la Administración Pública mientras se encuentra prestando servicio.
- **Costo del pago al Contratista:** El pago al Contratista se expresa como el valor presente de los pagos diferidos prorrateados en el tiempo: pagos por disponibilidad y pagos por uso, y corresponde al flujo de pagos periódicos que el Estado compromete ante el Contratista para solventar la totalidad o parte de los ingresos del contrato PPP, de modo tal que satisfaga su condición de equilibrio económico-financiero, y de bancabilidad.
- **Costo del riesgo total:** El costo del riesgo total de la modalidad de ejecución tradicional puede ser dividido en un componente de costo que es retenido por la Administración Pública (CRT) y por otra componente de costo que puede potencialmente ser transferido (CRT) por la Administración Pública al Contratista en el caso que el proyecto se desarrollara bajo la modalidad PPP.
- **Costo ajustado total del contrato PPP:** Corresponde a la suma del valor presente de los financiamientos esperables, determinados de acuerdo a la sección correspondiente a los costos del aporte del Estado, más el valor presente del costo del riesgo retenido, más el valor presente de los costos de administración del contrato PPP y menos la ganancia en competitividad.
- **Demanda (número de usuarios o prestaciones del servicio):** Corresponde a la proyección del número de servicios por unidad de tiempo que serán prestados por el Contratista.

- **Descripción de riesgos:** Consiste en establecer la definición e impacto de los riesgos identificados de una manera narrativa en un formato claro que facilite su comprensión. La descripción de los riesgos debiera contener el nombre del riesgo, los impactos, su naturaleza, el grado de tolerancia, su tratamiento, recomendaciones para priorizar el riesgo, la etapa en el desarrollo del proyecto en que se produce, y su asignación, es decir si el riesgo es retenido por el sector público o es transferido al sector privado.
- **Desviación estándar:** Medida que permite calcular el grado de proximidad de los datos alrededor de la media. Mientras menor sea la desviación estándar, los datos se agruparan estrechamente alrededor de la media.
- **Distribución de probabilidad:** Es una agrupación teórica de las frecuencias asociadas a una variable aleatoria. Es decir, a los posibles resultados que muestran como se espera que se comporte una variable aleatoria, se le denomina función de distribución de probabilidad de la variable aleatoria asociada.
- **Equity:** Capital invertido por el contratista privado.
- **Especificaciones funcionales:** Corresponden a aquellas especificaciones de un proyecto de PPP que están basadas principalmente en elementos funcionales (outputs).
- **Financistas:** Son los actores en un Contrato PPP que aportan la financiación de la deuda necesaria para llevar a cabo un proyecto. Generalmente corresponden a instituciones bancarias, instituciones financieras, organismos multilaterales, fondos de pensiones y/o compañías de seguros.
- **Garantías requeridas de la Administración Pública:** Corresponden a los mecanismos de pago contingentes que la Administración Pública podría entregar al Contratista y que se activan cuando ocurren ciertas condiciones objetivas establecidas en el contrato PPP (o previamente en el diseño de negocio). Ejemplo de estas garantías, son las garantías de compra de una cantidad mínima de servicios prestados por parte del Contratista, de tráfico mínimo y/o de ingresos mínimos. En la contabilidad pública estos compromisos se denominan pasivos contingentes.
- **Histograma:** Es una representación gráfica de la organización de un conjunto de datos, de tal manera que sea posible señalar el valor para el cual los datos analizados tienden a concentrarse. De esta forma es posible distinguir los valores extremos (el valor más alto y más bajo) del conjunto de datos. En este sentido, un histograma describe una distribución de frecuencias o número de veces que la variable aleatoria ha tomado un rango de valores determinado, empleando una gráfica de barras (rectángulos verticales adyacentes), donde la altura de cada una de las barras es proporcional a la frecuencia de la amplitud del intervalo que representa.

- **Ingresos de Terceras Fuentes:** Son los ingresos que se reciben por la venta de los servicios públicos.
- **Ingresos actuales:** Corresponde a los ingresos que son percibidos por la Administración Pública al momento de realizar el análisis y que se espera serán entregados al Contratista una vez tomada la decisión de desarrollar el proyecto por la modalidad PPP.
- **Ingreso por cobro a usuarios:** Corresponde a los ingresos que el Contratista cobrará a los usuarios (de ser el caso), ya sea que este cobro sea preexistente, o se genere a partir del contrato. Estos ingresos no son contabilizados en el costo de la alternativa de provisión privada, sino que son utilizados de manera indirecta en el cálculo del aporte público requerido de manera indirecta a través del resultado del pago periódico a realizar.
- **Ingresos por tarifa sombra o uso:** Corresponde a aquellos ingresos que son contingentes a la cantidad de servicios prestados, pero cuyas tarifas son pagadas por el sector público en lugar de los usuarios de esas prestaciones. Son parte del aporte público y no se reportan en forma separada. El caso más común son los peajes en las carreteras, que en proyectos de PPP pueden ser complementados con peajes sombra pagado directamente por el usuario al Contratista.
- **Ingresos potenciales:** Corresponden a los ingresos que el sector público potencialmente podría cobrar por la prestación del servicio, pero que no se encuentran siendo percibidos al momento de realizar el análisis, y que sin embargo, se espera que el derecho potencial de cobro sea transferido al Contratista en el caso de tomar la decisión de desarrollo privado del proyecto.
- **Matriz de riesgos:** Se trata de una tabla en donde se identifican los distintos riesgos de un proyecto (en sus diferentes etapas), su descripción y su asignación a quien corresponde (sector público o privado) así como sus medidas de mitigación.
- **Mecanismo de pagos:** es la parte del CPPP que define y gestiona los pagos a ser realizados por la Administración Pública en contraprestación por el diseño, de ser el caso, la construcción de la infraestructura requerida y por la prestación de los servicios necesarios de acuerdo con las especificaciones del proyecto. Generalmente, los pagos descritos se basan en un pago unitario en función del nivel de inversión, corregido en base al rendimiento del contratista privado o a los resultados del desempeño de sus funciones como operador mediante ajustes por disponibilidad de los servicios. De este modo, el mecanismo de pagos define penalizaciones por falta de disponibilidad que pueden ser aplicadas al pago unitario inicial dependiendo de la calidad de los servicios prestados.
- **Método Delphi:** Método de estructuración de un proceso de comunicación grupal efectivo cuando un grupo de individuos, trata un problema complejo. Actúa rescatando

las opiniones de un grupo de especialistas con el objetivo de predecir la probabilidad de realización de una hipótesis, tomar decisiones o evaluar resultados.

- **Método de Bootstrap:** Es un método de extracción de datos con reemplazo, con la finalidad de generar nuevas muestras a partir de una muestra original, donde los elementos de la nueva muestra pueden ser repetidos.
- **Método de Borda:** Método utilizado para obtener una jerarquización de los riesgos teniendo en cuenta el riesgo de impacto y la probabilidad de ocurrencia asociados a un proyecto sobre la base de una aplicación multicriterio.
- **Método de Monte Carlo:** Es un método que permite la generación de números aleatorios a partir de la inversa de la distribución de probabilidad asociada a una variable aleatoria con la finalidad de generar un modelo estocástico.
- **Mitigación de riesgos:** Consiste en reducir las consecuencias probables de un riesgo, a través de medidas adecuadas para ello.
- **Modelo económico-financiero:** Es una herramienta utilizada para evaluar la viabilidad de proyectos de Participación Público-Privada, ya que permite determinar la rentabilidad y bancabilidad de éstos mediante la simulación de distintos escenarios de flujos y estructuras de financiamiento, mismos que son combinados con diversas variables que inciden en el desarrollo del negocio en cuestión, como es el caso del crecimiento de la demanda, cambios en las tasas de interés, cambios en las condiciones de mercado respecto al precio de los insumos y el crecimiento de la economía, entre otras.
- **Modelación estocástica:** Es el resultado de la simulación de un modelo matemático que tiene una componente determinística y una componente aleatoria la cual se encuentra asociada a una distribución de probabilidad.
- **Motor Estadístico:** Software estadístico involucrado en el proceso de valoración de riesgos. Dentro de estos programas se encuentran: ModelRisk, Crystall Ball, @Risk, SimulAr, Risk Simulator, entre otros.
- **Nivel de servicio:** Corresponde a una condición o exigencia que establece o define la Administración Pública, ya sea en el diseño de las obras o en el mantenimiento de éstas, las que pueden ser extensivas a niveles de respuesta o actuaciones del contratista privado ante situaciones contingentes.
- **Nivel del aporte público:** Corresponde a la suma de las fuentes de pago de sector público que contempla el diseño del negocio base para el Contratista. Se compone de los compromisos firmes (pagos directos no sometidos al cumplimiento de condiciones), los compromisos contingentes (pagos directos sometidos al cumplimiento de condiciones), las tarifas sombra (pagos contingentes exclusivamente a la cantidad de servicios

prestados). Las componentes que están fijas en el diseño del negocio, son contabilizadas simplemente como el valor actual de costos asociado al pago fijo.

- **Pagos al Contratista:** Ingresos que recibe el Contratista por parte de la Administración Pública, en la forma de contribuciones públicas de manera exclusiva. Dichas contribuciones podrán tener la forma de aportes pecuniarios, otorgamiento de subvenciones, créditos, garantías para la financiación del proyecto, garantías de obtención de ingresos mínimos, y exoneraciones fiscales, entre otras.
- **Percentil:** Es un estadístico, que representa todos aquellos valores que se encuentran por debajo de un porcentaje dado, el cual puede variar entre 1% y 100%, el cual se denotará por  $P_k$ , donde  $k$  nos denota el porcentaje de datos acumulados, y  $P_k$  es el valor que se encuentra del porcentaje  $k$ .
- **Período de gracia:** Períodos del desarrollo de la deuda que contemplan el no pago de amortizaciones.
- **Proyecto Público de Referencia:** Proyecto técnico que se presenta como referencia bajo desarrollo tradicional con recursos públicos, y con el cual se debe comparar la alternativa PPP.
- **Regla Empírica de la Desigualdad:** También conocida en la literatura estadística como el Teorema de Chebyshev. La regla empírica de la desigualdad se aplica cuando no se conoce la distribución de la probabilidad de la variable aleatoria analizada. El Teorema de Chebyshev, permite obtener una cota superior a la probabilidad de que los valores caigan fuera de esa distancia respecto de su valor promedio, independiente de la distribución de probabilidad asociada a la variable aleatoria.
- **Riesgo:** Evento incierto que si ocurre, tiene un efecto negativo o positivo en al menos uno de los objetivos de un proyecto. El riesgo puede ser definido como una combinación de la probabilidad de ocurrencia de un evento y sus consecuencias, incluyendo la severidad de éstas.
- **Riesgo de impacto:** Efecto que genera un riesgo o un conjunto de riesgos sobre un proyecto, en el largo plazo o durante el ciclo de vida del mismo y que podrían conllevar a la cancelación del proyecto.
- **Riesgo Retenido:** Es aquel que permanece bajo la responsabilidad y gestión de la Administración Pública, y por lo tanto en caso de activarse, tiene un impacto directo en el presupuesto público.
- **Riesgo Transferido:** Riesgo que permanece bajo la administración y en la “contabilidad” de la empresa contratista que firma el Contrato PPP. Si el riesgo es activado tiene un

impacto directo en el presupuesto del proyecto y es de responsabilidad del contratista privado mitigarlo y administrarlo.

- **Simulación de Monte Carlo o evaluación estocástica:** Análisis numérico que presume una distribución de probabilidad para las variables explicativas o independientes, además de una matriz de correlaciones para resumir la relación estadística entre ellas, para luego generar miles de muestras aleatorias que representen procesos estocásticos siguiendo las distribuciones de probabilidad asumidas. Con cada una de las muestras se realiza el cálculo de las variables cuyo valor se desea conocer (variables de salida), para finalmente construir histogramas para las variables de salida.
- **Swap de moneda:** Los Swaps de monedas involucran el intercambio de una serie de flujos en una moneda, por otra serie de pagos en una moneda distinta. Las condiciones y la frecuencia de los pagos del Swap son acordadas de antemano por las partes.
- **Tasa de descuento del contratista:** Corresponde a la estimación sobre la rentabilidad que exigirá el contratista privado al proyecto para participar en él. Es sugerido apoyarse en las estimaciones que se desprende de la aplicación del CAPM.
- **Tasa libre de riesgo:** Corresponde a una tasa de interés libre de riesgo, para un crédito de duración igual al del proyecto en evaluación. De esta forma, se asume que en la economía existe una alternativa de inversión que no tiene riesgo para el contratista privado.
- **Tasa social de descuento:** Tasa aplicable para descontar flujos en el tiempo en proyectos públicos.
- **Valor de Borda:** Valor que se construye a partir del riesgo de impacto y la probabilidad de ocurrencia, y que permite obtener la jerarquización de los riesgos.
- **Valor Presente Neto (VPN) o VAN:** El VPN o VAN es la contribución neta de un proyecto a la riqueza del contratista. Si un proyecto tiene un VPN = 0 entonces los flujos son suficientes para repagar el capital invertido y proveer el retorno al capital requerido según la tasa de descuento empleada. Cualquier exceso de flujo beneficia a los inversionistas privados por encima del retorno exigido. Matemáticamente, el VPN/VAN se define como:

$$VPN = -Inversión + \sum_{t=1}^n \frac{Flujo_t}{(1+r)^t}$$

Donde el VPN es calculado mediante el descuento de los flujos netos futuros esperados a la tasa de rentabilidad o descuento ( $r$ ) ofrecida por alternativas de inversión comparables, a lo largo de la vida del proyecto ( $n$ ).

- **Valor por Dinero:** El Valor por Dinero es una medida numérica que cuantifica la ganancia, para el sector público, de realizar un proyecto de infraestructura y servicios a través de un esquema de Participación Público-Privada. Se define como la diferencia entre el valor presente del costo total neto de un Proyecto Público de Referencia ajustado por riesgo y por ingresos de terceras fuentes y el costo total del proyecto PPP.
- **Valoración de riesgos:** La estimación del valor del riesgo puede ser cuantitativa, o cualitativa en términos de la probabilidad de ocurrencia y sus consecuencias en los objetivos del proyecto. En su forma cuantitativa, la valoración del riesgo puede estar expresada en valores monetarios multiplicando el costo del proyecto por la probabilidad de ocurrencia y su impacto. Si no es posible cuantificar el impacto numéricamente, entonces se debe realizar un análisis de manera cualitativa.
- **Variable aleatoria:** Variable que toma un conjunto de valores, los cuales tienen probabilidades especificadas por medio de una distribución de probabilidad asociada.