
Marco para la Valoración de Proyectos de Infraestructura¹

Octubre de 2004

¹ Elaborado por Grupo de Pasivos Contingentes de la Subdirección de Riesgo de la Dirección General de Crédito Público y Tesoro Nacional del Ministerio de Hacienda y Crédito Público.

IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN

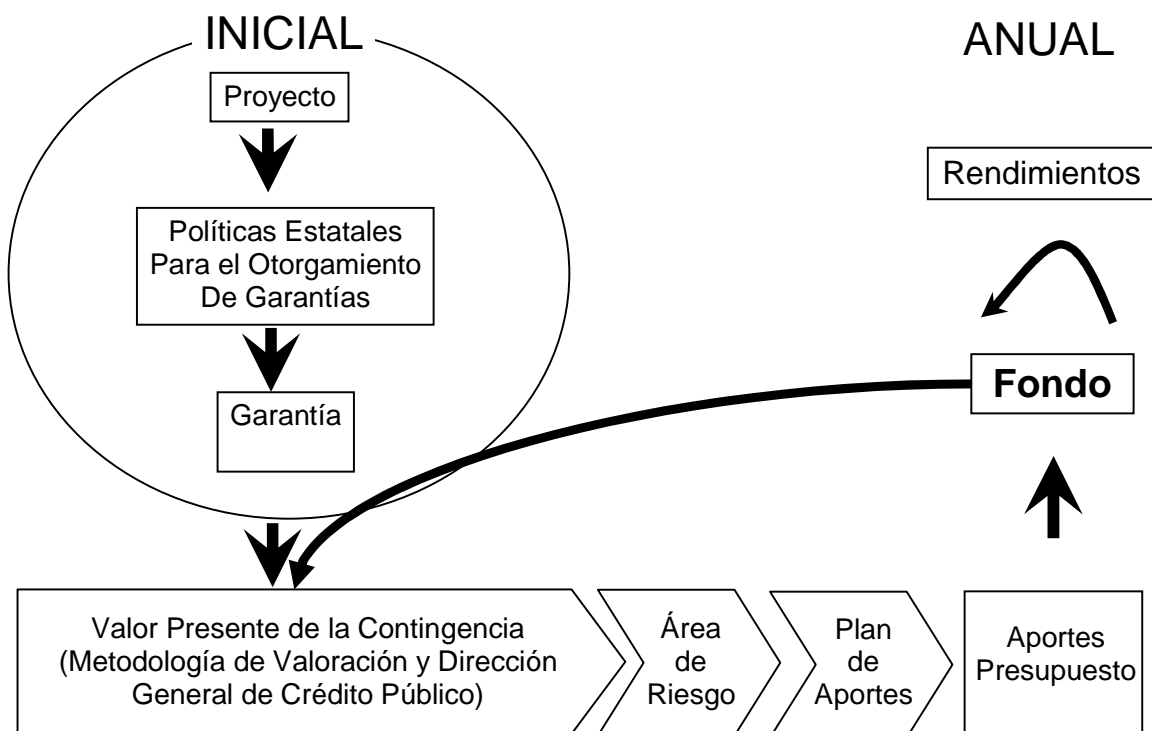
Definición

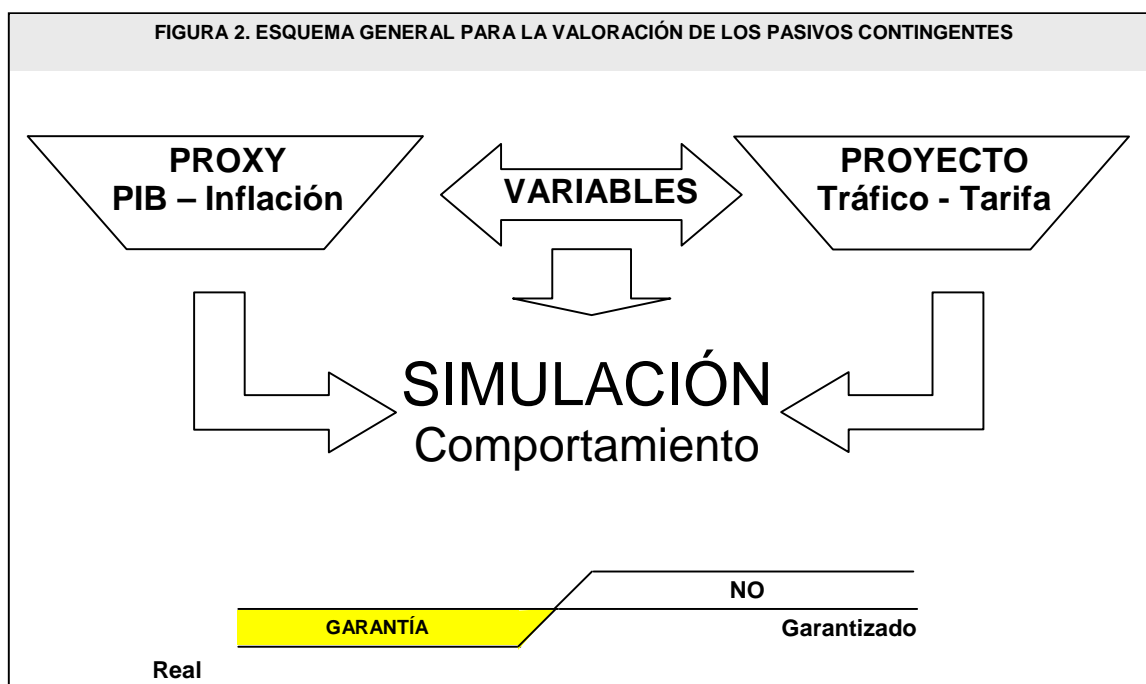
Para este manual, una contingencia hace alusión, a un desembolso que el Estado, o Entidad Pública pacta efectuar a través de un contrato de participación privada cuando se cumpla una condición establecida en el mismo y sea activada por el comportamiento de alguna variable de riesgo.

En condiciones ideales entonces, el contrato debe especificar claramente el valor que debe tomar la variable en cuestión para que se active la contingencia. Desde el punto de vista del Estado, el riesgo está asociado a la probabilidad de que la variable caiga dentro de los valores que activan la contingencia.

Con la figura 1 se ilustra el Ciclo del Pasivo Contingente. En general, todo proyecto tiene diferentes alternativas que deben ser valoradas y evaluadas, una vez seleccionada la más adecuada se debe verificar que aquella esté acorde con la Política de Riesgo Contractual del Estado definida por el Conpes (Documento 3107 de 2001) hecho que en primera instancia deberá ser verificado por la Entidad de Planeación o por quien haga sus veces en la respectiva Entidad Estatal responsable del proyecto.

FIGURA 1. CICLO DEL PASIVO CONTINGENTE





- Matriz de especificación del área de riesgo

La Tabla 1 muestra lo que se denomina **Área de Riesgo**, y determina quien debe asumir el riesgo teniendo en cuenta la probabilidad de ocurrencia y el valor de pago.

TABLA 1. ÁREA DE RIESGO

Valor de Pago	Probabilidad de Ocurrencia				
	Muy alto	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo
Muy Alto	Proyecto	Proyecto	Fondo	Fondo - T.A.	T.A. – Seg.
Alto	Proyecto	Proy - Fondo	Fondo	Fondo - T.A.	T.A. – Seg.
Medio	Proyecto	Proy - Fondo	Fondo	Fondo	T.A. – Seg.
Bajo	Proyecto	Proyecto	Fondo	Fondo	Proyecto
Muy Bajo	Proyecto	Proyecto	Proyecto	Proyecto	Proyecto
.T.A. Terminación Anticipada Seg. Seguro Fondo. Fondo de Pasivos Contingentes de las Entidades Estatales					

- Criterios para la elaboración del **Plan de Aportes**

Qué es el Plan de Aportes?

Es el valor presente de la contingencia, distribuido en el tiempo a lo largo de la vida del proyecto o riesgo.

Criterios para su Elaboración

- **Capacidad de pago** de la entidad aportante
- **Monto total de las obligaciones contingentes** contraídas por la entidad bajo el correspondiente contrato
- El **plazo** de ejecución del contrato y de comportamiento del **riesgo total de los aportes** requeridos
- La **probabilidad de ocurrencia** de la contingencia

- Como funciona el mecanismo pasivo contingente – plan de aportes – fondo

Figura 3. VALORACIÓN DE PASIVOS

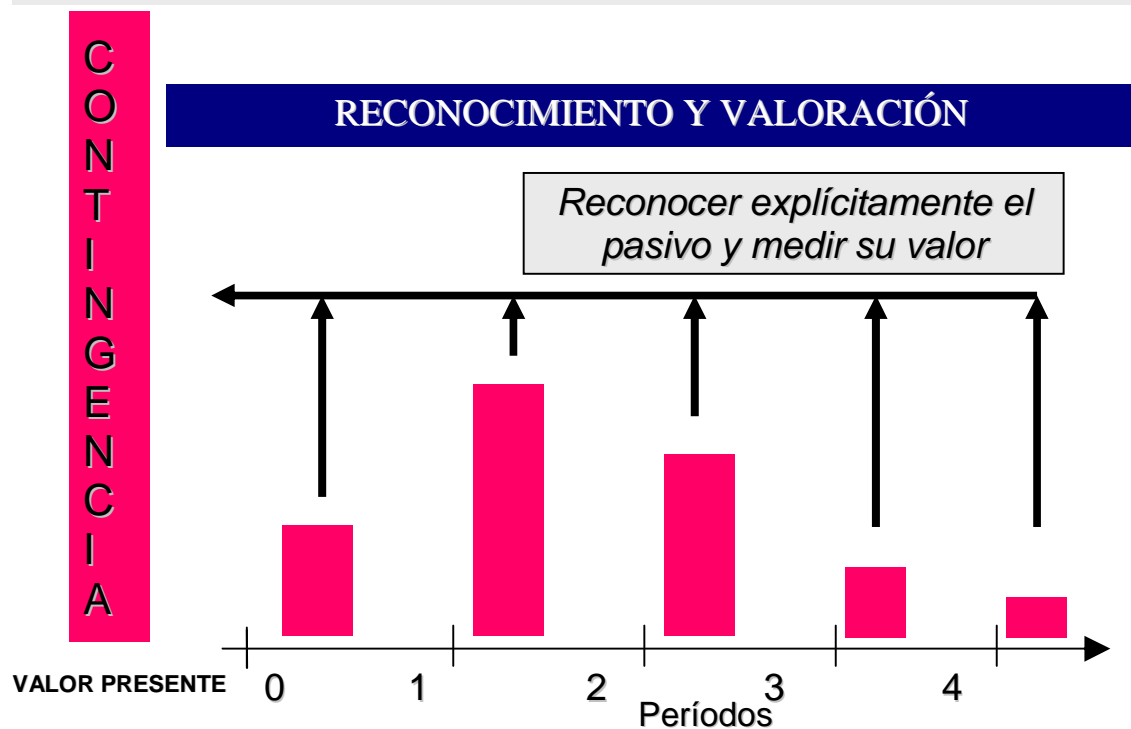


Figura 4. VALORACIÓN DE PASIVOS – continuación

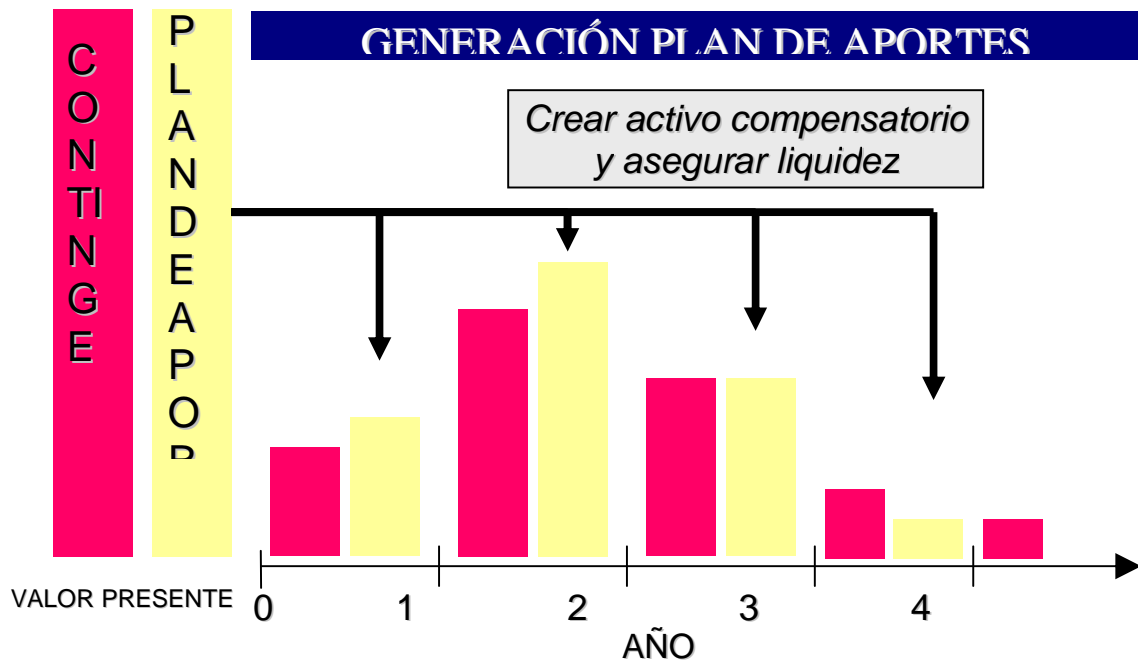


Figura 5. VALORACIÓN DE PASIVOS – continuación

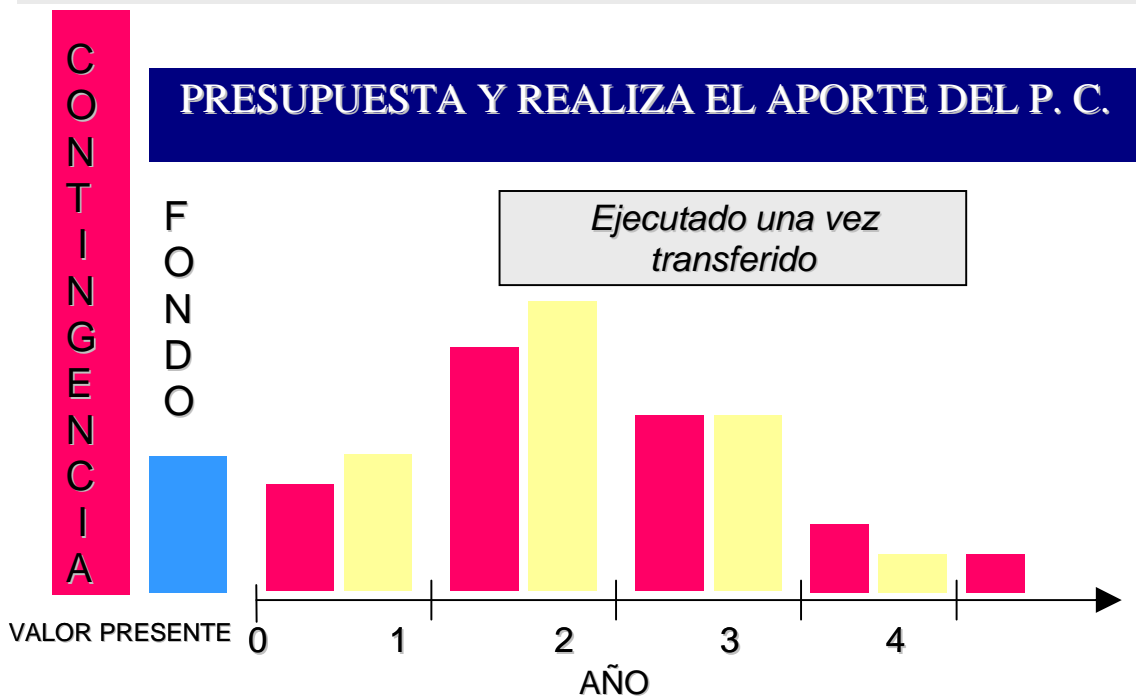


Figura 6. VALORACIÓN DE PASIVOS – continuación

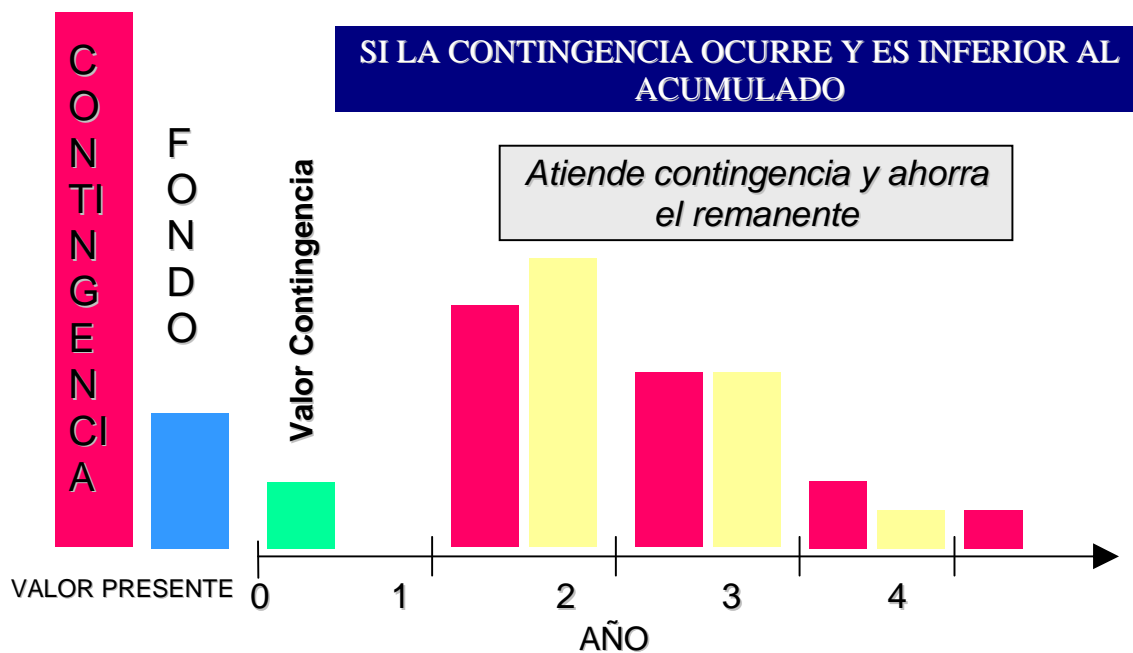


Figura 7. VALORACIÓN DE PASIVOS – continuación

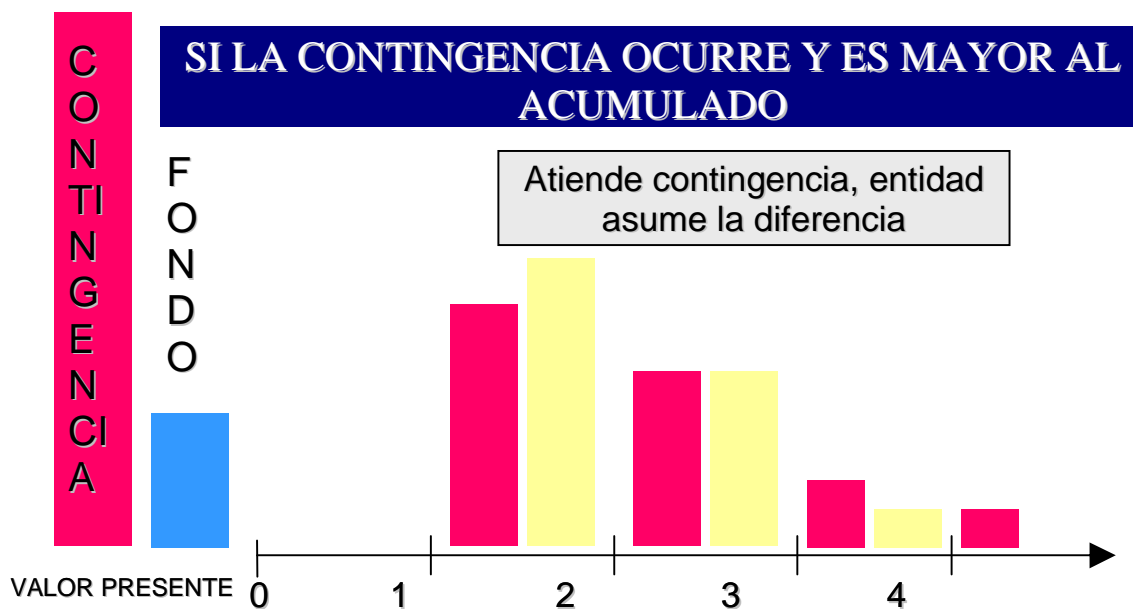


Figura 8. VALORACIÓN DE PASIVOS – continuación

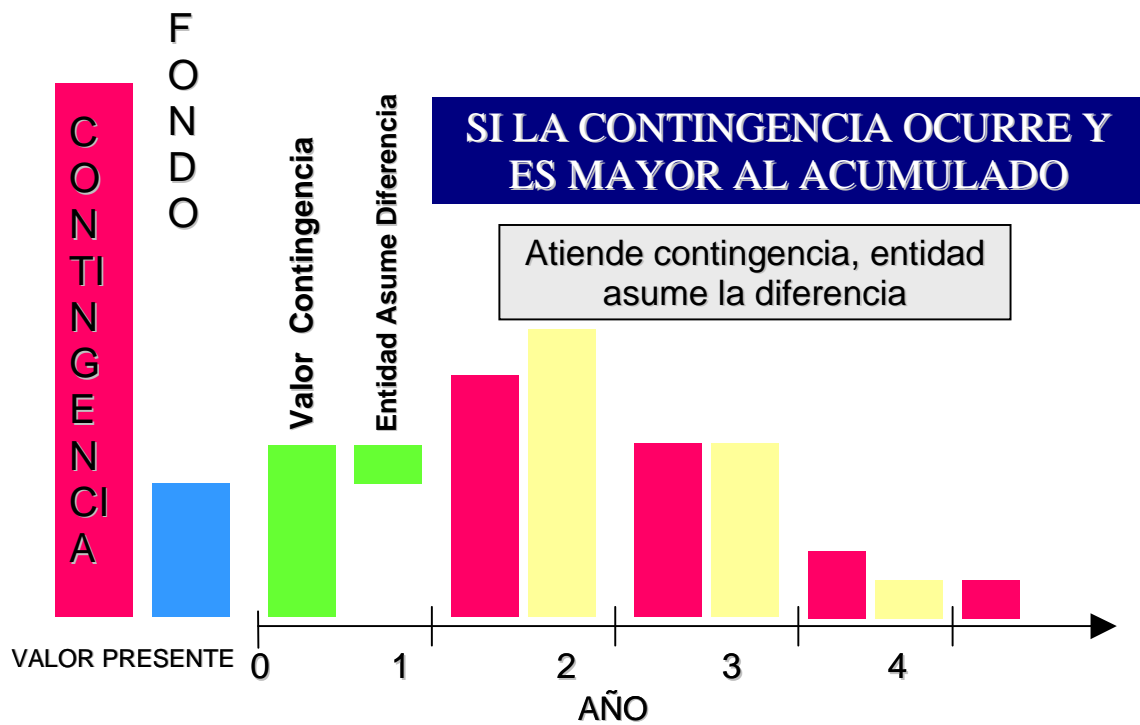
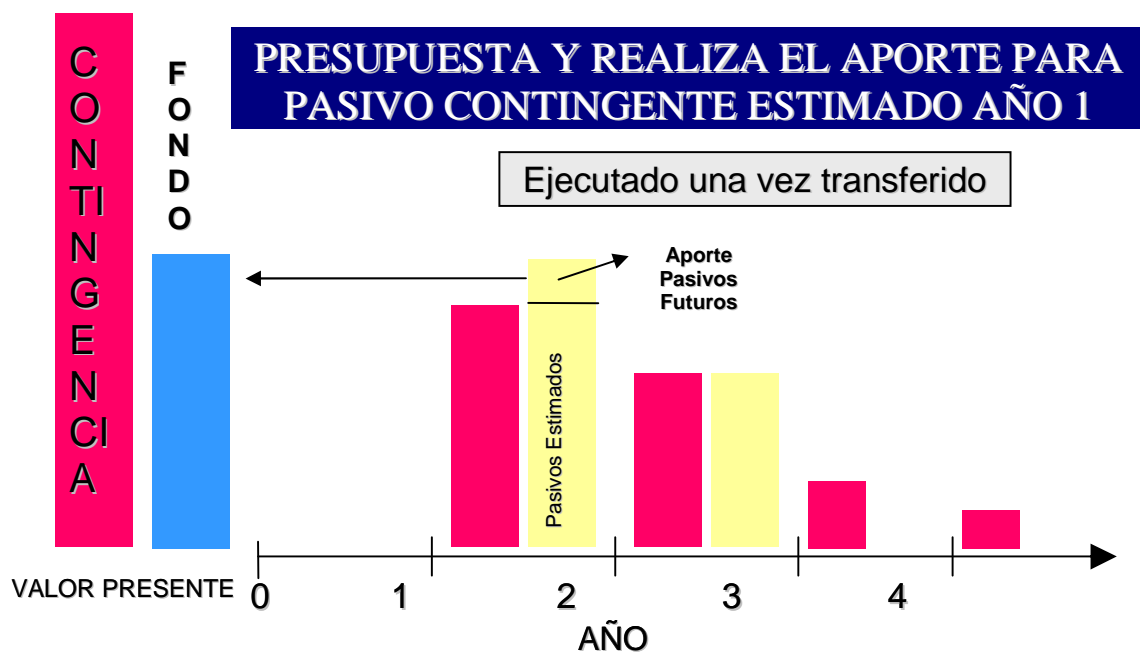


Figura 9. VALORACIÓN DE PASIVOS – continuación



Para efectos del presente manual se supone que la entidad estatal ya ha definida las garantías para cada proyecto por lo tanto, solo se darán los parámetros para la valoración de pasivos contingentes por tipo de riesgo.

A continuación se describe los pasos a seguir para la valoración de las contingencias que se derivan del otorgamiento de garantías públicas en los proyectos de infraestructura a concesionarios del sector privado y determinar los aportes que deben hacer las Entidades Estatales al Fondo de Contingencias:

1. Detallar los diferentes riesgos a que está expuesto el proyecto.

De acuerdo con la Política de Riesgo Contractual de Estado, definida en el Documento Conpes 3107 de 2001, los riesgos presentes en un contrato de concesión pueden clasificarse en unas pocas categorías generales.

En función de su temporalidad y características, los riesgos más importantes que se pueden identificar en la financiación de proyectos y que se pueden clasificar de forma genérica son:

Riesgo de Construcción (Cantidades de obra, precios y plazos)

Se refiere a la probabilidad de que el monto y la oportunidad del costo de la inversión no sean los previstos. Tiene tres componentes:

- **Cantidades de obra:** Cuando la inversión requiere cantidades de obra distintas a las previstas.
- **Precios:** Cuando los precios unitarios de los componentes de la inversión, son diferentes a los previstos.
- **Plazo:** Cuando la obra se realiza en un tiempo distinto al previsto.

Como principio general, *los riesgos de construcción deben ser transferidos al inversionista privado*, dado que éste tiene mayor experiencia y conocimiento sobre las variables que determinan el valor de la inversión y debido además a que será aquel quien posea el programa de construcción.

Riesgos de Operación

Este riesgo está asociado al no cumplimiento de los parámetros de desempeño especificados, entre otros se puede resaltar los siguientes:

- Costos de operación y mantenimiento mayores a los proyectados
- Disponibilidad y costos de los insumos
- Interrupción de la operación por acto u omisión del operador.

La operación del proyecto es parte del objeto mismo del contrato, por lo que *este riesgo se asigna al inversionista privado*.

Riesgos Comercial o de Mercado

El riesgo comercial se presenta cuando los ingresos operativos difieren de los esperados debido a:

- La Demanda del proyecto es mayor que la proyectada.
- La Imposibilidad de cobrar tarifas, tasas y derechos, por factores de mercado, de impago o evasión de las mismas.

Considerando que la mitigación del impacto de este riesgo depende en la mayoría de los casos de la gestión comercial que hace el operador o prestador del servicio, ***este riesgo generalmente asignado al Inversionista Privado.***

Riesgos Financieros

Los riesgos asociados con la financiación, independientemente del perfil de servicio de la deuda, están además determinados por el riesgo cambiario y el riesgo de tasa de interés.

Este riesgo tiene dos componentes:

- Riesgo de consecución de financiación
- Riesgo de las condiciones financieras (plazos y tasas)

En general los riesgos financieros son asignados en su totalidad al inversionista privado.

Riesgo Cambiario

El riesgo cambiario se refiere a la eventual variación de los flujos de un proyecto, debido a que sus ingresos y egresos están denominados o dependen del comportamiento de la tasa de cambio. Por ejemplo, se da cuando los ingresos, los costos o la deuda están asociados a más de un tipo de moneda, y por tanto, están sujetos a pérdidas o ganancias potenciales por fluctuaciones en las tasas de cambio.

De igual manera, cuando el inversionista es extranjero y plantea su rentabilidad en otras monedas, mientras que la generación de ingresos por cobro de peajes o tarifas está ligada al peso colombiano. ***Este riesgo es generalmente asignado al inversionista privado.***

Riesgos Regulatorios

En desarrollo de los términos de la Ley 80 de 1993, el Estado hará explícito en los términos de contratación el tratamiento para cambios regulatorios, administrativos y legales diferentes a los tarifarios que afecten significativamente los flujos del proyecto. Con ***riesgo debe ser asumido por el inversionista privado.***

Riesgos de Fuerza Mayor

Los riesgos de fuerza mayor son definidos como eventos que están fuera del control de las partes y su ocurrencia otorga el derecho de solicitar la suspensión de las obligaciones estipuladas en el contrato. Estos riesgos tienen dos connotaciones:

Riesgos de Fuerza Mayor Asegurables: Corresponden al impacto adverso que sobre la ejecución y/u operación del proyecto tengan los desastres naturales, **por el hecho de ser asegurables, éstos riesgos estarán a cargo del inversionista privado.**

Riesgos de Fuerza Mayor Políticos no Asegurables: Se refiere de manera exclusiva al daño emergente derivado de actos de terrorismo, guerras o eventos que afecten el orden público o hallazgos arqueológicos, de minas o yacimientos. Solo si estos riesgos son acordados como tales contractualmente, estarán dentro de la categoría de riesgos de fuerza mayor y en los contratos se establecerá su mecanismo de cobertura; de no ser así, se les dará el mismo tratamiento que al riesgo soberano.

Las consecuencias de eventos de fuerza mayor no asegurables que impliquen pagos al inversionista privado, tales como terminaciones anticipadas de los contratos, no podrán ser pagadas a través del Fondo de Contingencias.

Riesgo de Adquisición de Predios

Estos riesgos surgen de la necesidad de disponer de predios para el desarrollo de los proyectos y están asociados al costo de aquellos, a su disponibilidad oportuna y a la gestión necesaria para su adquisición.

El control y responsabilidad sobre la compra de los predios está a cargo de la entidad estatal, debido a que es ésta quien tiene la facultad para la adquisición de los predios y/o adelantar los procesos de expropiación respectivos. No obstante, se podría pactar en los contratos la responsabilidad del contratista.

Riesgo por Obligaciones Ambientales

El riesgo contractual por obligaciones ambientales se refiere a obligaciones que emana de las licencias ambientales, de los planes de manejo ambiental y de la evolución de las tasas de uso del agua y retributivas durante la construcción y operación del proyecto.

Riesgo Soberano o Político

Se refiere a diferentes eventos de cambios de ley, de situación política o de condiciones macroeconómicas que tengan impacto negativo en el proyecto, como por ejemplo riesgos de repatriación de dividendos y/o convertibilidad de divisas.

En proyectos de participación privada en Colombia, *tradicionalmente, este riesgo es asumido por el inversionista privado*

2. Asignación de Riesgos entre las partes.

Una óptima gestión del riesgo debe empezar por hacer unas preguntas básicas, cuyas respuestas determinarán la estrategia posterior a seguir en todo proyecto:

1. ¿Se han identificado los riesgos a los que está expuesto el proyecto?
2. ¿Qué riesgos podrían tener suficiente importancia como para centrar la atención en ellos?
3. ¿Qué estrategias podrían seguirse ante las diferentes situaciones?

La identificación es el primer paso en la estrategia para la gestión del riesgo, que posteriormente resultará en la distribución, asunción, aseguramiento o cualquier otra alternativa para la gestión del mismo. En todo proyecto, el mayor riesgo es aquel que no ha sido identificado.

Con respecto a las preguntas 2 y 3, es útil emplear los criterios de impacto y probabilidad con el fin de establecer la estrategia que podría seguirse, dependiendo de la tendencia que sigan estas variables.

La existencia de un riesgo con impacto potencial grande y elevada posibilidad de que ocurra, daría lugar a un riesgo exacerbado por completo el desarrollo y viabilidad del proyecto, ya que previsiblemente la tasa de retorno requerida por la asunción de tal riesgo será muy elevada.

Si se reduce el potencial impacto del riesgo pero existe una alta probabilidad de que ocurra, se da una situación de riesgo mitigado. Si el potencial impacto del riesgo es alto y su probabilidad de ocurrencia es baja, nos encontramos ante una situación de riesgo reducido. En ambos casos, la estrategia a seguir es asegurar el riesgo, contratando una póliza para cubrir aquellos riesgos que estén por fuera del control del contratista.

El principio básico de asignación de riesgos es que éstos deben asumirse por aquella parte que esté en mejor disposición de evaluarlos, controlarlos y administrarlos, o la parte que disponga de mejor acceso a los instrumentos de protección o diversificación y que lo haga a menores costos. Con ello se asegura que la parte con mayor capacidad de reducir los riesgos, tenga incentivos adecuados para hacerlo.

Con base en estos criterios, la entidad pública contratante debe asumir los riesgos regulatorios, los riesgos de cambios de políticas que afectan exclusivamente al sector o al proyecto, el riesgo de convertibilidad y aquellos riesgos de fuerza mayor para los cuales no existen coberturas, o su costo sea muy alto. Una aplicación de estos principios redundará en una mejor selección de los proyectos a desarrollar y en significativos ahorros fiscales.

Para garantizar la viabilidad general del proyecto, habrá que asegurarse que aquel a quien se transfieren los riesgos sea capaz de identificarlos, mitigarlos y gestionarlos.

Los riesgos sólo se mitigan de forma efectiva si se refuerzan los siguientes aspectos:

- La capacidad de controlarlos (calidad de la dirección o de gestión)

- La capacidad de aceptarlos (calidad de solvencia)
- La capacidad de asegurarlos (calidad del contrato)

La identificación y asignación de los riesgos en un contrato tiene el propósito de que la entidad contratante asuma únicamente los riesgos frente a los cuales se responsabiliza en el texto del mismo. Cualquier otra circunstancia que afecte la rentabilidad del contratista debe ser asumida por éste. Este debe ser el sentido del “restablecimiento del equilibrio contractual” a que hace referencia la legislación colombiana y no el que el Estado bajo cualquier circunstancia, deba garantizar una rentabilidad mínima al contratista.

Es también importante elaborar una matriz de riesgo en la cual podrán incluirse tantas variables como se desee. Se sugiere que se incluyan al menos las siguientes variables:

- Riesgos identificados
- Probabilidad de ocurrencia de los mismos definida como una distribución de probabilidades
- Estimación del impacto
- Circunstancias que mitigan el riesgo y,
- Acciones a seguir.

3. Asignación de Riesgos Específicos.

Riesgos de Construcción

Estos riesgos serán tanto más importantes tenerlos en consideración, cuanto mayor sea el componente de construcción que implique el proyecto. Como se mencionó anteriormente los riesgos más habituales durante la fase de construcción son:

- No adecuación a los requerimientos técnicos.
- Disponibilidad de materias primas, mano de obra, etc.

Estos riesgos se distribuyen adecuadamente mediante la firma de un contrato “llave en mano” con un constructor de probada capacidad técnica y solvencia financiera. Es también recomendable, utilizar la asesoría de firmas de ingeniería para el control del desarrollo de los trabajos, así como la obtención de garantías para asegurar la efectiva finalización del trabajo en los términos pactados. Como también se anotó anteriormente, en esta etapa se consideran los riesgos durante la fase de planificación y diseño o predesarrollo del proyecto.

Si la elaboración de los diseños ha sido responsabilidad del propio contratista, corresponde a éste asumir este tipo de riesgos. Una excepción a esta regla se presentaría cuando la deficiencia en los diseños sea consecuencia de información errada proporcionada por la entidad pública (planos de ingeniería, condiciones geológicas, etc.)

Los sobrecostos de construcción –en sentido estricto- se originan en diferencias en los costos definitivos de obra frente a los presupuestos iniciales calculados por el contratista. Pueden tener su origen en diferenciales en costos de insumos, mano

de obra, tiempo de terminación, ineficiencias del constructor, etc. También pueden presentarse cuando por razones de deficiente calidad en las obras a su cargo, el contratista es obligado a repararlas y entregarlas a satisfacción. En ninguna de esas situaciones existe justificación para que los sobrecostos sean asumidos por el Estado.

La construcción de obras adicionales no contempladas en el contrato inicial no debe considerarse como un riesgo. La entidad contratante debe asumir esos costos por medio de una modificación del contrato.

Riesgos de Operación

Estos se refieren a todos aquellos factores que pueden afectar la corriente de ingresos futuros asociados al proyecto. Entre otros, podrían identificarse los siguientes riesgos:

Riesgo de inexistencia o insuficiencia de suministros. Es habitual distribuir este riesgo requiriendo la firma por anticipado de acuerdos contractuales de suministros.

Riesgo de interrupción en el funcionamiento de las instalaciones. Obtención de garantía de mantenimiento de la compañía constructora/instaladora.

Sobrecostos de operación. Aparecen por causa de un presupuesto deficiente del proponente, decisiones equivocadas en cuanto a tecnología, cambios en costos de insumos, e ineficiencia en la operación. Deben ser asumidos plenamente por el concesionario, pues su control o mitigación dependen en gran medida de su esfuerzo.

No disponibilidad de insumos. El concesionario debe asegurar la disponibilidad de los insumos necesarios para la operación. Es por lo tanto un riesgo que debe ser asumido plenamente por él. Excepcionalmente la entidad contratante podría comprometerse a asegurar su disponibilidad, si posee un mayor poder de negociación frente a los proveedores que el concesionario, o es proveedor monopólico del insumo.

Deficiencia de operación. En el contrato deben establecerse los estándares mínimos exigidos de operación satisfactoria, usando parámetros verificables. Si la entidad oficial contratante tolera una operación por debajo de estos estándares, el riesgo lo estaría asumiendo el usuario. El pago de multas y la corrección inmediata de las deficiencias (que de repetirse pueden conducir a la caducidad del contrato) constituyen la manera en que el concesionario debe asumir este riesgo.

Riesgo Comercial o de Mercado

Históricamente en Colombia, este riesgo ha sido asumido por la entidad contratante bajo la forma de garantías de tráfico mínimo (en el caso de carreteras y aeropuertos), o con contratos de compra garantizada (en los sectores eléctrico y de gas).

Por regla general, las entidades oficiales no deben asumir estos riesgos, puesto que los mercados donde operan los contratos de participación privada pueden considerarse como maduros.

La justificación de esta recomendación radica en que uno de los propósitos de la participación privada en estos proyectos, es generar un incentivo para que ella descarte desde la etapa de preinversión los proyectos que no son rentables financieramente. Es común que los intereses asociados a la ejecución de un proyecto (regionales, políticos, sectoriales, etc.) interfieran en los cálculos oficiales sobre la demanda esperada. El concesionario privado no tiene, sin embargo, incentivo alguno en sobreestimar el comportamiento de esta variable.

Como se señaló anteriormente, si la conveniencia política o social de adelantar un proyecto no rentable financieramente es importante, el déficit debe ser cubierto a través de transferencias presupuéstales, mediante un proceso de análisis de los costos (en términos de mayor tributación o de sacrificio de proyectos alternativos) y beneficios.

Un caso particular se presenta en los proyectos destinados a garantizar la confiabilidad del abastecimiento y evitar el riesgo de racionamiento de un determinado servicio, por ejemplo los de electricidad o agua. Definido un nivel de confiabilidad del sistema (en términos de bajas probabilidades de racionamiento), deben existir alternativas de producción que estén disponibles para entrar en operación cuando dichas amenazas estén próximas, así las plantas estén "ociosas" la mayor parte del tiempo.

La entidad contratante responsable del servicio asume frente al operador de una planta productora de estas características un "pago por disponibilidad", que puede tomar la forma de una garantía de demanda mínima, o de un compromiso de compra. Es eficiente que el consumidor final asuma estos costos, pues dispone gracias a ellos de un servicio más confiable, y que queden incorporados en la tarifa. Estructurándose de esta manera, los pagos derivados de estos contratos no deberían considerarse como contingencias.

Riesgos Financieros

Como se mencionó anteriormente, estos son riesgos asociados con las corrientes de ingresos y gastos del proyecto. Unas posibles formas de mitigar estos riesgos son:

Riesgo de tasa de interés: Su mitigación requiere la financiación a tipo de interés fijo, o bien la financiación a tipo de interés variable contratando instrumentos de cobertura (IRS, FRAS, opciones, futuros, etc.).

Riesgo de tipo de cambio: Su mitigación requiere contratar productos de cobertura (seguros de cambio, opciones, futuros, etc.), obtención de financiación con cláusula multdivisa, etc.

Riesgo de crédito: Su mitigación requiere un análisis previo de la capacidad financiera de las partes que intervienen en el proyecto, realizado por una agencia especializada en calificación de riesgos.

Cuando los precios del bien o servicio prestado por el concesionario están regulados, las fórmulas de ajuste de tarifas tienen en cuenta el comportamiento general de precios de la economía y específicamente, la estructura de costos del sector respectivo. En estas circunstancias los riesgos macroeconómicos deben ser asumidos por los usuarios del proyecto, bajo el criterio de eficiencia económica.

De esta forma se generan las señales adecuadas para la asignación de los recursos y no hay razón para que sean asumidos por la entidad contratante.

Cuando el precio del bien o servicio se determina en competencia (en el caso colombiano esto ocurre en el mercado mayorista de energía y algunos mercados de telecomunicaciones), estos riesgos deben ser asumidos por el concesionario, quien evaluará la posibilidad de trasladarlos parcial o totalmente a los usuarios, según se lo permitan las condiciones de la competencia.

En el caso de mercados regulados es posible que se presenten desequilibrios entre los ajustes de tarifas y las variaciones en los costos en que incurre el concesionario (incluidos entre dichos costos el correspondiente al servicio de la deuda, que puede estar contratada en dólares). Una manera de obviar esta situación, es definir la fórmula de ajuste en precios de tal manera que se tengan en cuenta el costo de los insumos importados y del servicio de la deuda externa en la definición de los precios al usuario. El no ajuste de acuerdo con estos parámetros hace parte del riesgo regulatorio, que será tratado más adelante.

Debe evitarse que a través de una garantía de esta naturaleza (o de garantías cambiarias o de deuda asumidas por el Estado) se incentive al concesionario a asumir excesivos riesgos cambiarlos, estructurar el proyecto con niveles de endeudamiento que vayan más allá de lo deseable o reducir el esfuerzo en la adquisición de los instrumentos de cobertura que ofrezca el mercado. Para limitar estos comportamientos es conveniente exigir desde el momento de la licitación unos niveles mínimos de capitalización del proyecto.

En determinadas circunstancias puede presentarse una diferente percepción del riesgo cambiario entre el concesionario y la entidad contratante. Tal puede ser el caso en el cual agudos desequilibrios en las cuentas del sector externo, o del sector público puedan conducir a exageradas volatilidades en la tasa de cambio.

En esas circunstancias, siempre y cuando en el mercado no existan instrumentos de cobertura (o estos sean de corto plazo y/ o muy costosos), puede justificarse una protección cambiaria (temporal) al concesionario.

Riesgo Cambiario

Para proyectos con requerimientos de inversión en moneda extranjera y cuyos ingresos sean en moneda local, el decreto 423 de 2001 en su artículo 14 ha establecido que como mecanismo de mitigación las entidades estatales puedan estructurar soportes financieros que provean recursos para cubrir parcialmente eventuales faltantes de liquidez por fluctuaciones en tasas de cambio y así, facilitar la financiación externa del proyecto en condiciones más favorables.

Este tipo de soportes de liquidez están dirigidos a ofrecer a los prestamistas un mayor nivel de certidumbre sobre el servicio de la deuda durante el período de mayor estrechez del flujo de caja libre del proyecto, por tal razón, en ningún caso podrán ser interpretados como una garantía de riesgo comercial.

Riesgos Regulatorios

Son riesgos asociados a cambios en el marco legislativo, acciones de política macroeconómica, o intervenciones discrecionales de las entidades sectoriales sobre variables que afectan los ingresos del negocio. La alternativa más usual para mitigar el riesgo político consiste en la suscripción de pólizas de seguro ante posibles riesgos de expropiación o rescate de concesiones administrativas. Cuando el riesgo percibido sea particularmente alto, la alternativa más efectiva consiste en buscar la inclusión como socio en el proyecto del Gobierno/Organismo Público o a una entidad de prestigio mundial (Banco Mundial, etc.).

Cambios en tarifas. En mercados de precios regulados es importante que exista el compromiso oficial de garantizar una tarifa por el bien o servicio producido, así como una fórmula objetiva de ajuste periódico. La fórmula debe reflejar los costos del proyecto, pero al mismo tiempo estimular la eficiencia. Con este instrumento el concesionario puede protegerse **de un posible comportamiento oportunista del Estado**, o de las comunidades beneficiadas por el proyecto, y acometer sin temor inversiones importantes y no transferibles a otros proyectos.

Otros cambios legales y de política. Se incluyen en este grupo alteraciones de diversa naturaleza relacionadas con la normatividad ambiental, la legislación tributaria, etc. El criterio de asignación es que la entidad pública contratante debe proteger al inversionista contra normas y regulaciones que discriminen contra el proyecto o el sector. En lo que se refiere a cambios en la legislación general que afectan a todos los mercados, el concesionario debe asumir tales riesgos. Ni el concesionario debe esperar, ni el Gobierno comprometerse a que el marco legal no se altere en el largo plazo.

Riesgos de Fuerza Mayor

Se agrupan bajo esta categoría los riesgos que están por fuera del control de cualquiera de las partes del contrato como son, desastres naturales, guerras, terrorismo, etc. Debe estimularse a los concesionarios para que contraten protección con las compañías de seguros, o con las agencias especializadas en este tipo de protección.

La cobertura más usual para este riesgo es suscribir pólizas de seguros ("seguro de lucro cesante").

Riesgo de Adquisición de Predios

Los retrasos que correspondan a demoras en la entrega de los predios necesarios al concesionario para el desarrollo de un proyecto, así como los sobrecostos derivados de las diferencias entre las estimaciones iniciales y las definitivas de los costos de adquisición, son responsabilidad de la entidad estatal contratante. Esto se justifica porque tan sólo el Estado tiene el poder coercitivo para obligar a la venta de los predios. Para evitar este riesgo, es necesario que los procesos de adquisición culminen antes del inicio de las obras.

Este riesgo está asociado al costo de los predios, a su disponibilidad oportuna y a la gestión necesaria para la adquisición. El riesgo surge de la necesidad de disponer de predios para el desarrollo de los proyectos.

El control y responsabilidad sobre la compra de predios está a cargo de la entidad estatal, dado que ésta es quien tiene la facultad de adquirir el predio y/o adelantar los procesos de expropiación respectivos. No obstante lo anterior, se podrá pactar en los contratos la responsabilidad del contratista sobre la gestión para la adquisición y la compra de los predios.

Riesgo por Obligaciones Ambientales

Relacionado al riesgo contractual por obligaciones ambientales derivado de licencias ambientales y/o planes de manejo ambiental, se plantean los siguientes lineamientos:

- Cuando se cuente con licencia ambiental debidamente ejecutoriada y/o plan de manejo ambiental, antes del cierre de la licitación, el inversionista privado asumirá los costos implícitos en el cumplimiento de las obligaciones definidas en dicha licencia y/o plan de manejo ambiental.
- Cuando se cuente con licencia ambiental debidamente ejecutoriada antes del cierre de la licitación y ésta sea modificada por solicitud del inversionista privado, el inversionista privado asumirá los costos que implique esta modificación.

- El riesgo de que, durante la ejecución, la operación y el mantenimiento de las obras, se configuren pasivos contingentes causados por el incumplimiento o la mala gestión de la licencia ambiental y/o el plan de manejo ambiental, será asumido por el inversionista privado.
- Cuando no se cuente con licencia ambiental debidamente ejecutoriada y/o plan de manejo ambiental, antes del cierre de la licitación, los costos por obligaciones ambientales se deberán estimar y prever en los contratos acorde con la naturaleza y magnitud del proyecto. En estos casos la entidad estatal podrá asumir el riesgo de que los costos por obligaciones ambientales resulten superiores a lo estimado.
- Como lineamiento de política se recomienda que la diferencia de costos no sea pagada con recursos del Fondo de Contingencias. Es imperativo que las entidades estatales hagan todos los esfuerzos a su alcance para contar con las licencias ambientales y planes de manejo ambiental antes de la firma de los contratos.
- Cuando por la naturaleza del proyecto no se requiera licencia ambiental, los costos para realizar un adecuado manejo ambiental se deben estimar y prever en los contratos acorde con la naturaleza y magnitud del proyecto. En estos casos, la entidad estatal podrá asumir el riesgo por los costos de las obligaciones adicionales resultantes de la exigencia de un plan de manejo posterior al cierre de la licitación, sólo cuando la exigencia no surja del mal manejo ambiental del proyecto. Como lineamiento de política se recomienda que las obligaciones de la entidad estatal no sean pagadas con recursos del Fondo de Contingencias.

Riesgo Soberano o Político

- Se refiere a diferentes eventos de cambios de ley, de situación política o de condiciones macroeconómicas que tengan impacto negativo en el proyecto, como por ejemplo riesgos de repatriación de dividendos y/o convertibilidad de divisas. En proyectos de participación privada en Colombia, tradicionalmente este riesgo es asumido por el inversionista privado.

4. Procedimiento General de Valoración.

Una vez definida la asignación óptima de riesgos entre las partes para cada proyecto, el procedimiento de cálculo del valor de las contingencias asumidas por la entidad pública puede resumirse en las siguientes etapas:

- Postulación, con base en la información disponible acerca de las distribuciones de probabilidad para las variables que activan los eventos contingentes. Estas variables pueden pertenecer a un único período del proyecto o aparecer a lo largo de toda la vida del mismo. En esta etapa es necesario considerar las correlaciones entre riesgos.
- Especificación de la relación funcional entre la contingencia y los valores de las variables modeladas en el punto anterior. En la mayoría de las ocasiones no es necesario modelar el flujo de caja del proyecto, pues las contingencias públicas se definen sobre parámetros de entrada o cálculos intermedios que no requieren conocer las ganancias netas por período.
- Cálculo del valor esperado descontado de los desembolsos con alguna de las técnicas de valoración que se presentan en este documento.

5. Clasificación de Técnicas de Modelaje².

Con las técnicas de modelaje que aquí se detallan se quiere dar una visión general para el manejo y simulación de los diferentes eventos de riesgo que pudieran presentarse, no obstante, estos no constituyen los únicos a tener en cuenta, como bien lo establece el artículo 51 del Decreto 423 de 2001, en ausencia de metodologías al respecto, la documentación que debe ser presentada por las entidades deberá exponer unas cifras de valoración de las obligaciones contingentes, conforme a una metodología adecuada al respectivo proyecto.

Bajo este esquema, las técnicas de modelaje que a manera indicativa se presentan, se pueden clasificar de acuerdo con la frecuencia de aparición de la contingencia en la vida del proyecto: Una única vez o posibilidades reiteradas de ocurrencia en diferentes períodos, que según el tipo de variable de activación de la contingencia que puede ser propia del negocio o puramente exógena, dan lugar a las cuatro aproximaciones de modelaje y herramientas que se presentan a continuación.

5.1 Contingencias de única ocurrencia en la vida del proyecto

Sea X el número de períodos durante los cuales el proyecto ha estado operando hasta el primer instante de ocurrencia de un evento "terminal".

² El desarrollo de este ítem tiene como base el estudio realizado por Arthur Andersen (2000), acerca de las metodologías de valoración de contingencias.

Dada una probabilidad por período p de que se presente un evento de tal tipo, la distribución geométrica calcula la probabilidad de que el evento ocurra en el período i , mediante la siguiente expresión:

$$Prob\{X = i\} = p(1-p)^{i-1}, \quad EC. 1$$

La expresión de la EC. 1 refleja, para un valor fijo de i , que el evento no ha ocurrido durante los $i-1$ primeros períodos, y ocurre en el período i .

Sea P_i el pago contingente que se efectuaría en el período i . Este pago contingente puede ser una variable aleatoria. En algunos casos P_i puede ser el valor de la inversión acumulada hasta el período i . En otros, puede ser el valor de los ingresos esperados desde el período i hasta la finalización del contrato.

El valor de la contingencia (V_c) se puede expresar analíticamente como:

$$V_c = E \left[\sum_{i=1}^N \frac{P_i p (1-p)^{(i-1)}}{(1+r)^{(i-1)}} \right] \quad EC. 2$$

Donde E es el valor esperado de la expresión entre paréntesis, N es el número de períodos del proyecto durante los cuales la contingencia tiene vigencia, y r es la tasa de descuento (tasa que se usa para descontar en todas las contingencias modeladas en este documento). Mientras no se diga lo contrario, la tasa de descuento r está expresada en términos reales.

Esta expresión puede simplificarse cuando la probabilidad por período y el valor de la contingencia son independientes y cuando el valor de la contingencia no dependa del período ($P_i = P$), en cuyo caso la expresión que se debe usar es:

$$V_c = P \times p \times \left[\sum_{i=1}^N \frac{(1-p)^{(i-1)}}{(1+r)^{(i-1)}} \right] \quad EC. 3$$

En el caso de eventos extremos (de baja frecuencia) tales como terremotos o inundaciones, la probabilidad de ocurrencia puede estimarse utilizando datos históricos, por medio de la distribución beta. La distribución beta modela una variable que toma valores entre 0 y 1. Puede comprobarse que la probabilidad p mencionada cumple la relación $p = \text{Beta}(a, b)$, donde $a = r + 1$, y $b = n - r + 1$, donde n es el número de períodos registrados y r el número de períodos en los que un evento extremo ha sucedido.

5.2 Contingencias con distribución de probabilidad por fase

En este caso no se calculan los valores de las contingencias por período, sino para una fase completa del proyecto (diseño, construcción, operación). Un ejemplo de este tipo de modelaje es el sobrecosto ex post representado en la cantidad de obra

adicional (la estrictamente necesaria para cumplir con el objeto de la concesión y valorada a costos unitarios predefinidos) con respecto al diseño, siempre y cuando este diseño haya corrido por cuenta de la entidad contratante.

A manera de ilustración, se plantea una metodología de cálculo que podría aplicarse cuando se haya efectuado una compilación y discriminación razonable de información de costos. Asumiendo que el porcentaje de sobrecostos en la fase de construcción puede tomar cualquier valor positivo, pero que la probabilidad asociada decrece con el tamaño del sobrecosto, la distribución de probabilidad más sencilla que refleja esta suposición es la exponencial. Sea x el porcentaje de sobrecosto ex post correspondiente a la cantidad de obra adicional con respecto al diseño contratado.

La distribución exponencial asociada a los sobrecostos requiere especificar solo un parámetro (λ):

$$f(x) = \lambda e^{-\lambda x}, x \geq 0 \quad \text{EC.4}$$

Donde el parámetro ($1 / \lambda$) es tanto la media como la desviación estándar de la distribución. El ajuste de la distribución a los datos existentes se puede realizar de la siguiente forma: si se define $\alpha < 1$ como el porcentaje de proyectos del mismo tipo que el analizado que tiene costos adicionales ex post hasta un porcentaje igual a β , el parámetro λ se puede hallar mediante la siguiente relación:

$$\int_0^{\beta} \lambda e^{-\lambda x} dx = \alpha, \text{ donde } \rightarrow \lambda = \frac{1}{\beta} \ln \left(\frac{1}{1 - \alpha} \right) \quad \text{EC. 5}$$

Esta forma de estimar el único parámetro de la distribución utiliza información observable (cuando existe) de los sobrecostos, ordenada como distribución acumulativa empírica de los mismos. Por ejemplo, podría hallarse que el sector de carreteras construidas bajo el esquema de tercera generación, la mitad de los proyectos observados exhibieran sobrecostos hasta de un 30%. Esto significa que, si los sobrecostos se distribuyeran en forma exponencial, el parámetro α sería igual a 0.5, y el parámetro β sería igual a 0.3.

El valor esperado del sobrecosto será la multiplicación de la media de la distribución ajustada por el costo presupuestado (es decir, $1 / \lambda$, multiplicado por el costo ex ante):

$$V_c = C \frac{1}{\lambda} \quad \text{EC.6a}$$

Es posible que algunas estructuras de incentivos puedan arrojar una distribución de probabilidad de porcentaje de sobrecostos que no sea monótonamente decreciente con la magnitud del sobrecosto (al estilo de la distribución lognormal, beta, etc.). En este caso, se puede ajustar la distribución empírica con ayuda de un paquete estadístico de simulación.

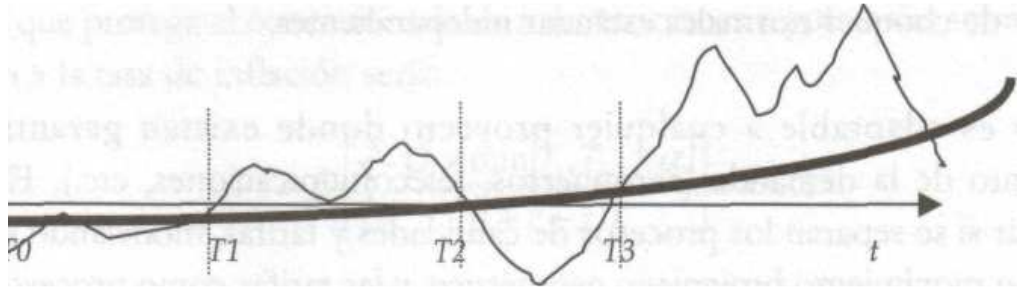
Los retrasos imputables a la entidad pública son otro tipo de contingencia por fase que también pueden modelarse con ayuda de una variable exponencial con media $1 / \lambda$. El valor esperado del costo ocasionado por el retraso es el consignado en la EC. 6.b. donde, $I(t)$ son los ingresos que se esperaban recibir durante el período de retraso. En caso de que estos ingresos pactados para liquidación crezcan a una tasa α , el valor de la contingencia es el consignado en la EC. 6.c.

$$Vc = E \left[\int_0^{\frac{1}{\lambda}} I(t) e^{-rt} dt \right] = \int_0^{\frac{1}{\lambda}} I(t) e^{-(\lambda+r)t} dt \quad \text{EC.6b}$$

$$Vc = E \left[\int_0^{\frac{1}{\lambda}} I(O) e^{(\alpha-r)t} dt \right] = \frac{I(O)(1 - e^{-(\alpha-r-\lambda)})}{r + \lambda - \alpha} \quad \text{EC.6c}$$

5.3 Contingencias que pueden ocurrir en más de un período, activadas por umbrales definidos sobre variables propias del negocio.

La Figura 10 muestra una posible realización de los ingresos por tráfico I en una concesión vial, y un nivel de ingresos garantizados I_g por período. Usualmente, la garantía toma la siguiente forma: cada vez que I sea inferior a I_g , la entidad pública contratante paga al contratista la suma $I_g - I$. Esto es, el contratista es el dueño de una opción de venta de sus déficits con respecto al nivel garantizado. En el peor de los casos para la entidad contratante, el concesionario recibe I_g ingresos por período y se queda con los "excedentes". En la gráfica, la entidad pública contratante paga las diferencias entre el nivel I_g y la realización de I durante los períodos $[T_0, T_1]$ y $[T_2, T_3]$.



Cuando se está en presencia de variables que crecen exponencialmente en el tiempo, su modelaje como movimiento browniano geométrico facilita los cálculos de contingencias. Suponiendo que cualquier obra de infraestructura se diseña y licita para que su saturación o congestión ocurran - si es del caso - al final de los períodos de concesión, el factor de descuento atenúa el crecimiento final y la aproximación a variables como tráfico, etc. es razonable. Un proceso que sigue un movimiento browniano geométrico con tasa de crecimiento constante α y varianza $\sigma^2 dt$ en el intervalo dt puede escribirse de la siguiente forma:

$$\frac{dI}{I} = \alpha dt + \sigma dz \quad \text{EC.7}$$

Donde $dz = \varepsilon \sqrt{dt}$ y ε es una variable normal estándar. Puede demostrarse que la EC. 7 es equivalente a la siguiente expresión (más conveniente para efectuar simulaciones):

$$I_{t+dt} = I_t \exp(\mu dt + \sigma \varepsilon \sqrt{dt}) \quad \text{EC.8}$$

$$\text{donde} \quad \mu = \alpha - \frac{\sigma^2}{2}$$

El valor de la contingencia es igual al valor presente de la suma de los pagos que se puedan efectuar en cada período del proyecto. En cada período, a su vez, los pagos tienen una distribución de probabilidad, por lo que los pagos van ponderados por su respectiva probabilidad de ocurrencia:

$$V_c = E \left[\sum_{i=1}^N \frac{\max[I_g - I(i), 0]}{(1+r)^i} \right] \quad \text{EC.9}$$

El valor de la contingencia puede estimarse con ayuda de simulación Montecarlo. Para ello se generan realizaciones del proceso con la ecuación recursiva anterior, de forma que el valor de I en el período i dependa del valor en el período anterior, de los parámetros de tendencia y volatilidad, y de choques normales estándar independientes.

Este método es adaptable a cualquier proyecto donde existan garantías sobre el comportamiento de la demanda (aeropuertos, telecomunicaciones, etc.). El método se puede sofisticar si se separan los procesos de cantidades y tarifas, modelando el tráfico o el consumo como movimiento browniano geométrico, y las tarifas como procesos que sufren intervenciones regulatorias específicas.

El ingreso reflejará en este caso la combinación de dos tipos de riesgo, el de fluctuaciones de la demanda y el inducido por cambios de política tarifaria.

5.4 Contingencias que pueden ocurrir en más de un período, activadas por umbrales definidos sobre variables exógenas al proyecto.

Dos variables exógenas a los proyectos de infraestructura son la tasa de inflación y la tasa de cambio. Para estos casos puede usarse dos enfoques de modelaje de los procesos: uno basado en la estimación de formas reducidas, que reflejan una teoría de formación de los valores de los procesos (por ejemplo, paridad de poder de compra o enfoque de portafolio en el caso de la tasa de cambio, enfoque monetario o enfoque de portafolio de la tasa de inflación) o un enfoque sin teoría usando series de tiempo.

Los procesos de tasa de inflación y tasa de cambio pueden activar contingencias cuando los ajustes tarifarios ligados a los costos en pesos o en dólares se indexan por decisión regulatoria a velocidades inferiores a las de las realizaciones. Para valorar ese tipo de contingencia, se simula en primer término el proceso de inflación. Sea x_i el valor que toma la tasa de inflación en el período i . Las tarifas indexadas se comportan de acuerdo con la siguiente expresión:

$$T_i = (1 + x_i)T_{i-1} \quad \text{EC.10}$$

Es posible modelar el proceso de ingresos como un movimiento browniano geométrico. En esta sección se amplía la posibilidad de modelaje, haciendo que el tráfico sea una función del PIB. Para identificar los parámetros de la relación funcional, la especificación más sencilla consiste en correr una regresión loglineal entre PIB y tráfico (Q):

$$\ln Q = k + m \ln PIB + \varepsilon \quad \text{EC.11}$$

Una vez estimados los coeficientes k y m , se generan realizaciones del tráfico en función de las realizaciones del PIB, según la expresión:

$$E[Q_i] = e^k PIB_i^m \quad \text{EC.12}$$

Donde E es el operador valor esperado.

Sobre el conjunto de casos en los cuales el tráfico real es superior al garantizado, el valor de una garantía que protege al concesionario de intervenciones regulatorias sobre la indexación con respecto a la tasa de inflación sería:

$$Vc = E \left\{ \sum_{i=1}^N \frac{Q_i \times \min[T_i, T_{i-1} \times \alpha]}{(1 + r + x_i)^i} \right\} \quad \text{EC.13}$$

Donde α es la máxima indexación que el regulador dejará pasar entre dos años consecutivos.

Cuando la indexación por inflación es estocástica, la garantía de ingreso mínimo de la EC.9 queda convertida en la siguiente expresión:

$$Vc = E \left\{ \sum_{i=1}^N \frac{T_i \max[Qg_i - Q_i, 0]}{(1 + r + x_i)^i} \right\} \quad \text{EC.14}$$

Donde Qg_i es el tráfico garantizado en el período i .

Hay que recordar que las correlaciones entre inflación y PIB deben ser incorporadas en la simulación Montecarlo.

Otra variable exógena de importancia en algunos sectores de infraestructura es el precio de los bienes o servicios de la concesión, cuando este se forma en mercados competitivos (necesario de modelar para evaluar las contingencias de proyectos del sector eléctrico). Es práctico usar modelos anualizados del precio de Bolsa, pues de esta forma se reduce el esfuerzo por modelar la estacionalidad de la hidrología y su impacto en el precio. Para ello es suficiente tomar el histograma histórico de precios, ajustarle la mejor distribución de probabilidad de acuerdo a algún test apropiado (Chi cuadrado), y generar realizaciones con ayuda de simulación Montecarlo. Este método anualizado asume que las correlaciones multianuales son muy bajas (suposición fuerte, dado la presencia de fenómenos climáticos como El Niño). Adicionalmente se puede modelar el factor de despacho de la planta como una variable normal truncada, con media igual al factor histórico en bolsa (en caso de proyectos existentes) o de diseño (en caso de

proyectos nuevos), y el porcentaje despachado cada vez que la planta entra en operación como una variable uniforme entre $[0,1]$.

Los ingresos en cada instante son iguales al producto de tres factores: (i) los precios, (ii) el factor de despacho, (iii) la cantidad despachada. El valor de la contingencia en cada instante es $\max [I_g - I, 0]$, donde I_g es el ingreso garantizado, e I el ingreso obtenido. La expresión del valor de las contingencias de esta naturaleza puede calcularse con ayuda de la EC.9

Estas son las herramientas básicas de modelaje y valoración, cuyo uso requiere criterio y adaptaciones en cada caso.

En síntesis, los riesgos se pueden clasificar y modelar de la siguiente manera:

- Los riesgos de cambio regulatorio y **terminación anticipada** se modelan como contingencias de ocurrencia única.
- Los riesgos de sobrecostos y retrasos de construcción se modelan como una contingencia con una única distribución para toda la fase. La naturaleza de la distribución depende del sector, proyecto específico y estructura contractual. La activación se presenta cuando los costos resultantes son superiores a los establecidos en el contrato.
- El riesgo de ingresos por tráfico se modela como una colección de opciones de venta del déficit de ingresos, una por cada período, que es activada por los valores observados del tráfico. La contingencia se activa cuando los ingresos reales son inferiores a los estipulados como garantizados para cada año en que está vigente la garantía.
- Los riesgos de tasa de inflación y tasa de cambio se modelan como contingencias que pueden ocurrir, como en el caso anterior, en más de un período. Se activan cuando el Estado adopta una política discrecional sobre las indexaciones pactadas en las fórmulas tarifarias, y esta intervención puede adquirir diversas modalidades. En este trabajo, se ha tomado como ejemplo para propósitos ilustrativos, un umbral de indexación del 20% para la fluctuación de la tasa de inflación.

6. Criterios de Selección

Para elegir un método de valoración adecuado a la naturaleza de las garantías públicas en proyectos de infraestructura, se considera conveniente tener en cuenta los siguientes criterios:

Versatilidad. Las contingencias presentes en proyectos de infraestructura pueden tener una estructura más compleja de las opciones simples que dieron origen a soluciones analíticas cerradas de valoración en la década de los setenta. La deducción de la fórmula de Black-Scholes requiere la factibilidad de formar portafolios replicantes de los pagos de la opción, ejercicio por una única ocasión del derecho de opción en el instante de maduración, y una estructura específica para el proceso estocástico que define los pagos -movimiento browniano geométrico.

En el caso de las garantías de proyectos de infraestructura se presentan cuatro circunstancias que limitan el rango de aplicación de fórmulas de valoración propias de las opciones simples. En primer lugar, el tipo de proceso estocástico de algunas variables que activan contingencias (como la tasa de inflación, por ejemplo), puede no corresponder al caso clásico del movimiento browniano geométrico. En segundo lugar, el ejercicio de algunas contingencias en un período no excluye su ejercicio en cualquier otro período posterior, como por ejemplo en el caso de las contingencias de ingresos mínimos. Esto implica que se está en presencia de una colección de contingencias individuales por período.

En tercer lugar, la técnica de valoración con portafolios replicantes por el concesionario es imposible de aplicar cuando el activo subyacente no es transado, caso en el cual deben usarse las distribuciones de probabilidad y tasas de descuento ajustadas por riesgo. Finalmente, ciertas contingencias pueden usar parámetros de activación que son "dependientes de la trayectoria", para las que no existe solución analítica. En consecuencia, se requiere de una herramienta de cálculo que pueda incorporar circunstancias tan variadas como las mencionadas, con un esfuerzo razonable de formulación del problema.

Simplicidad. Si bien la valoración de algunas contingencias puede efectuarse con el uso de técnicas complejas, como la integración numérica de ecuaciones diferenciales parciales, la herramienta de valoración debe ser de fácil uso. En tales condiciones, el personal técnico responsable de la valoración debe tener un entendimiento claro de la estructura de riesgos de cada proyecto y de las reglas que activan las contingencias.

Información Generada. Los métodos sofisticados de valoración se concentran en el cálculo del valor de opción, que corresponde a la media de la función de densidad de pagos esperados en el ejercicio de la contingencia. Dado el grado de aversión al riesgo por parte de las entidades públicas, es necesario disponer de medidas de dispersión alrededor del valor medio de la contingencia, que permitan determinar el monto del aporte al fondo de contingencias. En consecuencia, el método de cálculo debería proveer información tanto del valor medio como de la volatilidad y otras características de los pagos esperados.

7. Descripción de la metodología de Valoración

7.1 Simulación Montecarlo

La simulación Montecarlo es un experimento de muestreo cuyo propósito es estimar la distribución de una *variable resultado* que depende de muchas variables probabilísticas *insumo*. El término "simulación Montecarlo" fue utilizado inicialmente para el desarrollo de la bomba atómica como un nombre código para las simulaciones de computadora de la fisión nuclear. Se acuñó debido a su similaridad con el muestreo aleatorio en juegos de azar como la ruleta en los famosos casinos de Montecarlo. La simulación Montecarlo consiste en el muestreo repetido de distribuciones de probabilidad de las variables de insumo para obtener la distribución de una variable resultado ligada funcionalmente a las variables de entrada.

El proceso de simulación consta de cinco pasos:

1. ***Desarrollo de un modelo*** conceptual del sistema o problema bajo estudio. Implica determinar las variables insumo y definir el producto. El modelo debe ser lo más simple posible y centrarse en los factores críticos que afectan los resultados.
2. ***Construcción del modelo de simulación.*** Incluye desarrollar fórmulas o ecuaciones, recolectar datos, determinar las distribuciones de probabilidad de variables inciertas y construir un formato para registrar los resultados.
3. ***Verificar y validar el modelo.*** Lo primero implica asegurar que el modelo está libre de errores lógicos. Validarlo significa asegurar que el modelo es una buena representación de la realidad. Ello implica asegurar que todos los datos (inputs) y distribuciones de probabilidad son verdaderamente representativos del sistema que se está modelando; y comparar los resultados (outputs) del modelo con los datos históricos del sistema real cuando se usan los mismos inputs.
4. ***Diseñar experimentos utilizando el modelo.*** Este paso implica determinar los valores de las variables controlables a estudiar o las preguntas a ser respondidas.
5. ***Realizar los experimentos y analizar los resultados.*** Se corren las simulaciones para obtener la información requerida.

7.2 Etapas del Proceso de Simulación

El proceso para realizar una simulación Montecarlo mediante una hoja de cálculo requiere las siguientes etapas:

1. Desarrollar el modelo que relaciona las variables de entrada y salida.
2. Generar resultados aleatorios para cada variable probabilística de entrada, de acuerdo con su distribución de probabilidades y aplicar los resultados a las fórmulas apropiadas (los paquetes *@Risk* y *Crystal Ball* son apropiados para tal propósito, aunque pueden existir otros paquetes informáticos que pueden ser utilizados).
3. Repetir el segundo paso un número suficiente de veces para crear una distribución de resultados de las variables de salida.
4. Computar estadísticas resumen y recoger los resultados en una distribución de frecuencias o histograma para el análisis.

La simulación Montecarlo posee grandes ventajas prácticas sobre los otros modelos. En primer lugar, tiene alta flexibilidad, pues permite representar contingencias complejas que no son reducibles a modelos para los que no existe una solución analítica. En segundo lugar, además de cuantificar las contingencias (como un valor esperado), el método arroja como subproducto una distribución de probabilidad de la contingencia, con las correspondientes, medidas de dispersión. Como se discutió previamente, este es un insumo necesario para definir las políticas y cuantificar los aportes a un "Fondo de Contingencias".

El método Montecarlo traslada todo el esfuerzo de cálculo al computador (mediante iteración de realizaciones de los procesos estocásticos), dejando al modelador la tarea de «explicar» las variables y las fórmulas de pagos. Con un generador de números aleatorios es posible producir una colección de realizaciones de los pagos y luego tomar el promedio aritmético sobre el conjunto de las muestras aleatorias obtenidas, y/o construir un histograma con la colección de pagos contingentes calculados. Este histograma es una aproximación a la distribución de probabilidad teórica de los pagos contingentes, cuya calidad de ajuste aumenta con el número de realizaciones efectuadas en el proceso de simulación.

La simulación Montecarlo requiere identificar los parámetros de las distribuciones de probabilidad de las variables de entrada. A menos que se actualicen periódicamente los datos históricos, el modelo supone que la volatilidad futura de la variable permanece constante. Esto en muchos casos,

requerirá de ajustes subjetivos. Un ejemplo de esto es la flotación de la tasa de cambio. Hasta hace un tiempo, la tasa de cambio había sido mantenida dentro de una banda mediante intervención, pero ahora está sujeta a las fuerzas del mercado. En este caso, la volatilidad histórica de esta variable no es útil como un predictor de su varianza futura.

En el modelaje de contingencias hay que tener en cuenta la interacción entre riesgos ya que la activación de una contingencia podría afectar la probabilidad de que otra se presente. Esta interacción puede llevar a resultados que pueden tomar por sorpresa a la entidad pública que está cubriendo la contingencia, la cual debe efectuar los análisis de correlación necesarios para estimar el nivel de riesgo real al que está expuesta en cada momento.

7.3 Crystal Ball como instrumento para desarrollar Simulaciones Montecarlo

Crystal Ball, paquete de software desarrollado por Decisioneering, Inc., es una herramienta que sirve para desarrollar simulaciones de Montecarlo y hacer análisis de riesgo. Es un programa para efectuar proyecciones y análisis de riesgo para usuarios de hojas de cálculo, construido en ambiente Windows, es una herramienta valiosa para cuantificar riesgo y tomar decisiones críticas. Aunque para el presente manual se detalla lo concerniente a Crystal Ball, vale resaltar que esta no es la única herramienta informática útil en estos fines.

Durante la simulación, el Crystal Ball crea un pronóstico usando distribuciones de frecuencia. Cuando una simulación se está ejecutando, usted tiene la libertad para detenerla, para reajustarla, y para continuar en cualquier momento. Usted puede manipular cada celda de pronóstico independientemente, dejándola visible ocultándola según lo requerido.

Una vez se haya corrido las simulaciones y se detenga el programa, se debe crear unos reportes donde aparecen los valores del pronóstico que Crystal Ball ha generado.

Además, se obtiene una distribución de frecuencia y la probabilidad de ocurrencia. Para ver algunos de los reportes que se presentan como resultado de una simulación, véase la siguiente ilustración:

8. Área de Riesgo

Una vez obtenidos los valores contingentes resultado de la simulación de Montecarlo y con la ayuda del Cristal Ball, seguidamente, de acuerdo con lo establecido en el Decreto 423 de 2001 en su artículo 45, "La Dirección General de Crédito Público del Ministerio de Hacienda y Crédito Público, determina cuáles de los riesgos certificados por la dependencia de planeación respectiva, deben ser atendidos con los recursos del Fondo de Contingencias Contractuales de las Entidades Estatales, para lo

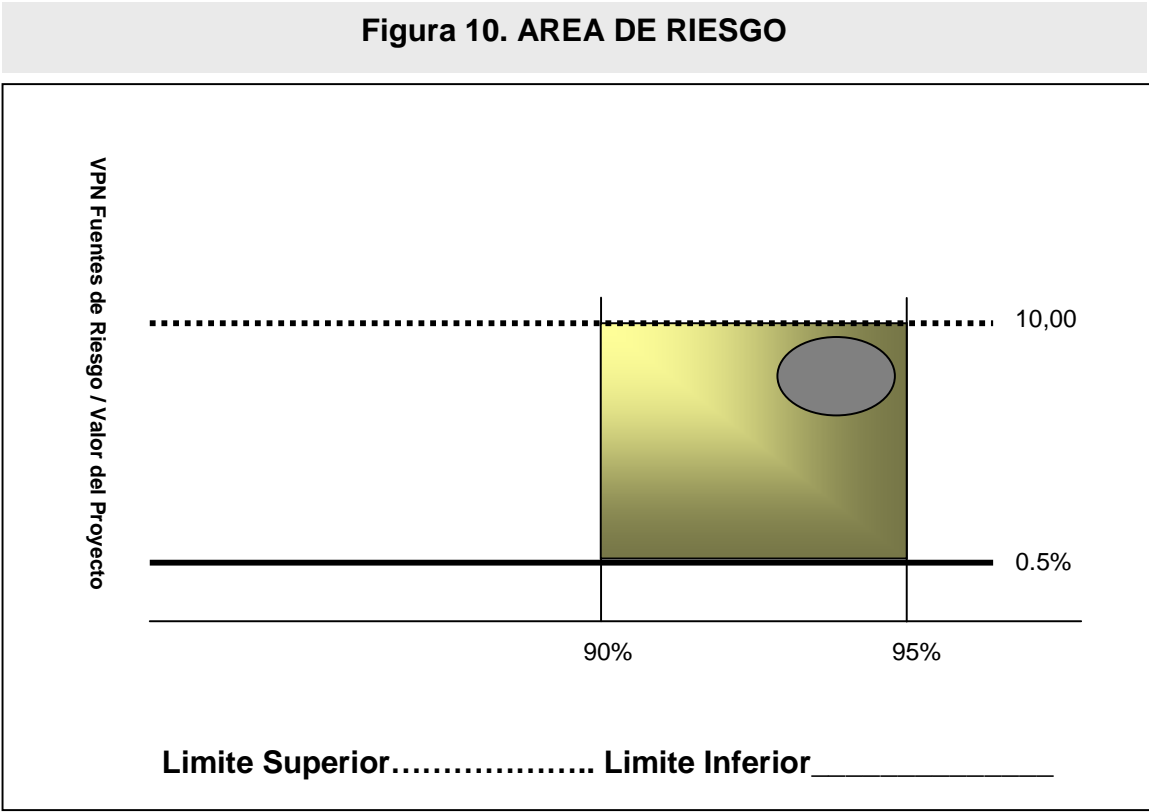
cual establece, un área de riesgos a partir de dos variables que se toman como coordenadas para su determinación. Las variables referidas son:

- El Valor del pago como porcentaje del proyecto; y,
- La probabilidad de Ocurrencia de la contingencia."

De acuerdo con lo anterior, con el ánimo de ubicar los riesgos de la Concesión pertinente, se detalla el valor presente de las fuentes de riesgo del proyecto, el valor del proyecto y la participación agregada de las fuentes de riesgo, como porcentaje del valor total del proyecto.

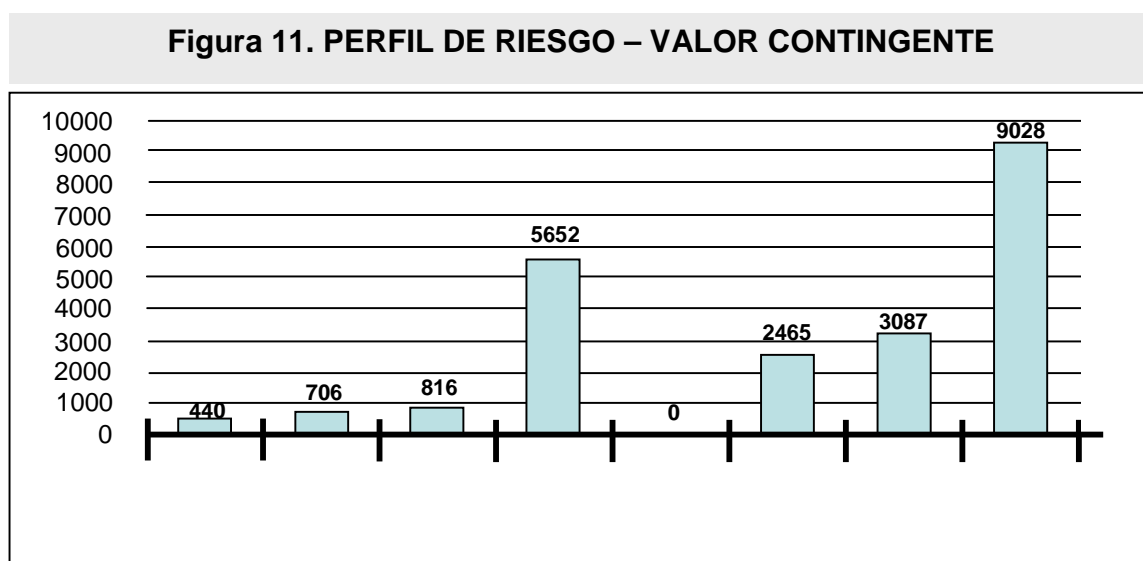
Es conveniente mencionar que las fuentes de riesgo del proyecto se estiman con una probabilidad de ocurrencia que para la mayoría de los casos corresponde a un 95%, la cual es catalogada como de alta cobertura, de acuerdo con las mejores prácticas internacionales sobre implementación del VaR (Valué at Risk).

Con la información requerida, se puede determinar la participación total de las fuentes de riesgo sobre el valor total del proyecto y de esa manera observar si el valor obtenido (%) se encuentra en el área de riesgo definida por la Dirección General de Crédito Público para este tipo de proyectos y de riesgos, que para el caso se ha considerado un límite inferior del 0,5% y un límite superior del 10%, como se puede observar en la Figura 27.



9. Plan de Aportes

Los resultados obtenidos con el modelo de valoración y con la simulación de Montecarlo, permiten determinar para cada uno de los períodos un perfil sobre los posibles montos contingentes en los que tendría concurrencia la entidad estatal correspondiente. Con la figura 28 se ilustra lo que podría ser el mencionado perfil de riesgo:



Como puede observarse en la ilustración, es frecuente que los resultados de la simulación correspondan a montos contingentes que se concentran en algunos períodos o a montos de mayor valor que se ubican hacia los años finales.

Sobre este particular y de acuerdo con los lineamientos de política, se considera pertinente "ajustar ese perfil", en orden a no desconocer que Montos contingentes extremadamente altos en algunos períodos pueden ser inconvenientes en la medida en que la entidad estatal tendría que hacer un gran esfuerzo para cumplir con ese aporte en el momento de efectuar el pago y, consecuentemente, períodos en que los valores sean demasiado bajos o inexistentes, podrían ser aprovechados para hacer "aportes mínimos" que vayan aprovisionando los recursos que pudiesen requerirse en los momentos de mayor urgencia de liquidez.

Complementariamente, en la definición del plan de Aportes, debe tenerse en cuenta que criterios como los de cobertura al 95% en cada período de aforo, tienen dos limitaciones prácticas: En primer lugar, tienden a sobre — provisionar, hecho que podría no ser factible en situaciones de estrechez presupuestal e ignora el hecho de que las simulaciones Montecarlo traen consigo un error de desplazamiento temporal de eventos que no se manifiestan de inmediato. En tales circunstancias, como consecuencia aquellos períodos de aforo de riesgo aparente cero contienen también la posibilidad de que se presenten pagos causados por contingencias.

De acuerdo con lo expuesto, determinada la serie de valores en riesgo esperado (con la simulación de Montecarlo) y teniendo en cuenta los valores máximos, total y por período de la distribución, con base en el principio de gradualidad, se toma aquellos períodos en los cuales el perfil de riesgo presente valores relativamente altos y se genera un pago por adelantado "delta" por este monto desde los períodos iniciales, de tal manera que cuando se llegue al período de mayor valor contingente, se tenga en el Fondo aprovisionada gran parte o la totalidad de la suma requerida.