

MODELACIÓN HÍBRIDA PARA CONCESIONES VIALES PIONERAS CON EL USO DE LA TEORÍA DE LAS OPCIONES REALES: EL CASO DE LA BR-163

Fecha de recepción: 08-09-09, aprobación: 14-10-09

Este trabajo es resultado de una traducción autorizada por los autores, investigadores de la Pontificia Universidad Católica de Río de Janeiro.

LUIZ EDUARDO TEIXEIRA BRANDÃO, MARCUS VINICIUS QUINTELLA CURY

RESUMEN

Este trabajo presenta una propuesta para hacer viable las concesiones viales pioneras ubicadas en regiones poco exploradas o con histórico de tráfico desconocido, como es el caso de la carretera federal BR-163, en el tramo Nova Mutum-MT - Santarém-PA. Se propone una modelación híbrida para el promedio de la concesión privada de la BR-163 compuesta por los fundamentos de las concesiones convencionales: los socios público-privados y el *project finance* y usando la metodología de las opciones reales para cuantificar los efectos de una garantía de tráfico mínimo sobre la viabilidad de la concesión. Se concluyó que carreteras pioneras como la BR-163 pueden volverse atractivas para el sector privado, a un menor costo para la sociedad, a través de la concesión de garantías condicionales del tipo presentado aquí.

PALABRAS CLAVE

Proyectos de infraestructura, evaluación de proyectos, opciones reales, garantías gubernamentales, socios público-privados (PPP).

ABSTRACT

We propose a model under which pioneer toll road concessions located in sparsely explored regions or in areas with high traffic uncertainty can be made economically feasible, as is the case of the federal highway BR-163 between Nova Mutum-MT and Santarém-PA. We suggest a hybrid approach for the private concession of the BR-163 highway which incorporates aspects of conventional toll road concessions, public-private partnerships and project finance. Real option modeling is also used to quantify the effects of government supports such as traffic guarantees. We conclude that pioneer toll roads such as the BR-163 highway can greatly benefit from this type of government support and can be made attractive to private investment at optimal cost for society.

KEYWORDS

Infrastructure Projects, Valuation, Real Options, Government Guarantees, Public Private Partnerships (PPP).

INTRODUCCIÓN

Durante el período de gran crecimiento económico ocurrido en Brasil durante la década de los setenta, hubo un significativo aumento en las inversiones en infraes-

tructura. Sin embargo, estas inversiones no fueron suficientes para atender la demanda por nuevas carreteras o el deterioro de las existentes y en las décadas siguientes, con la reducción de la capacidad de inversión

del sector público, la expansión y mantenimiento de la red vial se agravó considerablemente.

Para alentar el problema vial del país a mediados de la década de los noventa se presentaron los primeros contratos de concesión privada de carreteras, que pasaron a asumir la responsabilidad de las inversiones necesarias reemplazando el derecho de exploración de los servicios concedidos a través del cobro de peaje (Persad et al., 2003).

Según Mascarenhas (2005), las inversiones en infraestructura exigen largos plazos

de retorno y por ello, mayores plazos de financiación para las obras. En Brasil aún existen condiciones para la concesión de financiación privada con plazos superiores a diez años. Debido a esto, la financiación de proyectos de infraestructura exige la participación de instituciones de fomento gubernamentales y/o agencias internacionales que buscarán garantías dentro del ordenamiento jurídico del país. En este ámbito, las discusiones alrededor de los marcos reguladores modernos se han intensificado recientemente y todavía no hay consenso sobre la calidad de los instrumentos existentes y su adecuación a los patrones internacionales.

Según la ANTT (2005), las opciones para el área de transportes son el presupuesto de la Nación, los socios público-privados (PPPs) y las concesiones. En la primera opción, el Gobierno Federal reconoce las necesidades de invertir en infraestructura para reducir los problemas. Sin embargo, los recursos de la Nación fueron los únicos disponibles para la atención de las demandas en el 2005. Por otro lado, el Gobierno se enfrenta con problemas de carácter político que conducen a una demora en las decisiones y en la escogencia de los proyectos prioritarios. Así, las obras no salen del papel. En el caso de las PPPs, existe la intención de atraer inversiones privadas para las obras de infraestructura, especialmente en transportes, siempre que haya prestación de servicios solamente para la realización de obra pública. Las concesiones son la última opción y representan el mecanismo más sencillo de todos, ya que usan los recursos y la capacidad de endeudamiento del sector privado para la realización de las obras que el Gobierno selecciona para explotación concedida durante determinado

RESEÑA DE AUTORES

Luiz Eduardo Teixeira Brandão

(brandao@iag.puc-rio.br)

(Pontificia Universidad Católica de Río de Janeiro)

Doctor en Finanzas de la Pontificia Universidad Católica de Río de Janeiro (PUC-Rio). Master of Science in Civil Engineering de la Universidad Stanford y MBA de Stanford Graduate School of Business. Fue profesor visitante de la Universidad de Texas, Austin del 2001 al 2004 donde enseñó en los cursos de postgrado de la McCombs School of Business y desarrolló investigación en el área de *Valuation*. Fue ejecutivo de empresas y consultor. Su interés investigativo es la evaluación de proyectos de infraestructura y energía a través de la metodología de las opciones reales. Posee diversos trabajos académicos publicados. Actualmente es profesor del Departamento de Administración de la Pontificia Universidad Católica de Río de Janeiro.

Marcus Vinicius Quintella Cury

(marcusquintella@uol.com.br)

(Instituto Militar de Ingeniería)

Doctor en Ingeniería de Producción de la Universidad Federal de Río de Janeiro (COPPE/UFRJ). Es magíster en Ingeniería de Transportes del Instituto Militar de Ingeniería (IME) y tiene también un posgrado en Administración Financiera de la Fundación Getulio Vargas (FGV). Actualmente ocupa el cargo de Director Técnico de la Compañía Brasileña de Trenes Urbanos (CBTU). En el ámbito académico se desempeña como Coordinador académico y profesor de los MBA en Gestión Empresarial y Gestión Financiera de la FGV. Coordinador Nacional del Programa Post-MBA de la FGV. Profesor de la Maestría en Transportes del IME. Además es miembro del comité científico de la Asociación Nacional de Investigación y Enseñanza en Transportes (ANPET).

período y retorno posterior a la propiedad pública.

En este sentido, la concesión a la iniciativa privada de los servicios viales parece ser un proceso exitoso y sin retorno que es analizado desde el punto de vista del beneficio público proporcionado. Es deseable que este proceso sea sostenible es decir, perdurable a lo largo del tiempo. Para que eso ocurra es necesario garantizar que a las concesionarias se les pague adecuadamente a través de una remuneración suficiente para generar un retorno adecuado sobre el capital acrecido de una compensación para el riesgo de la inversión. El principal problema que enfrenta el sector privado con respecto a esta ecuación es la determinación de la remuneración adecuada y los riesgos de tráfico de las carreteras, especialmente de aquellas con alto riesgo potencial de tráfico futuro, como por ejemplo, las carreteras pioneras sin histórico de tráfico ubicadas en regiones poco desarrolladas económicamente y dentro de áreas de restricciones ambientales.

En este contexto se puede incluir la recuperación y construcción de la carretera BR-163, objeto de este trabajo, cuya extensión es de 1.569,63 kilómetros en carril sencillo. De la extensión total, 975,17 kilómetros serán implantados y pavimentados bajo la responsabilidad integral de la iniciativa privada. El escenario de estudio considera la concesión extendiéndose de Nova Mutum-MT a Santarém-PA incluyendo el tramo de la BR-230 que da acceso al puerto de Miritituba-PA. Difícilmente la iniciativa privada invertirá en grande en la construcción o recuperación de la BR-163 sin una garantía por parte del poder cesionario, en vista de que no hay registro confiable

del tráfico histórico que pasó por el tramo pavimentado de la carretera, con más de 500 kilómetros, ni existen estudios socio económicos consensuales que garanticen un considerable tráfico futuro en la referida carretera. Se trata, por consiguiente, de una carretera pionera.

La principal preocupación del poder público es hacer viable las concesiones de carreteras para atraer el capital privado sin causar un gravamen excesivo al Estado. En el caso de la BR-163, por tratarse de una carretera pionera, los riesgos de tráfico son significativos y debido a esto se hace necesaria alguna forma de mitigación de riesgos por parte del Gobierno. Entre las distintas alternativas existentes se optó por modelar los efectos sobre la concesión de una garantía de tráfico mínimo para determinar cuál sería el nivel óptimo de esa garantía que dará al concesionario la opción de recurrir al poder público para resarcirse de pérdidas de utilidad, siempre que el tráfico observado en la carretera sea menor al nivel predeterminado. El valor de esas garantías no puede ser determinado a través de los métodos tradicionales de evaluación de proyectos. Por lo tanto, se hace necesario recurrir a otras herramientas existentes como la evaluación por la Teoría de las opciones reales.

El objetivo de este trabajo es utilizar el análisis por opciones reales para determinar los instrumentos más adecuados para la reducción de los riesgos del proyecto, así como sugerir una modelación híbrida para la concesión privada de la carretera utilizando los fundamentos de las concesiones convencionales de las asociaciones público-privadas y del *project finance*, con el propósito de volver la carretera atrayente a la

La principal preocupación del poder público es hacer viable las concesiones de carreteras para atraer el capital privado sin causar un gravamen excesivo al Estado.

iniciativa privada. En último análisis existe consenso sobre la importancia estratégica de la BR-163 para la economía brasileña, especialmente con respecto al transcurso de la producción de la soya y el desarrollo de esta región de frontera.

Los datos utilizados en el presente trabajo fueron retirados del informe final del Estudio de viabilidad técnica-económica EVTE de la BR-163, Nova Mutum-MT Santarém-PA. Este estudio fue desarrollado por el Instituto Militar de Ingeniería IME, a través del Convenio n° PP- 169/2003-00 con el Departamento Nacional de Infraestructura en Transportes DNIT disponible en Internet en mayo de 2005 en: <http://dnit.ime.br>

MODELACIÓN TRADICIONAL DE CONCESIONES DE CARRETERAS

Concesión y privatización son palabras cuyos ciernes poseen un aspecto común, que es la transferencia de bienes públicos a agentes de la iniciativa privada. En la privatización, el bien público no es vendido y transferido con carácter definitivo a la iniciativa privada, debido a que la concesión implica la transferencia del bien por un tiempo determinado. Después de éste, el bien vuelve a ser responsabilidad del poder público, continúa siendo un patrimonio estatal, pero bajo la responsabilidad de la iniciativa privada durante. (Cury y Veiga, 2003).

En la modelación tradicional de concesiones de carreteras, cualquier variación alrededor del valor esperado del tráfico futuro es responsabilidad del concesionario y éste debe asumirla. Sin embargo, esto puede representar un nivel de riesgo aceptable para carreteras que atraviesan áreas

relativamente desarrolladas y, por lo tanto, de estimativa más sencilla. Para el caso de carreteras pioneras o estratégicas como la BR-163, el riesgo de tráfico puede volverse excesivo al punto de no hacer viable la participación de la iniciativa privada. En esta situación, la participación del Estado como socio del ente privado y elemento de reducción de riesgo, a través de alguna forma de garantía de utilidad, se vuelve imprescindible, así como una modelación apropiada que tenga presente el hecho de que la operación de la concesión en un ambiente de incertidumbre puede ser realizada con alguna flexibilidad operacional que puede afectar significativamente el valor del proyecto y la necesidad de garantías del poder público.

De un modo general existen tres posibilidades de financiar la construcción y la operación de carreteras en el país, que siempre involucran la asociación entre la iniciativa privada y el Estado. Las tres formas de financiación citadas son: las concesiones privadas, las PPPs y el *project finance*.

Las concesiones pueden existir bajo diferentes diseños: desde aquellas que involucran la concesión total es decir, el bien no vuelve a la propiedad del Estado, hasta los contratos de concesión para que el ente privado actúe en nombre del poder público y sea remunerado por él sin cobro de tarifas. En Brasil, en casi todas las concesiones, el Estado otorga un activo existente al sector privado, exige la realización de mejoras e inversiones es decir, la recuperación y firma un contrato de operación privada. En algunos casos, el concesionario queda con la responsabilidad de construir nuevos tramos o ampliar los existentes.

Las concesiones pueden ser: gratuitas, subsidiadas u onerosas. En las gratuitas, no habrá cobro de otorgamiento al concesionario privado, pero habrá cobro de peaje. En las subsidiadas, el poder cesionario complementa un valor al peaje cobrado por el concesionario, para hacer viable la concesión, teniendo presente que el flujo de tráfico no es suficiente. Por último, en las concesiones onerosas el concesionario privado cobra peaje y paga al poder concedente un permiso por la utilización de la concesión.

Existe un cuarto tipo de concesión, que no es usado en Brasil, que es aquella sin costo para el utilizador es decir, no hay cobro de peaje, pero el concesionario privado recibe del poder concedente un subsidio para operar en la carretera.

Para reglamentar las concesiones privadas, en Brasil existe la Ley 8.987 del 13 de febrero de 1995. Esta normatividad trata de la concesión del servicio público precedida de la ejecución de obra pública. Es decir, se refiere a la construcción, total o parcial, conservación, reforma, ampliación o mejoramiento de cualquier obra de interés público delegada por el poder concedente mediante licitación a la persona jurídica o consorcio de empresas que demuestren capacidad para su realización, por su cuenta y riesgo, de forma que la inversión de la concesionaria sea remunerada y amortiguada por medio de la exploración del servicio o de la obra por plazo determinado.

Existe también la modelación por socios público-privados (PPPs), en la que el poder público define lo que quiere en términos de servicios públicos y el socio privado dice cómo y a qué precio podrá actuar. Las PPPs pueden ser consideradas una manera de compartir riesgos de forma económica-

mente más eficiente. Están amparadas por la Ley 11.079 del 30 de diciembre de 2004.

Por definición, la sociedad público-privada es el contrato administrativo de concesión en las modalidades patrocinada o administrativa. Concesión patrocinada es la concesión de servicios públicos o de obras públicas de la que habla la Ley de las concesiones cuando involucra adicionalmente la tarifa cobrada de los usuarios contra-prestación pecuniaria del socio público al socio privado.

Concesión administrativa es el contrato de prestación de servicios del cual la administración pública es la usuaria directa o indirecta, aunque involucre la ejecución de la obra o el suministro e instalación de bienes. No constituye asocio público-privado la concesión común entendida como la concesión de servicios públicos o de obras públicas, de que trata la Ley de las concesiones, cuando no involucra contra-prestación pecuniaria del asocio público al asocio privado.

La Ley de los PPPs permite que el contrato prevea el pago al socio privado de remuneración variable vinculado a su desempeño, según metas y patrones de calidad y disponibilidad definidos en el contrato. La Ley de las PPPs impone, antes de la celebración del contrato de asocio, la constitución de una sociedad de propósito específico (SPE) encargada de implantar y generar el objeto de asocio. Además, la Ley de las PPPs permite la contratación de proyectos de interés público que no tendrían atracción para la iniciativa privada sin una complementación de tarifa o sin un apoyo del Gobierno para la obtención de la financiación. Con eso, habrá sostenimiento jurídico para el subsidio.

Para reglamentar las concesiones privadas, en Brasil existe la Ley 8.987 del 13 de febrero de 1995.

En Brasil, las principales concesiones de carreteras celebradas en la última década han sido analizadas exclusivamente a través de la metodología tradicional de FCD, tanto por parte del poder concedente como por parte de las concesionarias privadas.

La última forma de financiación es el *project finance*, que puede ser definido como la captación de recursos para financiar un proyecto de inversión de capital económicamente separable, también con la necesidad de una SPE, en el cual los proveedores de recursos ven el flujo de caja viniendo del proyecto como fuente primaria de recursos para atender el servicio de sus préstamos y suministrar el retorno sobre el capital invertido en el proyecto. (Finnerty, 1998)

El *project finance* es una forma de ingeniería financiera que tiene como base el flujo de caja de un proyecto cuyos activos futuros y los que se pueden recibir a lo largo de la operación sirven como garantía contractual. En el caso de las concesiones de carreteras, el sostenimiento del flujo de caja del proyecto estaría dado por la demanda de usuarios actuales y futuros generados por la carretera y lo que se puede recibir como utilidades de peaje. (Cury, 1999)

Un proyecto de concesión de carretera normalmente involucra inversiones de gran monto y sus patrocinadores deben evaluar los flujos de caja futuros esperados para que puedan conocer su viabilidad financiera. Para eso existe la consensual técnica del flujo de caja descontado FCD para facilitar el proceso de evaluación. El objetivo es encontrar proyectos que valgan más para los patrocinadores de lo que cuestan. Es decir, proyectos que tengan un valor presente neto VPL positivo (Cury, 1997).

El análisis del FCD desempeña un papel importante en los mecanismos citados anteriormente. En Brasil, las principales concesiones de carreteras celebradas en la última década han sido analizadas exclusivamente a través de la metodología tradicional de FCD, tanto por parte del poder concedente como

por parte de las concesionarias privadas. De esta forma, los riesgos del proyecto son considerados en forma de una tasa de descuento más elevada y el valor de la flexibilidad de las principales variables del proyecto no son consideradas, como el valor de la tarifa y la demanda de tráfico. Además de eso, el FCD no captura el valor de las flexibilidades inherentes a algunos tipos de proyectos, pues considera que los datos del proyecto son determinantes e ignora, por ejemplo, la opción que el concesionario tiene para expandir el proyecto en caso de que el flujo de tráfico sea significativamente mayor a lo esperado (Brandão, 2002).

EVALUACIÓN FINANCIERA CLÁSICA DE LA BR-163

La evaluación financiera clásica de la BR-163 es decir, la evaluación determinante de la concesión por el método del FCD fue realizada en la EVTE del IME, con constantes reales, en diciembre del 2004 sin considerar la inflación, como se acostumbra en este tipo de evaluación.

Los resultados encontrados por la EVTE del IME indican la viabilidad de la concesión para una TMA de 15 por ciento e.a. (efectivo anual), visto que el proyecto ofrece un VPL de R\$332.776.341,00 y una TIR de 22,2 por ciento e.a.

Sumado a la EVTE del IME por las incertidumbres con respecto a las variables del proyecto fue analizada la sensibilidad de la concesión con relación a las dos variables más críticas. La primera variable de interés es la tarifa básica del peaje de R\$7,60, por vehículo equivalente, cuyo análisis de sensibilidad produjo una tarifa de equilibrio de R\$5,79, por vehículo equivalente. Se puede observar que la concesión es bastante sensible a la tarifa del peaje, puesto que el proyecto soporta una

reducción de tarifa máxima del 24 por ciento. La otra variable de interés es el tráfico diario en la BR-163, en vehículos equivalentes. El análisis de sensibilidad para esta variable también muestra que la concesión es bastante sensible a errores en la estimativa del tráfico inicial, pudiendo soportar una reducción de 24 por ciento, como máximo, así como la tarifa del peaje.

No obstante, los resultados mostrados no son suficientes para que el concesionario pueda tomar su decisión, pues no ofrecen una indicación de los riesgos involucrados en la implantación y operación del proyecto de la BR-163. Además de eso, este análisis no incorpora el valor y los impactos sobre el proyecto de posibles garantías que el Gobierno puede ofrecer para volver el proyecto más atractivo a la iniciativa privada. Ese análisis será tratado más adelante con la proposición de una modelación híbrida para la concesión y con el uso de la TOR para el análisis de los riesgos e incertidumbres del tráfico de la BR-163.

MODELACIÓN HÍBRIDA PROPUESTA

Con base en las legislaciones y conceptos relativos a las formas de exploración de carreteras por la iniciativa privada se puede verificar que existen semejanzas entre los mecanismos de las concesiones privadas (Ley 8.957 de 1995), socios público-privados (Ley 11.079 de 2004) y *project finance*. De este modo es posible la creación de un mecanismo híbrido que sea interesante, tanto para la iniciativa privada como para el Estado, cuando tratemos de carreteras con grandes incertidumbres de tráfico futuro.

En el caso de la pionera carretera BR-163, el mecanismo más conveniente para atraer la iniciativa privada y satisfacer al Estado será aquel que garantice un tráfico mínimo

pagador de peaje, independientemente de su ocurrencia efectiva y minimice los riesgos del socio privado en cuanto al flujo de caja de la concesión de la carretera.

El modelo híbrido aquí propuesto para la BR-163 es un socio público-privado que tiene por base el concepto de concesión privada preconizado en la Ley 8.967 de 1995 y que impone, previamente, la ejecución de las obras de construcción y/o el mejoramiento de la carretera, así como las obras de conservación, remuneración y amortización de esas inversiones que ocurrirá por medio de las utilidades de peaje. Se trata de la modalidad BFOT (*Build, Finance, Operate and Transfer*), en la cual el ente privado construye, financia y opera la carretera. Al final del contrato devuelve la carrera al Gobierno. En cuanto a los riesgos de tráfico futuro será utilizada la parte de la Ley 11.079 del 2004 que permite remuneración variable vinculada al desempeño, según metas y patrón de calidad predeterminado, así como la contra-prestación pecuniaria del socio público, hasta del 70 por ciento, de la utilidad del concesionario. De esta forma se sugiere una franja mínima de tráfico garantizada al socio privado, independientemente de su ocurrencia efectiva, que será cubierta por el socio público con base en el valor de la tarifa básica de peaje. Aun fundamentado en la Ley 11.079 del 2004 y en el mecanismo del *project finance*, el modelo híbrido prevé la constitución de una sociedad de propósito específico SPE, jurídicamente independiente y la institución de un fondo garantizador para las contra prestaciones del socio público, además de la creación de una cuenta especial denominada *escrow qccount* que servirá para concentrar las utilidades operacionales de peaje de la

carretera y las contra prestaciones del socio público.

Como lo recomienda el *project finance*, la distribución de los flujos de caja de la concesión ocurrirá entre los inversionistas, los operadores y los acreedores. Es decir, la utilidad operacional de peaje garantizada deberá estar dirigida a los *players* que participan directamente de la operación de la carretera para garantizar la continuidad de los servicios mínimos necesarios. Por otro lado, cuando la utilidad operacional sobrepase la franja mínima garantizada habrá una ganancia adicional, o una ganancia incremental, que deberá dividirse entre los socios públicos y privados. La parte del socio público podrá ser pagada en forma de otorgamiento transformando la concesión en onerosa, a partir de una determinada franja de tráfico. Los riesgos de construcción serán totalmente asumidos por el socio privado, de la misma forma que lo determina la Ley 11.079 del 2004, pero los riesgos de solución de problemas relativos al medio ambiente y a las expropiaciones, por ventura necesarias, antes de la construcción serán asumidos por el Estado.

El modelo híbrido tiene precedentes mundiales como lo relata Reis (1996). En

México, el Gobierno fija los montos iniciales de los peajes, que pasan a ser reajustados por la variación de los índices de precios al consumidor, pero contrario al modelo brasileño existe la garantía para un volumen de tráfico predeterminado. En caso de no ser alcanzado ese volumen, el plazo de la concesión es prorrogado. Si el volumen es sobrepasado, la utilidad excedente es repartida entre el Gobierno y la concesionaria. El proceso de licitación adoptado en Chile es bastante semejante al brasileño, en que las concesionarias son empresas privadas, pero las concesiones cuentan con garantía de tráfico mínimo, cuyo eventual exceso es también repartido con el Gobierno, como ocurre en México. En el Gobierno británico, la concesionaria es remunerada por un “peaje sombra”, mientras el peaje real se destina a la constitución de un fondo y en algunos contratos adopta el régimen DBFOT (*Draw, Build, Operate, Finance and Transfer*), en el cual el ente privado proyecta, construye, opera y financia la carretera. Al final del contrato, devuelve la carretera al Gobierno. El esquema de la figura 3 presenta el mecanismo híbrido propuesto.

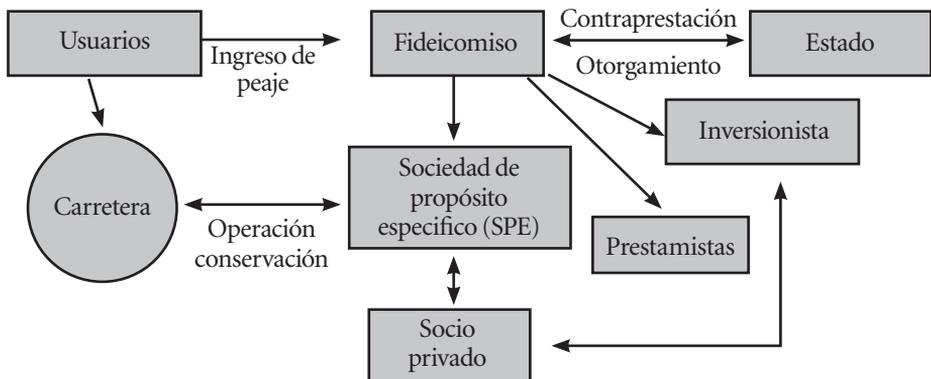


Figura 1: Modelo híbrido de concesión de carreteras.

En resumen, el método híbrido de concesión tiene los siguientes puntos principales:

- a) modalidad BFOT (*Built, Finance, Operate y Transfer*).
- b) utilidad garantizada, a partir de tráfico mínimo predeterminado.
- c) utilidad incremental, proveniente del tráfico excedente al mínimo, repartida con el Gobierno bajo la forma de otorgamiento.

La modelación híbrida aquí sugerida depende de la garantía reguladora, que es la verdadera garantía de correcto funcionamiento de ese tipo de mecanismo. Para eso, el Gobierno deberá asegurar las garantías contractuales de utilidad mínima. Puede ser considerada también una PPP, que servirá como instrumento de inversiones necesarias en el área de infraestructura de carretera, proporcionando buena dosis de previsión para el flujo de caja del ente privado y una garantía de retorno al inversionista. Además de eso, la modelación permite la repartición de los riesgos del proyecto entre ambos socios, puesto que existe una forma legal y contractual de complementación de la remuneración, por parte del Estado, con sus propios recursos de presupuestos, en caso de retorno insatisfactorio de la concesión. Para tal, existirá la garantía de pago de la utilidad mínima por medio de los fondos garantes previstos en la Ley de las PPPs, que tendrá activos como acciones, bienes muebles e inmuebles, además de la dotación del presupuesto de la Unión. La modelación híbrida servirá de base para la aplicación de la TOR en la evaluación de la viabilidad de la concesión de la BR-163, en virtud de la posibilidad de utilización de las flexibilidades de tráfico y de plazo.

TEORÍA DE LAS OPCIONES REALES TOR

A partir del trabajo pionero de Black & Scholes (1973), para la evaluación de opciones financieras surgió la idea de incorporar métodos semejantes al problema de la inversión bajo condiciones de incertidumbre. Esos métodos buscan agregar el valor de la flexibilidad gerencial a la metodología de valoración tradicional del FCD y pasan a tener una denominación general de teoría de las opciones reales TOR.

Diversos trabajos abrieron el camino para la aplicación de activos reales de estos conceptos. Tourinho (1979) utilizó el concepto de opción para evaluar una reserva de recursos naturales no renovables con incertidumbre de precio. Brenann & Schwartz (1985) analizaron la política operacional óptima de una mina de cobre. McDonald y Siegel (1986) determinaron el *timing* óptimo para invertir en un proyecto que demande inversiones irreversibles y cuyos costos y beneficios sean representados por procesos estocásticos de tiempo continuo. En ese trabajo, verificaron que este costo de oportunidad, no capturado por el método del FCD, puede asumir valores significativamente mayores a los de la inversión original del proyecto. Dixit y Pindyck (1994) y Trigeorgis (1995) fueron los primeros en consolidar muchas de estas ideas en un único texto. De esa forma, cuando existen significativas flexibilidades gerenciales como la de aplazar, abandonar, expandir, suspender o retomar un proyecto con inversión irreversible en condiciones de incertidumbre, el método de las opciones reales puede llevar a valores sustancialmente mayores que los determinados por el método del FCD. La implicación de esto es que el método del

FCD tiende a subestimar proyectos que presenten valor de opción.

Por otro lado, el método de las opciones reales requiere una modelación matemática más compleja que la de los modelos tradicionales. En el caso de mercados incompletos, como es el caso de las carreteras, la modelación puede ser hecha utilizando programación dinámica, donde se adopta una tasa de descuento exógena y el problema de valoración es dividido en dos partes: la decisión inmediata y una función de valoración que englobe las consecuencias de todas las decisiones subsecuentes. La solución del problema es obtenida a partir de la optimización estática del último período y se vuelve de este punto final hasta el instante inicial, considerando que siempre serán tomadas decisiones óptimas en cada período a partir de las informaciones existentes en aquel instante. La programación dinámica puede ser expresada a través de la ecuación general de Bellman, donde u_t es la variable de control utilizada para maximizar el valor del proyecto, y $C_t(x_p, u_t)$ es el flujo de ganancias en el instante t .

$$F_t(x_t) = \max_{u_t} \left\{ C_t(x_t, u_t) + \frac{1}{1+\rho} E_t[F_{t+1}(x_{t+1})] \right\}$$

Entre tanto, y a pesar de representar una importante evolución sobre el método del FCD, debido a su complejidad teórica y matemática avanzada, su uso más difundido en la industria ha sido limitado. Uno de los motivos es la complejidad adicional que resulta del uso de opciones reales. Las opciones financieras tienen como activo básico los activos financieros o *commodities*, que poseen determinadas características que facilitan su tratamiento, como

precio de mercado, series históricas, divisibilidad y razonable conocimiento de sus distribuciones probabilísticas, que permiten modelar sus distribuciones futuras con alguna facilidad. No ocurre lo mismo con las opciones reales, donde el activo básico generalmente no posee esas características necesarias. Otro motivo es el alto grado de complejidad matemática exigido para la modelación en tiempo continuo, generalmente por encima de las calificaciones de los gerentes tradicionales. Pero como ocurrió con el método del FCD, la continua evolución de las herramientas computacionales disponibles para automatizar las partes trabajosas del proceso y algunos avances teóricos tiende a volver su uso cada vez más difundido.

Las limitaciones del método del FCD pueden ser superadas también con el uso de modelos de árbol de decisión. Con la *Decision Tree Analysis* (DTA), la flexibilidad gerencial es modelada en tiempo discreto a través de instantes de decisión futuros que permiten al gerente maximizar el valor del proyecto, condicionado las informaciones disponibles en aquel instante, cuando diversas incertidumbres posiblemente ya fueron resueltas. De esa forma, la presencia de la flexibilidad gerencial involucrada en los nudos de decisiones futuras permite la modelación de un proceso de administración activa del proyecto. Esa modelación, entre tanto, altera los flujos de caja futuros esperados y consecuentemente, las características de riesgo del proyecto. Eso hace que la tasa de descuento ajustada al riesgo original no pueda ser utilizada para la determinación del valor del proyecto con opciones reales.

Las limitaciones del método del FCD pueden ser superadas también con el uso de modelos de árbol de decisión.

EVALUACIÓN DE LA MODELACIÓN HÍBRIDA CON EL USO DE LA TEORÍA DE LAS OPCIONES REALES

La literatura sobre la modelación de concesiones viales y carreteras con peajes utilizando la metodología de las opciones reales es escasa. Por otro lado, la modelación de esos riesgos como un proceso estocástico, así como la determinación de sus parámetros, generalmente no es discutida (Charoenpornpattana et.al, 2002).

Brandão (2002) presenta una modelación de la concesión de la carretera Presidente Dutra a través de la metodología de las opciones reales, que incorpora el valor de la opción de expansión, de abandono y los efectos del riesgo político y concluye que esas flexibilidades gerenciales aumentan sustancialmente el valor del proyecto con respecto a la modelación tradicional. Ng y Björnsson (2004) presentan argumentos a favor del uso de la teoría de las opciones reales para el análisis de un proyecto de concesión vial, en comparación con los métodos tradicionales de análisis de decisión. La garantía de tráfico mínimo, como propuesta en la modelación híbrida es una forma común de apoyo gubernamental. En esa modalidad, el Gobierno compensa al concesionario si el nivel de tráfico o la utilidad del proyecto cae por debajo de un valor mínimo preestablecido. De la misma forma, el Gobierno puede también exigir una contrapartida para el establecimiento de un piso en la forma de un techo de tráfico o utilidad, por encima del cual el concesionario repasa todo o parte de la utilidad excedente.

Según lo señalado anteriormente, sin la consideración de las opciones reales el valor del proyecto básico, sin las inversiones de capital propio, es de R\$ 689,4 millones y su

VPL determinador es de R\$ 332,7 millones, tal como se ilustra en el Anexo I. Para el análisis de opciones reales del proyecto se consideró que el valor de la concesión varía estocásticamente en el tiempo, siguiendo un movimiento geométrico browniano (MGB), en la forma:

$$dV = \mu V dt + \sigma V dz$$

donde V es el valor presente del proyecto

μ es la tasa de retorno esperada

σ es la volatilidad del proceso y

$dz = \varepsilon \sqrt{dt}$ y $\varepsilon \equiv N(0,1)$ es un proceso de estándar de Wiener.

La tasa de crecimiento μ equivale al retorno esperado del proyecto del 15 por ciento e.a., exigido por los accionistas y la volatilidad será determinada a través de una simulación Monte Carlo realizada sobre el flujo de caja estocástico del proyecto. El valor inicial del proyecto no está dado por el valor presente esperado de su flujo de caja descontado tradicional, sino por las inversiones de capital propio, en el caso, R\$ 689,47 millones. La única fuente de incertidumbre considerada para este análisis fue la relacionada con el nivel de tráfico futuro en la carretera. Se consideró una tasa libre de riesgo del 7 por ciento e.a., en términos reales, una vez que los valores del flujo de caja del proyecto también fueron cotizados en valores nominales. El nivel de tráfico futuro fue modelado estocásticamente como un movimiento geométrico browniano (MGB), asumiéndose una volatilidad del 6 por ciento e.a., compatible con la volatilidad del PIB regional. Su discretización fue hecha utilizando periodos anuales con la ecuación, donde S es el nivel de tráfico promedio diario anual:

$$S_{t+1} = S_t e^{(\mu_t - \frac{\sigma^2}{2})\Delta t + \sigma \varepsilon \sqrt{\Delta t}}$$

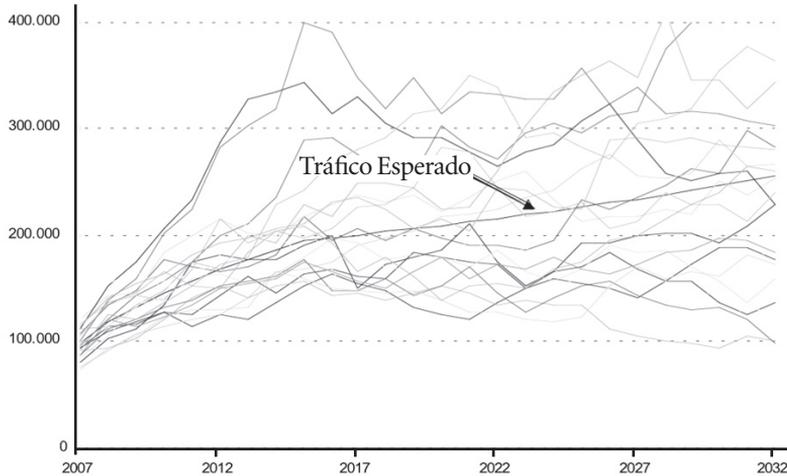


Figura 2: Modelación estocástica del tráfico.

La Figura 2 muestra algunos de los posibles caminos de la evolución del tráfico con tales parámetros. El modelo de simulación fue aplicado al flujo de caja del proyecto utilizando 10.000 interacciones. Los resultados indican que el VPL del proyecto presenta un desvío patrón de R\$254,9 millones, para un valor esperado de R\$332,7 millones, lo que

indica que el proyecto presenta un grado significativo de riesgo y la volatilidad medida por la simulación de $\sigma = 40,65$ por ciento e.a. confirma esa conclusión. Ese resultado confirma y cuantifica la indicación de riesgo obtenida a partir de la realización del análisis de sensibilidad.

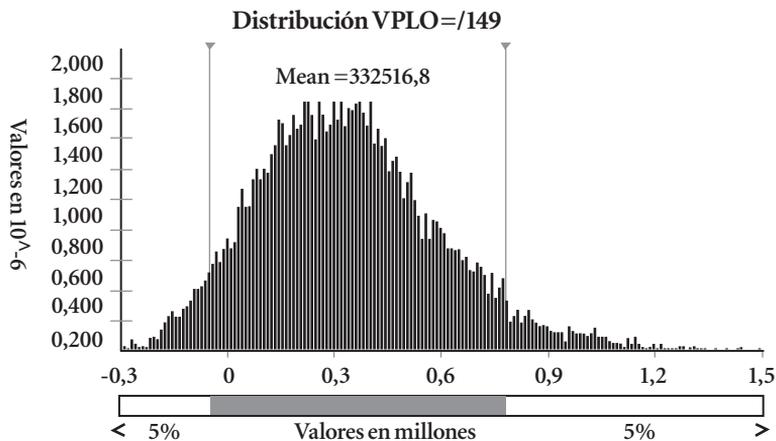


Figura 3: Distribución del VPL del proyecto.

En la Figura 3 se presenta la distribución del VPL del proyecto incluyendo su intervalo de confianza del 90 por ciento. Se puede observar que esta distribución sigue aproximadamente una lognormal desplazada, según lo previsto por el modelo teórico presentado anteriormente. Con estos datos es posible entonces modelar el valor del proyecto estocásticamente siguiendo el modelo binomial de Cox, Ross y Rubinstein (1979). En este modelo, el valor del proyecto en el período anterior es multiplicado por una variable aleatoria que puede tomar dos valores, u o d . (Figura 4):

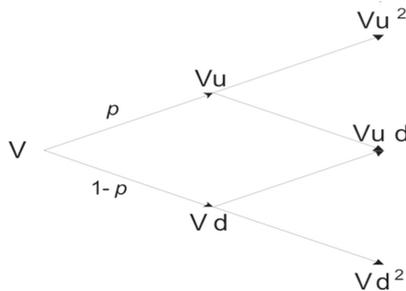


Figura 4: Modelo de Cox, Ross y Rubinstein.

Para que este modelo represente fielmente un proceso de difusión geométrico browniano es necesario que u , d y la probabilidad p asuman valores específicos, de forma que el promedio (μ) y la variancia (σ^2) de los retornos de V sean los mismos que los parámetros del MGB de V definidos por la ecuación . Un conjunto de parámetros que satisface esa exigencia es

$$u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}}, \quad d = e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}} \quad \text{e} \quad p = \frac{(1+r) - d}{u - d}.$$

Según lo establecido en la modelación híbrida se asume que la acción gubernamental adoptada para la reducción de riesgo y la consecuente viabilidad económica y financiera del proyecto será el establecimiento de un piso de utilidades vinculadas a un nivel de tráfico mínimo. De esta forma, siempre que el nivel de tráfico acarree una reducción en el flujo de caja por debajo de este mínimo, el poder público

deberá aportar recursos para la concesionaria visando mantener el equilibrio económico financiero del contrato de concesión. Mientras el mercado no satisfaga el proyecto, en lo que adoptemos una tasa de retorno exógena, como se hizo para el análisis tradicional, estamos asumiendo que su valor presente es una estimado no tendencioso de su valor de mercado, siguiendo a Copeland y Antikarov (2001). Con esta premisa, el mercado se vuelve completo para el proyecto.

Por otro lado, la modelación de las opciones es más fácilmente implantada determinándose su impacto sobre los flujos de caja que sobre el valor del proyecto. De esa forma, hacemos una transformación algebraica para explicitar el valor del proyecto en función de los flujos de caja en cada estado para garantizar que el proceso estocástico, seguido por la función valor del proyecto, siga el mismo movimiento geométrico browniano establecido anteriormente. Esos flujos serán función de los flujos determinantes del proyecto C_i ($i = 1, 2, \dots, m$), del *drift* μ y de los parámetros u y d del modelo binomial, y son descontados a la tasa libre de riesgo utilizando la probabilidad neutra a riesgo p , definidos anteriormente. El valor del proyecto obtenido a través de la aproximación binomial es idéntico al valor obtenido por el análisis clásico de flujo de caja descontado, y es dado por:

$$V_{t,j} = C_{t,j} + \frac{pV_{t+1,j} + (1-p)V_{t+1,j+1}}{1+r}$$

donde $C_{t,j}$ es el flujo de caja en el tiempo t y período j , y r es la tasa libre de riesgo. La incorporación de opciones al valor del proyecto es entonces realizada, expandiéndose la ecuación para reflejar el valor de las opciones disponibles en un período dado, obteniéndose, entonces, la ecuación . De esa forma, tenemos:

$$V_{t,j} = \max \left\{ C_{t,j} + \frac{pV_{t+1,j} + (1-p)V_{t+1,j+1}}{1+r}, P_t + \frac{pV_{t+1,j} + (1-p)V_{t+1,j+1}}{1+r} \right\}$$

donde P_t es el flujo de caja referente al piso de tráfico establecido para el período t .

Con los parámetros determinados anteriormente, el modelo binomial del proyecto fue elaborado en planilla obteniéndose el nuevo valor del proyecto para cada nivel de garantía analizado. Los resultados obtenidos se presentan en la tabla 1, y fueron calculados siguiendo la metodología propuesta por Brandao & Dyer (2005).

Al analizar los resultados obtenidos se observa que el valor del proyecto aumenta considerablemente aun para valores bajos de garantía.

Garantía	VP	VPL
0%	689.473	332.776
10%	689.473	332.776
20%	701.113	344.416
25%	716.612	359.915
30%	741.038	384.342
40%	820.441	463.745
50%	928.667	571.970
60%	1.069.622	712.925
70%	1.251.761	895.064
75%	1.353.714	997.017
80%	1.468.127	1.111.430
90%	1.707.354	1.350.657

Tabla 1 – Valor del proyecto en función del nivel de la garantía

Al analizar los resultados obtenidos se observa que el valor del proyecto aumenta considerablemente aun para valores bajos de garantía. Este aumento se debe a dos motivos: primero porque la garantía de tráfico complementa el flujo de caja del concesionario siempre que ocurran situa-

ciones de tráfico adversas; segundo porque esta opción tiene la característica de un seguro contra bajos volúmenes de tráfico, lo que contribuye a la reducción del riesgo del proyecto y que es capturado por el análisis de opciones reales. En la Figura 5 se puede observar como ese aumento de valor ocurre en la medida que el nivel mínimo de garantía de tráfico aumenta. Para un nivel de garantía de apenas el 60 por ciento del tráfico esperado, por ejemplo, el VPL del proyecto aumenta de R\$332,8 millones a R\$712,9 millones.

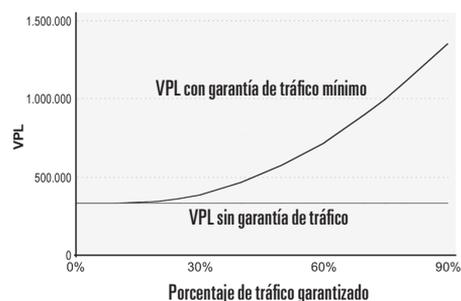


Figura 5: Valor esperado del proyecto en función del nivel de garantía de tráfico.

Una contrapartida que ha sido adoptada en otros proyectos es el establecimiento de un límite de tráfico, por encima de lo cual las utilidades o los flujos netos son transferidos, total o parcialmente, hacia el poder público. Este modelo es ilustrado en la Figura 6.

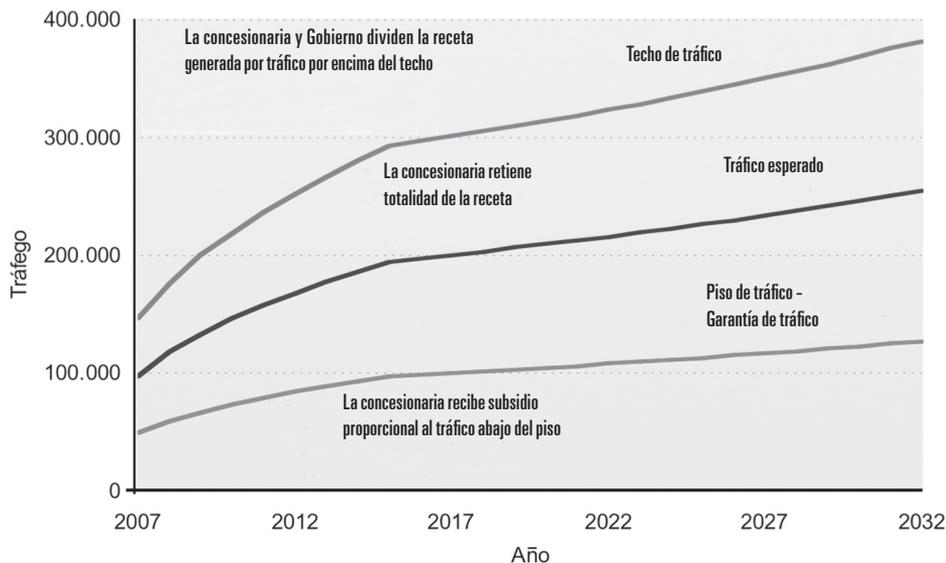


Figura 6: Modelación del piso y techo de tráfico.

Se puede observar como el VPL del proyecto es afectado por el techo de tráfico establecido y por el factor de retención adoptado. Para aislar los efectos del techo de tráfico en esta gráfica se consideró que no existe garantía de tráfico mínimo. En la Figura 6 podemos observar que el VPL del proyecto aumenta en la medida que el techo de tráfico aumenta y también en la medida que es permitido al concesionario retener cuotas mayores del flujo excedente.

Considerando la interacción del límite de tráfico con la garantía de piso mínimo establecido es del 50 por ciento del tráfico esperado, el análisis muestra que el efecto de la creación de un límite superior de tráfico tiene un efecto reducido sobre el valor esperado del proyecto y que la opción de mayor impacto es la de garantía de tráfico mínima.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La modelación híbrida propuesta y el uso de la TOR muestran que las garantías que el poder público puede dar al concesionario tienen un fuerte impacto sobre el riesgo, el valor y la viabilidad financiera del proyecto. En este trabajo fue presentada la modelación de las garantías de tráfico mínimo y límite de tráfico máximo. Se concluyó que una garantía de tráfico mínimo, aun en niveles modestos, es suficiente para viabilizar la implantación del proyecto de

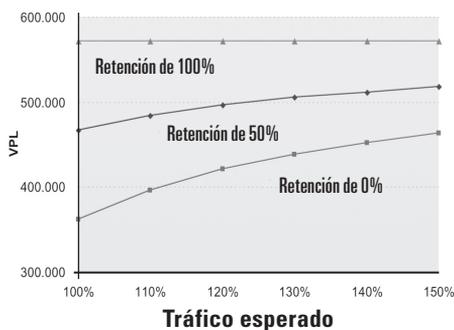


Figura 7: VPL esperado en función del límite de tráfico máximo

La modelación híbrida es flexible y permite incorporar otros modelos de garantía, según las necesidades del proyecto o intereses del poder público y del concesionario.

concesión de la BR-163, dentro de las premisas adoptadas. Dado que las modalidades de apoyo gubernamental a proyectos de infraestructura del tipo BFOT (*Build, Finance, Operate, Transfer*) son importantes para el suceso del emprendimiento, el diseño e implementación de garantías debe ser objeto de estudio minucioso para que se pueda obtener el máximo de impacto al menor costo para el Gobierno. Para eso, se vuelve necesaria una herramienta analítica que auxilie a los formuladores de políticas públicas en la determinación del nivel óptimo de esas garantías, herramienta que solamente es posible crear a través de la aplicación de metodologías de evaluación de opciones.

La modelación híbrida es flexible y permite incorporar otros modelos de garantía, según las necesidades del proyecto o intereses del poder público y del concesio-

nario. Dado que proyectos de concesión vial tienen características propias, que son difícilmente replicables en otros proyectos, esa flexibilidad se vuelve importante para efecto de la customización del análisis. Se puede constatar que para volverse atractivo a la iniciativa privada y a los *lenders* involucrados, el proyecto de la BR-163 debe adoptar la modelación híbrida para la concesión en la modelación BFOT, con franja de tráfico garantizada por el poder concedente con el propósito de minimizar los riesgos de la concesión. Sin la garantía de tráfico mínimo, los riesgos para el concesionario privado pueden considerarse excesivamente altos debido a la gran sensibilidad a errores en las previsiones de tráfico originales. De esta forma, la modelación de la concesión de la BR-163, con utilización de la modelación híbrida propuesta, puede concebirse como una PPP financieramente viable.

BIBLIOGRAFÍA

- Agência Nacional de Transportes Terrestres ANTT (2005) Apresentação e Aspectos Gerais do Programa de Concessões. Artigo capturado na Internet em abril de 2005 em: <http://www.antt.gov.br>
- Black, F., & Scholes, M. (1973). The Pricing of Options and Corporate Liabilities, *Journal of Political Economy*, 81 637-59.
- Brandão, L., & Dyer, J. (2005) Decision Analysis and Real Options: A Discrete Time Approach to Real Option Valuation. *Annals of Operations Research*, v. 135, Issue 1, 21 – 39.
- Brandão, L. (2002) .Uma aplicação da teoria das opções reais em tempo discreto para a valoração de uma concessão rodoviária. *Tese de Doutorado*, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Charoenpornpattana S.; Minato T., & Nakahama S. (2002). Government Supports as bundle of Real Options in Built-Operate-Transfer Highways Projects. *Dissertação de Mestrado*. The University of Tokyo.
- Copeland, T.; Antikarov, V., Real Options. Texere LLC, New York, 2001.
- Cox, J., Ross, S., & Rubinstein, M. (1979) .Option Pricing: A Simplified Approach. *Journal of Financial Economics*, 7, 229-263.
- Cury, M.V.Q. (1999). Project Finance. Apostila da Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro.
- Cury, M.V.Q. (1997). Análise de Projetos de Investimentos. Apostila da Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro.

- Cury, M.V.Q., & Veiga, J.F.P. (2003). Método para Avaliação do Desempenho de Rodovias Concedidas sob a Ótica do Usuário. *Anais do XII Congresso Panamericano de Transportes*, Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- Dixit, A., & Pindyck, R. (1994). *Investment under Uncertainty*. Princeton, NJ: Princeton University Press. ,
- DNIT/IME (2005) Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica EVTE da BR-163/MT/PA. Convênio Departamento Nacional de Infraestrutura Terrestres DNIT / Instituto Militar de Engenharia - IME. Capturado na Internet, em maio de 2005 em: <http://dnit.ime.br/br163.htm>
- Finnerty, J. D. (1998). *Project Finance: Engenharia Financeira Baseada em Ativos*. , Rio de Janeiro: Editora Qualitymark,
- Garvin M.J., & Cheah C.Y.J. (May 2004). Valuation techniques for infrastructure investment decisions, *Construction Management and Economics* 22, 373–383.
- Mascarenhas, J. A. (2005) *A infra-estrutura no Brasil*. Confederação Nacional dos Transportes CNI/SESI/SENAI/IEL, Brasília, DF,
- McDonald, R., & Siegel, D. (1986) The Value of Waiting to Invest. *Quarterly Journal of Economics*, 101. n. 4, 707-727.
- NG F.G. Björnsson H.C. (June 2004). Using Real Option and Decision Analysis to Evaluate Investments In The Architecture, Construction And Engineering Industry, *Construction Management and Economics*, 22, 471–482.
- Persad K., Bansal S., Mazumdar D., Bomba M., & Machemehl R. Trans Texas Corridor Right of Way Royalty Payment Feasibility. *Report by Center for Transportation Research*, The University of Texas at Austin, 2003.
- Reis, N. G. (1996) *Um livro a favor do pedágio*. São Paulo: Editora da Associação Nacional do Transporte de Cargas NTC.
- Trigeorgis, L. & Real Options (1995) *Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation*, MIT Press.