

Asignación de riesgos y valor por dinero en proyectos de participación público-privada

Wiston Adrián Risso¹

IECON, CND

Abstract

Las participaciones público-privadas (PPP) son asociaciones de largo plazo entre el sector público y el sector privado. A la hora de realizar un proyecto de infraestructura el gobierno puede analizar la conveniencia de entrar en esta modalidad, en lugar de realizar una obra pública tradicional. El valor por dinero (VpD) es una herramienta ampliamente aplicada para evaluar entre estas alternativas. Sin embargo, esta modalidad depende de la asignación de riesgos que se decida entre el sector público y el privado. El presente artículo analiza la relación entre la evaluación financiera, la asignación de riesgos y el VpD. Se encuentra un nivel óptimo de riesgos a transferir que determina un nivel máximo de VpD. Este valor es creciente con los sobrecostos, el costo anual del proyecto como porcentaje de la inversión y la tasa de descuento o financiamiento del gobierno y es decreciente con el nivel de riesgo y un parámetro de valor del riesgo. Cuando se consideran modelos de tasa de descuento privada como el CAPM y el modelo GARCH-M, ese valor es decreciente con el beta, el retorno del mercado financiero, la prima de riesgo y es creciente con la tasa libre de riesgo.

Palabras Claves: PPP, Valor por Dinero, Asignación de Riesgos

¹ IECON, Universidad de la República Oriental del Uruguay, arisso@iecon.ccee.edu.uy
CND, Corporación Nacional para el Desarrollo, arisso@cnd.org.uy

1. Introducción

Las participaciones publico privadas (PPP²) son asociaciones de largo plazo entre el sector público y el sector privado. Bajo esta modalidad el sector privado se involucra en proyectos de inversión que tradicionalmente han sido ejecutados (o al menos financiados) por el sector público. Como señala Grout (2005), la característica central de una PPP es que el sector público compra un flujo de servicios en lugar de construir o procurar solamente un activo físico y emplear al personal.

Existe una creciente literatura sobre el tema de las PPP. Hoppe et al. (2013) realiza una investigación experimental sobre la conveniencia entre PPP y la obra tradicional. Los autores encuentran evidencia sobre la predicción teórica que señala que comparado con la obra tradicional, la PPP genera fuertes incentivos para hacer inversiones que implican reducciones de costos. Grimsey and Lewis (2004) señalan que la mayoría del interés en PPP se puede atribuir a una insatisfacción por los resultados de los métodos tradicionales que el sector público ha aplicado para proveer infraestructura. Dehornoy (2012) realiza un estudio de proyectos ferroviarios en PPP realizados hasta la fecha, a los efectos de observar tendencias de largo plazo y cuantificar las potenciales fallas y éxitos de tales proyectos. Demirag et al. (2011) estudian los riesgos y el financiamiento de las PPP desde el punto de vista de los financistas. Zou et al. (2008) desarrollan un modelo de administración de riesgo durante el ciclo de vida de proyectos PPP en infraestructura que llevan a la generación de valor por dinero. Kwak et al. (2009) señalan que si se formula y gestiona en forma apropiada, una PPP puede proveer un número de beneficios al sector público tales como: alivio de las finanzas públicas por los altos costos del desarrollo de la infraestructura pública, permitir que ciertos riesgos sean transferidos desde el sector público al sector privado, un incremento del “valor por dinero” gastado en servicios de infraestructura debido a una forma más eficiente de proveerlo, bajos costos y servicios confiables. Akintoye et al. (2002) muestran que las PPP ahora son comúnmente usadas para acelerar el crecimiento y desarrollo económico y la entrega de infraestructura y el logro de servicios de calidad y una buena gobernanza. Hammami et al. (2006) encuentran que las PPP tienden a ser más comunes en países donde los gobiernos sufren de una fuerte deuda pública y en donde la demanda agregada y el tamaño del mercado son grandes. Sin embargo, los autores advierten que la estabilidad macroeconómica es esencial para esta modalidad de proyectos.

La asignación de riesgos también es un tema importante relacionado con las asociaciones público privadas. De hecho, las PPP casi siempre involucran la transferencia de riesgo desde el sector público al sector privado como un mecanismo central de incentivos. Sin embargo, la transferencia de riesgos al sector privado puede hacer que la PPP sea más costosa que la obra pública tradicional. La asignación de riesgos al socio privado tiende a incrementar el precio del proyecto, por lo cual es esencial asegurarse de que la administración pública se beneficia de tal transferencia por encima del costo financiero asociado al riesgo que se tendría que soportar. Engel et al. (2008) señalan las diferencias entre las privatizaciones y las PPP, indicando que la asignación de riesgo bajo el contrato óptimo hace que las PPP estén más cerca de la provisión pública que de la privatización. Marque and Berg (2010) resaltan que el riesgo es un tema clave en contratos con el sector privado. Una apropiada asignación de riesgos es una condición

² En inglés *Public Private Partnership*, en general en español se traduce como Asociación Publico Privada (APP), en algunos países como Uruguay se prefirió el término participación público privada que mantiene la sigla en inglés, PPP.

necesaria para un contrato exitoso. De hecho, el éxito de una asociación entre el sector público y el sector privado requiere que los riesgos sean asignados a la parte contractual que esté en mejores condiciones de mitigarlos o soportarlos. Hay una compensación entre transferir riesgos y el precio del proyecto en donde el nivel óptimo del riesgo transferido dependerá de la combinación de riesgos del caso específico (diseño, construcción, operación, políticos, económicos, financieros, etc.). Ng y Loosemore (2006) señalan que para compensar por grandes riesgos desconocidos involucrados en periodos superiores a los 35 años, el sector privado demandará inevitablemente grandes primas de riesgo, al igual que las instituciones financieras y los miembros de las cadenas de suministro que les sirven. Cunha y Berg (2011) examinan como los riesgos se reflejan en los contratos regulatorios de infraestructura y concluyen que el riesgo es un tema clave en los contratos con el sector privado: una apropiada asignación de riesgos es una condición necesaria para el éxito de los contratos. Demirag et al. (2011) encuentran que cuando evalúan proyectos PPP los financistas perciben un muy amplio rango de riesgos como importante y para ellos es substancial que muchos de estos riesgos sean asegurados o asignados a subcontratistas. Los financista también están de acuerdo con que trabajar con socios familiares en proyectos familiares y en sectores familiares es importante, lo cual puede poner barreras a la entrada y podría minar procesos competitivos. Ng y Loosemore (2006) estudian la asignación de riesgos en la provisión privada de infraestructura pública. Ellos afirman que incluso en grandes proyectos PPP, las prácticas de gestión de riesgo son altamente variables, intuitivas y poco sofisticadas. En la misma línea, San Santoso et al. (2012) señalan que una inapropiada distribución de riesgos puede crear nuevos riesgos y llevar al fracaso del proyecto. En este contexto el presente artículo apunta a explorar sobre la mejor asignación de riesgos entre el sector público y el sector privado.

Li et al. (2005) analizan las preferencias en asignación de riesgos en el Reino Unido. Ellos encuentran que es preferible que algunos riesgos sean retenidos por el sector público o compartido con el sector privado pero es preferible que la mayoría de los riesgos, sin embargo, sean asignados al sector privado. Ke et al. (2010) realizan un estudio similar en proyectos PPP en China. Los resultados muestran diferencias con el Reino Unido, aquí se prefiere que el sector público tome responsabilidad exclusiva por el riesgo de “expropiación y nacionalización” y ningún riesgo sería exclusivamente asignado al sector privado. Sin embargo, se encuentra que en China es preferible que la mayoría de los riesgos sean compartidos entre el sector público y el sector privado. El-Sayegh (2008) identifica y evalúa los riesgos significativos en la industria de la construcción en Emiratos Árabes Unidos considerando la distribución apropiada de riesgos. Vasallo et al. (2013) estudian la asignación de riesgos en la concesión de autopista con peaje en España, país que se ha caracterizado por un deseo de transferir considerables riesgos al sector privado. Ellos afirman que la recesión económica ayudó a identificar algunas deficiencias en como los riesgos habían sido asignados en España. Shen et al. (2006) examina que la mayoría de los riesgos en la implementación de trabajos del sector público en Hong Kong y la manera en que la aplicación de PPP puede ayudar a gestionar los riesgos en la entrega del proyecto. Ellos encuentran que riesgos tales como la adquisición del terreno, los riesgos legales y políticos deberían ser retenidos por el sector público. Sin embargo, el diseño, la construcción, la operación y el riesgo industrial son más efectivos se deberían asignar al sector privado.

La pregunta que surge es que nivel de riesgo producirá la opción más eficiente para el gobierno: obra pública tradicional o PPP. Oliveira y Cruz (2012) afirman que el Valor por Dinero (VpD) es un concepto que ha sido ampliamente adoptado por muchos países tales como el Reino Unido, Canadá, Australia, Holanda y Portugal. Este concepto mide la utilidad del dinero

gastado. De esta forma una hipótesis presentará VpD si es más económica suponiendo el mismo producto. Hodge y Greve (2007) señalan que las evaluaciones de PPP muestran resultados contradictorios en cuanto a la eficacia y al VpD. En este contexto, Grimsey y Lewis (2007) señalan que el VpD compara la opción PPP con el costo de proveer servicios específicos usando el método de tradicional del sector público (a esto se le llama el comparador del sector público o PSC) que nos permite poner algunos números de las ganancias globales esperadas de la PPP. De esta forma el VpD es una herramienta ampliamente aplicada para cuantificar la conveniencia o no de un proyecto PPP versus la obra pública tradicional. De hecho, existen muchos manuales gubernamentales en diferentes partes del mundo considerando esta metodología. Ejemplos de estos manuales son VDTF (2001) en Victoria (Australia), NTSA (2004) en Sudáfrica, PBC (2003) en Canadá, PER (2007) en Irlanda, MAPPP (2008) en Francia, UTFP (2009) en Italia, KDI (2010) en Corea del Sur, Gobierno Australiano (2008) en Australia, MEF (2014) en Perú, MEF-CND (2012) en Uruguay, DNP (2009) en Colombia, SHCP (2010) en México y Coulson (2006) en Reino Unido y el Banco Mundial (2012) como una guía general. Moralos y Amekudzi (2008) afirman que la transferencia de riesgos es muy importante en la generación de VpD. Sin embargo, se debe considerar que transferir demasiado puede resultar en altos pagos y reducir el VpD.

El presente artículo tiene por objeto analizar y calcular el nivel de riesgo transferido que genera el máximo valor por dinero y estudiar su relación con el precio exigido por el sector privado. El tópico es relevante en el contexto de la administración pública a la hora de decidir la mejor opción para una inversión pública entre opción PPP y la obra pública tradicional.

De esta manera el resto del artículo se organiza de la siguiente manera: En la segunda sección se presenta un modelo matemático conectando la evaluación financiera, el valor por dinero y la transferencia de riesgo. En la sección tercera se considerará evidencia empírica para calcular el nivel óptimo de riesgo transferido para infraestructura de diferentes sectores. Finalmente, en la última sección se señalan algunas conclusiones.

2. Mejor asignación en valor por dinero

Consideremos una sociedad de propósito específico (SPE) que podría ser una compañía privada o un consorcio evaluando la conveniencia de entrar en un proyecto de infraestructura. Hay dos ecuaciones que deben ser consideradas. La ecuación (1) presenta la tasa de descuento (k) o la rentabilidad que exigirá la SPE tomando en cuenta la tasa de interés libre de riesgo (r_f), el riesgo total de involucrarse completamente en el proyecto soportando todos los riesgos (σ), un parámetro (λ) que considera el riesgo asignado a la SPE y $\rho > 1$ que es un coeficiente que afecta al valor del riesgo que el privado le otorga.

$$k = r_f + \lambda^\rho \sigma \quad (1)$$

El segundo término en la ecuación (1) es el valor del riesgo. El parámetro λ^ρ significa que el precio del riesgo es creciente pero en una forma diferente a la proporcional cuando $\rho > 1$, esto tiene sentido ya que el conjunto de riesgos de un proyecto no es homogéneo y cada riesgo es evaluado en forma diferente por el sector privado. Esto será explicado mejor en la siguiente sección.

La ecuación (2) muestra el valor actual neto (VAN) del proyecto, en donde I_0 es el nivel inicial de inversión, c representa los costos anuales del proyecto expresados como porcentaje de la inversión inicial y P es el ingreso demandado para obtener un retorno dado. Esta ecuación representa la evaluación financiera del proyecto realizada desde el punto de vista de la firma.

$$NPV = -I_0 + \int_0^{+\infty} (P - cI_0)e^{-kt} dt \quad (2)$$

Resolviendo el problema planteado por la SPE para un VAN=0 se obtiene la ecuación (3). Este es el pago requerido por el proyecto. El gobierno evaluando la posibilidad de contratar a la SPE para llevar adelante el proyecto de infraestructura tiene que tomar en cuenta que el pago se incrementará con el nivel de inversión, la tasa de interés libre de riesgo, el nivel de riesgo del proyecto, el riesgo transferido y el porcentaje de costo anual.

$$P = I_0 (r_f + \lambda^p \sigma + c) \quad (3)$$

El gobierno tiene que decidir entre la opción de obra pública tradicional o llevar el proyecto a través de una PPP. Como señala Sarmiento (2010) el valor por dinero (VpD) es la herramienta líder disponible para la gestión pública que evalúa el valor de llevar un proyecto a través de la opción PPP versus llevarlo por obra pública tradicional, debido a que este provee al sector público con una metodología simple para estimar los beneficios, costos y riesgos involucrados en el proyecto.

La ecuación (4) presenta el VpD de un proyecto de infraestructura. La ecuación tiene dos términos principales. El primer término muestra el costo del gobierno en caso de seguir la obra pública tradicional en donde r es una tasa de descuento del sector público y δ es un parámetro que representa el riesgo esperado. Para estimar este parámetro se usa generalmente el porcentaje de sobrecosto multiplicado por la probabilidad de sobrecosto en un proyecto de infraestructura determinado. El sobrecosto es un parámetro muy importante a la hora de determinar el riesgo de infraestructura. En este sentido se indica ver los artículos de Singh (2009), Arvan y Leite (1990), Cantarelli et al. (2010), Flyvbjerg et al. (2002), Flyvbjerg et al. (2003), Flyvbjerg et al. (2004). Lee (2008) y KPMG (2013) señalan la importancia del sobrecosto y su impacto en los proyectos de infraestructura.

$$VfM = (1 + \delta) \left(I_0 + \int_0^{+\infty} cI_0 e^{-rt} dt \right) - \int_0^{+\infty} P e^{-rt} dt - (1 - \lambda) \delta \left(I_0 + \int_0^{+\infty} cI_0 e^{-rt} dt \right) \quad (4)$$

La segunda parte de la ecuación representa el costo del gobierno si el proyecto es llevado adelante a través de la opción PPP. En este sentido se debe considerar el flujo de pagos (P) a la SPE y la proporción de los riesgos que son retenidos por la administración pública. Cuando el costo de la opción de obra pública tradicional es más grande que la opción PPP, el VpD es positivo y será conveniente llevar adelante el proyecto a través de la PPP. La ecuación (4) puede ser simplificada y representada como la ecuación (5).

$$VfM = (1 + \delta \lambda) \left(I_0 + \int_0^{+\infty} cI_0 e^{-rt} dt \right) - \int_0^{+\infty} P e^{-rt} dt \quad (5)$$

Resolviendo las integrales en la ecuación (5) y substituyendo los requerimientos de pagos presentados en la ecuación (3) obtenemos la siguiente expresión del VpD.

$$VfM = \frac{I_0}{r} \left[(r - r_f) + \lambda \delta (r + c) - \lambda^\rho \sigma \right] \quad (6)$$

Nótese que la ecuación (6) muestra que el VpD es positivo cuando el riesgo privado es inferior al riesgo público expresado como la prima de riesgo del gobierno ($r - r_f$) y el riesgo implícito en el riesgo transferido. Nótese también que el VpD es claramente decreciente a medida que aumenta el riesgo del sector privado, esto significa que si el sector privado exige una prima de riesgo muy alta para el proyecto podría no convenir seguir la alternativa PPP. Razones de eficiencia podrían explicar que el sector privado asigne un valor de riesgo más bajo que el que haría el sector público. Algunos autores afirman que la eficiencia debería ser la única razón por la cual el sector público pueda desear pagar un precio más alto al sector privado. De hecho, Engle et al. (2010) sugieren que el costo más alto de financiamiento de una PPP no es un argumento a favor de la provisión pública, ya que este parece reflejar una combinación de diseño de contratos deficiente y los incentivos de reducción de costos involucrados en las PPP. Por este motivo, en el caso de un contrato de PPP correctamente diseñado, el alto costo de capital puede ser el precio a pagar por las ventajas de eficiencia de las PPPs.

Nótese también que el VpD es creciente con el termino c , que representa el costo anual del proyecto como porcentaje del nivel de inversión. Si este porcentaje es más alto, la opción PPP aparecerá como más conveniente. Esto sugiere que un proyecto con importantes costos anuales en relación con la inversión inicial es más probable que se conveniente llevarlo adelante por PPP.

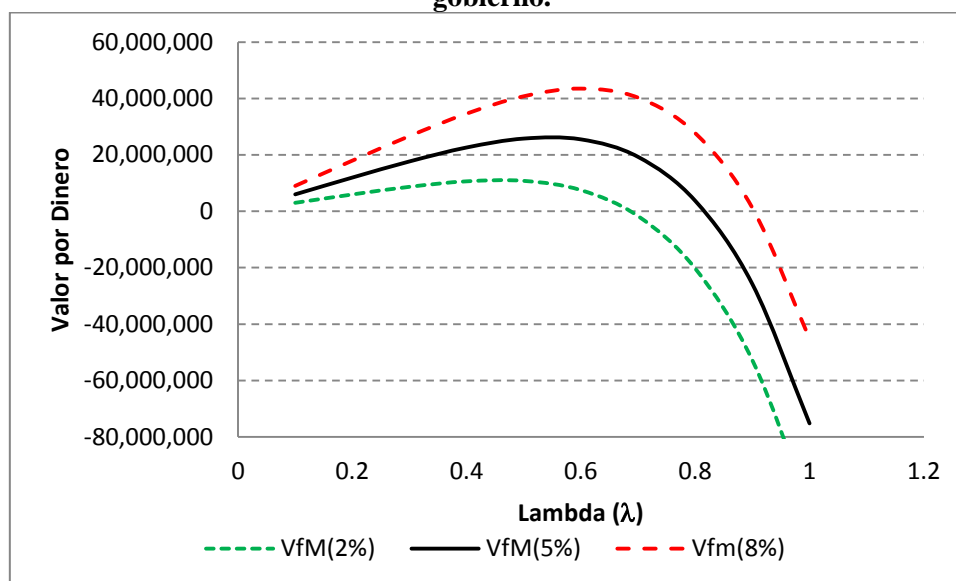
Finalmente, considerando la ecuación (6) podemos encontrar la asignación de riesgo (λ) que determina el nivel máximo de VpD. La ecuación (7) presenta el nivel óptimo de riesgo que debería ser transferido al sector privado.

$$\lambda^* = \left(\frac{\delta(r + c)}{\rho \sigma} \right)^{\frac{1}{\rho-1}} \quad (7)$$

La mejor asignación de riesgos es creciente con el sobre costo o riesgo del proyecto, la tasa de interés del sector público y el costo anual del proyecto como porcentaje de la inversión. Nótese además que λ^* es decreciente con el riesgo del privado.

La Figura 1 muestra la relación entre lambda y el valor por dinero para diferentes valores de la tasa de descuento del gobierno. Nótese que es menos probable obtener VpD para tasas pequeñas. Esto es importante para la política económica y significa que si el gobierno puede conseguir financiamiento a muy bajo costo el proyecto podría ser conveniente llevarlo por obra pública tradicional, ya que en general el financiamiento que puede conseguir el privado siempre será mayor que el que pueda obtener el sector público.

Figura 1. Valor por dinero contra riesgo transferido para diferente tasas de descuento del gobierno.



Fuente: elaboración propia.

Con un propósito ilustrativo redefinamos el valor óptimo λ^* considerando dos modelos para la tasa de descuento presentada en la ecuación (1).

En primer lugar consideraremos el modelo CAPM de la ecuación (8). Este modelo es ampliamente aplicado en evaluación financiera de proyectos de infraestructura.

$$k = r_f + \lambda^p \beta(r_m - r_f) \quad (8)$$

La ecuación (9) presenta el resultado óptimo bajo el modelo propuesto.

$$\lambda^* = \left(\frac{\delta(r+c)}{\rho\beta(r_m - r_f)} \right)^{\frac{1}{\rho-1}} \quad (9)$$

Nótese que en el modelo CAPM el mejor nivel de riesgo transferido depende negativamente del beta y el retorno del mercado. Esto significa que si el retorno del mercado es grande y el beta del proyecto es alto, la mejor proporción de riesgo a transferir al privado debería ser pequeño. Sin embargo, debemos ser cuidadosos y advertir que el modelo CAPM es complejo y asume que la firma está diversificando el riesgo no sistemático a través de un portafolio de inversiones. Por lo cual es el riesgo remanente el que se estaría midiendo con el beta, el riesgo específico relacionado con el mercado. Sin embargo, se debe señalar que las conclusiones generales permanecen bajo este modelo. Cuanto mayor riesgo tenga el privado menor podría ser la conveniencia de la opción PPP. Un beta más grande determina que un menor nivel de riesgo debería ser transferido en el óptimo de otra forma el sector privado podría pedirle un precio muy alto a la administración pública contratante.

Una opción más general puede ser considerar el retorno y la volatilidad del sector en el mercado accionario a través de un modelo estocástico. Como señala Tsay (2002), en finanzas el retorno de una acción puede depender de su volatilidad. Para modelar este fenómeno, se puede considerar un modelo autorregresivo heterocedástico condicional en media o GARCH-M

propuesto por Engle et al. (1987). Un modelo GARCH(1,1)-M incluyendo el parámetro lambda puede ser escrito como sigue:

$$k_t = \mu + \lambda^\rho \omega \sigma_t^2 + a_t \quad (10)$$

$$a_t = \sigma_t \varepsilon_t \quad (11)$$

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 a_{t-1}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2 \quad (12)$$

En donde μ y ω son constantes, ω es el parámetro que representa la prima de riesgo; un valor positivo de ω indica que el retorno está positivamente relacionado con su volatilidad pasada. Como señala Tsay (2002) otras especificaciones de la prima de riesgo han sido usadas en la literatura, incluyendo $r_t = \mu + \omega \sigma_t + a_t$.

De acuerdo al modelo GARCH(1,1)-M, en equilibrio la tasa de descuento está dada por la ecuación (13).

$$k^* = \mu + \lambda^\rho \omega \left(\frac{\alpha_0}{1 - \alpha_1 - \beta_1} \right) \quad (13)$$

Substituyendo (13) en (6), se obtiene la ecuación (14) y la expresión (15).

$$VfM = \frac{I_0}{r} \left[(r - \mu) + \lambda \delta (r + c) - \lambda^\rho \omega \left(\frac{\alpha_0}{1 - \alpha_1 - \beta_1} \right) \right] \quad (14)$$

$$\lambda^* = \left(\frac{\delta (r + c) (1 - \alpha_1 - \beta_1)}{\rho \omega \alpha_0} \right)^{\frac{1}{\rho - 1}} \quad (15)$$

Se debe notar que el VpD y el nivel óptimo de lambda son funciones decrecientes respecto a la prima de riesgo y al termino constante α_0 en el modelo de volatilidad.

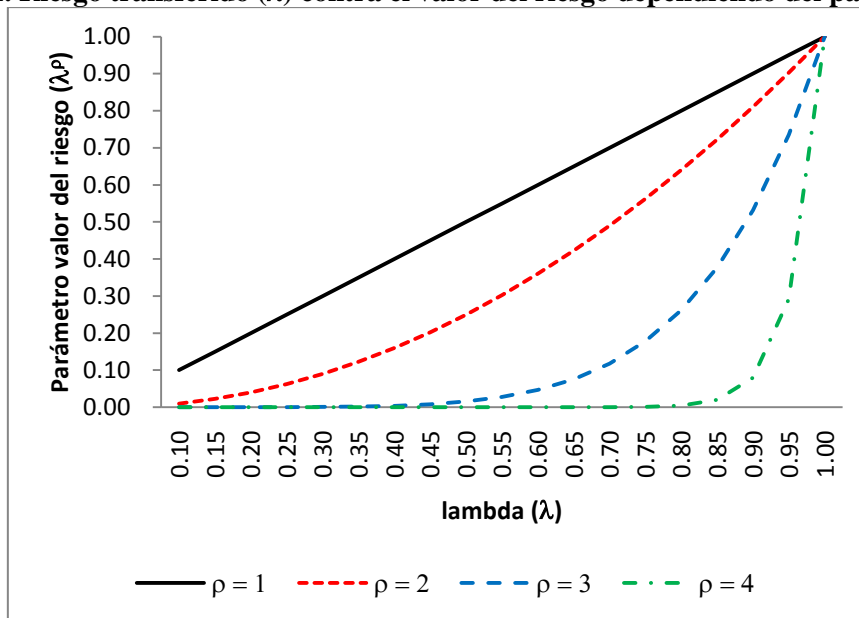
En resumen, se obtuvo el mejor nivel de riesgo que se debería transferir al sector privado para obtener el mayor nivel de VpD bajo ciertos supuestos. Se concluye que teniendo un VpD positivo y considerando la PPP como la mejor opción es más probable cuando variables como la inversión, la tasa de interés pública, el costo anual del proyecto y el sobrecosto toman valores grandes. Sin embargo, si el riesgo del sector privado es muy grande medido por el beta o por la prima de riesgo, la PPP podría no ser conveniente debido a un alto costo que el privado transferirá en el pago exigido a la administración pública.

3. Nivel empírico de lambda

En esta sección se realiza un ejercicio a los efectos de tener una idea del rango de riesgo a transferir al privado para diferentes tipos de proyectos. Es importante señalar que en la práctica cada proyecto tiene una particular combinación de riesgos y la mejor transferencia de estos no

es homogénea. De hecho, en un proyecto hay diferentes tipos de riesgos: diseño, construcción, operación, económicos, sociales, políticos, legales, etc. Como fue mencionado anteriormente, el éxito de la asociación entre el público y el privado requiere que los riesgos sean asignados a la parte contractual que está en mejores condiciones de mitigarlos o de soportarlos. Por ejemplo, imaginemos que el valor del riesgo de construcción y el de operación es más bajo para el sector privado que el valor que tiene para los riesgos de tipo social o político para los cuales no está en condiciones de soportarlos. El parámetro ρ intenta considerar esta no homogeneidad en el valor asignado al riesgo. La Figura 2 muestra que el valor del riesgo (a los efectos de simplificar asumamos $\sigma=1$) para diferentes valores de ρ . Nótese que si $\rho=1$ se asume que el riesgo es homogéneo, esto significa que el gobierno transfiere el riesgo y el valor asignado por el privado crece proporcionalmente hasta alcanzar el 100%. Sin embargo, si $\rho>1$ el valor del riesgo es pequeño para los primeros tipos de riesgos asignados pero se incrementa más que proporcional en la medida que el gobierno transfiere más riesgos, en especial aquellos en los que el sector privado no está preparado para afrontar. En el ejemplo, el sector privado puede asignar un valor pequeño al riesgo de construcción y al de operación pero en el caso que el gobierno transfiera también riesgos de tipo político o social.

Figura 2. Riesgo transferido (λ) contra el valor del riesgo dependiendo del parámetro ρ



Fuente: elaboración propia.

Se realizaron dos ejercicios uno aplicando el modelo CAPM y otro aplicando el modelo GARCH-M.

Como fue mencionado, el modelo CAPM es ampliamente aplicado en la práctica de evaluación de inversiones, sin embargo su interpretación puede ser algo complicada ya que el beta es un parámetro que asume que la firma ha diversificado su riesgo a través de un portafolio de activos. A veces esto no sucede, ya que las empresas que consideran un determinado proyecto suelen tener una línea de negocios muy especializada en dichos proyectos y por tanto no habría tal diversificación. De cualquier modo, se debe tener en cuenta que este es un ejercicio ilustrativo y se espera que las conclusiones generales vayan en la línea de los resultados obtenidos con el modelo teórico presentado en la sección 2.

La Tabla 1 muestra el mejor nivel de transferencia de riesgos al privado para diferentes tipos de proyectos, porcentajes de costos anuales del proyecto y parámetros de valor de riesgo. Se debe señalar que los betas fueron seleccionados del sitio web de Damodaran considerando el beta desapalancado corregido por caja. En este caso el beta de Ingeniería y Construcción fue considerado para construcción vial, construcción ferroviaria y para puentes y túneles y el beta global para todo tipo de proyecto. El sobrecostos promedio fue tomado de Flyvberg et al. (2002) como una medida del riesgo del proyecto.

En el modelo CAPM se tomó como tasa libre de riesgo (r_f) la del bono del Tesoro norteamericano a 10 años para el periodo 1950 a 2014 y para representar la tasa del mercado (r_m) se consideró el retorno promedio del índice Standard & Poor 500 desde 1950 a 2014. Además se asumió que la tasa de descuento del gobierno que se aplica en el $VpD(r)$ es la misma que r_f .

Considere como ejemplo un proyecto que consiste en la construcción y operación de un túnel. Asuma que el costo de operación anual como porcentaje de la inversión es de 1% ($c=1\%$), $r_f=r=5,98\%$, $r_m=12,74\%$ y el coeficiente que ajusta el valor del riesgo para el privado es $\rho=2$. Si el sector privado desea construir y operar el túnel por su cuenta tendría que correr con todos los riesgos lo cual implicaría $\lambda=1$. En este caso la tasa de descuento estimada por el CAPM sería del 12,00%. Considere ahora que es el gobierno el que desea comprar los servicios de un túnel contratando a un privado para que lo construya y lo opere, transfiriéndole un nivel de riesgo óptimo de $\lambda^*=0,2$. En este caso el sector privado no tiene que soportar todo el riesgo ya que la administración pública retiene una parte de ellos. Por este motivo se esperaría que la tasa de descuento pedida por el sector privado fuera menor al 12,00% obtenido anteriormente. De hecho, la tasa sería 7,18% según los parámetros estimados en este ejercicio.

Tabla 1. Óptimo λ para diferentes proyectos de infraestructura (Modelo CAPM)

Sector	Costo/Inversión (%)	beta ^(a)	Sobrecosto (Riesgo) ^(b)	Lambda (λ)				
				Coeficiente de valor del riesgo (ρ)				
				$\rho = 2$	$\rho = 5$	$\rho = 10$	$\rho = 20$	$\rho = 30$
Caminería/Rutas	c = 1%	0,89	20,40%	0,12	0,47	0,66	0,79	0,85
	c = 5%			0,19	0,52	0,69	0,81	0,86
	c = 10%			0,27	0,57	0,72	0,83	0,87
Ferrovia	c = 1%	0,89	44,70%	0,26	0,57	0,72	0,83	0,87
	c = 5%			0,41	0,64	0,76	0,85	0,88
	c = 10%			0,59	0,70	0,79	0,86	0,89
Túneles y Puentes	c = 1%	0,89	33,80%	0,20	0,53	0,70	0,81	0,86
	c = 5%			0,31	0,59	0,73	0,83	0,87
	c = 10%			0,45	0,65	0,77	0,85	0,89
Para todo tipo de proyecto	c = 1%	0,71	27,60%	0,20	0,53	0,70	0,81	0,86
	c = 5%			0,32	0,60	0,74	0,83	0,88
	c = 10%			0,46	0,65	0,77	0,85	0,89

Fuente: Elaboración propia. (a) Betas desapalancados representando el sector de Ingeniería/Construcción (0,89) y el Mercado Total (0,71) tomado del sitio de Damodaran: <http://people.stern.nyu.edu/adamodar/>. (b) Tomado de Flyvberg, Holm and Buhl (2002)

Como Segundo ejercicio se aplicó el modelo GARCH-M para los sectores señalados por Flyvberg et al. (2002).

Se estimó un modelo GARCH-M utilizando datos semanales desde julio de 1973 a abril de 2015 del índice S&P 500 para el caso de todo tipo de proyectos. En el caso de caminos, ferrovía, puentes y túneles se desarrolló un índice para el mismo período, tomando en cuenta los precios accionarios y el nivel de capitalización de siete empresas del sector Ingeniería y Construcción norteamericano que se encuentran en la base de datos de Damodaran citada anteriormente (los símbolos en la bolsa: TPC, JEC, GVA, STRL, FLR, ACM, PRIM).

La Tabla 2 presenta los resultados de tres modelos para datos semanales considerando variables *dummy* para determinados eventos como el Lunes Negro, el Viernes 13, la burbuja Dot.Com, el 9/11 y la crisis de las hipotecas *subprime*. Tomando una año de 52 semanas el retorno anual promedio del S&P 500 es 13,82%. En el caso de los dos modelos para ingeniería y construcción se ajustaron dos modelos debido a la significación de los parámetros. El coeficiente de los retornos del primer modelo no es significativo pero los coeficientes del GARCH son significativos. El segundo modelo presenta a los retornos del índice creado dependiendo del índice S&P 500, este modelo es significativo y no se detecta ninguna *dummy* como significativa. Se destaca además que los resultados no son sustancialmente diferentes, mientras el primer modelo predice un retorno anual de 25,64%, el segundo modelo estima un 25,14%. Sin embargo, la volatilidad es más grande en el primero (0,1669) que en el segundo modelo (0,1114).

Tabla 2. Estimación de los modelos GARCH-M

Parámetros	Índice S&P 500		Índice ingeniería y construcción (modelo 1)		Índice ingeniería y construcción (modelo 2)	
	Coefficiente	p-valor	Coefficiente	p-valor	Coefficiente	p-valor
μ	0,00109	0,123	0,00185	0,191	-0,00140	0,277
ω	3,11347	0,063*	0,93196	0,181	1,55586	0,078*
ϕ (a)					1,09282	0,000***
D.1987 (Lunes Negro)	-0,06876	0,000***	-0,08788	0,000***		
D.1989 (Viernes 13)	-0,05570	0,000***				
D.2000 (Dot.Com)	-0,08184	0,000***				
D.2001 (9/11)	-0,09418	0,000***				
D.2008 (Subprime)	-0,11731	0,000***	-0,13859	0,012**		
Volatilidad						
α_0	0,00001	0,000***	0,00003	0,000***	0,00001	0,004***
α_1	0,10281	0,000***	0,07097	0,000***	0,03787	0,000***
β_1	0,86930	0,000***	0,92039	0,000***	0,95924	0,000***
Volatilidad anual incondicional	0,0257		0,1669		0,1114	
Retorno anual	13,82%		25,64%		25,14%	

Fuente: Cálculos propios. * Significación al 1%, **significación al 5%, *** significación al 10%. (a) Coeficiente respecto al índice Standard & Poor's 500.

Considere otra vez el mismo ejemplo del proyecto de un túnel. De acuerdo al modelo GARCH-M la tasa de descuento debería ser de 25,14% (segunda versión del modelo) para que una empresa privada enfrente todos los riesgos por su cuenta. Sin embargo, el riesgo transferido óptimo implicaría un riesgo transferido $\lambda=0,73$ asumiendo un $\rho=30$ (como se observa en la Tabla 3) determinando una tasa de descuento de 8,07%.

Como se mencionó anteriormente, esto debería ser interpretado como un ejemplo ilustrativo de como la tasa de descuento afecta y es afectada por la asignación del riesgo. En la práctica la asignación de riesgo puede ser más compleja debido a la estructura particular de riesgos de cada proyecto, de la probabilidad de cada riesgo y de los diferentes niveles de impacto que estos tienen. Para entender esto último, obsérvese la Tabla 4 en donde se presentan dos estructuras de riesgo para diferentes proyectos. Para simplificar asúmase que ocho tipos de riesgos: Diseño, construcción, operación, económicos, expropiación, sociales, políticos y de fuerza mayor.

Tabla 3. Óptimo λ para diferentes proyectos de infraestructura (modelo GARCH-M)

Sector	Costo/Inversión (%)	Volatilidad incondicional anual ^(a)	Sobrecosto (Riesgo) ^(b)	Lambda (λ)				
				Coeficiente de valor del riesgo (ρ)				
				$\rho = 2$	$\rho = 5$	$\rho = 10$	$\rho = 20$	$\rho = 30$
Caminería	c = 1%	16,31%	20,40%	0,001	0,03	0,31	0,61	0,71
	c = 5%			0,001	0,15	0,40	0,63	0,73
	c = 10%			0,002	0,17	0,42	0,64	0,74
Ferroviaria	c = 1%	16,31%	44,70%	0,002	0,16	0,41	0,63	0,73
	c = 5%			0,003	0,19	0,44	0,65	0,75
	c = 10%			0,005	0,21	0,46	0,67	0,76
Puentes y Túneles	c = 1%	16,31%	33,80%	0,001	0,15	0,40	0,62	0,72
	c = 5%			0,002	0,17	0,43	0,64	0,74
	c = 10%			0,004	0,19	0,45	0,66	0,75
Para todo tipo de proyecto	c = 1%	2,89%	27,60%	0,001	0,14	0,39	0,62	0,72
	c = 5%			0,002	0,17	0,42	0,64	0,73
	c = 10%			0,003	0,18	0,44	0,65	0,74

Fuente: Cálculos propios. (a) Volatilidad anual incondicional es calculada aplicando los parámetros de la Tabla 2 (b) Tomado de Flyvberg, Holm and Buhl (2002)

Asumamos que el gobierno trata de transferir riesgos al sector privado y que se piensa que este es mejor manejando aquellos referidos al Diseño, Construcción y Operación y transferirlos implicaría una asignación óptima de riesgos. Nótese que cada riesgo en el Proyecto A tiene la misma probabilidad o participación en el riesgo total. Sin embargo, el Proyecto B tiene una estructura de riesgos diferente. De esta manera, mientras que en el proyecto A transferir un 37,5% de los riesgos o $\lambda=0,375$ puede ser una óptima opción, en el caso del Proyecto B la transferencia implicaría $\lambda=0,80$.

Tabla 4. Participación de los riesgos en dos proyectos diferentes

Tipo de riesgo	Participación del riesgo	
	Proyecto A	Proyecto B
Diseño	12.5%	10%
Construcción	12.5%	40%
Operación	12.5%	30%
Económicos	12.5%	10%
Expropiación	12.5%	5%
Sociales	12.5%	2%
Políticos	12.5%	1%
Fuerza mayor	12.5%	2%
Riesgo Total	100%	100%

Fuente: Cálculos propios

4. Conclusión

Los proyectos de participación público privadas (PPPs) son asociaciones entre el sector público y el sector privado. Como menciona Grout (2005), la característica central de una PPP es que el sector público compra un flujo de servicios en lugar de construir o procurar solamente el activo físico y emplear al personal. Sin embargo, las PPPs casi siempre involucran la transferencia de riesgo desde el sector público al privado como el mecanismo central de incentivos. Se debe tener en cuenta que cuanto más riesgo es transferido, más costoso será el proyecto. Por otro lado, hoy en día la mayoría de la evaluación práctica de PPP considera independientemente la evaluación financiera privada, la asignación de riesgos y la estimación del VpD. Como señala Zhang (2005) hay una necesidad urgente de un protocolo de adquisición viable y eficiente para la mejora de las prácticas en los futuros proyectos de PPP. Hodge y Greve (2007) estudiaron la experiencia internacional encontrando resultados contradictorios sobre los resultados de VpD y argumentaron que un mayor cuidado se necesita para fortalecer las evaluaciones futuras. En la misma línea Lui et al. (2013) afirma que el desempeño de la medición/evaluación es un proceso importante en relación al éxito de proyectos PPP y sin embargo ha recibido poca atención bajo la perspectiva del ciclo de vida de los proyectos. La importancia de las consideraciones sobre la asignación de riesgos es señalada por Osei and Chan (2015) quienes detectaron que la asignación de riesgo es uno de los más importantes factores críticos de éxito identificados para

una PPP. En este contexto, el presente artículo pretendió analizar la conexión de los estudios necesarios, calculando el nivel óptimo de riesgo a transferir para obtener el máximo valor por dinero. Los resultados obtenidos en este documento se espera que sirvan para asistir a los tomadores de decisiones tanto en el sector público como en el privado realizando consideraciones sobre los factores determinantes en la etapa de evaluación de proyectos PPP. Se encontró que el VpD es creciente con el nivel de inversión, el costo anual de operación y mantenimiento como porcentaje de la inversión y el sobrecosto esperado y es decreciente con el nivel de riesgo. Se señaló que el VpD es positivo cuando el costo del riesgo es más alto para el sector público que el valor que le puede asignar a ese riesgo el sector privado, razones de eficiencia estarían detrás de esto. De hecho, Engel et al. (2010) asegura que un costo de capital más alto en la opción privada puede ser el precio que hay que pagar para obtener las ventajas de eficiencia de una PPP.

Más complicada es la relación con la transferencia de riesgo siendo creciente por un tramo pero decreciente en otro, luego de alcanzar cierto valor. En este contexto, se obtuvo el valor del riesgo transferido que determina el valor por dinero máximo. Este valor es creciente con el sobrecosto, el costo de operación y mantenimiento como porcentaje de la inversión y la tasa de descuento del gobierno y es decreciente con el nivel de riesgo y el parámetro ρ . A efectos ilustrativos se ejemplificaron los resultados obtenidos con datos reales y aplicando el modelo CAPM y el GARCH-M concluyendo que los resultados se mantienen, en este caso el óptimo riesgo transferido es decreciente con el beta, el retorno del mercado y la prima de riesgo pero es creciente con la tasa libre de riesgo.

5. Bibliografía

Akintoye, Akintola, Beck, M., Hardcastle, C., (2002), *Public Private Partnerships*, Blackwell science ed.

Arvan, L., Leite, A., (1990), “Cost overruns in long term projects”, *International Journal of Industrial Organization*, 8(3), 443-467.

Banco Mundial (2012), *Public-Private Partnerships Reference Guide Version 1.0*, Washington, US, p. 230.

Cantarelli, C., Flyvbjerg, B., Molin, E., Wee, B., (2010), “Cost Overruns in Large-scale Transportation Infrastructure Projects: Explanations and Their Theoretical Embeddedness”, *European Journal of Transport and Infrastructure*, vol. 10 (1).

Coulson, A., (2008), *Value for money in PFI Proposals: a commentary on the 2004 UK Treasury Guidelines for Public Sector Comparators*, Institute of Local Government Studies, University of Birmingham.

Cruz, C., Marques, R., (2012), “Using Probabilistic Methods to Estimate the Public Sector Comparator”, *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, vol. 27 (10), pp. 782-800.

Dehornoy, J., (2012), “PPPs in the rail sector-A review of 27 projects”, Working Paper.

- Demirag, I., Khadaroo, I., Stapleton, P., Stevenson, C., (2011)**, “Risks and the financing of PPP: Perspective from the financiers”, *The British Accounting Review*, vol. 43, pp. 294-310.
- DNP (2009)**, *Comparador Público-Privado para la selección de proyectos APP*, Ministerio de Hacienda y Crédito Público, Colombia.
- El-Sayegh, S., (2008)**, “Risk assessment and allocation in the UAE construction industry”, *International Journal of Project Management*, vol. 26 (4), pp. 431-438.
- Engel, E., Fischer, F., Galetovic, A., (2010)**, "The economics of infrastructure finance: Public-private partnerships versus public provision", *EIB papers*, vol. 15 (1), pp. 40-69.
- Engle, R., Lilien, D., Robins, R., (1987)**, “Estimating time varying premia in the term structure: the Arch-M model”, *Econometrica*, Vol. 55 (2), pp. 391-407.
- Flyvbjerg, B., Holm, M. S., Buhl, S., (2002)**, “Underestimating costs in public works projects: Error or lie?”, *Journal of the American planning association*, vol. 68 (3), pp. 279-295.
- Flyvbjerg, B., Skamris Holm, M., Buhl, S., (2003)**, “How common and how large are cost overruns in transport infrastructure projects?”, *Transport Reviews*, vol. 23 (1), pp. 71-88.
- Flyvbjerg, B., Skamris Holm, M., Buhl, S., (2004)**, “What causes cost overrun in transport infrastructure projects?”, *Transport reviews*, vol. 24 (1), pp. 3-18.
- Gobierno Australiano (2008)**, *National Public Private Partnership Guidelines. Volume 4: Public Sector Comparator Guidance*.
- Grimsey, D., Lewis, M. (2007)**, “Public Private Partnerships and Public Procurement”, *Agenda*, vol. 14 (2), pp. 171-188
- Grimsey, D., Lewis, M., (2004)**, *Public Private Partnerships: The Worldwide Revolution in Infrastructure Provision and Project Finance*, Edward Elgar, Cheltenham, UK, p. 267
- Grout, P., (2005)**, “Value-for-money measurements in public-private partnerships”, *EIB Papers*, ISSN 0257-7755, vol. 10 (2), pp. 33-56.
- Hammami, M., Ruhashyankiko, J., Yehoue, E., (2006)**, "Determinants of public-private partnerships in infrastructure", *IMF Working Paper*, pp. 1-39
- Hodge, G., Greve, C., (2007)**, "Public-private partnerships: an international performance review", *Public Administration Review*, vol. 67 (3), pp. 545-558.
- Hoppe, E., Kusterer, D., Schmitz, P., (2013)**, “Public-private partnerships versus traditional procurement: An experimental investigation”, *Journal of Economic Behavior & Organization*, vol. 89, pp. 145-166.
- KDI (2010)**, *Detailed Guideline for Value-for-Money test for Build-transfer-operate (BTO) Public-Private Partnership (PPP) Projects*, KDI Public and Private Infrastructure investment management center, South Korea.
- Ke, Y., Wang, S., Chan, A. P., & Lam, P. T. (2010)**, “Preferred risk allocation in China’s public-private partnership (PPP) projects”, *International Journal of Project Management*, vol. 28 (5), pp. 482-492.

KPMG (2013), *Study on project schedule and cost overruns: Expedite infrastructure project*. KPMG-PMI

Kwak, Y., Chih, Y., Williams, C., (2009), "Towards a comprehensive understanding of public private partnerships for infrastructure development.", *California Management Review*, vol. 51 (2), pp. 51-78.

Lee, J., (2008), "Cost overrun and cause in Korean social overhead capital projects: Roads, rails, airports, and ports", *Journal of Urban Planning and Development*, vol. 134 (2), pp. 59-62.

Li, B., Akintoye, A., Edwards, P., Hardcastle, C., (2005), "The allocation of risk in PPP/PFI construction projects in the UK", *International Journal of project management*, vol. 23 (1), pp. 25-35.

Lui, J., Love, P., Davis, P., Smith, J., Regan, M., (2013), *Performance measurement framework in PPP projects*, Paper presented at PPP International Conference 2013 - Body of Knowledge, Preston, United Kingdom

MAPPP (2008), *Guide d'utilisation du Modèle Financier d'Evaluation Préalable*, Mission D'Appui aux partenariats public-privé, France.

Marque, R., Berg, S., (2010), "Risk, Contracts and Private Sector Participation in Infrastructure", *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 137 (11), pp. 925-932.

MEF (2014), *Metodología para la Aplicación del Análisis Cuantitativo en la Elección de la Modalidad de Ejecución de Proyectos de Inversión Cofinanciados*, Ministerio de Economía y Finanzas de Perú, Agosto 2014.

MEF-CND (2012), *Determinación del Valor por Dinero: Guía Metodológica del comparador público-privado para esquemas de participación público-privada en Uruguay*, Ministerio de Economía y Finanzas, Uruguay.

Moralos, D., Amekudzi, A., (2008), "The State of the Practice of Value for Money Analysis in Comparing Public Private Partnerships to Traditional Procurement", *Public Work Management and Policy*, vol. 13 (2), pp. 114-125

Ng, A., Loosemore, M., (2007), "Risk allocation in the private provision of public infrastructure.", *International Journal of Project Management*, vol. 25 (1), pp 66-76.

NTSA (2004), *Sudafrica Public-Private Partnership Manual-Module 4: PPP Feasibility Study*, National Treasury of South Africa, pp. 63-66

Osei, R., Chan, A., (2015), "Review of studies on the Critical Success Factors for Public-Private Partnership (PPP) projects from 1990 to 2013", *International Journal of Project Management*, forthcoming.

PBC (2003), *The Public Sector Comparator-A Canadian Best Practice Guide*, Partnership British Columbia.

PER (2007), *Public Private Partnership. Value for Money and the Public Private Partnership. Procurement Process*. <http://ppp.gov.ie>

San Santoso, D., Joewono, T. B., Wibowo, A., Sinaga, H. P., & Santosa, W., (2012), "Public-Private Partnerships for Tollway Construction and Operation: Risk Assessment and Allocation from the Perspective of Investors.", *Journal of Construction in Developing Countries*, vol. 17 (2), pp. 41-62

Sarmento, J., (2010), "Do public-private partnerships create value for money for the public sector? The Portuguese experience", *OECD Journal on Budgeting*, vol. 10 (1), pp. 1-27.

SHCP (2010), *Manual del Comparador Público Privado*, Ministerio de Hacienda y Crédito Público, México.

Shen, L., Platten, A., Deng, X., (2006), "Role of public private partnerships to manage risks in public sector projects in Hong Kong", *International Journal of Project Management*, vol. 24, pp. 587-594

Singh, R., (2010), "Delays and cost overruns in infrastructure projects: extent, causes and remedies", *Economic and Political Weekly*, vol. 45 (21), pp. 43-54.

Tsay, R., (2002), *Analysis of Financial Time Series: Financial Econometrics*, John Wiley & Sons Inc. ed., Chicago, US.

UTFP (2009), *La Misurazione del Value for Money nell'esperienza italiana e straniera: Analisi dei rischi e PSC*, Dipartimento per la Programmazione e il Coordinamento della Política Economica, March 2009.

Vassallo, J., Ortega, A., de los Ángeles Baeza, M., (2012), "Risk Allocation in Toll Highway Concessions in Spain", *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, vol. 2297 (1), pp. 80-87.

VDTF (2001), *Partnerships Victoria: Risk Allocation & Contractual Issues*, Victorian department of Treasury & Finance, pp. 178-191.

Zhang, X., (2005), "Critical success factors for public-private partnerships in infrastructure development", *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 131 (1), pp. 3-14.

Zou, P., Wang, S., Fang, D., (2008), "A life-cycle risk management framework for PPP infrastructure projects.", *Journal of financial management of property and construction*, vol 13 (2), pp. 123-142.