

EL RIESGO DE CONSTRUCCIÓN EN LA FINANCIACIÓN DE PROYECTOS

CONSTRUCTION RISK IN PROJECT FINANCING

MARIO AYMERICH FABREGAT. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Banco Europeo de Inversiones

RESUMEN: La construcción de grandes infraestructuras exige la movilización de importantes volúmenes de recursos financieros que, en el contexto actual de competitividad internacional y de convergencia macroeconómica dentro de la Unión Europea, hacen cada vez más necesaria la participación de cuantos actores tengan algo que aportar al proceso, bien sea desde el punto de vista institucional, empresarial o financiero. A ello no puede ser ajena la banca, en especial la que tiene como misión esencial la inversión en obras de interés común (como es el BEI). Ahora bien, la financiación de tales proyectos requiere de un análisis profundo de las operaciones de préstamo que, dentro del marco mencionado, tienden hacia una mayor flexibilidad y, por ende, hacia una mayor asunción de riesgos, tanto durante la construcción como durante la explotación de la obra. Teniendo en cuenta las implicaciones que la construcción puede tener sobre la financiación del proyecto es necesario disponer de herramientas específicamente diseñadas para abordar la evaluación de riesgos durante la misma. En el artículo se presenta un modelo desarrollado en el BEI para estimar la demora y el coste adicional que cabe esperar como consecuencia de los numerosos factores de riesgo que pueden afectar la construcción de una infraestructura. Basándose en métodos convencionales de análisis de riesgos y herramientas de simulación estocástica el modelo permite obtener resultados útiles para el posterior cálculo del riesgo estrictamente financiero del proyecto.

PALABRAS CLAVE: FINANCIACIÓN, ANÁLISIS DE RIESGOS, INFRAESTRUCTURAS

ABSTRACT: The construction and operation of infrastructures requires the mobilization of vast resources which, in the context of current international competition and European convergence, makes it increasingly necessary to rely on the participation of all the leading players in the process, be this from an institutional, company or financial point of view. The bank obviously has to play its part and particularly those who are fundamentally associated with investment in works of common interest (such as the EIB). However, the financing of these projects requires an in-depth analysis of loan operations and within this framework these loans are becoming increasingly more flexible and, subsequently, assuming greater risk during the construction and operation of the work. As a result of the financial implications which the first stage may have on the entire project, it is necessary to have specifically designed tools in order to evaluate the risks during the same. This article presents the model developed by the EIB to evaluate the delay and additional cost to be expected during the construction of an infrastructure. By using conventional risk analysis methods and stochastic simulation models it is then possible to obtain useful results for the subsequent calculation of the purely financial risk of the project.

KEYWORDS: FINANCING, RISK ANALYSIS, INFRASTRUCTURES

LA FINANCIACIÓN DE INFRAESTRUCTURAS

Mucho se ha escrito acerca de la labor llevada a cabo por los antiguos romanos en la construcción de vías de comunicación a lo largo y ancho del vasto territorio que configuró el más duradero imperio de la historia europea. Sin embargo, y aunque pueda parecer paradójico, el imperio

que consolidara Augusto basaba su estabilidad económica en un concepto marítimo del comercio a través del Mare Nostrum (las famosas calzadas se diseñaron con fines primordialmente militares). No es hasta el advenimiento de Carlomagno y su nuevo orden social que surge en Europa un mundo continental en el que el equilibrio político y económico se ordena mediante ejes terrestres y en el que las co-

Se admiten comentarios a este artículo, que deberán ser remitidos a la Redacción de la ROP antes del 30 de diciembre de 2002.

Recibido: Enero/2002. Aprobado: Enero/2002

municaciones se realizan, por primera vez de forma conscientemente organizada, atravesando ríos y montañas. A partir de entonces empezó a forjarse, de la manera lenta pero de hondo calado que caracterizaría la evolución de las ideas a lo largo de la Edad Media, el concepto civil de obra pública.

Un milenio más tarde en el primer número de la Revista de Obras Públicas podía leerse en su editorial (1): "¿Quién será el que desconozca la inmensa influencia que las obras públicas, principal agente del progreso después de la prensa, deben de ejercer sobre la civilización del provenir?". Palabras que un siglo y medio después mantienen, si cabe con mayor vigor, toda su vigencia dentro del marco que la inacabada pero siempre estimulante construcción europea plantea no sólo a sus dirigentes sino, lo que es más importante, a sus ciudadanos.

En primer lugar es preciso dar una respuesta coherente y eficaz a la creciente demanda de movilidad intracomunitaria, para lo que hay que allegar nuevos recursos financieros con que cubrir el acuciante déficit infraestructural (sobre todo en los países actualmente en fase de preadhesión)

En el contexto actual, la competitividad y cohesión europeas se vertebran, en lo que se refiere a la política de infraestructuras de transporte, en torno a tres grandes exigencias. En primer lugar es preciso dar una respuesta coherente y eficaz a la creciente demanda de movilidad intracomunitaria, para lo que hay que allegar nuevos recursos financieros con que cubrir el acuciante déficit infraestructural (sobre todo en los países actualmente en fase de preadhesión). Por otro lado, la lógica protección del medio ambiente impone límites a la proliferación indiscriminada de nuevas infraestructuras y encarece las inversiones a realizar. Por fin el fenómeno de la globalización (2) hace que

los antiguos esquemas organizativos y administrativos queden obsoletos y sea preciso, para evitar enfrentamientos dilatorios, ir hacia nuevos planteamientos en la política de planificación, teniendo en cuenta otras prioridades sociales que pueden exigir la movilización de considerables recursos públicos hacia sectores hasta ahora considerados menos prioritarios.

Es por todo ello que en el terreno de las obras públicas, donde la exigencia de recursos financieros es siempre de un gran volumen, la mejor solución que se atisba es la de buscar nuevas fórmulas y sistemas de financiación más flexibles que los actuales, dando una mayor participación a la iniciativa privada (3). En este acelerado cambio del contexto internacional las empresas, y por ende los bancos, deben estar en condiciones de adaptarse a las consecuencias de este cambio de planteamiento y, lo que es más importante, a la competencia internacional (4). Lo cual supone una serie de consecuencias estratégicas de amplio espectro en institucio-

nes dedicadas a la financiación de grandes proyectos de infraestructuras, como es el caso específico del Banco Europeo de Inversiones (BEI).

FINANCIACIÓN DE PROYECTOS

Antes de proseguir, conviene sin embargo clarificar el significado de la financiación de proyectos para la construcción y/o explotación de infraestructuras, un concepto a menudo mal utilizado tanto en los medios de comunicación como en los círculos profesionales. De acuerdo con Turró (5), la financiación se refiere generalmente al origen de los fondos necesarios para construir y explotar la obra. Con mucha frecuencia el público recibe información confusa y es común leer en la prensa que un mismo proyecto es "financiado" por la administración local, el gobierno estatal, algún fondo comunitario europeo y, al mismo tiempo, por algún banco público o privado. Ello es debido a que los flujos de capital son normalmente fáciles de identificar pero financiar un proyecto es algo mucho más complejo que simplemente intentar identificar el origen de los fondos y la personalidad del responsable de proveerlos. Por lo tanto es preciso, a partir de ahora, considerar la financiación en un sentido más amplio y tener en cuenta a todos los actores implicados en los flujos monetarios relacionados con la construcción y la operación del proyecto. Deben tenerse en cuenta todas las fuentes de recursos directamente utilizados para la construcción (recursos propios, subsidios, préstamos bancarios, etc.), los ingresos generados a lo largo de toda la vida del proyecto (peajes, tasas, etc.) y lógicamente los contribuyentes indirectos a tales fondos (el ciudadano en general a través de aportaciones públicas).

Es evidente que hay muchas interrelaciones entre estos actores, pero la clave del asunto estriba en identificar el papel de cada uno y la forma en que participa tanto de los riesgos como de los beneficios ligados al proyecto. En buena lógica este análisis, tanto cualitativo como cuantitativo, forma parte del estudio que los bancos deben realizar al considerar la financiación de todo proyecto y, en consecuencia, exige unos recursos humanos y técnicos relativamente cuantiosos, especializados además en muy diversas materias. Por este motivo la creación de equipos multidisciplinarios con una clara visión estratégica capaces de realizar tal labor se hace necesaria, si bien no es fácil de conseguir.

EL PAPEL DE LOS BANCOS

Como es conocido, el núcleo de la actividad bancaria consiste en la captación de recursos que financien inversiones crediticias. Ahora bien, dichas inversiones (operaciones de préstamo) deben obedecer a determinados criterios de fiabilidad y estabilidad, que suelen resumirse en el denominado "decálogo bancario en materia de préstamos", de en-

tre cuyos mandatos cabe destacar (6): [i] prestar es tanto un arte como una ciencia, que requiere tanto de rigor como de flexibilidad, [v] no siempre la información del solicitante es veraz y completa y frecuentemente está impregnada de un natural optimismo, [ix] ser conservadores y diversificar los riesgos y [x] ser profesionales, comprobar la seguridad de la operación y cumplimentar la documentación adecuada.

No obstante, la banca es un área sometida a constantes cambios debido a la necesaria búsqueda permanente de nuevos y mejores servicios para responder al aumento de la competencia. Además, la propia dinámica del sector financiero, sometido a los dictados de los mercados de capitales y a la política monetaria, exige gran capacidad de reacción. Es por ello que, dentro del contexto competitivo mun-

dial, la banca moderna debe ser capaz de responder con prontitud a las demandas del mercado y, en consecuencia, estar preparada para asumir cada vez mayores niveles de riesgo en la financiación de proyectos. Lo cual hace que, desde el punto de vista técnico, su análisis tenga dos vertientes complementarias: [i] el posible carácter novedoso y/o complejo del proyecto (el único que se considera en este artículo) y [ii] los requerimientos específicos a que la estructuración de la operación financiera pueda dar lugar.

De este modo el papel de los bancos, en especial los de inversiones, tiene también dos vertientes complementarias y cada vez más interrelacionadas: [i] la estructuración y la coordinación general de la operación financiera y [ii] el asesoramiento técnico tanto al promotor del proyecto como al ejecutor del mismo (que suele ser el prestatario final) para que

TABLA 1

Actor	Riesgos en general	Riesgos durante la fase de construcción	Riesgos durante la fase de explotación
Administración (estado, autonomías)	<ul style="list-style-type: none"> político oposición al proyecto fuerza mayor 	<ul style="list-style-type: none"> condiciones de la concesión modificaciones legislativas (fiscales, medio-ambientales) 	<ul style="list-style-type: none"> no devolución de préstamos participativos (si los hay) rescate (fallo de la concesión)
Accionistas	<ul style="list-style-type: none"> comercial* construcción* 	<ul style="list-style-type: none"> capital costes de inversión bancarrota 	<ul style="list-style-type: none"> demanda → resultados operativos implicaciones fiscales
Bancos	<ul style="list-style-type: none"> financiero construcción* comercial* 	<ul style="list-style-type: none"> deuda refinanciación bancarrota 	<ul style="list-style-type: none"> impago de la deuda
Operador	<ul style="list-style-type: none"> ejecución explotación costes adicionales técnico trabas diversas (ONGs, expropiaciones) 	<ul style="list-style-type: none"> terminación fallida retrasos costes de operación y mantenimiento obsolescencia tecnológica 	<ul style="list-style-type: none"> experiencia suficiente sanciones o sustitución
Garantizadores	<ul style="list-style-type: none"> político comercial 	<ul style="list-style-type: none"> ejecución fallida 	<ul style="list-style-type: none"> ingresos por debajo de las previsiones
Compañías aseguradoras	<ul style="list-style-type: none"> político fuerza mayor pérdidas operativas responsabilidad civil accidentes 	<ul style="list-style-type: none"> cobertura de los posibles retrasos en la construcción (otros riesgos deben ser asegurados por el constructor/suministrador) 	<ul style="list-style-type: none"> lucro cesante (otros riesgos deben ser asegurados por el responsable de la operación / conservación)
Constructor, suministrador	<ul style="list-style-type: none"> construcción técnico tecnológico 	<ul style="list-style-type: none"> fecha de entrega precio cerrado llave en mano 	<ul style="list-style-type: none"> garantía de obra defectos latentes
Clientes	<ul style="list-style-type: none"> oferta de servicios precios / tarifas 	<ul style="list-style-type: none"> demora en la prestación de servicios molestias / perjuicios 	<ul style="list-style-type: none"> mala calidad de los servicios

* en grado residual

TABLA 2

Matriz (parcial) de riesgos durante la fase de construcción	Impactos sobre el plan de obra						Impactos sobre los costes					
	Tramo-1		Tramo-2		Tramo-3		Tramo-1		Tramo-2		Tramo-3	
	Efecto	Prob.	Efecto	Prob.	Efecto	Prob.	Efecto	Prob.	Efecto	Prob.	Efecto	Prob.
Obra civil												
Drenaje	B	N	B	N	B	N	B	R	M	P	M	P
Excavaciones	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Movimientos de tierras	M	R	M	R	A	E	A	R	A	R	M	R
Estructuras	B	E	B	E	M	P	M	R	M	R	A	E
Pavimentos	M	R	M	R	M	R	M	R	M	R	M	R
Sistemas y equipos de peaje	B	R	M	E			A	E	A	E		
Centro de control	M	E	M	E	M	E	M	E	M	E	M	E
Condicionantes externos												
Precios / mediciones	A	R	A	R	A	R	B	R	B	R	B	R
Condiciones meteorológicas	A	E	A	E	A	R	B	R	B	R	B	R
Oposición al proyecto (ONG)	M	N	M	N	M	E	B	E	B	E	M	R
Medio ambiente												
Medidas correctoras ineficaces	A	P	M	P	M	P	B	E	B	R	B	R
Polución atmosférica	B	N	B	N	B	N	B	N	B	E	B	E
Ruidos	B	R	B	E	B	E	A	E	M	E	M	E
Varios												
Problemas de diseño	B	R	B	R	B	R	M	R	M	R	M	R
Fuerza mayor	A	N	A	N	A	N	M	E	M	E	B	E
Financiación	M	N	M	N	M	N	A	N	A	N	A	N

A efectos constructivos la autopista consta de tres tramos
 Efecto : A, bajo; M, medio; B, bajo; N, despreciable
 Probabilidad : P, muy probable; E, esperable; R, razonablemente probable; N, despreciable

la operación sea realizable en la práctica (es decir, financiable). Lo que exige a su vez llevar a cabo un detallado análisis de los riesgos asociados a las distintas fases del proyecto que, en definitiva, se pueden resumir en dos: la de construcción y la de explotación (que incluye la operación y la conservación).

ANÁLISIS DE RIESGOS

En la práctica el análisis de riesgos consiste en la evaluación de la probabilidad de que un determinado hecho negativo (factor de riesgo, o simplemente riesgo) se produzca y, asociado a tal evento, la valoración económica del impacto potencial derivado del mismo

De acuerdo con Vose (7) "riesgo e incertidumbre son componentes básicos de mayoría de los problemas que tienen tanto los gobiernos como las empresas y, por lo tanto, deben de ser comprendidos para poder tomar decisiones racionales". Pese a que se trata de conceptos de naturaleza cualitativamente imprecisa y muy difícil predicción cuantitativa, su identificación y evaluación forman actualmente parte sustantiva del análisis riguroso de proyectos para su financiación.

En la práctica el análisis de riesgos consiste en la evaluación de la

probabilidad de que un determinado hecho negativo (factor de riesgo, o simplemente riesgo) se produzca y, asociado a tal evento, la valoración económica del impacto potencial derivado del mismo. De modo que un análisis de riesgos, desde el punto de vista técnico, tiene tres fases bien diferenciadas (8): [i] la identificación de cuantos factores de riesgo puedan afectar al proyecto, lo que se conoce comúnmente como construcción de la tabla de riesgos, en la que se asocia cada riesgo con quién lo asume (es decir, quién debe afrontar las consecuencias económicas de que se produzca), [ii] la estimación de la probabilidad de que un determinado riesgo se produzca y, en este caso, la valoración del coste asociado al mismo y [iii] el cálculo, basado normalmente en modelos de simulación aleatoria, de la distribución de probabilidades de las variables financieras que se consideren esenciales en cada fase del proyecto.

Siguiendo un enfoque clásico de "project finance" los principales actores en la operación y los riesgos que suelen serles asociados a lo largo de la vida del proyecto (9) son los que se reflejan en la Tabla 1.

Cabe resaltar que el hecho de que un proyecto sea financiado privadamente no significa que la Administración esté exenta de tener que asumir algunos de los riesgos anteriores. Es más, la realización de una infraestructura está en la mayoría de los casos condicionada a que exista un marco normati-

TABLA 3

Cambios en presupuesto			Incremento en la duración			Cambios en finaliza			Incremento de costes		
Presupuesto	variat.	%	Presupuesto	durac.	%	Presupuesto	FN	%	Presupuesto	CI	prob.
Proyecto	0,0	0%	Proyecto	0,0	0%	Proyecto	0,0	0%	Proyecto	0,0	0%
Etapa 1	0,0	0%	Etapa 1	0,0	0%	Etapa 1	0,0	0%	Etapa 1	0,0	0%
Tramo 2	1,0	20%	Tramo 2	0,0	0%	Tramo 2	1,0	20%	Tramo 2	1,0	20%
Etapa 2	-1,0	-20%	Etapa 2	0,0	0%	Etapa 2	-1,0	-20%	Etapa 2	-1,0	-20%
Etapa 1			Etapa 2			Etapa 3			Etapa 4		
Inicio, Tiempo	+		Inicio, Tiempo	10,0	7,0	Inicio, Tiempo	+		Inicio, Tiempo	+	10%
Fin, tiempo	-		Fin, tiempo	7,0	5,0	Fin, tiempo	-		Fin, tiempo	-	5%
Fin, cost.	+		Fin, cost.	1,0	0,5	Fin, cost.	+		Fin, cost.	+	10%
Costos	+		Costos	10,0	4,0	Costos	+		Costos	+	20%
Costos de obra	+		Costos de obra	6,0	-	Costos de obra	+		Costos de obra	+	10%
Costos de gestión	+		Costos de gestión	4,0	1,0	Costos de gestión	+		Costos de gestión	+	10%
Costos de materiales	+		Costos de materiales	2,0	-	Costos de materiales	+		Costos de materiales	+	10%
Costos de mano de obra	+		Costos de mano de obra	0,0	1,0	Costos de mano de obra	+		Costos de mano de obra	+	10%
Costos de otros	+		Costos de otros	10,0	-	Costos de otros	+		Costos de otros	+	20%
Etapa 2			Etapa 3			Etapa 4			Etapa 5		
Inicio, Tiempo	+		Inicio, Tiempo	10,0	10,0	Inicio, Tiempo	+		Inicio, Tiempo	+	10%
Fin, tiempo	-		Fin, tiempo	10,0	10,0	Fin, tiempo	-		Fin, tiempo	-	10%
Fin, cost.	+		Fin, cost.	1,0	0,0	Fin, cost.	+		Fin, cost.	+	10%
Costos	+		Costos	10,0	4,0	Costos	+		Costos	+	20%
Costos de obra	+		Costos de obra	6,0	-	Costos de obra	+		Costos de obra	+	10%
Costos de gestión	+		Costos de gestión	4,0	1,0	Costos de gestión	+		Costos de gestión	+	10%
Costos de materiales	+		Costos de materiales	2,0	-	Costos de materiales	+		Costos de materiales	+	10%
Costos de mano de obra	+		Costos de mano de obra	0,0	1,0	Costos de mano de obra	+		Costos de mano de obra	+	10%
Costos de otros	+		Costos de otros	10,0	-	Costos de otros	+		Costos de otros	+	20%
Etapa 3			Etapa 4			Etapa 5			Etapa 6		
Inicio, Tiempo	+		Inicio, Tiempo	10,0	0,0	Inicio, Tiempo	+		Inicio, Tiempo	+	10%
Fin, tiempo	-		Fin, tiempo	10,0	0,0	Fin, tiempo	-		Fin, tiempo	-	10%
Fin, cost.	+		Fin, cost.	1,0	0,0	Fin, cost.	+		Fin, cost.	+	10%
Costos	+		Costos	10,0	0,0	Costos	+		Costos	+	10%
Costos de obra	+		Costos de obra	6,0	-	Costos de obra	+		Costos de obra	+	10%
Costos de gestión	+		Costos de gestión	4,0	-	Costos de gestión	+		Costos de gestión	+	10%
Costos de materiales	+		Costos de materiales	2,0	-	Costos de materiales	+		Costos de materiales	+	10%
Costos de mano de obra	+		Costos de mano de obra	0,0	1,0	Costos de mano de obra	+		Costos de mano de obra	+	10%
Costos de otros	+		Costos de otros	10,0	-	Costos de otros	+		Costos de otros	+	20%

vo y contractual que aclarare la responsabilidad de cada actor ante cualquier eventualidad (10).

EL RIESGO DE CONSTRUCCIÓN

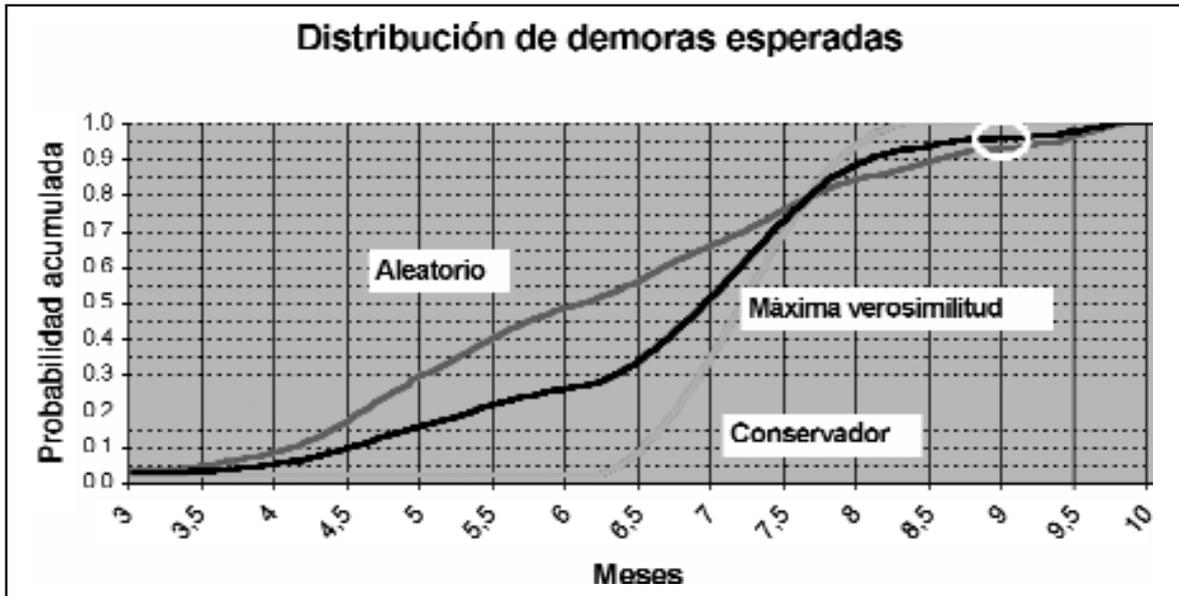
Dentro de la vida esperada de una infraestructura, la fase de construcción suele ser relativamente corta y sin embargo es la que requiere la mayor parte de los recursos financieros. De modo que un error cometido durante la misma, tanto si es en su planificación como en su coste, puede tener consecuencias catastróficas desde el punto de vista financiero. No hay que olvidar que el perfil de la deuda acumulada alcanza siempre su máximo al inicio de la explotación y no decrece hasta que los ingresos operativos no superen la suma de los gastos más los intereses de la deuda. Por lo tanto, la fecha de puesta en explotación representa un punto crítico del montaje financiero. Así pues el análisis de riesgos asociados a la construcción se considera actualmente como un elemento fundamental para los bancos y, en consecuencia, el desarrollo de nuevos instrumentos que faciliten tal labor, dada su escasez, es una necesidad perentoria.

La metodología que se expone a continuación ha sido desarrollada por el autor adaptándose a las necesidades del BEI, si bien los conceptos en los que se apoya son generales y, por lo tanto, sus enseñanzas pueden extrapolarse sin difi-

cultad a otras entidades, financieras o no, interesadas en este tipo de análisis. A partir de este punto se utilizará, a modo de ejemplo genérico, el correspondiente al análisis de riesgos de un proyecto para la construcción de una autopista de peaje bajo régimen de concesión, por lo que durante la fase de construcción (la única que se analiza en este artículo) se consideran como variables financieras esenciales las desviaciones tanto en el plazo de la obra como en su coste.

Los datos de partida son: [i] el plan de la obra, habitualmente en forma de diagrama de precedencias, en el que se identifican las actividades principales que lo constituyen y sus interrelaciones, [ii] la matriz de riesgos, con una valoración cualitativa de la probabilidad de ocurrencia de cada uno de ellos y su impacto potencial en tiempo y coste, [iii] el coste previsto para cada una de tales actividades y la función que permite calcular los costes adicionales que la demora en una actividad puede generar (normalmente la mano de obra es el componente más significativo) y [iv] las relaciones existentes entre la matriz de riesgos, muchas veces intangibles o de difícil cuantificación, y los otros dos elementos aquí descritos. Esta es la parte más complicada del proceso, debido a que tanto la experiencia como el buen criterio del analista juegan un papel fundamental en la determinación de estas relaciones, lo que hace que la transferencia de "conocimientos" entre modelos sea complicada en extremo. A continuación se pre-

Gráfico 1.



senta una parte de la matriz de riesgos (Tabla 2) del ejemplo mencionado.

MODELO DE SIMULACIÓN

Como ya se apuntó, la conversión de estos datos cualitativos en parámetros cuantitativos para su introducción en

un modelo de simulación es el paso más delicado del proceso. No es objeto de este artículo, dada su necesaria brevedad, entrar en los detalles que requiere tal proceso; sin embargo, a modo de ejemplo, se muestra en la Tabla-3 un conjunto de parámetros utilizados para la generación de uno de los posibles escenarios utilizados en la simulación. Cabe enfatizar que la elaboración de la matriz de riesgos

Gráfico 2.

Pruebas	Meses	Origen de construcción, de acuerdo con el plan de obra del contratista	Possibles demoras sobre el plan inicial
Expropiaciones	4,0	■	
Diseño y licitación	4,2	■	
Arqueología	4,2	■	
Tramo 1			
Max. Tiempos	25,0	■	■
Demora	26,0	■	■
Tiempo	22,1	■	■
Expropiaciones	25,0	■	■
Señalización	12,5	■	■
Ord. Financiera	14,0	■	■
Peaje	10,4	■	■
Ómnibus	8,0	■	■
Repeticiones	16,0	■	■
Diseño	18,4	■	■
Áreas	6,0	■	■
Tramo 2			
Max. Tiempos	25,5	■	■
Demora	24,0	■	■
Tiempo	21,6	■	■
Expropiaciones	22,0	■	■
Señalización	14,7	■	■
Ord. Financiera	11,5	■	■
Peaje	12,4	■	■
Ómnibus	8,3	■	■
Repeticiones	14,5	■	■
Diseño	14,2	■	■
Áreas	6,9	■	■

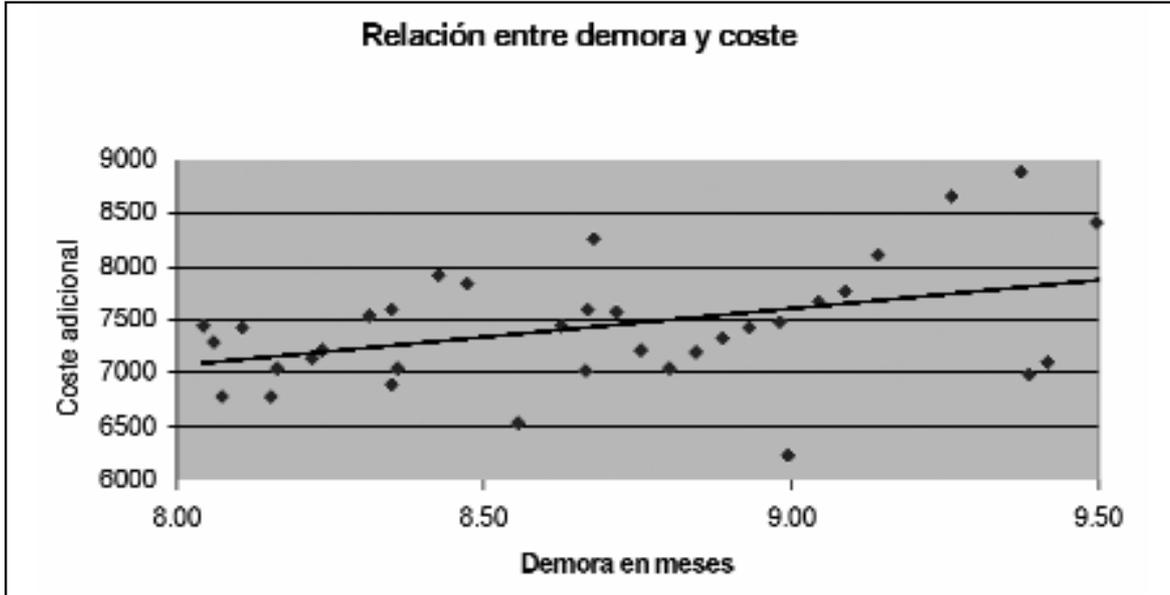


Gráfico 3.

no debe entenderse como un mero ejercicio para la identificación de los elementos potencialmente más peligrosos del proyecto sino, lo que es mucho más importante, para que el analista reflexione con detenimiento y rigor acerca de cada uno de ellos y decida la forma en que sus efectos se pueden cuantificar a través de variaciones en el plan de obra y en los costes de cada una de las actividades que lo integran; es decir, sea capaz de construir la tabla de parámetros que aparecen en la Tabla 3. Puede observarse en esta tabla cómo las actividades cuyos parámetros alcanzan valores más altos son las que, en buena lógica, se corresponden mejor con los factores identificados como más relevantes en la matriz de riesgos (por ejemplo, unas condiciones meteorológicas adversas tienen repercusión en los movimientos de tierras, o una dificultad en el suministro de hormigón puede influir en la terminación de las estructuras y esto, a su vez, en el extendido de pavimentos).

El motor de cálculo del modelo consiste fundamentalmente en una serie de ajustes, basados en los parámetros anteriores, que se llevan a cabo para cada una de las tres características esenciales de cada actividad: fecha de inicio, duración y fecha de terminación; teniendo lógicamente en cuenta las posibles interrelaciones entre las distintas actividades (es decir, las precedencias). Para ello se utiliza un proceso de simulación de Monte Carlo, introduciendo una variación estocástica en los parámetros de acuerdo con las funciones de probabilidad cuyas características se definen en el cuadrante inferior derecho de la Tabla 3.

En general, a fin de interpretar más fácilmente los resultados y controlar mejor el proceso de simulación, se recomienda trabajar al menos con dos escenarios distintos: uno

relativamente conservador con parámetros de variabilidad limitada y otro de características aleatorias de mayor espectro; para posteriormente combinar los resultados de ambos en uno final "de máxima verosimilitud" (de nuevo la experiencia del analista juega un papel fundamental tanto en la generación de escenarios como en la obtención de los resultados definitivos).

Tabla 4		
Coste adicional debido a la demora		
	Demora	Coste
Escenario 1	8,03	7,213
Más verosímil	8,65	7,331
Escenario 2	9,51	8,066
		+
Coste adicional debido a los factores de riesgo con impacto directo sobre los costes		
Coste "puro"	Valor	5,320
		=
Coste adicional total		
Escenario 1	8,03	12,553
Más verosímil	8,65	12,651*
Escenario 2	9,51	13,386

* equivale a un 13% del coste previsto por el promotor

OBTENCIÓN DE RESULTADOS (DEMORA)

El siguiente paso consiste en el cálculo, para cada uno de los escenarios generados, de la distribución de probabilidad de la demora (la cual puede tener valores negativos, reflejando la posibilidad de que el proyecto se adelante). En el Gráfico 1 adjunto se representan las distribuciones de probabilidad acumulada obtenidas para cada uno de estos tres escenarios, distinguiéndose en color más oscuro el que se considera de mayor verosimilitud.

El escenario de máxima verosimilitud sirve para la generación del diagrama de Gantt "esperado" del proyecto, que se adjunta como Gráfico 2 (que se adopta como referencia para el posterior cálculo del riesgo financiero). En este último gráfico se aprecia una demora total esperada de 9 meses con respecto a las previsiones iniciales del promotor. Este valor es el que corresponde al nivel de un 95% de probabilidad en la demora del escenario más verosímil del Gráfico 1 y suele utilizarse a efectos de la determinación posterior del tipo de interés. La interpretación que debe darse al gráfico es que, en el caso de que se llevase a cabo la construcción de la obra un número muy elevado de veces (en la simulación se han utilizado 500 muestreos aleatorios) la demora sería igual o superior a 9 meses en un 5% de los casos.

OBTENCIÓN DE RESULTADOS (COSTE ADICIONAL)

Utilizando los resultados anteriores, así como las funciones que relacionan el posible aumento de duración de cada actividad y su coste adicional, es posible estimar el incremento de coste global que supone la demora esperada del proyecto (por ejemplo, se considera que si las obras de drenaje duran un mes más de lo previsto su coste total aumenta en un 20% del coste correspondiente a un mes). El Gráfico 3 contiene la función de correlación entre ambas variables obtenida por regresión lineal a partir de la nube de puntos generada durante el proceso de simulación.

No debe sin embargo pensarse que en este punto termina el cálculo del coste adicional, puesto que en el resultado final del mismo influye otro componente tanto o más importante que la demora. Se trata evidentemente de los factores que tienen un impacto directo sobre el coste de cada actividad (por ejemplo, un error en la estimación de los niveles sonoros producidos por el tráfico al ponerse en marcha la autopista puede causar un importante aumento en el coste de las medidas correctoras del impacto ambiental, sin que ello implique un retraso en la obra). Utilizando de nuevo un proceso de simulación aleatoria independiente del anterior es posible generar la distribución de probabilidad correspondiente al coste adicional "puro" y, a partir de ella, obtener el punto correspondiente al 95% de verosimilitud (en el ejemplo utilizado el resultado que se obtiene es 5,320). Finalmente, combinando este resultado con los anteriores, se puede elaborar la Tabla 4 que contiene la estimación del coste adicional total para cada uno de los tres escenarios estudiados para este proyecto.

Así pues se puede resumir el análisis efectuado diciendo que en un 5% los casos cabe esperar que la construcción de esta autopista tenga una demora igual o superior a 9 meses y un coste adicional total igual o superior a un 13% del coste inicial (que son valores razonablemente aceptables para este tipo de obras).

CONCLUSIÓN

La utilización de los resultados producidos por el modelo descrito como datos de entrada en modelos estrictamente financieros es objeto de otro tipo de análisis fuera del alcance de este artículo, pero es evidente que una mínima comprensión de los mecanismos que gobiernan a ambos tipos de modelos es fundamental para optimizar el análisis de riesgo en proyectos complejos. Cabe esperar que las entidades bancarias dedicadas a la financiación de proyectos de infraestructuras vayan progresivamente incorporando herramientas como la presentada aquí en sus procesos de evaluación de operaciones. ■

BIBLIOGRAFÍA

- 1. Revista de Obras Públicas 1853 (edición facsimilar). Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Colección de Ciencias, Humanidades e Ingeniería, nº 49. Madrid, 1994.
- 2. Emmanuel Glaser. *Le nouvel ordre international*. Hachette Littératures. Paris, 1998.
- 3. Rafael Izquierdo, editor. *Transportes. Un enfoque integral*. Servicio de Publicaciones del Colegio de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 1994.

- 4. Gómez-Acebo y Pombo, Abogados. *Teoría y práctica de las privatizaciones*. McGraw-Hill. Madrid, 1997.
- 5. Mateu Turró. *Going trans-European. Planning and financing transport networks for Europe*. Pergamon, Elsevier Science Ltd.. Oxford, 1999.
- 6. Jaume Tomás, Oriol Amat y Mercé Esteve. *Cómo analizan las Entidades Financieras a sus clientes*. Gestión 2000. Barcelona, 1999.
- 7. David Vose. *Risk Análisis. A Quantitative Guide*. John Willey & Sons, Ltd. Chichester-UK, 2000.

- 8. Yen Yee Chong & Evelyn Brown. *Managing Project Risk*. Business Risk Management for Project Leaders. Financial Times-Prentice Hall. Edimbourg, 2000.
- 9. Ignacio Pérez de Herrasti y de Goyeneche. *Project Finance. Inversión en proyectos autofinanciados*. Credit Agricole Indosuez. Ediciones 2010. Madrid, 1997.
- 10. Rafael Izquierdo. *Gestión y financiación de las infraestructuras del transporte terrestre*. Asociación Española de la Carretera. Madrid, 1997.