

**Compilación de Artículos de Investigación
de la Red Académica Internacional
Diseño y Construcción 2014.**

**Administración y Tecnología para
Arquitectura, Diseño e Ingeniería.**

Administración y Tecnología de la Construcción

**Compilación de Artículos de Investigación
de la Red Académica Internacional
Diseño y Construcción 2014.**

**Administración y Tecnología para
Arquitectura, Diseño e Ingeniería.**

Administración de riesgos en obras de infraestructura

**Mtro. Luis Antonio Rocha Chiu
Dr. Víctor Jiménez Argüelles
Mtro. Oscar Monter Espinosa
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA**

Administración de riesgos en obras de infraestructura

Mtro. Luis Antonio Rocha Chiu

rcla@correo.azc.uam.mx

Dr. Víctor Jiménez Argüelles

jjav68@yahoo.com.mx

Mtro. Oscar Monter Espinosa

oscar_monter@hotmail.com

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

ABSTRACT

The country's infrastructure consists of fixed public capital that allows a broad exchange of goods and services. When managed properly, infrastructure strengthens economic activity, generating jobs, encourages public and private investment, increases the population life's quality, and improves productivity and competitiveness. To overcome the shortcomings of public services and infrastructure and promote competitiveness ratings, in recent years the Mexican Government has devoted increasingly higher investments to develop the national infrastructure.

On the other hand, successfully completing the infrastructure works, especially those of greater importance in terms of investment and size, requires proper coordination between the agencies involved and a careful development of the planning, design and construction stages. National and international experience in large infrastructure projects shows the frequent presence of cost overruns and delays in construction, deficiencies in the quality and faults in the operation. Such problems can be prevented through different strategies, one of them is risk management.

This paper highlights the tools used in risk management in large infrastructure projects to mitigate, reduce or eliminate the presence of adverse outcomes in projects. Also, presents the evolution of Mexico competitiveness's level, infrastructure's investments in the past years, the most representative works and the results obtained.

KEYWORDS

Competitiveness, infrastructure, management, risks, public works

RESUMEN

La infraestructura de un país está constituida por todo el capital público fijo que permite un amplio intercambio de bienes y servicios. Cuando se gestiona de manera correcta, la infraestructura fortalece la actividad económica, genera empleos, fomenta la inversión pública y privada, incrementa la calidad de vida de la población y mejora la productividad y la competitividad. Para superar los rezagos en materia de infraestructura y servicios públicos y ascender en los índices de competitividad, en los últimos años el gobierno mexicano ha dedicado inversiones cada vez más altas para desarrollar la infraestructura nacional.

Por otra parte, para culminar de manera exitosa las obras de infraestructura, especialmente las de mayor importancia en términos de inversión y tamaño, se requiere una adecuada coordinación entre las entidades involucradas y un desarrollo cuidadoso de las etapas de planeación, diseño y construcción. La experiencia nacional e internacional en grandes proyectos de infraestructura muestra la presencia frecuente de sobrecostos y atrasos en la construcción, deficiencias en la calidad y fallas en la operación. Este tipo de problemas pueden prevenirse mediante diferentes tipos de estrategias, una de ellas es la administración de riesgos.

En este trabajo se destacan las herramientas que utiliza la gestión de riesgos en grandes obras de infraestructura para mitigar, disminuir o eliminar la presencia de resultados adversos en los proyectos. Como antecedente se presenta la evolución del nivel de competitividad de México, las inversiones realizadas en infraestructura en los últimos años, las obras más representativas y los resultados obtenidos.

PALABRAS CLAVE

Infraestructura, grandes obras, administración, riesgos, competitividad

INTRODUCCIÓN

El concepto de infraestructura es un término difícil de delimitar teóricamente que engloba los activos que sirven de soporte para los servicios considerados como esenciales para el desarrollo de una nación. En particular, la infraestructura pública de un país está constituida por todo el capital público fijo que permite un amplio intercambio de bienes y servicios. Se considera que la creación de infraestructura es básica en el proceso de desarrollo económico, pues en ausencia de ésta se limitan seriamente los incrementos en la productividad.

Actualmente muchos países enfrentan un déficit de infraestructura que afecta directamente la competitividad de sus economías, la productividad y el bienestar social de su población. Al respecto México no es la excepción, ya que muestra un rezago de infraestructura y servicios públicos que se manifiesta en el estancamiento de la competitividad del país en la última década; para solucionar esta situación las tres últimas administraciones federales han instrumentado planes de infraestructura, en los cuales se han canalizado inversiones públicas importantes, cuyo monto representa porcentajes crecientes con respecto al Producto Interno Bruto (PIB).

La inversión pública destinada a infraestructura está constituida por obras de diferente importancia y tamaño en los sectores de la energía, comunicaciones y transportes, agua y saneamiento y protección al ambiente. Los resultados de estas obras respecto a su calidad, costos de construcción y tiempos de ejecución son variados, muchos proyectos se han ejecutado dentro de los plazos, presupuestos y especificaciones previamente estipuladas; sin embargo, existen evidencias de obras donde se han presentado desviaciones importantes en tiempo, costo y calidad, particularmente obras grandes en términos de complejidad, tamaño e inversión.

Muchas de estas desviaciones pueden ser evitadas o eliminadas mediante una evaluación integral en las etapas iniciales del ciclo de vida del proyecto, un enfoque por medio de la administración de riesgos ayuda a identificar, analizar, evaluar y formular estrategias de respuesta ante los peligros que enfrentan los proyectos en su desarrollo. En este artículo se exponen las técnicas de la gestión de riesgos aplicables principalmente a grandes obras de infraestructura, exponiendo cada una de las fases de esta metodología y su aplicación a obras realizadas y en proceso de ejecución.

INFRAESTRUCTURA Y COMPETITIVIDAD EN MÉXICO

Muchos bienes de capital que integran la infraestructura son bienes públicos más o menos puros, como las carreteras, puentes y otras obras, en tanto que muchos otros pueden ser públicos o privados, como las escuelas y hospitales. Al respecto, es conveniente comentar que en el mundo se distinguen dos tipos principales de infraestructura: económica y social (World Bank, 1994). La infraestructura económica es el conjunto de estructuras de ingeniería de larga vida, equipos e instalaciones, así como los servicios que proporcionan, y que se utilizan para la producción o directamente para el consumo, como: la electricidad, los oleoductos, las telecomunicaciones, el agua, la red de alcantarillado e instalaciones para el tratamiento de las aguas residuales y los residuos sólidos, las carreteras, las presas y canales para riego, la red ferroviaria, el transporte urbano, los puertos y los aeropuertos. En infraestructuras sociales se incluye la salud y la educación, cuyas instalaciones están constituidas principalmente por edificios como: hospitales, clínicas, escuelas e institutos de investigación.

La descripción anterior pone en evidencia la complejidad y la heterogeneidad de las actividades que se integran en la definición de infraestructura. Desde un punto de vista técnico, las diferencias existentes entre estas actividades las sitúan en campos de especialización diferentes, lo que hace que no parezca que tengan elementos comunes para su análisis conjunto. Sin embargo, casi todas comparten algunas características como: altos costos de inversión y de operación, larga vida útil, posibilidad de obtener economías de escala, irreversibles en cuanto a su utilización y demanda incierta.

El efecto de las instalaciones públicas en la producción ha recibido gran atención desde que se demostró que la inversión en infraestructura pública tuvo un efecto significativo en el crecimiento económico de algunos países desarrollados, como Estados Unidos (Aschauer, 1989). En el caso de México, un estudio (Noriega et al, 2007) basado en un modelo teórico en el que la inversión en infraestructura complementa la inversión privada, analiza el efecto a largo plazo de la infraestructura pública en la producción, así como el carácter óptimo de los niveles de infraestructura alcanzados. La investigación utiliza datos anuales desde 1950 hasta 2003 del producto interno bruto (PIB) per cápita real y algunas variables de la infraestructura pública, que incluyen medidas per cápita de los kilovatios de electricidad, los kilómetros de carreteras y el número de líneas telefónicas. Con derivadas de largo plazo se determinan efectos positivos y significativos de la inversión en electricidad, teléfonos y carreteras en la producción real.

Básicamente, estos estudios respaldan la opinión de que la construcción de infraestructura por sí sola origina beneficios inmediatos, como: empleo y crecimiento, y a largo plazo: aumento de la competitividad y disminución de la desigualdad. En este sentido, puede afirmarse que los niveles de competitividad están estrechamente relacionados con el desarrollo de la infraestructura de los países.

Debido a esta situación el gobierno mexicano ha tomado en los últimos años como uno de sus ejes de política económica la provisión de infraestructura para resolver los problemas básicos de servicios públicos y, al mismo tiempo, ascender en las mediciones internacionales de competitividad. De esta manera, el gobierno ha tratado de destinar cada vez más presupuesto al desarrollo de la infraestructura nacional, por ejemplo en el sexenio 2001-2006 la inversión pública en infraestructura fue de 2 billones 827 mil millones de pesos y en el siguiente sexenio a través del Programa Nacional de Infraestructura 2007-2012 (PNI) el gasto público realizado fue de 4 billones 73 mil millones de pesos.

En este contexto, los datos históricos revelan que la inversión pública en infraestructura ha crecido en los últimos doce años al 5.3% en forma anual, al pasar de 399,508 millones de pesos en 2001 a 746,761 millones de pesos en 2013, lo que significa un incremento compuesto del 85%; mientras que la proporción de la inversión con respecto al PIB pasó de 3.1% a 4.6% en el mismo período (Tabla 1).

A pesar de los crecientes niveles de inversión que el gobierno mexicano ha destinado al desarrollo de la infraestructura nacional, la posición de México en el listado general de competitividad del Foro

Año	Inversión en infraestructura (Millones de pesos de 2013)	% del Producto Interno Bruto
2001	399,508	3.1
2002	383,894	3.1
2003	440,859	3.5
2004	477,579	3.6
2005	509,561	3.7
2006	616,061	3.9
2007	606,692	4.1
2008	645,889	4.3
2009	669,795	4.8
2010	696,448	4.9
2011	725,688	4.8
2012	729,040	4.5
2013	746,761	4.6
2014 ^P	871,716	5.2

Tabla 1. México: Inversión pública en infraestructura 2001-2014
p = presupuestado

Fuente: 2º. Informe de Gobierno, Presidencia de la República, 2014, México

Económico Mundial (WEF-World Economic Forum) no refleja con claridad los beneficios alcanzados en este aspecto. Así, en el último informe de competitividad (World Economic Forum, 2013) México se ubicó en el lugar 55 de 148 países con una puntuación de 4.34, clasificado en la transición entre la segunda y la tercera etapas de desarrollo identificadas por el WEF. Las bajas puntuaciones en algunos de los pilares de la competitividad, como: instituciones nacionales, mercado laboral, educación y tecnología no han permitido que el país mejore su puntuación en el índice global de competitividad, cuya evolución en los últimos ocho años muestra signos de estancamiento. En tanto las puntuaciones de los indicadores relacionados con la infraestructura han mostrado una evolución positiva en los últimos seis años, de 2008 a 2013, destacando el índice de infraestructura, calidad de la infraestructura y calidad de las carreteras, pero este aumento ha sido insuficiente para incidir de manera importante en el indicador global de competitividad (Tabla 2).

De tal forma que el desempeño heterogéneo en los índices de los distintos pilares de la competitividad de México no ha permitido mejorar las posiciones en el listado de competitividad del WEF con

Año	Índice global de competitividad	Índice de infraestructura	Calidad de la infraestructura	Calidad de las carreteras
2006	4.23 3	.55	3.56 3	.77
2007	4.26 3	.55	3.45 3	.61
2008	4.23 3	.51	3.34 3	.54
2009	4.19 3	.69	3.77 3	.97
2010	4.19 3	.74	3.90 4	.05
2011	4.29 3	.98	4.19 4	.28
2012	4.36 4	.03	4.41 4	.50
2013	4.34 4	.14	4.41 4	.56

Tabla 2. México: Índices de competitividad global y de infraestructura 2006-2013

Fuente: The Global Competitiveness Report 2013-2014, WEF, 2013, Geneva, Switzerland.

respecto a otros países. En la Figura 1 se observa un retroceso en la competitividad global del país al pasar de la posición 52 en el año 2006 al lugar 66 en el año 2010, mejorando su ubicación en los dos siguientes años y estabilizando su posición a la fecha; las posiciones del país con respecto a los indicadores de infraestructura y de calidad de la infraestructura presentan un comportamiento similar al índice global de competitividad, en tanto que la posición del país relacionada con el indicador de calidad de las carreteras muestra un comportamiento sensiblemente más favorable. No obstante, las posiciones de México en estos indicadores en 2013 son inferiores a las que se tenían en 2006.

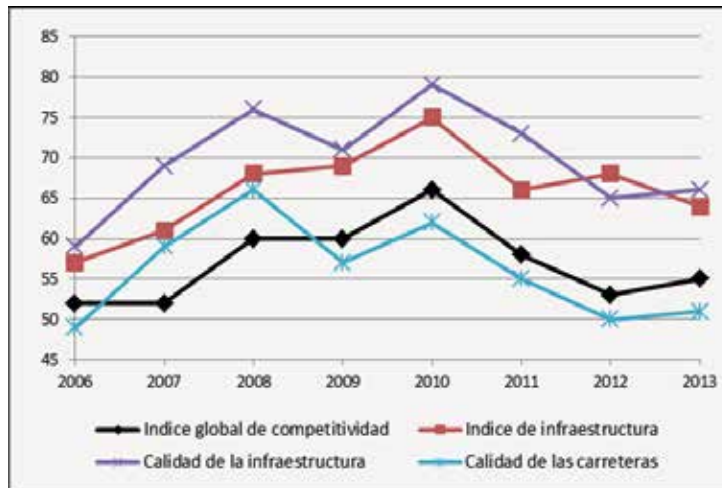


Figura 1. México: Evolución de las posiciones de competitividad de 2006-2013

Aunque el esfuerzo realizado por el gobierno mexicano en materia de inversiones ha sido valioso, destaca el hecho de que los recursos públicos asignados son todavía insuficientes para contrarrestar el déficit de infraestructuras y para mejorar la competitividad del país en el plano internacional. Simplemente, la diferencia entre la necesidad promedio anual y los fondos públicos disponibles sigue siendo significativa para satisfacer la demanda del país en infraestructura.

Ante este panorama, el gobierno mexicano busca incentivar las inversiones por parte del sector privado y asegurar que se destinen más recursos para el desarrollo de nuevos proyectos que, de otra forma, tendrían que esperar para ser llevados a la realidad. De tal suerte que los esquemas de colaboración entre los sectores público y privado y los cambios legislativos que el gobierno mexicano ha promovido para desarrollar estas alternativas de financiamiento, son parte de una solución al reto que enfrenta el país para cerrar la brecha de infraestructura. Es poco probable que estas colaboraciones reemplacen por completo el financiamiento tradicional de la obra pública para el desarrollo de infraestructura, pero ofrecen diferentes beneficios a los gobiernos que están intentando resolver sus déficits de infraestructura y mejorar la eficiencia de los servicios públicos.

De esta forma, en la actualidad el gobierno mexicano mantiene la política de seguir mejorando la infraestructura nacional tanto con recursos públicos como con participación privada. Así, en el actual sexenio el programa de infraestructura contempla una inversión total de 7 billones 750 mil millones de pesos, 4 billones 884 mil millones de pesos serán recursos públicos (63.0%) y el resto inversión privada, esto es 2 billones 866 mil millones de pesos (Tabla 3).

Sector	No. de proyectos	Recursos Públicos	%	Recursos Privados	%	Inversión total	%
Comunicaciones y transportes	223	557,976	42.3	762,133	57.7	1,320,109	17.0
Energía	262	2,833,947	72.7	1,063,955	27.3	3,897,902	50.3
Hidráulico	84	370,176	88.6	47,580	11.4	417,756	5.4
Salud	8	71,738	98.5	1,062	1.5	72,800	0.9
Desarrollo agrario y urbano	4	981,201	52.7	879,539	47.3	1,860,740	24.0
Turismo	83	9,039	38.1	112,203	61.9	181,242	2.3
Totales	743	4,884,077	63.0	2,866,472	37.0	7,750,549	100.0

Tabla 3. México: Programa Nacional de Infraestructura 2014-2018
Inversión Estimada por Sector (Millones de pesos de 2014)
Fuente: Programa Nacional de Infraestructura 2014-2018, Presidencia de la República, 2014

La mayor inversión del programa es para el sector de energía por un total de 3 billones 897,902 millones de pesos (50.3% de la inversión total del programa) de los que se destinan 598,384 millones de pesos a 138 proyectos del sector eléctrico de CFE y 3 billones 299,517 millones a 124 proyectos petroleros de PEMEX. Le siguen el sector de desarrollo agrario, territorial y urbano con 24.0% del total destinados a desarrollar 4 proyectos a nivel nacional y el sector de comunicaciones y transportes con 17.0% para ejecutar 223 proyectos.

PLANEACIÓN, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE INFRAESTRUCTURA

Las obras de infraestructura deben realizarse en forma coordinada de acuerdo a reglamentos, planos y especificaciones, respetando las restricciones impuestas en el proceso constructivo, que generalmente son exclusivas para cada proyecto. A pesar de la similitud entre obras de infraestructura, existen siempre elementos distintos que hacen a cada proyecto único, tales como: el tipo de suelo del lugar, las condiciones climatológicas y la disponibilidad de recursos materiales, humanos y de maquinaria.

A menudo es difícil controlar el desarrollo de los proyectos de construcción, es tarea del equipo que controla el proyecto predecir dentro de lo posible las diferentes situaciones que se pueden encontrar, desarrollando planes y estrategias para cada caso. Dentro de estas situaciones, los retos más importantes para ejecutar la obra son el control del costo, del tiempo y de la calidad, pero no son los únicos, la complejidad, el tamaño, el monto total de la inversión y los participantes del proyecto también son aspectos que pueden influir positiva o negativamente en el resultado final.

En la actualidad la administración de los proyectos de construcción está orientada mediante un enfoque integrador que considera todos los factores que intervienen en la obra a lo largo del ciclo de vida del proyecto, desde la etapa conceptual hasta la operativa, pasando por las fases de factibilidad, diseño e ingeniería, procuración, construcción y pruebas, con el propósito de ejecutar las construcciones al menor costo posible dentro de las especificaciones de desempeño estipuladas al inicio.

Existen evidencias de que la fase de planeación y diseño influye en forma fundamental en el desarrollo de las etapas de construcción y operación, a pesar de que el costo de esta fase con frecuencia consume una parte relativamente pequeña del presupuesto total de un proyecto en comparación con las fases de construcción y de operación; sin embargo, una deficiente elaboración de la planeación, diseño e ingeniería de una obra pueden ocasionar deficiencias de la calidad importantes y sobrecostos en la fase de construcción y en la de operación a lo largo de su vida útil.

Asimismo, en el medio de la construcción es frecuente considerar solamente el costo de la obra como la parte más importante del proyecto. No obstante, existen otros costos que necesariamente el propietario tendrá que asumir para concluir el proyecto completo, como: el costo de adquisición del terreno o derecho de vía, las erogaciones para la elaboración de los estudios, la ingeniería básica y los diseños, pagos para licencias y permisos, gastos de administración de la construcción y costos financieros, además de la propia inversión en la obra.

Adicionalmente al costo de capital requerido para realizar la obra completa, el propietario debe considerar los costos de mantenimiento y operación del proyecto durante su funcionamiento normal. En conjunto, el costo de capital y los de mantenimiento y operación representan la totalidad del costo del proyecto, con los que se determina la conveniencia de elegir entre proyectos alternativos mediante la rentabilidad medida con el valor presente neto o la tasa interna de retorno de los flujos de efectivo.

Por otra parte, existen diversos participantes en el proceso de desarrollo del proyecto construcción cuyo papel hace posible el alcance de los objetivos del mismo. El propietario, ya sea privado o público, es la parte que inicia la demanda del proyecto y quien paga por su realización. La responsabilidad del dueño en el proceso varía en forma considerable; sin embargo, su principal función es la de diferenciar y establecer el alcance en el trabajo de las otras partes participantes. También, debe revisar la factibilidad del proyecto conforme a presupuestos aproximados y detallados de la obra, así como vigilar permanentemente el desarrollo general y el avance financiero.

Los diseñadores y proyectistas son los responsables del desarrollo adecuado de los planos y especificaciones de acuerdo con los códigos de diseño y establecen un vínculo entre el deseo del propietario y su realización como proyecto. El constructor es el encargado de manejar los recursos necesarios para ejecutar la obra de acuerdo al presupuesto y cumplir la calidad requerida en las especificaciones desde un principio.

El éxito de cualquier proyecto depende de la correcta coordinación y control del conjunto por medio de equipos interdisciplinarios de ingenieros y arquitectos que pueden conformarse a través del establecimiento formal de la gerencia de proyecto o gestión integrada del proyecto.

En este contexto, la dirección integrada del proyecto debe utilizar el mayor número de herramientas administrativas para alcanzar el éxito del proyecto en términos de calidad, tiempo y costo, entre ellas pueden estar: estructuras organizativas específicas, modelos de información de construcción, control de costos y programación de obra mediante programas especializados de computadora, aplicación de técnicas de ingeniería del valor y de administración de riesgos.

La Tabla 4 presenta una guía descriptiva de diferentes elementos de administración de proyectos que es recomendable emplear para ejecutar cualquier tipo de obra, especialmente para los grandes proyectos de infraestructura.

Elemento	Descripción
Marco organizacional	Estructura organizacional del proyecto, que considere las funciones y responsabilidades de los miembros clave del equipo del proyecto.
Sistemas y tecnología	Herramientas utilizadas para apoyar las funciones de administración y control de proyectos, sistemas relevantes que abarcan a toda la empresa
Gestión de contratos	Estrategias de contratación de proveedores, diseñadores y constructores, incluyen las prácticas y procesos para su evaluación
Gestión del diseño e ingeniería	Coordinación de estudios, diseño e ingeniería del proyecto, incluye el control, seguimiento, evaluación y cambios al proyecto
Administración financiera.	Fuentes de financiamiento, elaboración de presupuestos, pronósticos de costos y monitoreo de ingresos y gastos reales del proyecto
Administración de programas	Procesos de control del programa de obra, evaluación de la productividad de los recursos del proyecto y control de desviaciones en los programas
Administración de riesgos	Identificación, clasificación, análisis y evaluación de los riesgos del proyecto, preparación de planes de control, mitigación y distribución de riesgos
Comunicación y reportes	Reportes de control, informes, actualizaciones, seguimiento de los problemas del proyecto y normas de presentación de la información

Tabla 4. Elementos de administración de proyectos

Adaptado de “Administración de riesgos y control de programas de construcción en megaproyectos”, Pricewaterhouse Coopers México, 2013.

RIESGOS EN LOS PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA

Los grandes proyectos de infraestructura son riesgosos por naturaleza, la gran cantidad de participantes, los numerosos procesos involucrados, la complejidad del tamaño y de la inversión, los problemas ambientales y de administración, son razones que dan lugar al riesgo. En ese sentido es pertinente señalar que el manejo y administración del riesgo comprende predecir y anticipar eventos que pueden causar resultados poco deseados. Riesgo es un concepto abstracto, bastante complicado de definir y en muchos casos imposible de medir con precisión. Como tal, el riesgo del negocio debe ser compartido por patrocinadores, dueños, gobiernos, constructores, proveedores de bienes y servicios, y por el sector financiero.

Las grandes obras de infraestructura pueden no tener ninguna utilidad económica o social para los inversionistas o el gobierno según sea el tipo de proyecto. Los periodos de retorno de los beneficios económicos o sociales pueden tardar muchos años, es durante el periodo de explotación que los promotores (iniciativa privada o gobierno) del proyecto detectan que los retornos no serán los esperados y, consecuentemente, se puede enfrentar la posibilidad de contraer deudas importantes con las instituciones financieras en el caso de financiamiento privado o pérdidas cuantiosas o el fracaso de los proyectos con cargo a los contribuyentes en el caso de obras públicas.

Las dificultades de los promotores y de los acreedores surgen, en la gran mayoría de los casos, por el hecho de que el conocimiento del concepto de riesgo y su administración es prácticamente nulo,

o como es común, cuando es complejo, no se administra y controla en la forma debida.

En general, los grados de riesgo difieren sustancialmente dependiendo de la naturaleza y características propias de cada proyecto. Por ejemplo, los proyectos petroleros que se ejecutan en mar abierto mediante plataformas, son técnicamente difíciles de ejecutar, y enfrentan un sinnúmero de riesgos relacionados con el medio ambiente, el clima, la profundidad de los yacimientos y la geología del lugar, entre otros. A su vez, la construcción de plantas hidroeléctricas, termoeléctricas o nucleares enfrenta altos niveles de riesgo tanto en la parte técnica como en la ambiental y social.

El riesgo se puede entender como la posibilidad de que el proyecto, sus eventos, el impacto y la dinámica de sus resultados se presenten de una manera diferente a la anticipada por las partes. En términos matemáticos se define el riesgo como “el efecto combinado de la probabilidad de ocurrencia de un evento no deseado multiplicado por la magnitud del evento”.

En esta definición entran no sólo a las pérdidas, sino también los potenciales beneficios y oportunidades que el entorno nos ofrece. Esto es, si se considera que la decisión de asumir un determinado riesgo no significa de manera alguna que la parte obligada vaya a sufrir únicamente una pérdida. La responsabilidad de soportar la carga de un determinado riesgo puede de igual manera generar un beneficio para la parte que lo asume.

En el medio de la administración de riesgos se privilegia el principio según el cual “el riesgo en un proyecto deberá ser asignado a la persona o parte que mejor pueda administrarlo”. Resulta evidente que este principio no ha sido aplicado en las grandes obras de infraestructura en forma sistemática por los promotores de los proyectos, sean entidades públicas, empresas privadas o el sector financiero, por lo que en muchos aspectos los riesgos son asignados a participantes que están suficientemente capacitados para enfrentarlos, como los constructores y diseñadores de los proyectos.

La determinación de riesgos y su repartición juegan un papel preponderante en la estructuración económica y financiera del proyecto y en la determinación del precio que se habrá de pagar al constructor de la obra. A mayor riesgo asumido por el constructor de la obra, mayor será el precio que este requerirá para su construcción. Por ejemplo, si el contrato estipula que el constructor asuma todos y cada uno de los riesgos referentes a las condiciones físicas y geológicas del sitio de la obra, sin importar si las mismas son o no determinables, el constructor establece su propuesta económica cubriendo los riesgos que le están imponiendo. Sin embargo, si no se llegara a presentar ninguna clase de condiciones adversas durante la ejecución del proyecto, el promotor estará pagando un precio por un riesgo que no se materializó.

En este contexto, un estudio muestra la evaluación de 60 grandes proyectos de infraestructura alrededor del mundo en los que se identificaron los principales riesgos a los cuales estuvieron expuestas estas obras (Rodríguez, 2007). El resultado encontró que los riesgos relacionados con los mercados y factores económicos dominaban la lista de los riesgos que amenazaban cada proyecto en un 41.7%, seguidos por los riesgos técnicos en un 37.8% y los riesgos legales y políticos en un 20.5%. Estos datos muestran que la exposición al riesgo es un factor común a la gran mayoría de proyectos de infraestructura, de allí la importancia del tema para la industria de la construcción y para los diferentes agentes que participan directa e indirectamente en la estructuración de estas obras.

Las herramientas de la administración de riesgos permiten formular estrategias de respuesta ante las situaciones críticas a que están sujetos los proyectos de construcción durante su vida útil, la metodología se compone esencialmente de cuatro fases: identificación, evaluación, respuesta y documentación. La identificación consiste en detectar todos los posibles riesgos que puedan impactar significativamente la realización del proyecto. El propósito de la evaluación es determinar las categorías de riesgos en términos de tipo, impacto y probabilidad, las categorías pueden emplearse en una simple tentativa de evaluación subjetiva o en un procedimiento más serio de evaluación del riesgo. La fase de respuesta requiere un sistema estratégico apropiado para mitigar los riesgos del proyecto asegurables y planeación específica para los riesgos no asegurables. La documentación consiste en construir una base de datos para continuar evaluando los riesgos con el proyecto en avance y para utilizarse en proyectos posteriores (Wideman, 1996).

Los riesgos se pueden identificar y describir en varios niveles, y puede haber una diferencia considerable entre proyectos y organizaciones distintas. Algunos proyectos identifican sólo un número pequeño de riesgos de alto nivel mientras que otros tienen decenas o cientos de riesgos detallados. Una descripción de riesgo generalizada puede crear dificultades para desarrollar respuestas apropiadas, mientras que el describir riesgos con todos los detalles puede generar mucho trabajo.

En este artículo se utiliza la clasificación por riesgos de proyecto y riesgos generales. Los primeros, se refieren a los factores relacionados con la gestión del proyecto, como: diseño, construcción, operación y administración; y los segundos, son factores relacionados con las condiciones políticas, sociales y económicas del país donde están ubicados los proyectos, entre las que se pueden mencionar la estabilidad política y social, la seguridad de la propiedad privada, la estructura jurídica y los indicadores económicos como el tipo de cambio, tasas de interés e inflación (Grimsey y Lewis, 2002).

APLICACIÓN DE LA ADMINISTRACIÓN DE RIESGOS EN OBRAS DE INFRAESTRUCTURA

En este apartado se presentan algunos ejemplos que ilustran la aplicación de las técnicas de administración de riesgos. En primer lugar se presenta una evaluación de riesgos que compara el programa de concesión de autopistas de peaje 1989-94 con el actual modelo de concesiones que utiliza la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) para desarrollar las carreteras de altas especificaciones del país. En el siguiente ejemplo se muestra mediante análisis de riesgos los errores más comunes que se cometieron en el proceso de diseño y construcción de la Línea 12 del metro de la ciudad de México. A continuación se describen los elementos administrativos y técnicos que hicieron posible la construcción del proyecto hidroeléctrico La Yesca desarrollado por la Comisión Federal de Electricidad. Finalmente, se hace un análisis somero de las condiciones de riesgos que deben considerarse para financiar, diseñar y construir el nuevo aeropuerto de la ciudad de México.

EL PROGRAMA DE CONCESIONES 1989-94 Y EL NUEVO MODELO DE CONCESIONES DE AUTOPISTAS DE PEAJE EN MÉXICO.

Entre 1989 y 1994 se realizó el programa de construcción de autopistas de peaje más grande de su clase en el mundo mediante concesión al sector privado empleando el modelo BOT: construir, operar y transferir (Building, operate and transfer) debido a diversos errores de instrumentación del programa dos tercios de la red concesionada tuvo que ser rescatada financieramente en 1997 por el gobierno mexicano. A partir de 2003 se implementó el nuevo modelo de concesiones para la construcción de autopistas en colaboración con el sector privado, con este esquema en los últimos diez años se han puesto en operación casi mil kilómetros y se tiene programado construir 2 mil kilómetros adicionales de autopistas de peaje en los próximos cinco años.

La complejidad, tamaño y plazos para ejecutar autopistas de peaje mediante contratos de concesión BOT está asociada a una enorme variedad de posibles riesgos que pueden afectar la recuperación de la inversión y los resultados operativos, económicos y sociales esperados. Generalmente se obtienen mejores beneficios de la provisión privada de infraestructura pública cuando los riesgos de los proyectos se distribuyen adecuadamente entre los sectores público y privado, esta tarea se dificulta debido a la complejidad técnica, jurídica, política y económica de los proyectos de infraestructura. En el programa de autopistas de peaje 1989-94 la mayoría de los riesgos fueron subestimados y asignados a entidades sin los conocimientos, recursos y capacidades para administrarlos con eficacia; mientras que el nuevo modelo de concesiones refleja la experiencia adquirida del anterior programa y de las medidas de reestructuración de los proyectos rescatados ya que los riesgos han sido administrados de mejor manera con resultados aceptables.

Identificación de riesgos. En la Tabla 5 los riesgos identificados en los dos programas de concesión se agrupan por categorías, colocando primero los riesgos de tipo general y después los riesgos relacionados con el proyecto. La evaluación cualitativa para cada uno de los factores de riesgo refleja el cambio en las condiciones imperantes en que se desarrollaron ambos programas.

Categoría/Riesgo	Programa 1989-1994	Nuevo modelo de concesiones
Político		
- Visión del programa	El tamaño excedió la capacidad institucional	Énfasis en el desarrollo adecuado de los proyectos
- Inestabilidad gubernamental	Problemas electorales en 1988	Problemas electorales en 2006
- Expropiación	Problemas en algunos proyectos	Problemas en pocos proyectos
- Oposición	Oposición de partidos políticos	Escasa oposición
Social		
- Sector privado en servicios públicos	Escasa tradición	Aceptación creciente
- Oposición al programa	Importante	Escasa
Legal		
- Cambios en la legislación	Nueva Ley de Caminos en 1993	Nueva Ley de Asociaciones en 2012
- Cambios en los impuestos	Impuestos sobre activos	Aumento de IVA en 1%
- Permisos	Incompletos y con retrasos	Aprobados antes de la construcción
Económico		
- Mercado financiero	Insuficiente y poco desarrollado	Desarrollado
- Inflación	Alta e inestable	Valores controlados a la baja
- Tasa de interés	Alta e inestable	Valores controlados a la baja
- Influencia de otros eventos	Crisis del peso mexicano 1994-1995	Crisis financiera mundial 2008-2009
- Disponibilidad financiera	Sólo de corto plazo	De largo plazo y en otras monedas
- Interés de inversionistas	Empresas constructoras	Constructoras, bancos y operadores
Natural		
- Condiciones geotécnicas	Deficiencias en estudios previos	No ha habido
- Medio ambiente	Se canceló un proyecto	Se modificó el trazo de un proyecto
Planeación		
- Selección de proyectos	Deficiente	Bien estructurada
- Diseño	Diseño incompleto y con retrasos	Se entrega durante la licitación
- Tráfico del proyecto	Garantizado por el gobierno	Estudio detallado del concesionario
- Derecho de vía	Problemas frecuentes de liberación	Liberación antes de la concesión
Construcción		
- Sobrecostos de construcción	Frecuentes	Contratos de precio fijo
- Retrasos	Frecuentes	Sólo durante la crisis financiera
Operación		
- Ingresos de operación	Menores en muchos proyectos	Menores sólo en tres proyectos
- Costos de mantenimiento	Sin problemas importantes	De acuerdo a lo presupuestado
Administración		
- Organización	Adecuada pero sin supervisión	Adecuada
- Experiencia en concesiones	Escasa en sectores público y privado	Amplia
- Distribución de riesgos	Inadecuada	Ha resultado más eficiente
- Distribución de autoridad en la participación	La empresa constructora tuvo un papel más relevante	Funciones por tipo de participante (Inversor, banco, constructor, etc.)

Tabla 5. Evaluación de riesgos en los programas de concesión de autopistas de peaje

Para el programa de concesiones 1989-94 se observan valoraciones principalmente negativas en la mayoría de los factores de riesgo relacionados con el desempeño del país; especialmente la evaluación de los riesgos de tipo económico indicaba la conveniencia de limitar el tamaño del programa, mientras que los factores de riesgo del proyecto muestran las deficiencias de planeación, diseño, construcción y administración del modelo. Aun cuando el nuevo modelo de concesiones muestra una mejor evaluación en los distintos factores de riesgo, el actual programa no ha estado exento de dificultades de instrumentación. La mayoría de ellas se presentaron durante la crisis financiera mundial cuando fue necesario suspender durante tres años los procesos de licitación y los proyectos que ya estaban asignados sufrieron retrasos en la fase de construcción.

Mitigación de riesgos en el nuevo modelo de concesiones. Como consecuencia de las características más importantes del modelo BOT relacionadas con la transferencia de los riesgos de financiamiento, construcción y operación del sector público al sector privado, en la instrumentación de los proyectos del nuevo modelo de concesiones el gobierno mexicano ha reforzado partes del proceso que en el anterior programa ocasionaron fallas significativas. De tal forma que se tiene una estructura de identificación y asignación de riesgos, así como métodos de mitigación en aspectos como: diseño, estudio de tráfico, derecho de vía, tarifas, financiamiento, tasas de interés, inflación e ingresos, entre otros (Tabla 6).

Riesgo identificado	Asignación del riesgo	Método de mitigación
Diseño	Compartido	- SCT entrega el diseño completo - Concesionario es responsable del diseño final
Estudio de tráfico	Concesionario	- SCT entrega el estudio de demanda - Concesionario asume el riesgo de tráfico
Liberación del derecho de vía	Gobierno	- SCT entrega el derecho de vía liberado antes de iniciar la construcción
Financiamiento de la construcción	Compartido	- Capital de riesgo del concesionario y créditos bancarios - Aportación inicial de recursos públicos solamente por solicitud del licitante ganador en su propuesta
Pago de los créditos bancarios	Compartido	- Riesgo del concesionario si no solicita apoyo público - Recursos públicos del gobierno solamente por solicitud del licitante ganador en su propuesta
Construcción del proyecto	Concesionario	- Contrato de plazo fijo garantizado con fianza
Retraso de obra por causas de fuerza mayor	Gobierno	- SCT paga con sus recursos en caso de fuerza mayor
Costo de construcción	Concesionario	- Contrato de precio fijo
Obra adicional fuera de proyecto	Gobierno	- SCT paga con sus recursos en caso de solicitud de obras fuera de proyecto
Costo de construcción subestimado	Gobierno	- Se descalifican las propuestas menores en 15% al presupuesto base de SCT
Tarifa	Compartido	- SCT establece la tarifa promedio máxima - La concesionaria determina tarifas por tipo de vehículo para maximizar el ingreso
Ingresos del proyecto	Concesionario	- Asume el riesgo con sus estudios de demanda
Costos de operación	Concesionario	- Fondos del concesionario y seguros
Costos de mantenimiento	Concesionario	- Fondos del concesionario y seguros
Tasas de interés	Concesionario	- Coberturas y evaluación a largo plazo
Inflación	Gobierno	- Actualización de tarifas de acuerdo con índice de precios
Otros eventos	Gobierno	- Revisión quinquenal de la concesión

Tabla 6. Riesgos y métodos de mitigación en el nuevo modelo de concesiones

LÍNEA 12 DEL METRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO.

El 8 de agosto de 2007 se presentó de manera oficial ante la población del Distrito Federal el proyecto de la Línea 12 del metro. El 21 de enero de 2008 se convocó a participar en la licitación pública internacional para realizar a través de un proyecto integral que incluye el diseño y la construcción de la obra civil y las instalaciones electromecánicas de la Línea 12 del metro, en principio 23 empre-

sas mexicanas y extranjeras se inscribieron al proceso de licitación. Sin embargo, en la entrega de propuestas solamente participaron 5 de estas empresas mediante la integración de 2 consorcios, los cuales cumplieron con los requisitos legales, administrativos, técnicos y financieros solicitados en la convocatoria y presentaron ofertas económicas para realizar el proyecto (Tabla 7).

Consorcio	Importe
Ingenieros Civiles Asociados, CARSO Infraestructura y Construcción y ALSTOM Mexicana	\$19,538,500,000.00
FCC Construcción y Peninsular Compañía Constructora	\$26,340,567,710.00

Tabla 7. Propuestas económicas en la licitación internacional de la Línea 12

Desde la presentación oficial del proyecto por parte de las autoridades del Gobierno del Distrito Federal y el Sistema de Transporte Colectivo, se realizaron diversas modificaciones al mismo, que incluyeron: ruta, cantidad y nombre de estaciones, inicio y terminación de la obra civil, y tipo solución constructiva. De esta forma, la ruta originalmente planteada sufrió diversas modificaciones debido a problemas técnicos y de expropiaciones, el proyecto inicial consideró 23 estaciones, pero 3 de estas estaciones tuvieron que ser canceladas, una por oposición vecinal y las otras dos por recomendaciones del Instituto Nacional de Antropología e Historia.

El recorrido de la Línea de oriente a poniente, desde Tláhuac hasta Mixcoac, finalmente quedó integrada por 20 estaciones y correspondencia con cuatro líneas. La demanda estimada para el primer año de operación fue de 437 mil pasajeros por día; sin embargo, en el año 2103 la afluencia total fue de 91'982,732 pasajeros que representa un promedio diario de 252 mil pasajeros, esto es 42% menos de los originalmente estimados.

El trazo de más de 24 km que originalmente se planteó como una solución de tipo subterráneo fue modificado para finalmente construir una vía de longitud total de 24.475 km con las siguientes soluciones constructivas del proyecto en sentido oriente a poniente: 2.834 km en modo superficial, 12.068 km en viaducto elevado, 2.807 km en cajón subterráneo y 6.766 km en túnel profundo.

Con respecto a los plazos de ejecución se manejaron inicialmente las fechas: 10 de junio de 2008 para inicio y 31 de diciembre de 2010 para terminación del tramo Tláhuac-Atlalilco; y 31 de diciembre de 2011 para terminación del tramo Atlalilco-Mixcoac. En la fecha de fallo del contrato se estableció un plazo de 1,277 días calendario con fecha de inicio el 3 de julio de 2008 y de terminación el 31 de diciembre de 2011. No obstante, la obra comenzó de manera oficial el 31 de octubre de 2008 y se inauguró cuatro años después el 30 de octubre de 2012, 1,460 días naturales, es decir seis meses adicionales al plazo original.

El importe del contrato original fue de 17,583.5 millones de pesos, aunque en otras fuentes se manejan cifras diferentes. El contrato principal fue adjudicado mediante licitación pública a través de un contrato a precio alzado, no forman parte de este contrato los trabajos de supervisión, certificación, obras complementarias y obras adicionales (Tabla 8).

	Costo (Millones de pesos)	
Contrato principal (Obra civil y electromecánica)	17,522.01	17,583,5
Asesoría y supervisión	1,141.50	
Obras complementarias	2,080.87	
Obras adicionales	1,059.24	
Total	21,803.62^a	^b 20,370.2^c

Tabla 8. Costo de construcción de la Línea 12 del metro
 a: La verdad de la Línea 12 del metro
 b: InfoDF, Instituto de acceso a la información pública del D.F.
 c: Indicador consultores

El monto de la contratación de los servicios de las empresas supervisoras y de certificación ascendió a 1,141.5 millones de pesos. Las obras adicionales (1,059 millones de pesos) se requieren para dejar la infraestructura pública (drenaje, líneas eléctricas, tuberías y pavimentos, entre otros) en condiciones adecuadas de funcionamiento; mientras que las obras complementarias (2,080 millones de pesos) son necesarias para mejorar el acceso a las estaciones (puentes, rampas y escaleras eléctricas) y optimizar la operación integral del proyecto (paraderos, estacionamientos y guarderías).

Para decidir la tecnología del material rodante más adecuado al proyecto de la Línea 12 del metro, el Sistema de Transporte Colectivo (STC) formó una comisión interna que dictaminó en septiembre de 2007 que las tecnologías de trenes con ruedas neumáticas y con ruedas de acero eran técnicamente solventes y con altos niveles de seguridad, fiabilidad, mantenibilidad y operatividad para el proyecto. Acorde a un análisis financiero de tecnología neumática, se concluyó que la inversión, el costo en mantenimiento, el desarrollo tecnológico y acceso a refacciones se incrementa en comparación a la tecnología de rueda de acero. Con base en lo anterior en octubre de 2009 por invitación del STC se recibieron 6 propuestas económicas de 6 empresas extranjeras fabricantes de trenes. En diciembre de ese mismo año se toma la decisión de adjudicar directamente a la empresa española CAF el contrato de Proyecto de Prestación de Servicios (PPS).

El 31 de mayo de 2010, el STC firmó el contrato de servicios con la empresa CAF por 30 trenes nuevos (integrados por 7 coches de rodadura férrea) y los servicios de mantenimiento, equipamiento, refacciones y readecuación de los talleres por mil 588 millones de dólares, esto es 18 mil millones de pesos a pagarse en un plazo de 15 años a razón de 100 millones de pesos mensuales. El pago mensual del servicio incluye el mantenimiento preventivo y correctivo de los trenes, reparación y reemplazo sin costo de los componentes y sistemas que sufran daño, deterioro, falla o problemas de cualquier naturaleza. CAF está obligada a mantener al 100% los trenes durante los 15 años del contrato, al término del plazo pasan a la propiedad del STC sin costo adicional alguno.

Sin embargo, 17 meses después de su inauguración, el 11 de marzo de 2014, el servicio de pasajeros de la Línea fue suspendido de manera indefinida en 11 de sus 20 estaciones, desde la estación terminal Tláhuac hasta la estación Atlalilco debido a una falla estructural de la vía. Desde entonces, los distintos participantes en el proyecto y las autoridades del Distrito Federal han tratado de encontrar la mejor solución al problema para que la Línea 12 funcione adecuadamente en su totalidad.

Asimismo, se han señalado algunos aspectos sobre las decisiones que se tomaron en su momento, como: la conveniencia de haber elegido trenes de ruedas neumáticas en lugar de férreas.

En este contexto, el 4 de septiembre de 2014 las empresas francesas Systra y TSO entregaron el informe final de las fallas donde se explica que errores en la planeación, diseño, construcción y operación de la Línea 12 del Metro fueron las causantes de que se suspendiera la operación. Sin embargo, el punto vital por el cual se presenta el desgaste ondulatorio en las vías es por la incompatibilidad entre la rueda metálica de los trenes y la vía férrea instalada, el informe cita textualmente... ***“El origen del problema no parece ser un defecto de los materiales (excepto el balasto), sino un problema muy delicado de compatibilidad a nivel de la interfaz riel/rueda donde se tiene un riel que responde al estándar Arema y una rueda fabricada bajo estándares europeos. Además esta interfaz riel/rueda es delicada dado que el sistema de vía férrea es por concepción el de un metro mientras tanto el material rodante tiene más características de tren suburbano. Por fin, el problema fue agravado por un sistema de lubricación embarcado en los trenes que presenta deficiencias de funcionamiento...”*** (SYSTRA, 2014).

De esta forma, aunque en el proyecto de la Línea 12 del metro se cometieron diversos errores y omisiones que en principio parecen involuntarios, la causa de que se presenten fallas en el funcionamiento del proyecto es haber separado el diseño y construcción de la infraestructura de la selección del sistema tecnológico del tren; por lo que se considera una deficiencia en el tratamiento de un riesgo de tipo técnico que es de vital importancia en la operación de sistemas de transporte ferroviarios.

PROYECTO HIDROELÉCTRICO LA YESCA

Esta presa tiene una cortina de 206 m de altura y genera 750 megawatts (MW), representa 6.27% de la capacidad instalada de las centrales hidroeléctricas y 1.87% de la capacidad eléctrica del país, tomando en cuenta que existen 188 centrales de distintas fuentes de generación. El proyecto está compuesto por dos partes principales: las obras civiles y las obras electromecánicas. Las obras civiles están subdivididas por cuatro frentes de construcción: obras de desvío, obras de contención, obras de generación y obras de excedencias; mientras que las obras electromecánicas se componen de casa de máquinas, compuertas del vertedor y compuertas en obra de toma.

La presa La Yesca forma parte del sistema hidrológico del río Santiago, el cual comprende a 27 proyectos que en conjunto representan un potencial hidroenergético de 4,300 MW, del cual se ha desarrollado alrededor del 35%. Dicho proyecto forma parte del aprovechamiento en cascada del río Santiago y se prevé que tenga una generación media anual de 1,210 gigawatts por hora (GWh); ubicándose entre la presa Santa Rosa y El Cajón, con su construcción se propicia un embalse que permitirá incrementar la generación media anual de El Cajón en 112 GWh y 82 GWh en Aguamilpa

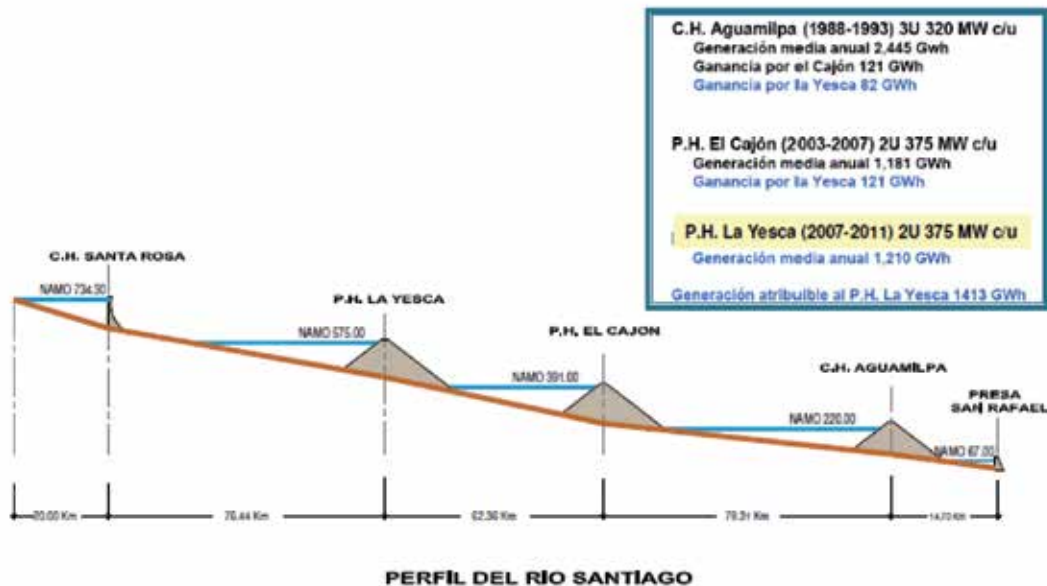


Figura 2. Proyectos en el Río Santiago

(Figura 2).

El 27 de febrero de 2007 fue emitida la licitación pública internacional por la Comisión Federal de Electricidad (CFE) para "Adjudicación de un Contrato Mixto de Obra Pública Financiada para la Construcción de las Obras Civiles y Obras Electromecánicas del Proyecto Hidroeléctrico La Yesca", las bases fueron adquiridas por 17 diferentes empresas, 5 de ellas extranjeras. El 7 de agosto se recibieron tres propuestas en las que participaron en consorcio 5 de las que adquirieron las bases de licitación, los importes aparecen en la Tabla 9:

Consorcio	Importe (Millones de dólares)		
	Precio alzado	Precios unitarios	Total
Impregilo, S.p.A. / Techint, S.A. / Prourbe del Bajío, S.A. / Proyecto la Yesca, S.A.	743'242,425.97	112'742,841.42	855'985,267.39
Ingenieros Civiles Asociados, S.A. / Promotora e Inversora Adisa, S.A. / La Peninsular S.A.	645'689,293.16	121'977,706.84	767'667,000.00
Promotora del Desarrollo de América Latina, S.A.	684'046,206.99	124'132,843.76	808'179,050.75

Tabla 9. Propuestas económicas licitación pública de La Yesca

La CFE estableció que las tres propuestas presentadas reunieron las condiciones legales, técnicas, económicas y financieras requeridas por las bases de licitación, por lo que se emitió el fallo a favor del consorcio encabezado por la empresa Ingenieros Civiles Asociados, S.A. por un importe total de 767.667 millones de dólares. Finalmente el 21 de septiembre de 2007 fue firmado el Contrato Mixto

de Obra Pública Financiada por la Comisión Federal de Electricidad y el licitante ganador del proceso de Licitación para la obra de La Yesca.

La Obra Pública Financiada (OPF) es una alternativa que emplea la CFE para desarrollar infraestructura para la generación, transmisión y transformación de energía eléctrica con financiamiento privado de largo plazo, cuyo impacto y registro presupuestario se difiere en el gasto público, sus características más importantes son: el pago al contratista se realiza cuando el proyecto esté en condiciones de generar los recursos suficientes para su amortización; la contratación se realiza por licitación pública bajo la modalidad de precio alzado o mixto; la ejecución de las obras se hace de conformidad con las especificaciones contenidas en las convocatorias y en la proposición del licitante ganador; la construcción de las instalaciones y la obtención del financiamiento, son responsabilidad exclusiva del contratista; durante la etapa de construcción el contratista no recibe pago alguno; el pago al contratista está condicionado a que la CFE otorgue el certificado de aceptación provisional y a la terminación total de las instalaciones; y, la CFE recibe los activos en propiedad, pagando al contratista el precio del contrato, haciéndose cargo la CFE de su operación, administración y usufructo. En la tabla 10 se presentan el monto original y modificado, así como las fechas más representativas del contrato de obra pública financiada para la construcción del proyecto hidroeléctrico de La Yesca (UNAM, 2012).

Concepto	Original	Final	
Importe del contrato (Dólares)		Incremento	Total
A precios unitarios	121'977,707	29'535,041	151'512,748
A precio alzado	645'689,293	-	645'689,293
Total	767'667,000		797'202,041
Período de ejecución	27 sep 07 a 11 jun 12	27 sep 07 a 22 dic 12	
Fecha de aceptación provisional 1ª. Unidad	1 ene 12	13 oct 12	
Fecha de aceptación provisional 2ª. Unidad	2 abr 12	26 nov 12	
Fecha de terminación	11 jun 12	22 dic 12	
Plazo de ejecución	1,729 días calendario	1,914 días calendario (194 días de ampliación)	

Tabla 10. Datos principales del contrato de la obra pública financiada de La Yesca

La construcción de proyectos hidroeléctricos enfrentan numerosos tipos de riesgos, los más relevantes están relacionados con los sobrecostos, el retraso en los tiempos de construcción y las características técnicas. La Yesca tuvo un incremento en costo de 24.2% en la parte del contrato a precios unitarios y de solamente 3.8% en el costo total de la obra, el retraso en tiempo fue de 194 días calendario o 10.7% con respecto al plazo original y enfrento un problema geológico de grandes dimensiones debido a la presentación de un sistema de fallas en la margen izquierda de la cortina, cuya solución general obligó el giro del eje de la cortina en 14°, la colocación de un monolito de concreto de 110 mil metros cúbicos de concreto y la construcción de 2 túneles de desvío y lumbre-

ras de cortante (Vázquez et. al., 2012).

NUEVO AEROPUERTO INTERNACIONAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO (NAICM)

El 3 de septiembre de 2014 el Gobierno Federal anunció la construcción de un nuevo aeropuerto internacional en la Ciudad de México, la primera etapa considera la construcción de tres pistas con capacidad de 50 millones de pasajeros al año, se prevé el inicio de operaciones en 2018; el proyecto final contará con seis pistas con una capacidad de transportación de 120 millones de pasajeros al año, que representa cuatro veces más de los pasajeros transportados en el actual aeropuerto.

El proyecto se ubicará en un terreno de propiedad federal de 4,430 hectáreas de superficie, se estima una inversión total de 169 mil millones de pesos, de los que 98 mil millones se canalizarán a través del presupuesto de egresos de la federación y 71 mil millones provenientes de créditos que serán pagados con los ingresos del actual y del futuro aeropuerto (Tabla 11).

Concepto	Importe (Millones de pesos)	%
Obras sociales (Hospitales, escuelas y espacios públicos)	4,700	2.8%
Obras hidráulicas (Lagunas, túneles y canales)	16,400	9.7%
Diseño, ingeniería y gestión del proyecto	20,500	12.1%
Nuevo aeropuerto (Terminal, torre de control y pistas)	127,400	75.4%
Total	169,000	100.0%

Tabla 11. Inversiones del nuevo aeropuerto de la ciudad de México

El Gobierno Federal, en coordinación con los Gobiernos del Distrito Federal y del Estado de México, ha establecido un plan integral que comprende el desarrollo urbano, ambiental, económico y social del área de influencia del nuevo aeropuerto. El nuevo aeropuerto será diseñado conforme a las nuevas tecnología de la edificación sustentable mediante el empleo de energías de fuentes renovables, tecnologías para uso eficiente del agua y sistemas de aire acondicionado de bajo consumo de energía.

En materia hidráulica, el proyecto considera diferentes tipos de obras. Se triplicará la capacidad de regulación de la zona hasta 38 millones de metros cúbicos, limitando el riesgo de inundaciones; además, se construirán 24 plantas de tratamiento de agua y se entubarán 25 km de drenajes a cielo abierto para reducir los riesgos sanitarios y malos olores e incrementar la oferta de agua limpia en la zona. En el rubro ambiental, el proyecto busca la regeneración ecológica de la zona mediante la creación de nuevas áreas verdes, entre las que destaca el Bosque Metropolitano en un área de 670 hectáreas. También, se acondicionarán nuevos humedales para proteger la biodiversidad y se reducirá la población afectada por los altos niveles de ruido. Para solucionar la conectividad y la movilidad de la zona del proyecto se tiene considerada la construcción y modernización de once diferentes vías de comunicación que en conjunto suman 190.4 km, así como el mejoramiento de 12 intersecciones de acceso al nuevo aeropuerto.

La experiencia internacional en grandes proyectos de infraestructura ha mostrado sobrecostos y atrasos recurrentes en la fase de construcción, por ejemplo: en un análisis de 53 proyectos se determinó un sobrecosto promedio de 35.8% y atrasos de hasta 19 meses, en obras relacionadas con transporte terrestre, agua y saneamiento, electricidad e hidrocarburos (Reforma, 2014). La experiencia muestra que los factores de riesgo están asociados con las complejidades técnicas propias de los proyectos, la coordinación entre las entidades involucradas, la situación política y social de la zona y la insuficiencia de recursos financieros para ejecutar obras.

Es por esto que el gobierno federal y los responsables de la planeación y ejecución del nuevo aeropuerto tienen un gran reto por delante, deben cumplir de manera rigurosa con el seguimiento de cada una de las partes de la obra y coordinarlas de forma eficiente para hacer que la construcción se cumpla en tiempo y forma. Se requerirá de la participación coordinada de todos los órdenes de gobierno y los diversos actores sociales y económicos como: ejidatarios, aerolíneas, sindicatos y grupos ambientales, entre otros.

El equipo coordinador del proyecto deberá integrar especialistas en diversas áreas, ya que se presentarán múltiples desafíos de coordinación, retos técnicos como las obras de rescate hidráulico, la estabilización de suelos y retos sociales por la problemática que genera su ubicación en la zona del Lago de Texcoco.

Las tareas para hacer del aeropuerto una realidad son muchas, son complejas y generan preguntas adicionales a la certeza del cumplimiento de fechas y presupuestos: ¿cómo se articulará con los proyectos urbanos e interurbanos de transporte? ¿Qué sucederá con el aeropuerto actual? ¿Qué pasará con los aeropuertos de Cuernavaca, Toluca, Puebla y Querétaro concebidos para desconcentrar las operaciones?

Debido a las características y magnitud de las obras necesarias para desarrollar el nuevo aeropuerto se percibe que los riesgos más importantes que podrían presentarse son: de tipo administrativo, falta de coordinación y deficiencias en la contratación; de tipo técnico, errores en las actividades de planeación, diseño e ingeniería, mala calidad y retrasos de obra; de tipo económico y financiero, insuficiencia de recursos, sobrecostos de construcción, volatilidad del tipo de cambio, aumento de tasas de interés y baja demanda del proyecto.

CONCLUSIONES

México muestra déficit de infraestructura y servicios públicos que se manifiesta en el estancamiento de la competitividad del país, para solucionar esta situación las administraciones federales han instrumentado diversos programas de infraestructura, en los cuales se han canalizado inversiones públicas importantes cuyo monto representa porcentajes crecientes con respecto al Producto Interno Bruto (PIB).

La inversión pública destinada a infraestructura está constituida por obras de diferente importan-

cia y tamaño en los sectores de la energía, comunicaciones y transportes, agua y saneamiento y protección al ambiente. Los resultados de estas obras respecto a su calidad, costos de construcción y tiempos de ejecución son variados, muchos proyectos se han ejecutado dentro de los plazos, presupuestos y especificaciones previamente estipuladas; sin embargo, existen evidencias de obras donde se han presentado desviaciones importantes en tiempo, costo y calidad, particularmente obras grandes en términos de complejidad, tamaño e inversión.

La mayoría de estas desviaciones pueden ser evitadas, eliminadas o transferidas mediante técnicas de administración de riesgos, las cuales ayudan a asignar los riesgos de las grandes obras de infraestructura al participante mejor preparado para enfrentarlo. Las fallas en la predicción de riesgos conducen a significativas e innecesarias pérdidas en los objetivos del proyecto, por lo que es recomendable una gestión de riesgos suficientemente responsable. La mayor incertidumbre sobre un proyecto se tiene durante su fase de planeación y diseño, razón por la que las decisiones tomadas en esa etapa tienen una influencia considerable en su alcance, calidad, tiempo y costo.

El presente trabajo muestra por medio de cuatro ejemplos diferentes las estrategias de respuesta a las diferentes categorías de riesgos que deben desafiar las obras de infraestructura. Los mecanismos de asignación de riesgos son variados: empleo de contratos de diseño y construcción a precios fijo, financiamiento por medio del inversionista privado o por el constructor, riesgo de demanda asumida por el promotor o coberturas de tipos de cambio y tasas de interés con instituciones financieras. En todo caso, el propósito principal es que los proyectos se terminen en condiciones de tiempo y costo razonables, y con las especificaciones de calidad y funcionamiento originalmente establecidas.

BIBLIOGRAFÍA

Aschauer, D. A., (1989), Is Public Expenditure Productive?, Journal of Monetary Economics, vol. 23-2, pp. 177-200.

Barrie, D., Paulson, B., "Professional Construction Management", Mc Graw-Hill (1992).

Grimsey, D. and Lewis, M. K. (2002), Evaluating the risks of public private partnerships for infrastructure projects, International Journal of Project Management 20, pp. 107-118.

Noriega, A., y Fontenla, M., (2007), La infraestructura y el crecimiento económico en México, El Trimestre Económico, vol. LXXIV (4), núm. 296, octubre-diciembre de 2007, pp. 885-900.

Presidencia de la República, (2014), 2º. Informe de Gobierno, México

Presidencia de la República, (2014), Programa Nacional de Infraestructura 2014-2018, México

Pricewaterhouse Coopers México, (2013), Administración de riesgos y control de programas de construc-

ción en megaproyectos

Reforma, (2014), "Tardan obras y salen caras", México, 27 de junio

Rodríguez, M., (2007), La problemática del riesgo en los proyectos de infraestructura y en los contratos internacionales de construcción, Revist@ e-Mercatoria Volumen 6, Número 1

Universidad Nacional Autónoma de México-Facultad de Ingeniería, (2012), Informe técnico - Proyecto hidroeléctrico La Yesca

Vázquez, A., Dávila, M., Acosta, R., Sánchez, J., (2012), La importancia de la exploración geológica y geofísica en los costos de construcción de presas hidroeléctricas. ejemplos comparativos en México

Wideman, M., (1996), Risk management: A guide to managing project risks and opportunities, Project Management Institute, USA

World Bank (1994), World Development Report 1994 - Infrastructure for Development, Washington, D.C., USA.

World Economic Forum, (2013), The Global Competitiveness Report 2013-2014, Geneva, Switzerland.

