

Opciones para el nuevo Aeropuerto Internacional de México

ANÁLISIS TÉCNICO



Academia
de **Ingeniería**
México

Septiembre 5, 2018

Antecedentes

La Academia de Ingeniería de México, que agrupa a los ingenieros más destacados por sus aportaciones a la mejor práctica de la ingeniería y la formación de nuevos cuadros profesionales, aceptó con entusiasmo la invitación del Lic. Andrés Manuel López Obrador, Presidente Electo de México, hecha a través del Ing. Javier Jiménez Espriú, propuesto como Secretario de Comunicaciones y Transportes, para elaborar un análisis técnico de las dos opciones que tienen en consideración para "...dar solución al problema de saturación que padece el Aeropuerto Internacional "Benito Juárez" de la Ciudad de México", con base en la información que nos hicieron llegar el día 20 de agosto de 2018 y las que hubiéramos recibido en respuesta a solicitud expresa al Ing. Jiménez Espriú.

En su carta de solicitud, entregada el pasado 20 de agosto, se solicita que tal análisis fuera entregado el 5 de septiembre, apenas 17 días después, lo que estamos cumpliendo cabalmente.

Para llevar a cabo este análisis, fue convocada la membresía de la Academia de Ingeniería a expresar su opinión, solicitando que ésta fuera enfocada al análisis de las dos opciones planteadas y referida a los documentos recibidos, mismos que quedaron a disposición de los miembros de la Academia de Ingeniería. Se dio como límite para la entrega de dichas opiniones el sábado 25 de agosto. Paralelamente, se designó, a través de las 15 Comisiones de Especialidad que conforman a la Academia de Ingeniería, una Comisión Integradora que filtrara las opiniones en función de que: cumplieran con el enfoque solicitado y fueran de carácter técnico. Los miembros de esta comisión son expertos reconocidos en las siguientes especialidades: aeronáutica, geotécnica, hidráulica, ambiental, estructuras, sistemas, energía, telecomunicaciones y gerencia de proyectos. Finalmente, el panel generó el documento de análisis, mismo que fue finalmente revisado por el Consejo Directivo y el Consejo Académico, de forma que expresa la opinión formal de la Academia de Ingeniería.

Durante el proceso, la Academia de Ingeniería, ante la poca información disponible del proyecto alternativo, que incluye un nuevo aeropuerto en Santa Lucía, solicitó por correo electrónico del 26 de agosto, al Ing. Javier Jiménez Espriú, más información de dicho proyecto, sin obtener respuesta.

Por lo tanto, el presente análisis ha sido hecho con el procedimiento antes descrito y con la información recibida, más el video en el que se describe, en 2015, el proyecto alternativo ya mencionado y el documento denominado "Plan Maestro + Edificio Terminal" del Aeropuerto Internacional de Santa Lucía.

Resumen

El equipo del Lic. Andrés Manuel López Obrador ha comunicado públicamente que decidirá entre dos proyectos de infraestructura aeroportuaria muy distintos entre sí, en varios aspectos, entre los que destacan:

- Sus objetivos de servicio y negocio para la CDMX y el país
- La cantidad y calidad de la información disponible
- Su estado de avance físico y financiero
- Su impacto ambiental y urbano

Tales diferencias complican la comparación de sus ventajas y desventajas, tanto más cuanto menos precisas y completas sean las características técnicas presentadas para cada proyecto.

Las mejores prácticas internacionales de proyectos, distinguen a la calidad de la definición de un proyecto como el elemento de mayor impacto en el logro de sus objetivos, incluyendo costo y tiempo de ejecución. En ese sentido, el proyecto *Dos Aeropuertos*¹ tiene la oportunidad de hacerlo, si bien las declaraciones de sus líderes y el “Plan Maestro” publicado, no apoyan que así vaya a suceder. Esto es, a nuestro juicio, el mayor factor en contra del proyecto y consideramos que hacerlo así, sin la adecuada definición, sería un acto de suma irresponsabilidad.

El proyecto *Dos Aeropuertos* está en una etapa conceptual, con muy poca información disponible, porque no ha realizado los estudios y definiciones que se deben llevar a cabo al principio de un proyecto, incluyendo los de índole aeronáutica. Aun sin tal información, está procediendo a un diseño preliminar que propone realizar en 24 meses, lo que, de ejecutarse, con base en las estadísticas de proyectos, tanto mundiales como en México, tendría muy pocas probabilidades de éxito. Parafraseando a Benjamín Franklin: *Si fallas en planear, planeas fallar*.

El Aeropuerto Internacional “Benito Juárez” (AIBJ) es viejo, tiene importantes problemas hidrológicos, sus pistas requieren de alto mantenimiento y sus edificios requieren de reparaciones, por lo que su costo de mantenimiento es importante y se estima que aumentará con el tiempo.

El proyecto *Texcoco* ha hecho una definición que tiene algunas omisiones y deficiencias, lo que, de ser la opción seleccionada, tendrá un efecto negativo en su costo de inversión, tiempo de ejecución, eficiencia operativa y costo de mantenimiento. Su visión de negocio/servicio es razonablemente clara y tiene resueltos (aunque no óptimamente) los

¹ En adelante, denominaremos proyecto *Texcoco* al que se construye actualmente en dicho lago y proyecto *Dos Aeropuertos* a la alternativa en consideración.

aspectos de aeronáutica, que son fundamentales. También tiene una estrategia financiera sólida.

Sin embargo, está ubicado en un sitio cuyo suelo presenta muchas dificultades para construir las instalaciones requeridas, si bien dichas dificultades están siendo solucionadas por los mejores expertos mexicanos y algunos extranjeros. También tiene que resolver, por su ubicación, problemas hidrológicos y ambientales que son complejos y para los que está usando también expertos reconocidos, además de trabajar en coordinación con los organismos gubernamentales correspondientes. No es menor el problema de haber elegido un edificio principal muy poco convencional, que le representará un alto costo de inversión, mucho tiempo de construcción y cuyo mantenimiento no será sencillo.

Nos parece preocupante el poco avance en la planeación y definición de la infraestructura de transporte para ambas opciones. Lo mejor para la economía mexicana, es que los medios de acceso sean operativos cuando lo sea también el o los aeropuertos en cuestión.

Según el nivel de avance en cada proyecto, su estimado de costo tiene mayor o menor incertidumbre, siendo ésta mayor para el menos definido, esto es, el proyecto *Dos Aeropuertos*. Nuestro análisis concluye que el costo estimado de ambas opciones, tomando en cuenta las obras de infraestructura externa necesarias para su operación eficiente, difieren entre sí del orden del 33% en costo de inversión y un año en el tiempo de ejecución.

La siguiente tabla resume los principales puntos a favor y en contra de cada opción.

	A favor	En contra
Texcoco	Mayor efecto positivo en la economía nacional, como <i>Hub</i> de transporte y carga, con capacidad planeada para largo plazo.	Fecha de terminación estimada: 2023. Esto representa un retraso de tres años contra las expectativas iniciales.
	Financiamiento bien planeado, habiéndolo asegurado para el 75% de la inversión. Existen opciones para financiar el 100%.	Costo de construcción estimado actual es cercano a 300 mil millones de pesos y probablemente aumentará.
	Por su cercanía a la CDMX, el costo de la infraestructura adicional para medios de transporte, serán los menores.	Costo de mantenimiento podría ser elevado, por las características del suelo y las condiciones hidrológicas de la zona.
	Avance del proyecto: 31%	Debe resolver algunas condiciones hidrológicas y ambientales de forma satisfactoria.
Dos Aeropuertos	El costo de inversión podría ser del orden de un 67% del costo de inversión del proyecto <i>Texcoco</i> .	Proyecto indefinido, con mucha incertidumbre. Acelarlo tiene alto riesgo de mayor costo de inversión y tiempo de ejecución, así como desempeño operativo deficiente.
	Un aeropuerto en Santa Lucía, daría otra opción a las que ya existen, de movilidad y acción en caso de eventos naturales extremos en la CDMX.	Incertidumbre de su viabilidad por razones aeronáuticas.
	Si los estudios que se deben hacer mostraran que el suelo en Santa Lucía fuera mucho mejor que el de <i>Texcoco</i> , ayudaría a reducir los costos de construcción y mantenimiento.	Cancelar el proyecto <i>Texcoco</i> tiene un costo elevado, generará demandas legales y requerirá entrar en negociaciones que retrasarán el proyecto <i>Dos Aeropuertos</i> y se dificultará notablemente la capacidad de financiarlo.
	Fecha de terminación estimada: 2022. Suponiendo que el proyecto se llevara a cabo usando las mejores prácticas internacionales.	Los problemas operativos y de mantenimiento del AIBJ implican un alto costo de mantenimiento y un riesgo operativo.
		Estudios serios de la capacidad de manejo de pasajeros y carga, podría demostrar que esta opción se vería rebasada en pocos años, por lo que se requeriría una nueva inversión que ampliara dicha capacidad.

En conclusión, la opción del proyecto *Dos Aeropuertos* es poco atractiva y de muy alto riesgo para el país, en cuanto a costo, tiempo y desempeño. En consecuencia, la energía y esfuerzo de los mexicanos estarían mejor aprovechados en asegurar que el proyecto *Texcoco* sea operativo en el menor tiempo y al menor costo posibles, manteniendo los estándares de calidad que aseguren su operación como un *Hub* de alto desempeño.

Análisis técnico de las dos opciones para aeropuerto internacional de México

El equipo del Lic. Andrés Manuel López Obrador ha comunicado que decidirá entre dos proyectos de infraestructura aeroportuaria muy distintos entre sí, en varios aspectos, entre los que destacan los siguientes:

- Sus objetivos de servicio y negocio para la CDMX y el país
- La cantidad y calidad de la información disponible
- Su estado de avance físico y financiero
- Su impacto ambiental y urbano

Tales diferencias complican la comparación de sus ventajas y desventajas, tanto más cuanto menos precisas y completas sean las características técnicas presentadas para cada proyecto. En este sentido, el *Informe de Referencia*² que nos entregó el Ing. Jiménez Espriú, tiene muchas áreas de oportunidad, que deben aprovecharse, para apoyar una toma de decisiones mejor informada.

Todo proyecto de inversión tiene riesgos e incertidumbres que le obligan a desviarse de su planificación original, desviación que será mayor o menor en función de la calidad de su planeación y gestión del proyecto. Las estadísticas mundiales de grandes proyectos que ha publicado la empresa *Independent Project Analysis, Inc.*, muestran que solamente entre 30% y 40% de ellos cumplen sus objetivos iniciales. En México, la Auditoría Superior de la Federación revisó proyectos de infraestructura realizados entre los años 2000 y 2010, encontrando que su desviación promedio entre el costo contratado y el resultante era de 42% en exceso y que tres cuartas partes de ellos terminaban en más del doble del tiempo programado inicialmente.

Las desviaciones en monto de inversión y tiempo de ejecución son importantes, pero también lo son (y de mayor impacto en muchas ocasiones) las desviaciones entre la operación real y la esperada. De tal forma que una inversión mayor a la esperada, que opere con menor beneficio del esperado, resulta en una relación beneficio/costo muy baja.

Entre las prácticas recomendadas para minimizar tales desviaciones, destaca principalmente la buena definición del proyecto, antes de comprometer su diseño detallado (o proyecto ejecutivo) y construcción. Esta práctica no se sigue normalmente

² Informe al Lic. Andrés Manuel López Obrador, Presidente Electo de los Estados Unidos Mexicanos, sobre las opciones posibles para la solución del problema de la saturación del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (9 páginas).

en las obras de infraestructura del gobierno mexicano, lo que tiene como consecuencia las desviaciones antes indicadas.

Por su impacto en los proyectos de infraestructura, expondremos primero las características de cada alternativa en lo que respecta a su grado de definición.

Definición de los proyectos Texcoco y Dos Aeropuertos

Las deficiencias en su definición temprana que el proyecto *Texcoco* haya tenido, las está sufriendo y las seguirá sufriendo, en caso de continuar. Por parte del proyecto *Dos Aeropuertos*, no se ha mostrado que se esté haciendo una buena definición, lo que en caso de ser la seleccionada, le augura severas desviaciones en tiempo, costo y desempeño operativo a lo que hoy ofrece como expectativa.

Objetivo de servicio y negocio durante el ciclo de vida del proyecto

La definición de un aeropuerto debe iniciar con su objetivo de servicio y negocio en un horizonte de tiempo de largo aliento. Esto determinará las superficies de terreno necesarias y los requerimientos de movilidad.

En este sentido, el proyecto *Texcoco* tiene como objetivo ser un *hub*³ de carga y pasajeros, seguro y eficiente, que atraiga una gran cantidad de tráfico aéreo, que en su mayor parte llegará de algún lado para salir a otro en el menor tiempo posible. Su capacidad objetivo es de 70 millones de pasajeros y 750 mil toneladas de carga anuales en el año 2025 (fase 1). Esto es 1.5 veces los pasajeros y 1.4 veces la carga que mueve actualmente el Aeropuerto Internacional “Benito Juárez” (AIBJ). A más largo plazo, su objetivo es llegar a una máxima capacidad de 120 millones de pasajeros y dos millones de toneladas de carga anuales en el año 2040 (fase 2).

Del proyecto *Dos Aeropuertos* no se recibió algún documento en el que se establezca un anteproyecto con un objetivo claro. El *Informe de Referencia* se enfoca exclusivamente a aliviar la saturación del AIBJ, aprovechando sus instalaciones actuales y construyendo un nuevo aeropuerto en Santa Lucía. Tal indefinición se refleja en que la base del diseño conceptual de la terminal en el aeropuerto en Santa Lucía⁴ se exprese como una *copia* de la Terminal 2 del AIBJ, bajo la suposición de que, si entre el aeropuerto de Santa Lucía y el AIBJ se tiene el mismo número de pistas y posiciones de contacto (estaciones de ascenso/descenso) que en el proyecto *Texcoco*, se tendría la misma capacidad de pasajeros. En cambio, en un análisis serio del flujo de pasajeros, que no podrá ser igual al de *Texcoco*, porque sus condiciones operativas lo impiden, podría resultar en que se

³ Se interpreta como concentrador-distribuidor, la parte central en la que hay más actividad.

⁴ Información obtenida del video en el que se presenta el diseño conceptual del aeropuerto en Santa Lucía, de noviembre 2, 2015.

requirieran más o menos posiciones de contacto. Los objetivos relativos a la carga, no se plantean en la propuesta presentada para este proyecto.

Filosofía de operación, a la que debe responder el diseño

Una vez definido el objetivo de servicio/negocio, se debe definir la operación del aeropuerto. Ésta inicia, por el servicio que ofrecerá, es decir primordialmente, despegue y aterrizaje de aviones, conforme a los lineamientos y las tendencias mundiales de transporte aéreo (características de las naves y de los sistemas de seguridad y control de éstas, sus maniobras y sistemas de aeronavegación).

El proyecto *Texcoco* llevó a cabo los estudios aeronáuticos necesarios, a través de la empresa MITRE, para seleccionar el sitio actual. Por razones no-técnicas (principalmente políticas), ajustó el polígono del sitio y la dirección de las pistas, si bien aun satisfaciendo los requerimientos normativos aeronáuticos para una operación segura.

La misma empresa MITRE ha dictaminado que la operación simultánea de los dos aeropuertos considerados en el proyecto *Dos Aeropuertos*, requiere de un grado de coordinación entre ellos que reduce notablemente su capacidad operativa. El *Informe de Referencia* indica que se buscará la opinión de algún organismo internacional equivalente a MITRE, el cual no se identifica, con la expectativa incierta, de obtener un dictamen distinto al de éste. Este proceso, según declaraciones registradas, requerirá cinco meses y unos 200 millones de pesos. Evidentemente, **de no obtenerse el resultado esperado, la alternativa *Dos Aeropuertos* resultaría inviable.**

El proyecto *Dos Aeropuertos* operaría con el AIBJ para vuelos nacionales y el de Santa Lucía para vuelos internacionales. Las operaciones de enlace de pasajeros o carga internacional a/de nacional, tendrían que trasladarse entre los dos aeropuertos a una distancia de más de 40 km. También se requeriría la interacción sincronizada continua entre las torres de control de ambos aeropuertos y el Centro de Control México, todos operados por SENEAM⁵, agregando un grado de complejidad que se reflejará en un aumento de riesgo aeronáutico, así como del costo de inversión y de operación.

Existe la duda de que el diseño conceptual publicado del aeropuerto en Santa Lucía, tenga suficiente espacio para librar los obstáculos orográficos en las maniobras de acercamiento para aterrizar o para despegar, en el extremo Noreste, así como suficiente superficie para colocar las luces de aproximación en el lado Suroeste. Sería necesario que una institución reconocida, como MITRE, evalúe dicho diseño, para que sea aprobado por la Dirección General de Aeronáutica Civil.

⁵ Servicios a la Navegación en el Espacio Aéreo Mexicano, órgano desconcentrado que se encarga de proporcionar servicios de ayuda a la navegación aérea con seguridad, fluidez y orden en el espacio aéreo mexicano, garantizando calidad y eficiencia conforme a la normatividad nacional e internacional aplicable.

Otro importante estudio que se requeriría realizar es el de tráfico de aeronaves en tierra en el aeropuerto de Santa Lucía. Los resultados de este estudio podría modificar el diseño conceptual que se ha publicado en días recientes.

Otra parte de la operación de un aeropuerto son los servicios de ascenso/descenso de pasajeros, la carga/almacenamiento/descarga de mercancías, así como los controles de migración, aduanas y puntos de acceso seguro. Los elementos que cubren estas necesidades llevan, por obvias razones, mayor definición en el proyecto *Texcoco* que en el *Dos Aeropuertos*. En el este último, la filosofía de operación de estos servicios no responde a un objetivo claro de servicio/negocio, sino a una equivalencia de número de estaciones de carga/descarga con el proyecto *Texcoco*.

La operación de un aeropuerto requiere de personal, en su mayor parte, capacitado en alguna función específica. Este personal, que se cuenta en miles, debe transportarse diariamente entre su domicilio y su lugar de trabajo. El tiempo de transporte tiene efectos en la productividad de la región (horas-hombre de poco provecho productivo), el medio ambiente, el crecimiento urbano y en la calidad de vida de los trabajadores. Su economía se ve afectada por el costo de dicho transporte. Algo similar sucede con los empleos indirectos asociados a la actividad de un aeropuerto. En este sentido, la lejanía del aeropuerto en Santa Lucía y las limitaciones de las vialidades externas propuestas, deben ser de consideración.

Para las empresas de aviación, así como para los organismos y empresas de servicios complementarios, el costo de operar en dos aeropuertos es mayor que en uno solo, por lo que, como se indica en el *informe de Referencia*, prefieren al proyecto *Texcoco*.

Filosofía de mantenimiento, a la que debe responder el diseño

El tercer elemento de la definición de un aeropuerto, es su filosofía de mantenimiento. Ésta se puede dividir, por una parte, en lo que corresponde a las pistas de despegue/aterrizaje, más calles de rodaje, señalización, instrumentación y alumbrado asociados y por otra parte, en los edificios y vialidades de acceso al aeropuerto.

Por lo que respecta a las pistas y vialidades asociadas, el proyecto *Texcoco* debe considerar las condiciones del suelo y su efecto en las pistas y calles de rodaje, bajo las normas internacionales de aeronáutica, materia que ha requerido de una gran cantidad de estudios para definir un diseño, técnica constructiva y evolución durante la vida útil de la infraestructura del aeropuerto, en la que han participado los ingenieros más reconocidos, pero que se ha mantenido como un tema muy debatido en el medio de la ingeniería mexicana.

Los problemas geotécnicos del proyecto *Texcoco* han sido resueltos para el edificio terminal, la torre de control y el centro de transportación terrestre; están en proceso de resolverse para las plataformas. En todos los casos, las soluciones son asequibles para la ingeniería geotécnica mexicana.

Por su ubicación en el lago de Texcoco, este proyecto debe considerar la posibilidad de inundación, en condiciones de tormentas extraordinarias (retorno de 500 a 1,000 años) y la recuperación, en su caso, de operaciones en el menor tiempo posible y con el menor daño en las instalaciones correspondientes. Sin embargo, debe considerarse que casi cualquier aeropuerto está sujeto a fenómenos climáticos extremos, por lo que no es extraño que deban cerrar su operación por algunas horas o hasta días, con motivo de la presencia de neblina, huracanes, tormentas de nieve o arena.

En el caso de *Dos Aeropuertos*, no se conocen las condiciones específicas del suelo en el nuevo aeropuerto en Santa Lucía, información necesaria para acotar el esfuerzo y costo de construcción y mantenimiento. Debe considerarse también que el sitio en Santa Lucía era también un lago y que en consecuencia tiene el riesgo de inundación. Para acotar este riesgo y diseñar las medidas de mitigación correspondientes, se requieren estudios hidrológicos que o no se tienen o no se han dado a conocer. Por su parte, el AIBJ debe, desde hace muchos años, re-nivelar sus pistas cada dos años (lo hace para cada una en años alternados). Además, se inunda con frecuencia, afectando su operación, por lo que requeriría el diseño y construcción de obras hidráulicas, que implican una inversión considerable. Es muy probable que el costo de mantenimiento por pasajero y unidad de carga, sea mayor para este proyecto que para el *Texcoco*.

Por lo que respecta al mantenimiento de los edificios, el proyecto *Texcoco* tiene que considerar las características de la compleja estructura del edificio terminal, cuyo mantenimiento pudiera ser de mayor costo que el de un edificio más convencional.

Impacto ambiental y urbano a los que debe responder el diseño

El cuarto elemento de definición de un aeropuerto se refiere a su impacto ambiental y urbano. En cuanto al impacto ambiental, el proyecto *Texcoco* ha elaborado un Manifiesto de Impacto Ambiental (MIA) ante la SEMARNAT, si bien se han destacado públicamente dos aspectos: las aves que son atraídas por el lago Nabor Carrillo y su efecto sobre la hidrología del Valle de México. En ambos temas, el proyecto tiene planteadas soluciones, en las que colaboran la SEMARNAT y la CONAGUA, respectivamente. Otro elemento a considerar es el efecto que ha tenido y tendrá sobre los bancos de materiales y sitios de tiro, la cantidad de material de excavación, de relleno y de precarga⁶. Dada la información que se ha venido obteniendo, así como las medidas de mitigación realizadas conforme al resolutive correspondiente y otras adicionales que se han venido acordando con la SEMARNAT, se considera necesario actualizar el MIA.

⁶ El aeropuerto de *Texcoco* colinda con el Bordo Poniente, que no ha sido clausurado, pudiéndose aprovechar los residuos generados en la construcción.

Un elemento destacado en cuanto impacto ambiental en el aeropuerto del proyecto *Texcoco*, se refiere a la decisión de obtener certificados LEED⁷ para sus instalaciones. Si bien esto implica el uso de algunos materiales importados (porque en México no se producen con los requisitos establecidos por la norma), muestra un compromiso con la sustentabilidad de nuestro planeta, que ayudará a sentar un precedente que impulse el desarrollo nacional de diseños, materiales y técnicas de edificación sustentable.

El impacto urbano no parece haberse estudiado para el proyecto *Texcoco*. Esto debe hacerse de inmediato, si el proyecto se mantuviera, ya que de otra forma, el desorden del crecimiento urbano en la zona, tan típico de la CDMX, generará problemas sociales y de infraestructura, en una zona con severas carencias de agua potable, poca infraestructura para soportar asentamientos humanos y suelo en el que la construcción es de mayor costo que en las demás zonas de la ciudad.

El proyecto *Dos Aeropuertos* no ha elaborado aún un Manifiesto de Impacto Ambiental, ni hecho estudios de impacto urbano. Sin haberlos realizado, no es sostenible la declaración publicada de que tiene un menor impacto ambiental negativo que el de *Texcoco*.

Por otra parte, si se abandonara el proyecto *Texcoco*, sería necesario efectuar trabajos de mitigación ambiental, abandono y restablecimiento de los terrenos a sus condiciones originales. Este costo debe agregarse al costo hundido (o sea, no recuperable) correspondiente.

Filosofía de confiabilidad y disponibilidad, a la que debe responder el diseño

El quinto elemento de definición del aeropuerto, se refiere a los aspectos de confiabilidad, esto es, con qué frecuencia se debe esperar que fallen sistemas críticos que afecten substancialmente la operación y en cuánto tiempo se espera que tales fallas sean corregidas para volver a la operación normal. El resultado de esta definición se debe reflejar en el diseño, a través de elementos más confiables, elementos de prevención, elementos redundantes, sistemas de emergencia y lotes de refacciones.

Para los sistemas asociados a la navegación aérea, aterrizaje y despegue, existen normas internacionales que establecen los criterios de confiabilidad y los diseños de tales sistemas deben ser aprobados por los organismos internacionales que regulan los asuntos aeronáuticos. Esto aplica para ambos proyectos alternativos.

El proyecto *Texcoco* incluye elementos redundantes y de emergencia en varios de sus sistemas, como por ejemplo el de energía eléctrica, si bien no existe una filosofía de

⁷ La Certificación LEED (Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental, por sus siglas en inglés) es un sistema de certificación con reconocimiento internacional para edificios sustentables creado por el Consejo de Edificación Sustentable de Estados Unidos (U.S. Green Building Council).

confiabilidad y disponibilidad, por lo que algunas de estas redundancias podrían ser excesivas o insuficientes.

El proyecto *Dos Aeropuertos* no tiene un documento que establezca su filosofía de confiabilidad. Sin embargo, debe anticiparse que, por la operación simultánea de dos aeropuertos, tendrá importantes demandas de confiabilidad para los sistemas de coordinación entre ambos.

Costo de inversión, programa de ejecución y financiamiento

El presupuesto de inversión de cualquier proyecto es siempre incierto, en función de su grado de definición y de la mejor o peor gerencia del proyecto. En términos técnicos, es imposible dar una cifra exacta del costo de inversión de un proyecto y tal inexactitud será mayor mientras menos definido esté. Por lo tanto, al inicio de un proyecto, cuando se tienen pocos estudios y el diseño es de tipo conceptual, la incertidumbre es máxima, mientras que cuando un proyecto ha adquirido sus insumos más críticos y costosos, su incertidumbre es mucho menor (ver Tabla 1). Aún en este caso, existen siempre los eventos de riesgo, que de suceder, tienen efecto sobre el costo, en función de su prevención (o falta de ella) y acciones de mitigación (o ausencia de éstas).

Estimado	Características
Clase I -	Muy baja incertidumbre (de -5% a +10%)
Clase II -	Baja incertidumbre (de -10% a +20%)
Clase III -	Media incertidumbre (de -15% a +25%)
Clase IV -	Alta incertidumbre (de -25% a +75%)
Clase V -	Muy alta incertidumbre (de -50% a +100%)

Tabla 1 – Clases de Estimado de Costos⁸

De esta forma, por su nivel de avance y definición, el proyecto *Dos Aeropuertos* se clasifica como Clase V, mientras que el *Texcoco* como Clase III.

Otros elementos que afectan el costo total de inversión, que es lo que afecta al país, debe incluir la infraestructura necesaria para que el proyecto aeroportuario funciones eficazmente, tal como: vialidades y otros medios de movilidad, tanto de personas como de carga, obras hidráulicas necesarias, obras para suministro de energía. Las obras viales y medios de transporte se encuentran, para ambos proyectos, en una etapa preliminar, que las clasifica como de Clase V. Las obras hidráulicas y de suministro de energía se consideran Clase V para *Dos Aeropuertos* y Clase III para *Texcoco*.

Finalmente, el costo hundido correspondiente a las obras y compromisos no recuperables del proyecto *Texcoco*, en caso de optar por el *Dos Aeropuertos*, que se estima en 100 mil millones de pesos, se considera Clase II, ya que, aunque los costos y

⁸ Obtenida de *Notas para Ingenieros de Proyecto, Volumen 1 – Procesos de Ingeniería en Proyectos de Infraestructura*, José F. Albarrán, Ed. LIMUSA, ISBN-978-607-00-6286-5.

compromisos son conocidos y documentados, no se indica que se haya considerado la remoción o el aprovechamiento de las instalaciones parcialmente construidas. En consecuencia, tomando los datos proporcionados por ambos proyectos, se tiene la tabla 2.

Proyecto	Concepto	Clase	Mínimo	Máximo
<i>Dos Aeropuertos</i>	Aeropuerto Santa Lucía	V	33,450,000,000	133,800,000,000
	Acondicionamiento del AIBJ ⁹	V	3,000,000,000	12,000,000,000
	Suministro de energía	V	Incluidas en el estimado anterior	
	Obras hidráulicas	V	Incluidas en el estimado anterior	
	Vialidades ¹⁰	V	825,000,000	3,300,000,000
	Medios de transporte colectivo ¹¹	V	5,000,000,000	20,000,000,000
	Costo no recuperable (<i>Texcoco</i>)	II	90,000,000,000	120,000,000,000
	Total			138,275,000,000
<i>Texcoco</i>	Aeropuerto	III	242,250,000,000	356,250,000,000
	Suministro de energía	III	Incluidas en el estimado anterior	
	Obras hidráulicas	III	Incluidas en el estimado anterior	
	Vialidades ¹²	V	18,500,000,000	74,000,000,000
	Medios de transporte colectivo ¹³	V	2,270,000,000	9,080,000,000
	Total			262,770,000,000

Tabla 2 – Estimados de Costos de Inversión

Dada la historia de gerencia de proyectos hecha por el gobierno federal, como se muestra con el estudio realizado por la Auditoría Superior de la Federación antes mencionado, se puede esperar que las cifras sean hacia arriba del estimado publicado. Así que, si se comparan los valores máximos de ambos proyectos, se tendrá un estimado de 293,100 millones de pesos para el proyecto *Dos Aeropuertos* y 439,330 millones de pesos para el proyecto *Texcoco*.

⁹ Estimado por la Academia de Ingeniería. Considera obras hidráulicas y reparaciones a las terminales, como consecuencia del sismo de 2017.

¹⁰ Estimado en el documento "Plan Maestro" del Aeropuerto Internacional Santa Lucía. Propone una vialidad que conecta al Circuito Bicentenario a la altura del AIBJ, con el Circuito Exterior Mexiquense.

¹¹ Estimado por la Academia de Ingeniería. El proyecto *Dos Aeropuertos* no propone soluciones de transporte colectivo.

¹² Propone diversas vialidades en zona conurbada, para disminuir el tiempo de transporte al aeropuerto.

¹³ Propone ampliaciones de líneas de dos líneas de Metrobus y otras dos de Mexibus.

No se debe considerar exagerado utilizar la cifra máxima, dado que existen muchos ejemplos que confirman la posibilidad de que así suceda. Por ejemplo, el primer estimado del aeropuerto del proyecto *Texcoco* en 2014, entonces Clase V, era de 120,000 millones de pesos y hoy se estima en 285,000 millones de pesos, con alta probabilidad de terminar siendo mayor.

Los tiempos de ejecución son también sujetos a la incertidumbre, derivada tanto de la calidad de la definición del proyecto como de la calidad de la gerencia de proyecto. Los datos del estudio de la Auditoría Superior de la Federación, mencionados al principio de este documento, demuestra que los retrasos son regla y no excepción en México.

Por lo anterior, el estimado de tiempo del proyecto *Dos Aeropuertos* debe considerarse como demasiado optimista, no solamente por la poca definición, sino porque no ha considerado el suficiente tiempo y esfuerzo para realizar una buena definición, que para un proyecto de esta magnitud debería tomar no menos de 12 meses y costar del orden de 5,000 millones de pesos, lo que contrasta con los dos meses y ningún monto específico, considerado en el “Plan Maestro” del Aeropuerto Internacional de Santa Lucía. Simplemente, el estudio requerido para buscar contrarrestar o confirmar el dictamen de MITRE, tomará 5 meses, que habría que agregarle al cronograma propuesto. Nuestro estimado es que este proyecto tomará no menos de 40 meses (al año 2022), tiempo que se podría alargar si no se hace la buena definición que recomiendan las mejores prácticas internacionales.

Por su parte, el proyecto *Texcoco* ya muestra retrasos en varios de sus sistemas, aún en etapa de diseño o ya en etapa de construcción, confirmando las restricciones propias de las organizaciones gubernamentales para administrar un proyecto. Un horizonte de 2023 puede darse, si se corrigen algunos problemas de productividad y se concesionan a la iniciativa privada la terminal de carga, edificio de oficinas, hangares de mantenimiento de aeronaves, los sistemas de almacenamiento y distribución de combustibles y otras instalaciones, como propone GACM.

Otro elemento que afectará la efectividad de los proyectos, son las vialidades externas y los medios de transporte colectivo, de los que no se ha reportado un avance más allá del diseño conceptual, por lo que es posible que no estén disponibles para la fecha de inicio de operaciones de cualquiera de las opciones.

El financiamiento del aeropuerto del proyecto *Texcoco*, está bien definido y muestra que es viable, ya que ha sido sancionado por bancos internacionales y la Secretaría de Hacienda y Crédito Público. Por la información que nos fue entregada, el plan de financiamiento no parece considerar los beneficios de las concesiones mencionadas arriba, que reducirían el monto de inversión directamente soportado por GACM.

Por su parte, el plan de vialidades externas del proyecto *Texcoco* propone un 87% de la inversión como privada, lo que deja en su estimado, del orden de 9,000 millones de pesos

(18,000 en el valor máximo de un Clase V) de inversión del gobierno de la CDMX. La forma de financiar esta inversión no ha sido publicada.

Para el proyecto *Dos Aeropuertos*, no se ha planteado la forma de financiarse. Además, debe considerarse que se espera que, si se elige esta opción, por los compromisos vigentes para el proyecto *Texcoco*, es altamente probable que se generaran inconformidades, así como demandas de amparo y mercantiles, que podrían retrasar el inicio del proyecto *Dos Aeropuertos* y causar una reacción negativa de los mercados financieros, lo que dificultaría y encarecería su financiamiento.

Transición operativa

No se ha publicado un plan de transición entre la situación actual del AIBJ y las dos opciones, sabiendo que una de ellas será seleccionada.

Primeramente, debe comunicarse la estrategia para aliviar la saturación del AIBJ, mientras el proyecto seleccionado se termina. Se presume que se hará uso de los aeropuertos existentes alrededor de la CDMX, pero no se ha definido cuáles y cómo se usarán, las medidas para facilitar el traslado de pasajeros, etc. En cualquier caso, el uso de herramientas de simulación sería muy buen apoyo para analizar alternativas.

Para el proyecto *Dos Aeropuertos*, la transición requiere la coordinación entre ambos aeropuertos, lo que depende de las medidas de seguridad que se impongan para dicha operación. Con base en esto, se planificaría una transición paulatina.

Para el proyecto *Texcoco*, parecen haber varias opciones, que, si no están en estudio, deberían estarlo. Una podría ser que, desde que se realicen sus pruebas de funcionamiento, las operaciones en el AIBJ se suspendan o forzar a que todos los despegues y aterrizajes se hagan hacia y desde la CDMX, al menos por algunas horas, mientras se realizan las pruebas. En este mismo sentido, al iniciar sus operaciones el aeropuerto de *Texcoco*, las del AIBJ deberán suspenderse totalmente o forzar a que todos los despegues y aterrizajes se hagan hacia y desde la CDMX, dificultando una transición paulatina. Otra opción podría considerar que las pistas del proyecto *Texcoco* fueran funcionales hacia fines de 2018 o mediados de 2019 y usarlas, tanto para aliviar la saturación del AIBJ, como para realizar la transferencia de operaciones.