

Construcción de pistas de aterrizaje

¡ A volar!

La infraestructura aeroportuaria de un país es signo inequívoco de su nivel de desarrollo e interrelación con el resto del mundo; parte medular de tal infraestructura es la calidad de las pistas de aterrizaje cuya prioridad —más allá del confort— es la seguridad.

Patricia Arce

La importancia de una pista de aterrizaje bien construida influye en la seguridad del personal que la usa, en la conservación de la aeronave y en la economía de operación y mantenimiento de un aeropuerto. La vida útil de una pista aérea de despegue y de aterrizaje bien ejecutada puede llegar hasta a los 30 años en buenas condiciones y extenderse hasta por 15 más con un moderado mantenimiento.



Para lograr pistas de aterrizaje adecuadas según los estrictos estándares de calidad internacionales —regidos por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) y por la Dirección General de Aeropuertos Coordinados (DGAC)—, explica el Arq. Isaac Perea, gerente de Obras y Conservación de Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA), tienen lugar una serie de estudios previos que incluyen el de mecánica de suelos para saber sobre qué tipo de terreno se va a trabajar y, en consecuencia, el tratamiento idóneo, ya que no es lo mismo calcular la resistencia de una pista sobre un terreno rocoso, que sobre uno arcilloso, de terraplén u otro.



Asimismo, se realizan estudios geohidrológicos para saber la cantidad de agua contenida en el subsuelo, así como para detectar la presencia de posibles cárcavas que pusieran en riesgo la estabilidad de la cimentación, ocasionando fracturas al no ser rellenadas. Con estos estudios también se puede conocer la presencia de vestigios de antiguos ríos ya sofocados por la tierra, causantes de escurrimientos en determinadas épocas del año. Aunado a esto se realizan análisis meteorológicos que arrojan información sobre el espesor de la niebla, tipo de vientos del lugar —cruzados, adversos, etcétera— su fuerza y orientación, valores a considerar al momento de ubicar la pista.

También se efectúan estudios geográficos para identificar la presencia de obstáculos visuales de tipo natural como elevaciones considerables del terreno o vegetación. Al respecto existe un documento de servicios para la navegación en el espacio aéreo mexicano que orienta sobre el particular. En ocasiones son recomendados análisis socioeconómicos y demográficos para hacer un estimado de crecimiento poblacional de la zona y, sobre esa base, planear la capacidad de la pista o su posible ampliación a futuro.

Acto seguido tiene lugar el proyecto de obra; al respecto el ingeniero Carlos Gómez, gerente Nacional de Ingeniería y Proyectos de Cemex, agrega que éste contempla la

capacidad y tamaño de las naves que utilizarán la pista así como la frecuencia de los despegues y aterrizajes esperados. Generalmente en la ciudad de México las pistas se construyen para recibir Boeing 727.



El segundo dato importante es la capacidad portante del terreno natural sobre el que será desplantada la pista, a partir de lo cual es diseñada la estructura de soporte de las losas de concreto sobre las cuales se edificará la superficie de rodamiento y, finalmente, la capacidad estructural, que integra en su conjunto todo el pavimento. Cabe explicar que la capacidad portante es la que determina de qué espesor serán las losas de concreto de la superficie de rodamiento. Entre las principales metodologías para diseñar el espesor de las losas de concreto están las de la American Civil Pavement Association y la de la Portland Cement Association (PCA) que contemplan dichas variables.

Posteriormente, como señala el entrevistado, se inicia el trabajo con el despalme del terreno, dejándolo totalmente limpio de materia vegetal; se excavan aproximadamente 20 a 30 cm y se coloca la capa subrasante realizada con material granular extraído de bancos aledaños a la región. Esta capa —que es la que da el nivel de la pista— tiene un espesor de uno y medio a dos metros; sigue la sub base compuesta por material que mantiene el agua alejada de la estructura del pavimento. Acota que el material debe ser fácil a la compactación; generalmente consiste en tepetate o arcillas con un espesor de hasta 30 cm. Continúa la base —de aproximadamente 15 cm de espesor— compuesta por cemento y finalmente el tendido de la carpeta cuyo espesor varía de acuerdo con la resistencia requerida, pero generalmente es de 40 cm. Es usual que las cabeceras de las pista lleguen a tener hasta 48 cm.

El ingeniero César Arriola, jefe de Ingeniería y Proyectos de Aeropuertos de Cemex, comenta que actualmente las mezclas de concreto han sido modificadas a tal punto que están diseñadas para soportar esfuerzos de flexión con especificaciones de textura para favorecer la fricción, la resistencia al desplazamiento y que exista una buena adherencia entre el neumático del avión y el pavimento. Este texturizado consiste en un rayado longitudinal; adicionalmente se puede aplicar una membrana hecha con telas de yute para brindar cierta rugosidad al pavimento, amén de la recomendación de dejar una pendiente transversal para drenar el agua de lluvia — que es una de las condiciones críticas del diseño— evitando así el acuaplaneo. Además, se requiere de una segunda pendiente longitudinal para que ayude a la aeronave a ganar velocidad para elevarse y para disminuir la misma a la hora de aterrizar.



El cuidado de los detalles

Respecto a la composición de la mezcla lo más recomendable es elaborarla in situ para lograr y mantener las mejores condiciones y exactitud respecto a los

requerimientos iniciales. Se recomienda un mezclado uniforme, homogéneo —preferentemente una mezcla seca—; pueden agregarse los aditivos normales como un plastificante y un reductor de agua. Es recomendable hacer pruebas al diseño de mezcla para verificar el cumplimiento de las especificaciones predeterminadas respecto a las propiedades físicas; módulo de ruptura, flexión, tensión, revenimiento y rendimiento promedio. En ciertas ocasiones son realizadas pruebas de petrografía al concreto endurecido, para saber cómo están desarrollándose sus diferentes fases químicas, con lo que queda garantizado el resultado requerido.



El Ing. Arriola destaca que entre lo más novedoso de sus procedimientos constructivos, al colocar las pasajuntas en las losas de concreto para hacer la transmisión de cargas de una losa a otra —generalmente colocadas manualmente— utilizan un sofisticado sistema de colocación automática con equipos de inserción de barras, de modo que al momento que se está colocando el concreto, se va dando forma a las losas e insertando las barras de acero o pasajuntas en medio de las losas, embebidas, en mitad del espesor del concreto; dichas barras se instalan perpendiculares, paralelas a los ejes de la pista.

Este manejo es muy importante ya que cuando las llantas de la aeronave pasan de una losa a otra no hay escalonamiento; es tan suave que las ruedas no lo perciben. Este procedimiento conjuntamente con otros llevados a cabo en México nos indican que la tecnología constructiva en el ámbito de infraestructura aeroportuaria está al mismo nivel que en países como Estados Unidos. Cabe decir que la capacidad de aeronaves y la frecuencia de los vuelos determinan si se trata de un aeropuerto internacional o regional; existen además aeropuertos con vocación de carga, diseñados para aviones más pesados y con pistas más largas y de mayor capacidad.

Grandes planes

Parte importante de la estrategia del Gobierno del Distrito Federal y de ASA para descentralizar la demanda del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México —desviando parte de ella, en una primera etapa hacia los aeropuertos de Toluca y Puebla, y en una segunda hacia Cuernavaca y Querétaro— implica rehabilitar las carpetas existentes en las pistas, aumentar la capacidad del aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, complementar el sistema de pistas y rodajes en zona de hangares y construir una nueva terminal y plataforma al sur, con lo cual se podrá atender a cerca de 32 millones de pasajeros anuales.



Al respecto, el Arq. Perea y el Ing. Israel Reyes, subgerente de Estudios, Obras y Conservación de Pistas de ASA, explican que la rehabilitación de pistas existentes se ha desarrollado exitosamente; el procedimiento es relativamente rápido y sumamente efectivo ya que logra extender la vida de una carpeta hasta por 20 años más dejándola en perfectas condiciones.

Dicha rehabilitación inicia con estudios de PCN —Número de clasificación de pavimento— con lo que se sabe la calidad de estructura y resistencia, mediante el uso de equipos de alta tecnología a nivel mundial (Dynates) que permiten medir las capas de la estructura que tiene una pista, así como sus diferentes espesores. A continuación, se efectúa un segundo estudio con perfilógrafo para medir el perfil longitudinal de la pista y evaluar las deformaciones que tiempo, uso y degradación de materiales han causado. El resultado es cotejado con especificaciones de normatividad internacional.



Un tercer estudio se practica mediante un equipo MU-Meter; el de coeficiente de fricción que determina si es alta o baja la fricción de la pista; cuando es baja, la pista suele estar muy resbalosa —peligrosa para el frenado de aviones—; esta verificación es practicada dos veces al año. Con el mismo equipo se detecta la contaminación o rugosidad por pérdida de finos. Si el agregado está muy expuesto o muy grueso se causa un mayor desgaste a las

llantas de los aviones. Por último, tiene lugar la evaluación del estado físico de las carpetas, si existe humedad atrapada, si presenta grietas, etcétera.

Posteriormente se realiza un estudio geométrico del área a rehabilitar —toda la pista, márgenes laterales, franjas de seguridad, y/o plataforma—, se practican levantamientos planimétrico y altimétrico para determinar con exactitud las deformaciones del pavimento y se obtiene un cilindro muestra, a partir del cual se comienza a trabajar.

Para un estricto control de la mezcla y calidad de la obra se instalan plantas de trituración, de asfalto y todo el equipo dentro del aeropuerto; se realiza el diseño de mezcla y es cortada, limpiada y compactada la carpeta. Durante el curso de los trabajos, es cuidada la precisión de los niveles y del acabado que no debe ser ni muy fino ni muy rugoso. Los niveles se tienden con sensores y son verificados continuamente con equipo topográfico.



Tanto durante como después del proceso deben alcanzar un índice promedio de 15 pulgadas por milla, "casi como una mesa de billar", señalan.

Como parte de la conservación en pistas comerciales se puede poner un sello para evitar la derrama de combustibles, para lo cual se deben esperar 30 días después de colocar la carpeta nueva. También, como parte del mantenimiento o rehabilitación, se utiliza el riego de taponamiento para evitar el deterioro de la carpeta por efectos del medio ambiente.

La tecnología en procedimientos y técnicas de rehabilitación de pavimentos de ASA ha resultado sumamente eficiente al permitir que las operaciones aeroportuarias no sean afectadas o suspendidas, mediante brigadas de trabajo nocturnas, así como con la óptima utilización del tiempo al contar con equipo, materiales y plantas in situ y, sobre todo, con un elevado control de calidad en cada etapa del proceso.

ANTE LAS ADVERSIDADES

El Arq. Enrique Mejía Rojo, subdirector de Construcción de ASA, en entrevista para *Obras* informa que pronto, México se convertirá en el tercer país en Latinoamérica en contar con un aeropuerto de categoría III Instrumental Landing System (sistema ILS3) cuyas pistas pueden ser utilizadas con visibilidad "0", con ayuda de instrumentos, de los cuales sólo existen en 53 pistas en el mundo. El Aeropuerto de Toluca será el primero en realizar estos trabajos contando con una sola pista, sin dejar de operar, logrando un funcionamiento más eficiente para la operación aeronáutica con una máxima seguridad gracias a uso de lo más novedoso en tecnología de ayudas visuales en pistas.



A media hora de la Ciudad de México está ubicado el aeropuerto Internacional de Toluca, en el Estado de México, donde se instalará una pista de vuelo por instrumentos tanto para la aproximación de la aeronave como para el despegue en condiciones climáticas desfavorables, como en época de neblina, a una altura visual inferior a 15 metros. Con este sistema la navegación no se ve interrumpida por falta de visibilidad ante condiciones climáticas extremas.



Las ayudas visuales consisten en luces de borde de pista, de ejes de pista, de eje en los rodajes —Alfa, Bravo, Coca, Delta, Eco, Québec y rodaje paralelo Alfa— en zona de hangar; luces de zona de contacto en cabecera 15, en 900 metros de longitud; luces de aproximación y destello en cabecera 30; luces de borde de rodaje; lámparas de borde de parada en todos los rodajes sistema PAPI, sistema de monitoreo y control de luces

de ayudas visuales, sistema de guía y control de movimiento en la superficie, sistema ininterrumpible de energía eléctrica (UPS), planta de energía continua y equipos auxiliares de subestación. Paralelamente se realizará la rehabilitación de las carpetas, la sustitución de cables y construcción de registros para albergar el nuevo sistema, así como la ampliación y reforzamiento de pista y rodajes.

LO MÁS RECIENTE

Considerado como lo último en tecnología de aditivos para concretos hiperfluidos y autocompactantes, existe en el mercado Sika Visocrete 20 HE que, a decir de los expertos, ha sorprendido por sus resultados en la rehabilitación de pistas de aterrizaje, donde el tiempo es un factor clave. Se trata de un aditivo reductor de agua de alto rango y súper plastificante de alto desempeño, de tercera generación para concretos, aprobado por las más estrictas normas de calidad (ASTM C 494 Tipo F y ASTM C 1017 Tipo 1), que fue utilizado en las obras de sustitución de losas de concreto en las plataformas del aeropuerto de la Ciudad de México.



Este producto es recomendable para concretos con una gran reducción de agua, concretos de altas prestaciones, de altas resistencias iniciales y para prefabricados de concreto. Entre los diferentes mecanismos de acción que propicia destaca la alta compactación. Por su calidad en alta reducción de agua, produce concretos de altas resistencias a edades tempranas y gran impermeabilidad, disminuye la retracción del concreto y reduce la velocidad de la carbonatación del concreto, además de no contener cloruros ni sustancias que favorecen la corrosión del acero de refuerzo, por lo que se puede usar en concretos armados o pretensados.