

## ¿Pistas flexibles o rígidas?

Por FRANCISCO LOPEZ PEDRAZA  
Teniente Coronel Ingeniero Aeronáutico.

Esta pregunta, muy repetida, recibe las contestaciones más dispares y con tal indecisión, que es raro llegar a conclusiones definitivas sobre cuál es la más eficaz forma de construcción de las pistas de aeropuertos. Entidades propietarias, administradores y directivos exigen economía y rapidez de construcción; pilotos y tripulaciones desean pistas amplias y cómodas; los técnicos aspiran principalmente a que se cumplan las condiciones que actualmente se exigen, y siempre dentro de un criterio económico; los Departamentos de Guerra anhelan que se reúnan las cualidades de bondad y rapidez de ejecución con las de durabilidad bajo todas las condiciones.

¿Cómo poner de acuerdo tantas exigencias, tan lógicas, desde su punto de vista? Si a aquéllas se suman las condiciones impuestas por la mecánica de suelos, su permeabilidad, las variantes climatológicas y la posibilidad de aumento de carga, el problema se diluye de tal manera que puede llegarse a soluciones erróneas por darse primacía a condiciones no fundamentales.

Al tratar de conciliar las exigencias y cumplir al máximo las condiciones requeridas, se barajan números y tópicos que nadie se alreva a impugnar por el momento, debido a la falta de experiencia, y llegan a establecerse hipótesis, producto algunas veces de ligeras informaciones periodísticas, con el único objeto de intervenir de modo brillante en la polémica, sin que generalmente conduzcan a resultados positivos.

Al contestar a la pregunta inicial, seguiremos el sistema de analizar las principales cualidades y modo de comportarse los pavimentos, prescindiendo de las cualidades secundarias, análisis que expondremos con la máxima objetividad y con el único afán de contribuir a resolver los problemas aeronáuticos españoles.

Por otra parte, las cualidades exigibles a las pistas son función de todas las variables que intervienen en el problema, por lo que no es posible establecer una separación absoluta de criterios y decisiones, pero su análisis por separado nos conducirá a una resultante en cada caso. No queremos llegar

con esto a conclusiones tan rígidas que pretendan desechar por completo algunos pavimentos; pero sí informar sobre las ventajas e inconvenientes de los diferentes tipos, atendiendo únicamente a sus cualidades principales, para de este modo deshacer algunos de los tópicos establecidos.

Al comparar los sistemas constructivos, trataremos únicamente de las construidas con hormigones de cemento y las de materiales bituminosos de alta calidad. De los hormigones pretensados últimamente empleados es prematuro hablar, máxime cuando la razón de su ejecución que nos da la autorizada opinión de Freyssinet—que ensaya estos tipos de pavimentos—tiene por objeto obviar las dificultades que presentan las pistas rígidas al no aprovechar la capacidad de soporte del suelo debido a su gran rigidez; es decir, que su razón es la de construir hormigones de cemento flexibles, con lo que se reduce el espesor del material.

Pero a esto se nos ocurre oponer el siguiente razonamiento: Si con materiales como los hormigones de cemento se construyen pistas flexibles de más alto costo que las de hormigones bituminosos, también de tipos flexibles, ¿qué razón hay para defender su construcción?

También prescindimos de los tratamientos asfálticos superficiales, ya que se emplean únicamente en firmes base de hormigones futuros, y, con más razón, de los que del mismo tipo y sobre terrenos naturales se han empleado por necesidad y rapidez de construcción hace muy pocos meses en algunos frentes de guerra con "cut-back" líquidos, los cuales se conservan blandos durante mucho tiempo y no pueden considerarse como pavimentos, sino solamente como medios para eliminar el polvo y mejorar un poco el terreno natural.

Reducido el problema a la comparación entre los hormigones de cemento y los bituminosos, incluyendo en estos tipos desde los macadams hasta los morteros construidos por mezclas "in situ" y en máquinas, analicemos los siguientes apartados, que parecen ser los principales a tener en cuenta.

### Técnica.

No cabe duda que en la solución técnica del problema influyen de forma decisiva la modalidad de utilización del pavimento y las condiciones impuestas por la mecánica del suelo, heterogeneidad de materiales, etc.

Si observamos las diferentes zonas en que se divide un aeropuerto en lo que a su utilización se refiere, nos encontramos en primer lugar con la de *estacionamiento y aparcamiento de aviones*, en la cual parece preferible el pavimento de hormigón de cemento, pues aunque las investigaciones sobre el efecto de las materias disolventes y de los aviones a reacción coinciden en que la acción es análoga y hay opiniones contrarias a la nuestra, como la inglesa, creemos que en estas zonas son de mayor duración los pavimentos de hormigón de cemento, teniendo en cuenta los efectos de las materias disolventes (aceites y carburantes). De todas maneras, esta opinión es enormemente conservadora, como lo demuestran los siguientes informes, entre otros que posee el Laboratorio Central de Aeropuertos:

En un informe de "Highway and Bridges" sobre "Efectos del avión de reacción sobre los pavimentos", establece como principal entre sus conclusiones: "No son precisos cambios en los proyectos de pavimentos rígidos y flexibles debido a los posibles deterioros de combustibles y disolventes."

En otro informe de la "Airport Division" de U. S. A., emitido por Mr. Randolph Upham y Mr. Macatee, presidente, ingeniero director y "magner", respectivamente, de la referida entidad, se dice: "El fuel que se vierte en las operaciones de repostado de todos los tipos de aviones tiene efecto de deterioro en los dos tipos de pavimentos, asfálticos y de cemento portland. Además de ello, los aviones de reacción vierten algún fuel durante la puesta en marcha de los motores. Los aceites pesados usados por los motores de reacción afectan a los pavimentos más rápidamente que las gasolinas de alto índice de octano, usadas por los aviones comerciales en la actualidad, porque se evaporan más lentamente."

En estos informes vemos que aun en las zonas de estacionamiento los dos tipos de pavimento se comportan análogamente; pero la razón de inclinarnos por los de hormigón

de cemento en las zonas de estacionamiento se debe a un informe de origen inglés, que, al intervenir en la polémica sobre pavimentos, llega a las siguientes conclusiones:

"La acción de los motores de reacción sobre revestimientos no es apreciable más que en los puntos donde estos aviones son llamados a estacionarse."

Continúa diciendo que "si los revestimientos hidrocarbonados pueden reblandecerse en estas zonas, también los de cemento son igualmente atacados por los gases calientes, que provocan su fisuración y disgregación", y da "preferencia a los revestimientos hidrocarbonados en los puntos de estacionamiento de aviones de reacción, en razón de la mayor facilidad de reparación de las partes deterioradas."

A pesar de este informe y a pesar de que, como más adelante veremos, los pavimentos de hormigón asfáltico (que no debemos confundir con los revestimientos hidrocarbonados en general) no se reblandecen en ningún caso, defendemos los pavimentos de hormigón de cemento en estas zonas por temor a tener que especificar la definición de firmes asfálticos de alta calidad (que está fuera de la mayoría de las esferas), ya que si éstos no se ejecutan con esa calidad pueden ocurrir los reblandecimientos a que alude el informe anterior, y que, a nuestro juicio, son peores que la fisuración y disgregación de los hormigones de cemento.

Si en cuanto a las zonas anteriormente citadas opinamos de esta manera, no así en lo que se refiere a las pistas de rodadura y de vuelo, ni siquiera en sus cabezas, por la sencilla razón de que si algún carburante puede verterse, sale pulverizado por la corriente de aire producida por los motores en marcha. La realidad es que en estas zonas no se han observado hasta ahora desperfectos producidos por las aludidas causas, según los informes que conocemos.

Una de las hipótesis que se han manejado con más frecuencia se refiere al daño que pueden ejercer sobre los pavimentos bituminosos las altas temperaturas de salida de gases en los motores de reacción por el calentamiento y fusión del betún. Los ensayos efectuados son definitivos.

Entre ellos encontramos el informe antes citado de "Airport Division", que establece:

"Efecto de los aviones de reacción en los pavimentos de aeropuerto. Nuestra conclusión con respecto a este tema está basada en estudios de la distribución del calor y de la intensidad de las temperaturas alcanzadas en diferentes planos por encima de la superficie de la pista. Mostramos la figura adjunta, en la que se ve que las temperaturas alcanzadas en los tipos corrientes de aviones de reacción son de 400° C (75° F) en la salida de gases, disminuyendo rápidamente esta temperatura a 50° C. a dos pies por encima y por debajo de la tobera de salida. Sin embargo, la temperatura se eleva de nuevo a 75° C. (167° F) a una distancia de tres pies por encima y por debajo de la tobera en puntos situados a 26 pies por detrás de la misma. Como hemos apuntado, y puesto que la temperatura de superficie por efecto del calor solar es de 140° F (60° C.), se ve que la temperatura de los gases en estos puntos particulares por encima de la superficie del pavimento es de tan baja magnitud, que no hace efecto alguno."

De este informe se deduce que si en las zonas de estacionamiento el efecto es nulo en las pistas de vuelo el efecto será aún menor, al tener en cuenta la velocidad de los gases y del avión, con lo que la aplicación del calor será instantánea y no, como el calor solar, de acción continuada. Por otra parte, la distancia de los bordes de la

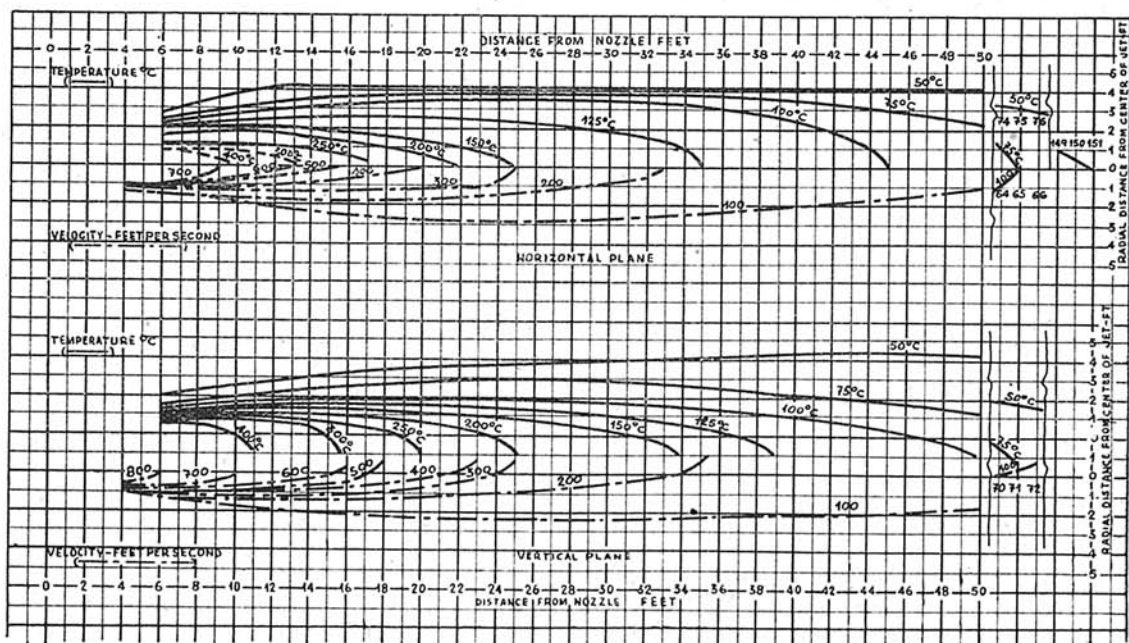
tobera al pavimento de las pistas es en todos los casos mayor de tres pies.

Es lógico suponer que este efecto es completamente nulo en cualquier zona pavimentada, porque si los hormigones asfálticos se compactan a temperaturas superiores a los 120° C. con apisonadoras de 18 kilogramos por centímetro cuadrado de presión mínima y éstas no se hunden, ¿qué efecto le va a producir a un avión con temperaturas que aun en las zonas de estacionamiento no lleguen a 75° C. y con presiones de ruedas inferiores a la mitad de las de las apisonadoras?

El mismo informe dice más adelante: "Las toberas están localizadas en los planos de tal modo que el chorro está virtualmente en una línea horizontal. Los gases producen un efecto perjudicial en la hierba del borde de pistas, que puede ser eliminado situando el avión a distancia conveniente de los bordes del pavimento."

En las conclusiones de "Highway and Bridges" se dice: "Que las débiles temperaturas de llegada al pavimento de los gases de los motores de reacción, no han causado daño alguno sobre los pavimentos de aeropuertos", y que "se ha demostrado que los hormigones densos de asfalto ofrecen excelente resistencia en condiciones normales a toda operación".

En relación con el tipo de pavimento úl-



timamente citado, se ha demostrado en todos los casos, y aunque las temperaturas sean muy superiores, que soportan perfectamente todas las cargas y son estables. La razón única es que si los terrenos naturales de composición granulométrica regular y con la cantidad de agua conveniente (del 13 al 16 %), encontrándose ésta en *estado líquido*, son totalmente estables, ¿cómo no lo van a ser los hormigones asfálticos, de composición granulométrica cuidadísima, aunque el astallo se encuentre también *líquido* debido a una temperatura elevada?

Si tenemos en cuenta la mecánica de suelos y, sobre todo, la heterogeneidad de los materiales que sirven de cimentación a lo largo y ancho de una pista, nos encontramos con que prácticamente no es posible evitar esta heterogeneidad, tanto en lo que se refiere a calidad como a compacidad, con lo que los asentamientos y deformaciones del cimiento nos conducirían a movimientos superficiales mucho más graves en los pavimentos rígidos que en los flexibles, y no solamente por la diferencia de rapidez estructural, sino por la forma de reparar los desperfectos producidos.

Del análisis del problema técnico deducimos que en las pistas de vuelo y rodadura cualquier tipo de pavimento es bueno cuando la cimentación es homogénea y los terraplenes tienen una compacidad regular, debiéndose emplear exclusivamente pavimentos flexibles en donde sean de temer irregularidades. En cuanto a las zonas de estacionamiento, nos inclinamos por los pavimentos rígidos, teniendo en cuenta las razones antedichas.

#### **Economía.**

En el análisis de los pavimentos debe tenerse en cuenta que, como en cualquier obra de ingeniería, existe un problema económico, cuya resolución es función principal del ingeniero. Para demostrar este aserto, sobre el que insistimos porque frecuentemente se confunden los términos aun entre técnicos, bastan unos ejemplos elementales: Todo el complicado cálculo de estructuras de edificaciones tiene por *único objeto* construir grandes edificios sin la complicación de masas y sin los enormes costos que habría que efectuar si tuviéramos que construirlos como los medievales; la hidráulica no tiene otro fin que resolver económicamente los proble-

mas que los romanos solucionaron por medio de los acueductos.

Teniendo en cuenta esta función principal que debe tenerse presente en toda construcción, debemos contemplar su economía, no solamente desde el punto de vista del costo inicial de establecimiento, sino también desde el de entretenimiento y conservación de la obra, y siempre que respondan al elemental principio económico "*de no invertir en la actualidad lo que se pueda invertir en el futuro si no se va a obtener de ello rendimiento alguno*".

Al comparar los dos tipos de pavimentos del problema, nos encontramos con un ahorro inicial en las pistas de pavimentos bituminosos superior en un 15 por 100 a las construidas con hormigón de cemento, empleando en los dos tipos las mejores soluciones; pero esto sólo tiene relativa importancia. Si lo analizamos a más larga distancia, la economía es mucho mayor.

La realidad es que las pistas de aeropuertos civiles es necesario construir las con una capacidad de carga que llega hasta las producidas por aviones de 140 toneladas. Y *no sabemos* en qué fecha entrarán estos aviones en servicio regular. Parece poco lógico y antieconómico para un Estado construir en la actualidad pavimentos para esos tonelajes, ya que, en primer lugar, puede ser capital totalmente perdido, y en segundo, aunque no sea perdido a la larga, hay una inversión momentánea improductiva.

Esta es la razón por la que el mundo se inclina por construir pavimentos con las resistencias necesarias para plazos de pocos años, y que estos pavimentos puedan ir aumentando en espesor de manera paulatina a medida que aumente el tonelaje de los aviones. Igualmente ocurre en los aeropuertos de guerra, hasta el punto de que U. S. A., en sus manuales de construcción de aeropuertos de guerra, exige, como calidad principal, que la resistencia de los pavimentos pueda ir aumentando, es decir, que tengan la calidad de "perfectibles".

Si comparamos en este aspecto los dos tipos de pistas, nos encontramos con la superioridad manifiesta de los pavimentos bituminosos, los cuales pueden ir aumentando su resistencia al incrementar su espesor, lo que puede hacerse en cualquier momento, siendo útil totalmente la obra efectuada.



En los pavimentos de hormigón de cemento es, por el contrario, necesario destruirlos totalmente para aumentar las cargas y volverlos a construir con mayor espesor, ya que el trabajo por flexión de las placas impide la superposición horizontal de las mismas.

A este aserto se nos ha contestado a veces que a medida que pasa el tiempo aumenta el costo de la producción y que, por tanto, es necesario construir pistas cuanto antes; pero si esta razón puede ser cierta referida a valor en moneda, no ocurre lo mismo en cuanto al valor real, hasta el punto de que si procedemos como en Francia, y establecemos los precios de unidades de obra, no en moneda, sino por medio de fórmulas, función de tres o cuatro variables en las que figuren los precios de unidades básicas, que en España podrían ser los del trigo, carbón, carburantes y energía eléctrica, nos encontramos con que los costos de construcción son hoy bastante más económicos que hace unos años. ¿Razón? Que la construcción se mecaniza.

Si atendemos al entretenimiento y conservación, encontramos que una placa rota de hormigón de cemento es necesario destruirla y sustituirla por otra nueva. En un pavimento bituminoso se reduce a un elemental relleno del bache.

La perfectibilidad en la construcción llega a su límite económico cuando se recurre a los productos naturales estabilizados con betunes, los cuales pueden ser establecidos de manera enormemente económica, resolviendo el problema, sobre todo de guerra, a completa satisfacción. Estos pavimentos, de los que se tiene ya sobrada experiencia en el mundo, se están utilizando cada día más, y a ellos se recurre en la mayoría de los casos de pistas de guerra como primer establecimiento, ya que admiten todas las mejoras.

No son recomendables las estabilizaciones con cemento portland, porque, construyéndose las placas sin juntas, se producen innumerables grietas, que conducen a la destrucción del pavimento.

#### **Comodidad de utilización.**

Consideramos que en cuanto a la comodidad de utilización de las pistas, los únicos que tienen la palabra son nuestros aviadores, y, por tanto, creemos que a ellos debemos dejar que opinen sobre el tema.

Si algo tenemos que observar sobre este punto es que las pistas de hormigón de cemento no tienen la flexibilidad de los pavimentos asfálticos y que las juntas de las placas crean vibraciones molestas en todos los casos. Esta es la razón por la que en muchos aeropuertos con placas de hormigón de cemento se revisten las pistas con una superficie bituminosa.

Esto mismo ocurre con las calzadas de las grandes poblaciones, donde se resuelve el problema de este modo con el exclusivo objeto de obtener mayor comodidad en la circulación.

#### **¿Qué hace el mundo?**

Este punto inicial, la información que debe obtenerse cuando se trata de la resolución de cualquier problema, queremos tratarlo en último lugar, por ser, al fin y al cabo, una resultante de los puntos anteriores.

Si nos referimos a carretera, nos encontramos con que la mayoría están construidas con pavimentos bifuminosos. En nuestro propio país tenemos el ejemplo del plan de carreteras, en el que sólo una pequeña parte se construirá con pavimento rígido, a la vista de los resultados producidos en España en los diferentes ensayos efectuados. Únicamente Alemania en sus grandes autopistas y Norteamérica, han recurrido a los hormigones de cemento, pero empleando en todos unas juntas verdaderamente complicadas... *y costosisimas.*

En lo que a Aeropuertos se refiere, podemos decir que el mundo está entregado totalmente a las pistas de pavimentos bituminosos, siendo así aún en aquellos países que carecen de productos asfálticos, como por ejemplo en Francia e Italia. Norteamérica sigue el mismo sistema, y sólo en escasos aeropuertos comerciales ha construido pavimentos rígidos. En los aeropuertos de guerra, y después de su experiencia en Corea, también se afirma en construir pistas flexibles. Todos los aeródromos de los que poseemos información, y los que actualmente construye en Africa, son de pavimentos bituminosos, y cuatro de ellos, los situados en Nigeria, se construyen con pistas de firmes estabilizados con betún, tanto con arena como con lateritas.

Inglaterra construye pavimentos bituminosos hasta en las zonas de estacionamiento.