

# Drenaje de

# aeropuertos

Por FRANCISCO L.-PEDRAZA

Ingeniero Aeronáutico.

Uno de los principales problemas de un aeropuerto es la construcción de la red de drenaje, la cual tiene por objeto el alejamiento rápido de las aguas de la zona utilizable por las aeronaves, evitando los encharcamientos permanentes del campo, que pueden hacerlo impracticable en las épocas de lluvia.

Se ha visto que en las zonas de hierba la estabilidad de los terrenos depende de la humedad, ya que ésta es la causa de la formación del barro, y, por otra parte, en las zonas pavimentadas puede ocurrir, por causa de la humedad, el reblandecimiento del terreno en la base de los firmes, lo que origina la destrucción de los mismos.

Las obras de drenaje son un capítulo muy importante en el presupuesto de construcción de un aeropuerto; y quizá es el punto de máxima atención para el Ingeniero, por ser una obra a la que se ponen trabas sistemáticamente en todos los países por las entidades constructoras, que no conciben la cuantía del gasto en obras que no se ven, y cuyo efecto no puede observarse en la mayoría de los casos más que por los conocedores del lugar.

Haciendo una comparación con construcciones de otros tipos, puede decirse que un aeropuerto sin drenaje es tan "inhabitable" como una población sin alcantarillado.

Cuando el suelo es muy poroso, es decir, cuando está constituido por gravas y arenas, la evacuación de las aguas puede hacerse por filtración natural en el terreno, y entonces, los gastos pueden ser reducidos; pero en los casos de te-

renos compactos y en los que el nivel de aguas freáticas está cerca de la superficie, los gastos en el drenaje llegan a cifras de 20.000 pesetas por hectárea, y esto construyendo los drenes con maquinaria especial. Por esta razón hace falta efectuar estudios muy detallados sobre intensidades de lluvia, corrientes de agua, permeabilidad del suelo, variación del nivel de aguas subterráneas, etc., ya que una pequeña variación en la apreciación de estos datos puede conducir a cifras de costo muy distintas.

Las aguas a eliminar en un aeropuerto pueden provenir: *a)* de las lluvias que caen en la superficie del mismo; *b)* del agua que asciende del subsuelo, bien por efectos capilares o bien por aumento de nivel de la capa freática de aguas; *c)* de las corrientes de agua que pueden irrumpir en el aeropuerto, originadas por lluvias en las donas que rodean el mismo.

Por esta razón se acostumbra a dividir la red de drenaje con arreglo a sus fines en: *a)* drenaje superficial; *b)* drenaje subterráneo; *c)* drenaje de circunvalación.

Estas tres redes son algunas veces completamente independientes, pero otras se acoplan en un sistema unitario que cumple los tres fines.

La necesidad de construcción de las diferentes redes depende exclusivamente de las características del suelo y de la topografía de sus alrededores. El drenaje de circunvalación se construirá si hay posibilidad de corrientes que puedan inundar el aeropuerto. En cuanto a las dos primeras, pueden ocurrir los siguientes casos:

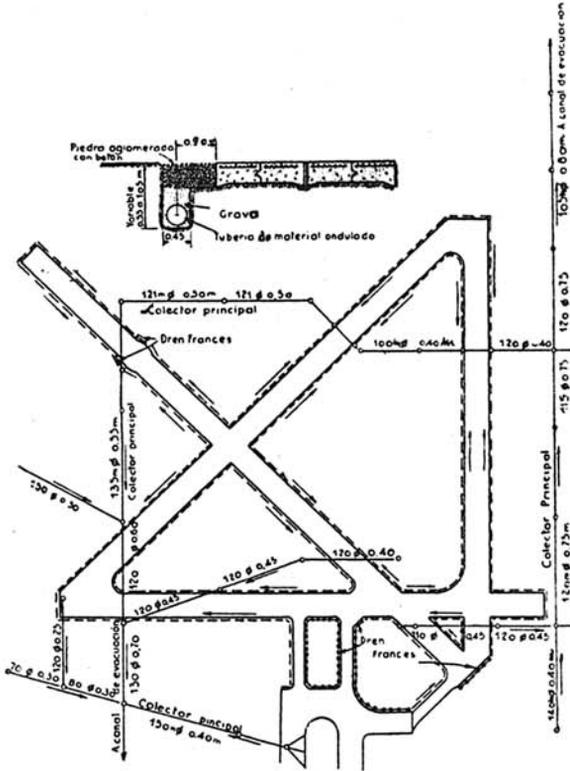


Fig. 1.

- |   |  |
|---|--|
| <p>1.º Suelos permeables y de constitución uniforme en gran profundidad.</p> <p>2.º Suelo impermeable y de constitución uniforme en gran profundidad.</p> | <p>Probablemente bastará dar pendientes adecuadas a la superficie del aeropuerto.</p> <p>Necesita red de drenaje superficial, pero es probable no necesite la subterránea.</p> |
|---|--|

- |   |  |
|---|--|
| <p>3.º Suelo permeable y subsuelo impermeable.</p> <p>4.º Suelo impermeable y subsuelo permeable.</p> <p>5.º Suelo y subsuelo constituidos por estratos irregulares, permeables e impermeables.</p> | <p>Bastará con la construcción de la red subterránea, colocada encima del estrato impermeable, a menos que, por estar muy profundo este estrato, no sea perjudicial la capa de agua que puede soportar, en cuyo caso no necesita tampoco la red subterránea.</p> <p>Necesita la red de drenaje superficial.</p> <p>Necesita drenaje superficial, dependiendo del nivel de aguas freáticas la necesidad de construcción del dren subterráneo.</p> |
|---|--|

*Datos necesarios para el drenaje.*—Los datos necesarios para el proyecto de las diferentes redes son los siguientes:

- 1.º Plano topográfico de los alrededores del lugar, que comprenda las cuencas de arroyos y corrientes de agua que pasan por el aeropuerto o por sus cercanías, con máximos caudales registrados en los mismos.
- 2.º Datos de lluvia caída en el lugar e intensidades máximas.
- 3.º Planos del aeropuerto donde se especifiquen las pendientes del terreno.
- 4.º Secciones del terreno donde se indiquen tanto la composición de los diferentes estratos,

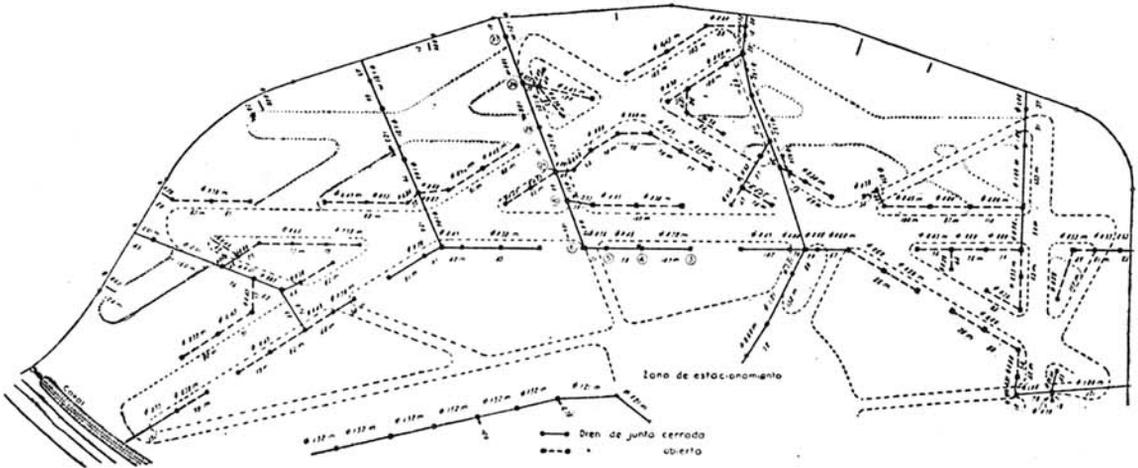


Fig. 2.

como los máximos niveles de aguas subterráneas.

5.º Datos sobre permeabilidad de las diferentes capas.

**Drenaje superficial.**

*Esquema general del drenaje superficial.*—El estudio de la evacuación de las aguas superficiales está íntimamente unido al proyecto de conjunto del aeropuerto, ya que todo el sistema depende tanto de las pendientes longitudinales y transversales de las pistas, como de la *creación* de puntos bajos, donde hay que situar las acometidas de aguas a la red general de evacuación.

Consta, por tanto, el proyecto de drenaje superficial, de dos partes: una que comprende el estudio de la superficie del campo, y otra que se refiere al establecimiento de la red de evacuación.

Mediante el estudio de la primera parte, se divide el campo en dos clases de zonas: unas "no inundables", que no deben tener en ningún momento cantidades de agua que dificulten el tráfico, y son las zonas de pistas, tanto de despegue como de rodadura, y las zonas de estacionamiento; y otras "inundables", que momentáneamente pueden almacenar cierta cantidad de aguas que se elimina posteriormente por la red de evacuación, como son las zonas de hierba situadas entre las pistas.

La red de evacuación consta, en general, de unas tuberías que siguen los bordes de las pis-

tas y que tienen por misión la evacuación de aguas de las zonas "no inundables", y de otros ramales de trazado irregular, con acometidas en los puntos bajos de las zonas entre pistas, cuya misión es la recogida de aguas de las zonas "inundables".

La división en zonas "inundables" y "no inundables" no tiene más objeto que disminuir el costo de la obra, ya que lo ideal sería que en todo momento el caudal de aguas de lluvia fuera absorbido por la red de evacuación; pero no siendo vital para el tráfico que durante algunos minutos las zonas entre pistas tengan cierta cantidad de agua, se pueden emplear éstas como depósito momentáneo de la misma.

En la figura 1 está representado el estudio de evacuación superficial del aeropuerto de Indianapolis, y en las figuras 2, 3 y 4 se especifican las soluciones dadas a los aeropuertos de Washington, New-Orleáns y Springfield. En todas ellas se observa que las pistas y las zonas de estacionamiento son las que se atienden con mayor cuidado, por ser las "no inundables".

Cuando las zonas entre pistas son más bajas que las pistas, puede prescindirse de las líneas de drenes paralelas a estas últimas, ya que las aguas vierten a las zonas inundables; es claro que en estos casos la altura máxima de las aguas en las zonas de almacenamiento debe ser menor que la altura del borde de las pistas. En la figura 5 se muestra un aeropuerto resuelto de este modo, marcándose en las zonas inundables el máximo contorno de la zona de agua en depósito.

Cuando, por el contrario, las pistas se sitúan en zonas hacia las que vierten las aguas, conviene situar, además de la línea de borde de pista, otra línea situada a 40 ó 50 metros de la anterior y de nivel más bajo que ella, con objeto de defender mejor las pistas y sus proximidades (fig. 6).

En los campos constituídos totalmente por césped deben situarse las tuberías de evacuación paralelamente a las direcciones principales de aterrizaje, y si las pendientes del campo no lo permiten, se sitúan en la dirección de las vaguadas del campo. La distancia entre drenes paralelos debe ser en este caso de 150 metros como máximo.

*Cantidad e intensidad de lluvias.*—El primer dato que hace falta conocer para el proyecto del drenaje superficial es la cantidad de agua que cae sobre el campo en forma de lluvia, que se mide en milímetros de altura, y tanto esta can-

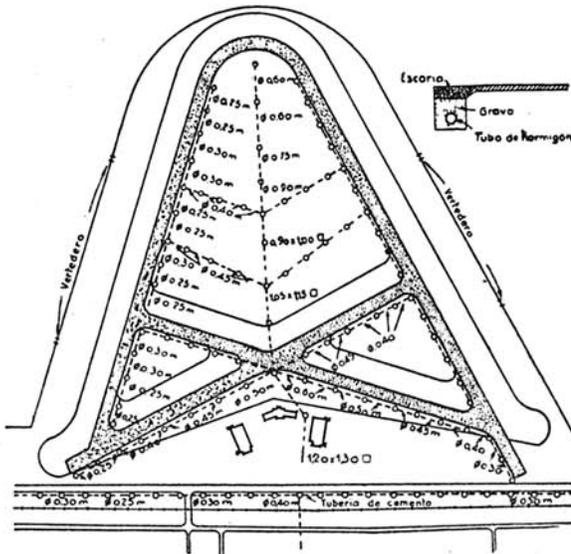


Fig. 3.

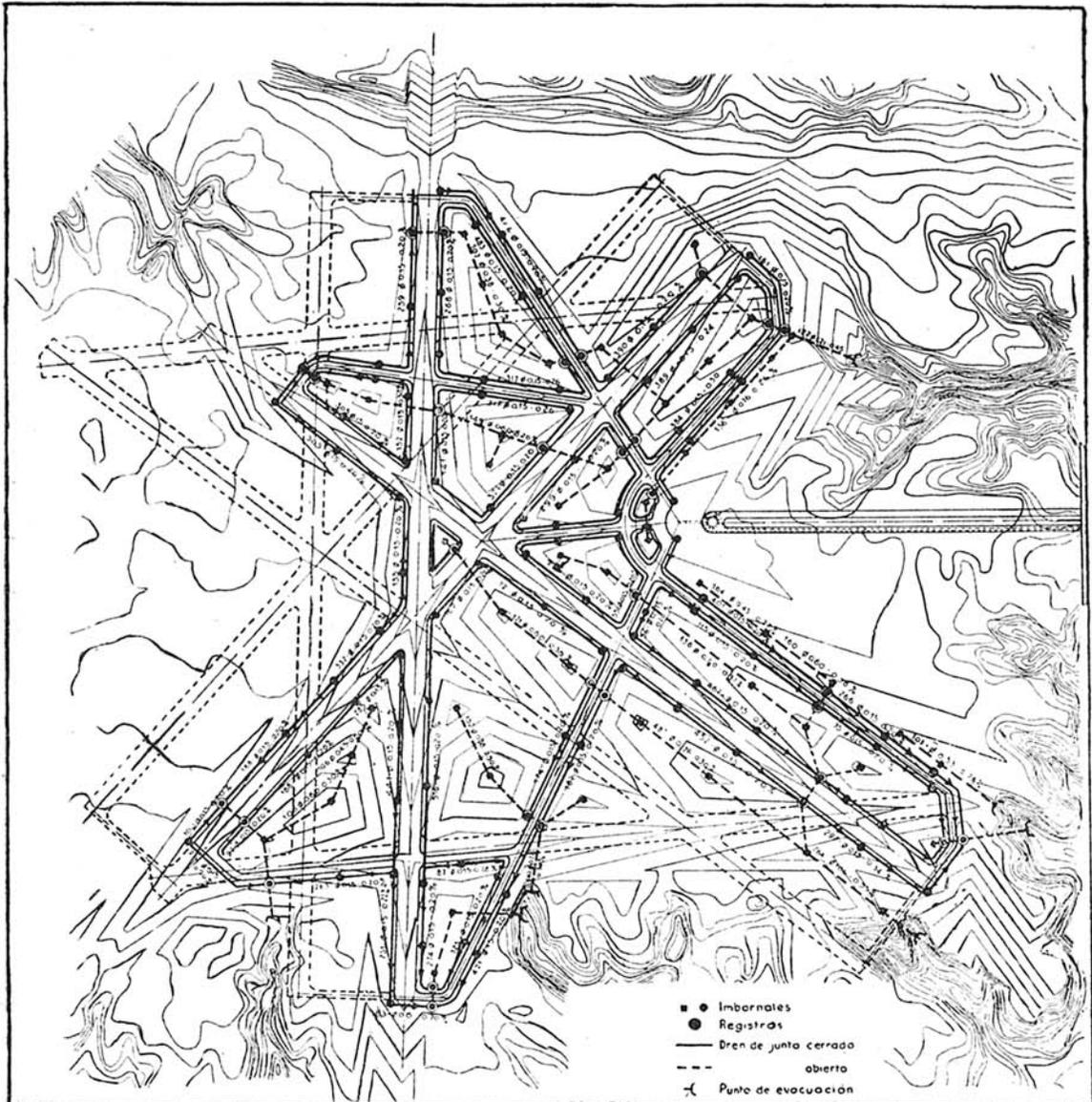


Fig. 4.

tividad como las máximas intensidades son datos que debe suministrar el Observatorio meteorológico más cercano.

Las chubascos de corta duración son, en general, los de mayor intensidad; pero, debido al retraso que se origina en la corriente superficial hasta el establecimiento del régimen permanente, por causa del recorrido que tienen que hacer las aguas, es necesario en cada caso estudiar el régimen más desfavorable para tener seguridad de la utilización del aeropuerto.

Las alturas de agua alcanzadas por los chu-

bascos son muy variables, dándose como casos notables en el mundo un chubasco de cinco minutos de duración, ocurrido en mayo de 1937 en Pensacola, U. S., que alcanzó la altura de 34 mm.; es decir, que tuvo una intensidad específica de 408 mm. por hora.

El aguacero de máxima intensidad registrada, de sesenta minutos de duración, fué el ocurrido en Gálveston-Texas, U. S., el año 1904, que alcanzó una altura de 135 mm.

Naturalmente, estas cifras máximas registradas en cada lugar no sirven como datos para el

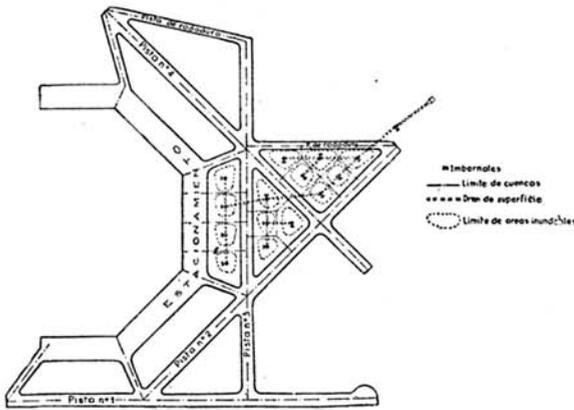


Fig. 5.

estudio del drenaje superficial, ya que es muy poco probable que se presenten, por lo que, en general, se parte de las cantidades e intensidades de agua que es probable sean alcanzadas una vez al año, o una vez cada dos años, y estas aguas se evacuan en unas zonas al mismo tiempo que llueve, y con un cierto retraso en otras.

La relación entre la intensidad específica de los chubascos de diferente duración ha sido estudiada convenientemente en todos los países, habiéndose llegado a construir las curvas representadas en la figura 7, de las cuales puede deducirse el aguacero probable de una duración cualquiera cuando se conoce el aguacero probable de otra cierta duración, generalmente de una hora.

La numeración de las curvas coincide con la altura máxima alcanzada en aguaceros de una hora de duración.

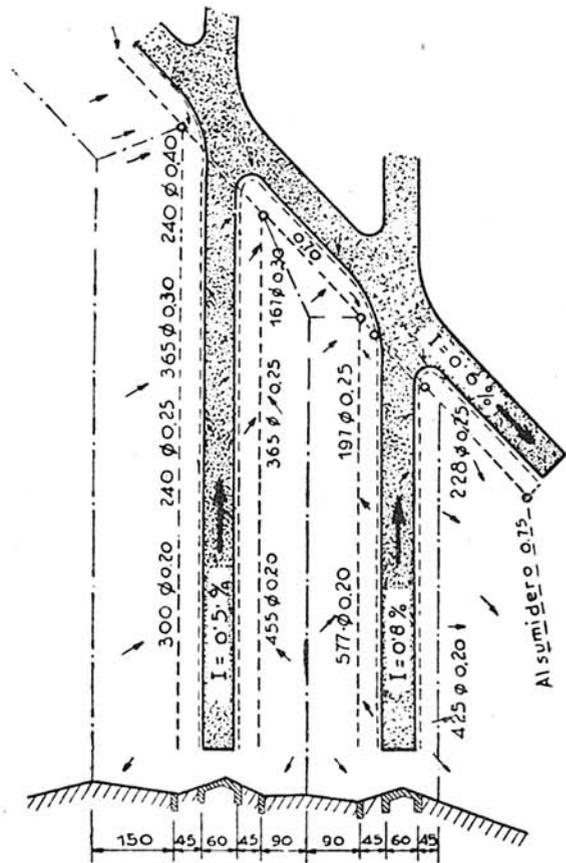
En España pueden tomarse como alturas máximas para aguaceros de una hora de duración de 20 a 40 mm., según el lugar, de las cuales se deduce, por medio de la figura anterior, la intensidad de los aguaceros de cualquier duración. La figura 8, deducida de datos facilitados por el Servicio Meteorológico Nacional, indica las intensidades de aguaceros de una hora de duración probables en España.

*Cantidad de agua a evacuar por el drenaje superficial.*—Los problemas de evacuación de lluvias en un aeropuerto son similares a los que se presentan en las ciudades. Parte de la lluvia se pierde por absorción del suelo y por evaporación, dependiendo esta pérdida de la naturaleza y permeabilidad del terreno, así como de las pendientes del mismo, de la temperatura, contenido de humedad y de otras causas de menor

importancia. La relación entre la cantidad de agua a evacuar y la cantidad de agua llovida se denomina "coeficiente de escorrentía", y tiene los valores medios, deducidos de la experiencia, que se especifican en la siguiente tabla:

*Valores del coeficiente de escorrentía.*

Naturaleza de la superficie	Valores de $\varphi$
Cubiertas de edificios .....	0,70 a 0,95
Pavimentos asfálticos de buena calidad .....	0,85 a 0,90
Pavimentos de hormigón, adoquines, etcétera, con juntas impermeables. ....	0,75 a 0,85
Pavimentos de la misma clase anterior, con juntas permeables .....	0,50 a 0,70
Pavimentos de la misma clase anterior, constituidos por elementos pequeños y juntas permeables .....	0,40 a 0,50
Pavimentos de macadam ordinario ...	0,25 a 0,60
Pavimentos de gravas gruesas .....	0,15 a 0,30
Superficies no pavimentadas .....	0,10 a 0,30
Parques, prados, bosques (muy variables con la pendiente del suelo y con la clase de subsuelo) .....	0,05 a 0,25



Longitudes y diámetros en metros

Fig. 6.

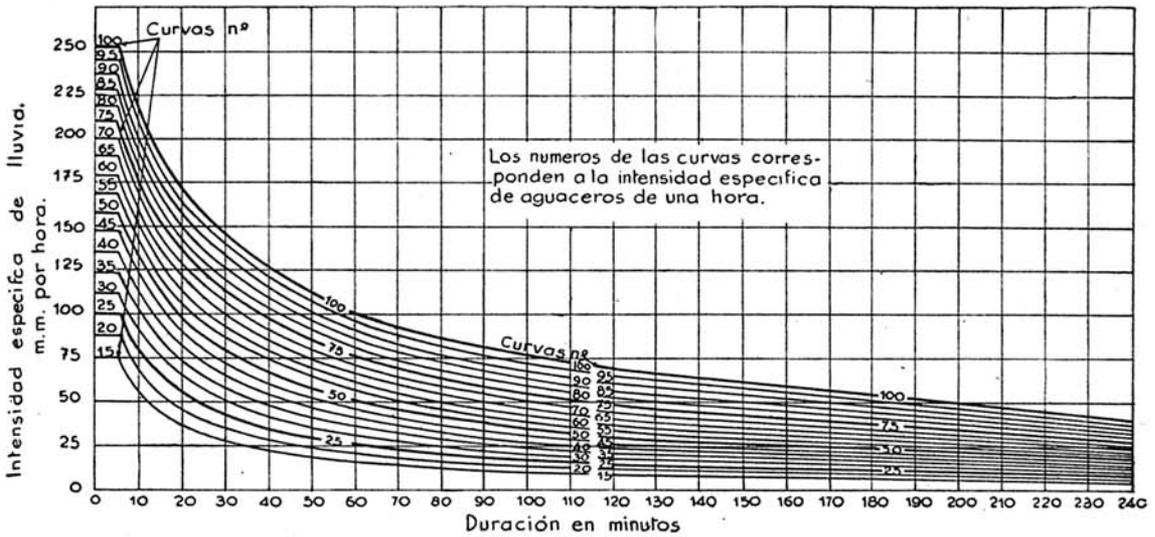


Fig. 7.

Hay que hacer notar que la utilización de los coeficientes de escorrentía viene limitada por el poder de filtración del suelo, y así como en lluvias de poca intensidad la cantidad de aguas a evacuar a largo plazo corresponde al producto de la cantidad llovida por el coeficiente de escorrentía, en los casos de aguaceros intensos sobre terrenos de hierba es necesario casi siempre evacuar mayor cantidad si se quiere tener el aeropuerto utilizable, debido a que la velocidad de filtración no puede pasar de un cierto límite.

nos llega a valores de 25 mm. de altura de agua por hora, en la mayoría de los suelos no pasa de 15 mm.

Normalmente se toman valores de filtración de 10 a 12 mm. de altura para aguaceros de una hora; para mayor facilidad en los cálculos, y por existir poco error para los aguaceros más desfavorables, se supone que esta filtración es proporcional a la intensidad de lluvia.



INTENSIDADES MEDIAS PARA AGUACEROS DE UNA HORA DE DURACION PROBABLES EN DOS AÑOS

- de 40 a 30 mm
- de 30 a 40 mm
- de 20 a 30 mm
- menos de 20 mm

Fig. 8.

La cantidad de agua a evacuar en cada momento puede obtenerse, por tanto, empleando las curvas de la figura 7 correspondientes a intensidades de lluvias, bien multiplicando sus valores por el coeficiente de escorrentía, o bien restando de la intensidad del aguacero de una hora la cantidad filtrada, utilizando en cada caso la curva que cumpla con las condiciones impuestas. Por ejemplo, si el aguacero de una hora de duración, probable en el lugar una vez cada dos años, es de 30 mm. para superficies de pistas de coeficiente de escorrentía  $\phi = 0,80$ , la cantidad de agua a evacuar será la correspondiente a la curva número  $30 \times 0,8 = 24 \approx 25$ ; y para superficies de hierba de  $\phi = 0,20$  habrá que utilizar la curva número  $(30 - 10) = 20$ , si la evacuación hay que hacerla a corto plazo; y si no hay inconveniente en que haya zonas inundadas durante algún tiempo, por ser zonas no utilizables directamente por las aeronaves, será posible tomar una cantidad a evacuar correspondiente a  $\sigma = 30 \times 0,20 = 0,60$  mm., comprobando la altura máxima de las inundaciones posibles.

Hace falta, por tanto, tener en cuenta esta velocidad de filtración, que si en algunos terre-