

## ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

# Concepto dinámico de franjas de pista según tipo de operación

*The dynamic concept of runway slots by type of operation*

Ing. Sergio Pitrelli  
Ing. Alejandro Di Bernardi  
Ing. Alejandro J. Pesarini

Grupo Transporte Aéreo (UIDET GTAGIAI), Departamento de Aeronáutica, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata.

Artículo presentado en las 6.ªs Jornadas de Investigación, Transferencia, Extensión y Enseñanza (JITEyE) de la Facultad de Ingeniería de la UNLP. 2021.

**Palabras clave:** TRANSPORTE-SEGURIDAD OPERACIONAL-INFRAESTRUCTURA AERONÁUTICA-CASO DE ESTUDIO- FRANJA DE PISTA.

**Keywords:** TRANSPORT- SAFETY-AERONAUTICAL INFRASTRUCTURE-CASE STUDIES- RUNWAY STRIP.

Recibido: 02/10/2022  
Aceptado: 02/11/2022

## Resumen

El objeto del presente trabajo es mostrar criterios de aplicación práctica para el concepto de franjas de pista operativas. La necesidad de optimizar el aprovechamiento de las infraestructuras en los aeropuertos despierta especial interés desde varios puntos de vista: entre otros, operacionales, ambientales o económicos. Naturalmente, las pistas no escapan a esta realidad. Las demandas operacionales impuestas por la mezcla de tráfico, según combinación de aeronave, tipo de propulsor y pesos operacionales, solicitadas para los orígenes/destinos por los planes de negocios de las aerolíneas, demandan una pista “requerida” mientras que el aeropuerto ofrece, a través de su infraestructura existente, una pista “disponible”.

## Abstract

The purpose of this paper is to show practical application criteria for the concept of operational runway strips. The need to optimize the use of airport infrastructures is of particular interest from various points of view, including operational, environmental and economic ones. Naturally, runways do not escape this reality. The operational demands imposed by the traffic mix, according to the combination of aircraft, propeller type and operational weights, requested for the origins/destinations by the airlines' business plans, demand a “required” runway while the airport offers, through its existing infrastructure, an “available” runway.



## Introducción

Poder aprovechar al máximo la infraestructura disponible, a través del análisis de sus distancias declaradas, resulta de vital importancia para la optimización del sistema aeroportuario.

Para lograr ello resulta necesario la aplicación de las normas vigentes según lo establecido en las mismas teniendo siempre presente las operaciones que en dichas pistas se darán según con la seguridad operacional exigida.

En este contexto, surgen interrogantes como: ¿la franja de pista es única para la pista física determinada por infraestructura?, o ¿existe la posibilidad de determinar diferentes franjas para cada pista en función de la operación que allí se realiza?. Es por ello que un concepto de “pista operativa” y “franja dinámica” toma relevancia.

El objeto del presente trabajo es mostrar criterios de aplicación práctica al concepto de franjas de pista “operativa” con una idea más dinámica y en aprovechamiento de las infraestructuras existentes en los aeropuertos, considerando que el punto 3.4 Franjas de pista del Anexo 14 al Convenio sobre Aviación Civil Internacional de la Organización de Aviación Civil determina como plural las referencias a las franjas y en singular las referencias a la pista, abriendo así una interpretación complementaria y diferente al uso y costumbres habituales.

El alcance del presente trabajo se centra en el análisis de la aplicación según las definiciones y características de una franja de pista establecidas en el Anexo 14, 8va Edición (2018). Volumen I Diseño y Operaciones de Aeródromos. Organización Aviación Civil Internacional (OACI).

## Desarrollo y discusión

Dado que, por una parte, las franjas de pistas son áreas que rodean una pista y sus zonas de parada, si las hubiese, que deben tener características tales que reduzcan el daño a las aeronaves que transitan por la misma ante la eventual posibilidad de salida de pista y, por otro lado, proporcionar un área libre de obstáculos con el objeto de proteger a las aeronaves que la sobrevuelan durante las operaciones de despegue y aterrizaje. Este breve documento pretende presentar opciones para la implementación de las franjas de forma segura observando sus definiciones sin perder de vista el tipo de operación que allí se realiza, con el objeto de evitar algún tipo de penalización impuesta por la infraestructura y permitir una mayor flexibilidad de implementación.

Según normativa internacional tenemos las siguientes definiciones (Anexo 14, 2018)

**Franja de pista.** Una superficie definida que comprende la pista y la zona de parada, si la hubiese, destinada a:

- a) reducir el riesgo de daños a las aeronaves que se salgan de la pista; y
- b) proteger a las aeronaves que la sobrevuelan durante las operaciones de despegue o aterrizaje.

**Pista.** Área rectangular definida en un aeródromo terrestre preparada para el aterrizaje y el despegue de las aeronaves.

**Pista para aproximaciones de precisión.** Véase Pista de vuelo por instrumentos.

**Pista de despegue.** Pista destinada exclusivamente a los despegues.

**Pista de vuelo por instrumentos.** Uno de los siguientes tipos de pista destinados a la operación de aeronaves que utilizan procedimientos de aproximación por instrumentos:

- a) Pista para aproximaciones que no son de precisión. Pista de vuelo servida por ayudas visuales y ayudas no visuales

destinada a operaciones de aterrizaje después de una operación de aproximación por instrumentos de Tipo A y con visibilidad no inferior a 1 000 m.

- b) Pista para aproximaciones de precisión de Categoría I. Pista de vuelo servida por ayudas visuales y ayudas no visuales destinadas a operaciones de aterrizaje después de una operación de aproximación por instrumentos de Tipo B con una altura de decisión (DH) no inferior a 60 m (200 ft) y con una visibilidad de no menos de 800 m o con un alcance visual en la pista no inferior a 550 m.

- c) Pista para aproximaciones de precisión de Categoría II. Pista de vuelo servida por ayudas visuales y ayudas no visuales destinadas a operaciones de aterrizaje después de una operación de aproximación por instrumentos de Tipo B con una altura de decisión (DH) inferior a 60 m (200 ft) pero no inferior a 30 m (100 ft) y con un alcance visual en la pista no inferior a 300 m.

- d) Pista para aproximaciones de precisión de Categoría III. Pista de vuelo servida por ayudas visuales y ayudas no visuales destinada a operaciones de aterrizaje después de una operación de aproximación por instrumentos de Tipo B hasta la superficie de la pista y a lo largo de la misma; y

A – destinada a operaciones con una altura de decisión (DH) inferior a 30 m (100 ft), o sin altura de decisión y un alcance visual en la pista no inferior a 175 m.

B – destinada a operaciones con una altura de decisión (DH) inferior a 15 m (50 ft), o sin altura de decisión, y un alcance visual en la pista inferior a 175 m pero no inferior a 50 m.

C – destinada a operaciones sin altura de decisión (DH) y sin restricciones de alcance visual en la pista.

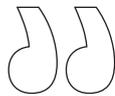
Nota 1.— Las ayudas visuales no tienen necesariamente que acomodarse a la escala que caracterice las ayudas no visuales que se proporcionen. El criterio para la selección de las ayudas visuales se basa en las condiciones en que se trata de operar.

Nota 2.— Consúltese el Anexo 6 – Operación de aeronaves, para los tipos de operaciones de aproximación por instrumentos.

**Pista de vuelo visual.** Pista destinada a las operaciones de aeronaves que utilicen procedimientos de aproximación visual o un procedimiento de aproximación por instrumentos a un punto más allá del cual pueda continuarse la aproximación en condiciones meteorológicas de vuelo visual.

Como se aprecia, la definición de franja está asociada a la pista y a la zona de parada, y la definición de pista está asociada a la pista según tipo de operación en la que ella se realiza.

**“ Las franjas de pistas son áreas que rodean una pista, y sus zonas de parada –si las hubiese– deben tener características tales que reduzcan el daño a las aeronaves.**



### Casos de estudio

Aplicando lo anterior se determinan las dimensiones de una franja de pista para

#### Caso A. Aeropuerto con dos pistas

Aeropuerto genérico con dos pistas paralelas de iguales dimensiones con operaciones segregadas (operaciones simultáneas donde una pista estará dedicada exclusivamente a los aterrizajes y la otra a los despegues). En ambos casos la clave de referencia del aeródromo será “4E”, y las pistas no contarán ni con SWY (zona de parada) ni CWY (zona libre de obstáculos). Además, la pista de aterrizaje será para operaciones de aproximación de precisión CAT I. (Nota: en los esquemas desarrollados a continuación el avión representa el sentido de operación de la pista).

La longitud de la franja de pista está dada por:

#### Longitud de las franjas de pista

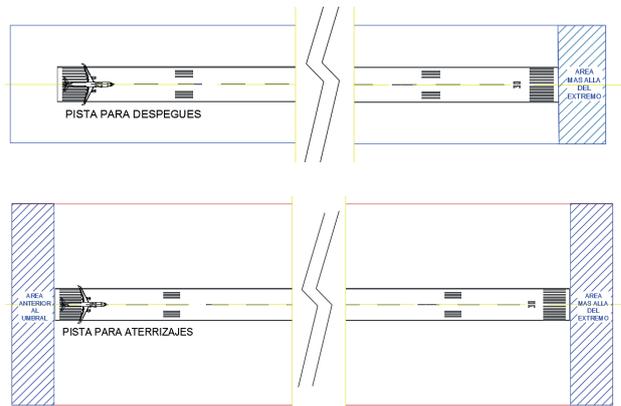
3.4.2 Toda franja se extenderá antes del umbral y más allá del extremo de la pista o de la zona de parada hasta una distancia de por lo menos:

- 60 m cuando el número de clave sea 2, 3 o 4;
- 60 m cuando el número de clave sea 1 y la pista sea de vuelo por instrumentos; y
- 30 m cuando el número de clave sea 1 y la pista sea de vuelo visual.

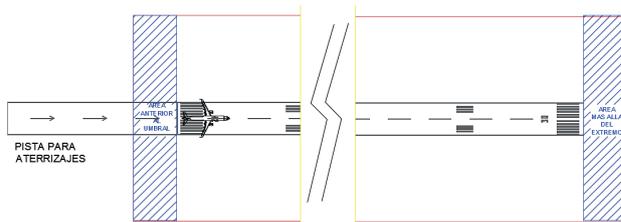
En definiciones indicadas en 1.1 del Anexo 14 se define el umbral, pero no el extremo:

**Umbral.** Comienzo de la parte de pista utilizable para el aterrizaje.

Se determina así un área antes del umbral y más allá del extremo, entendiéndose al extremo de pista como la extremidad opuesta al umbral, es decir, el fin de la carrera tanto en despegue como aterrizaje; en otras palabras, no se define un área anterior al extremo coincidente con el comienzo de la carrera de despegue. En un esquema sería lo siguiente:



En una pista con umbral desplazado sería lo siguiente:



La anchura de la franja está dada según categoría de aproximación y clave de referencia del aeródromo.

#### Anchura de las franjas de pista

3.4.3 Siempre que sea posible, toda franja que comprenda una pista para aproximaciones de precisión se extenderá lateralmente hasta una distancia de por lo menos:

- 150 m cuando el número de clave sea 3 o 4; y
  - 75 m cuando el número de clave sea 1 o 2;
- a cada lado del eje de la pista y de su prolongación a lo largo de la franja.

3.4.4 Recomendación.— Toda franja que comprenda una pista para aproximaciones que no sean de precisión debería extenderse lateralmente hasta una distancia de por lo menos:

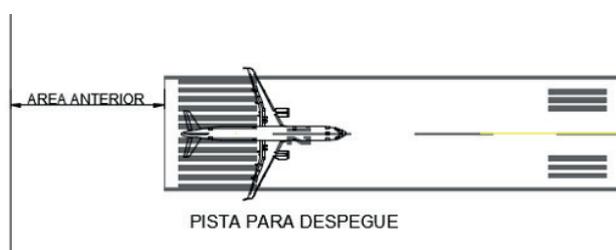
- 150 m cuando el número de clave sea 3 o 4; y
  - 75 m cuando el número de clave sea 1 o 2;
- a cada lado del eje de la pista y de su prolongación a lo largo de la franja.

3.4.5 Recomendación.— Toda franja que comprenda una pista de vuelo visual debería extenderse a cada lado del eje de la pista y de su prolongación a lo largo de la franja, hasta una distancia de por lo menos:

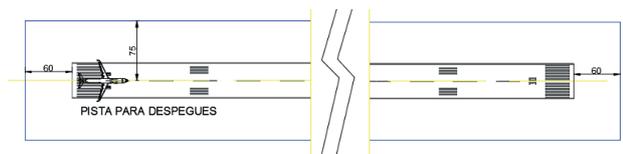
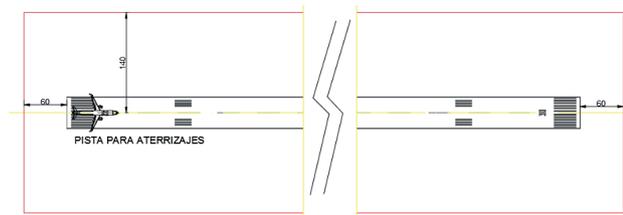
- 75 m cuando el número de clave sea 3 o 4;
- 40 m cuando el número de clave sea 2; y
- 30 m cuando el número de clave sea 1.

En el caso de la pista para aterrizajes cabe preguntarse: ¿por qué la dimensión de una franja de pista utilizada solo para aterrizaje se determina según el número clave? (si este último está relacionado directamente a la longitud de campo de referencia -LCR-, la cual es una longitud requerida por el avión para el despegue en unas condiciones determinadas). Es decir, ¿por qué algunas de las características de la franja están dadas para un tipo de operación, sin hacer referencia a los despegues de manera directa?

Por otra parte, para la pista de despegue cabe preguntarse: ¿cuál es el sentido de tener una porción o área de franja anterior al comienzo de pista "umbral" cuando la pista solo se utiliza para despegues?

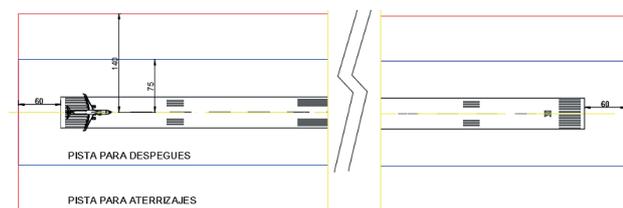


Según el tipo de operación tendríamos las siguientes franjas:



### Caso B. Aeropuerto con una pista derivada del caso A

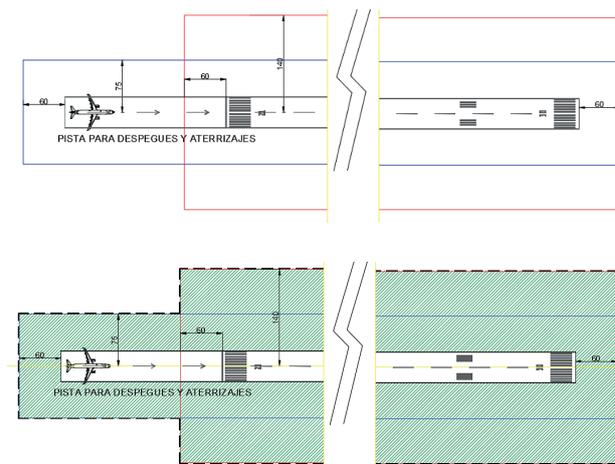
Tomando el caso anterior, si suponemos que por necesidades determinadas hay que anular una de las pistas y llevar todas las operaciones a la que queda operativa, tendríamos lo siguiente:



Lógicamente, la franja es una sola, con lo cual tendríamos la más amplia (roja) ya que la otra queda contenida en ella.

### Caso C. Aeropuerto con una pista derivada del caso A y con umbral desplazado

Siguiendo la línea de pensamiento anterior, en caso de aeropuertos con una sola pista, pero con el umbral desplazado una distancia determinada, lo que se tendría que representar en el siguiente esquema, sería:



La franja de pista ya no sería de una anchura fija, sino que parte de la misma estaría determinada por la necesidad del tipo de operación para la que esté previsto

Por otra parte:

#### Nivelación de las franjas de pista

3.4.8 Recomendación.— La parte de una franja que comprenda una pista de vuelo por instrumentos, debería proveer, hasta una distancia de por lo menos:

- 75 m cuando el número de clave sea 3 ó 4;
- 40 m cuando el número de clave sea 1 ó 2;

del eje de la pista y de su prolongación, un área nivelada en atención a los aviones a que está destinada la pista en el caso de que un avión se salga de ella.

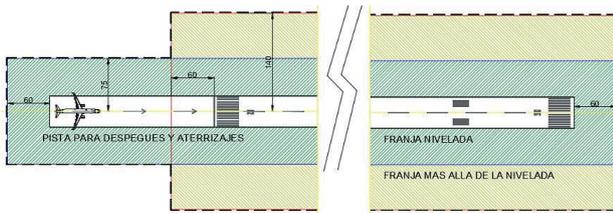
Nota.— En el Adjunto A, Sección 9, se da orientación sobre la nivelación de un área más amplia de una franja que comprenda una pista para aproximaciones de precisión cuando el número de clave sea 3 ó 4.

3.4.9 Recomendación.— La parte de una franja de una pista de vuelo visual debería proveer, hasta una distancia de por lo menos:

- 75 m cuando el número de clave sea 3 ó 4;
- 40 m cuando el número de clave sea 2; y
- 30 m cuando el número de clave sea 1;

desde el eje de la pista y de su prolongación, un área nivelada destinada a los aviones para los que está prevista la pista, en el caso de que un avión se salga de la misma.

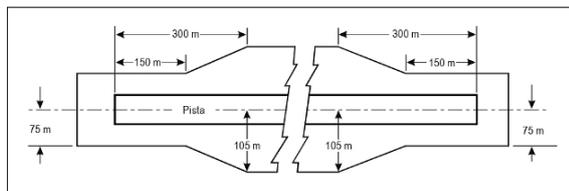
En el caso de nivelación de franja, no se asocia las áreas a nivelar con algún tipo de aproximación sino con el tipo de vuelo (instrumental o visual) para las que están destinadas las pistas y también, claro está, se la asocia con el tipo de avión a través de la clave.



Además de lo anterior, en el Adjunto A sección 9 se indica que:

### 9.3 Nivelación de una franja en pistas para aproximaciones de precisión

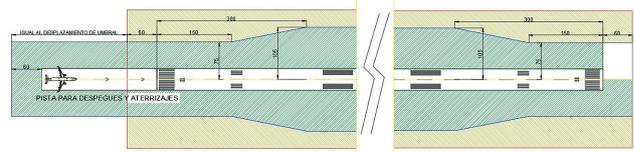
En el Capítulo 3, 3.4.8, se recomienda que la parte de una franja que comprenda una pista de vuelo por instrumentos con número de clave 3 ó 4 se nivele hasta una distancia del eje de la pista de 75 m por lo menos. En el caso de las pistas para aproximaciones de precisión, sería conveniente adoptar una anchura mayor si el número de clave es 3 ó 4. En la Figura A-4 se indican la forma y dimensiones de una franja más ancha que podría considerarse para dichas pistas. Esta franja se ha proyectado utilizando los datos sobre las aeronaves que se salen de la pista. La parte que debe nivelarse se extiende lateralmente hasta una distancia de 105 m desde el eje, pero esta distancia se reduce paulatinamente a 75 m en ambos extremos de la franja, a lo largo de una distancia de 150 m, contada desde el extremo de la pista.



En este sentido menciona que, para el caso de una recomendación es conveniente ampliar la misa, con lo cual parece haberse anidado una recomendación dentro de otra más conveniente. En estos puntos (3.4.8 – 3.4.9 y sección 9 del Adjunto A) siempre se refiere a la distancia lateral, pero respecto a la longitudinal se menciona siempre a la prolongación del eje de pista.

Se menciona además que esta forma es por tener en cuenta las aeronaves que se salen de pista, entendiendo que se refiere a sucesos de *over run* (salida por extremo de pista aterrizando o despegando), *veer off* (salidas laterales ya sea despegando o aterrizando) y *under shut* aterrizando.

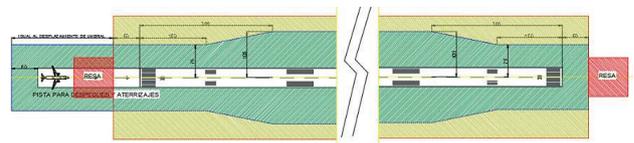
Por lo anteriormente expresado, si tenemos una pista con umbrales coincidentes con extremos, no tendríamos problemas. Pero para el caso de pistas con un umbral desplazado, podríamos pensar en la siguiente situación:



Incluso si aplicamos la definición de área de seguridad de extremo de pista (RESA)

**Área de seguridad de extremo de pista (RESA).** Área simétrica respecto a la prolongación del eje de la pista y adyacente al extremo de la franja, cuyo objeto principal consiste en reducir el riesgo de daños a un avión que efectúe un aterrizaje demasiado corto o se salga del final de la pista.

tendremos el siguiente esquema:



## CONCLUSIONES

Hemos presentado tres casos de estudio con sus respectivos comentarios y observaciones de los cuales claramente surge la posibilidad de determinar franjas de pistas "dinámicas" según el tipo de operación que en cada pista se realiza, contemplando siempre las distancias declaradas disponibles. Claramente, este concepto se aparta del criterio tradicional de franja de pista envolvente, del tipo estático, sin contemplación operativa tal cual prima de manera habitual.

La diferencia entre un concepto tradicional y el propuesto, de carácter dinámico, podría transformarse en solución a los problemas que suelen darse en muchos aeropuertos con necesidad de optimización de sus espacios disponibles para así poder declarar dimensiones de franja de pista en un todo de acuerdo con el Anexo 14, pero con una mirada operativa diferenciadora. Lo anterior proporciona mayor flexibilidad y posibilidad de aprovechamiento de las infraestructuras disponibles quedando para instancias superiores de discusión la decisión de ajustar y adecuar estos conceptos en la normativa de referencia internacional.

## Bibliografía

Organización Aviación Civil Internacional (OACI), (2018). Anexo 14, 8.ª Edición. Volumen I Diseño y Operaciones de Aeródromos.