



# Taller sobre Estudios Aeronáuticos para Aeropuertos

*Lima, 1-4 Aut 2011*

*La Base Racional de SARPS de la OACI*

Manuel Ayres Jr., Ph.D.



# Clave de Referencia del Aeródromo

- Antes de 1981 – Letra correspondiente a la longitud de la pista y el tipo de operación (despegue, aproximación no instrumento, el instrumento)
- Cód. Ref actual: longitud de la pista y la anchura de la envergadura o del tren (número y letra)
- Base: rendimiento y dimensiones de la aeronave crítica, exactitud técnica y simplicidad
- Nuevo código: número y letra
  - Número: Longitud de la pista
  - Letra: Envergadura y ancho del tren
- El nuevo código ha requerido la reformulación de las SARP<sub>s</sub>

# Clave de Referencia de Aeródromo

Tabla 1-1. Clave de referencia de aeródromo  
(véanse 1.7.2 a 1.7.4)

Elementos 1 de la clave			Elementos 2 de la clave	
Núm. de clave (1)	Longitud de campo de referencia del avión (2)	Letra de clave (3)	Emvergadura (4)	Anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal <sup>a</sup> (5)
1	Menos de 800 m	A	Hasta 15 m (exclusive)	Hasta 4,5 m (exclusive)
2	Desde 800 m hasta 1 200 m (exclusive)	B	Desde 15 m hasta 24 m (exclusive)	Desde 4,5 m hasta 6 m (exclusive)
3	Desde 1 200 m hasta 1 800 m (exclusive)	C	Desde 24 m hasta 36 m (exclusive)	Desde 6 m hasta 9 m (exclusive)
4	Desde 1 800 m en adelante	D	Desde 36 m hasta 52 m (exclusive)	Desde 9 m hasta 14 m (exclusive)
		E	Desde 52 m hasta 65 m (exclusive)	Desde 9 m hasta 14 m (exclusive)
		F	Desde 65 m hasta 80 m (exclusive)	Desde 14 m hasta 16 m (exclusive)

# *Base Racional de SARPS de la OACI*

- Anchura de la pista de despegue
- Separaciones
- Pendientes transversales
- Anchura de las franjas de pista
- Longitud de las franjas de pista
- RESA
- Nivelación de las franjas de pista
- Anchura de la calle de rodaje
- Márgenes de la pista de despegue
- Márgenes de la calle de rodaje
- Franja de la calle de rodaje

# Enfoque del ARCP

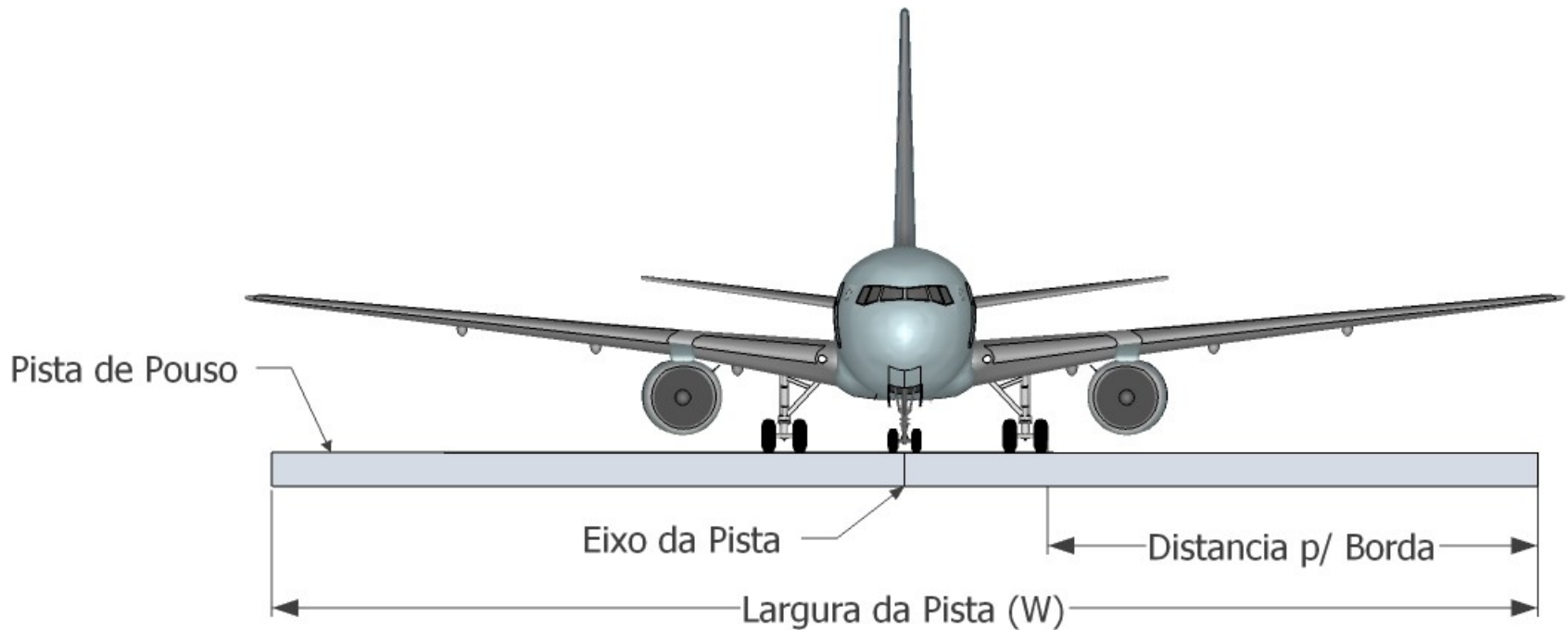
- Propósito de la SARP
- Base racional
- Características relevantes de la aeronave
- Otros factores relevantes
- Expansión del margen de seguridad
- Referencias

Relacionar la base racional con las características de la aeronave para establecer la norma

# Anchura de la pista de despegue

- Objetivo: mantener la aeronave en la área pavimentada
- Base: No permitir que las ruedas de la aeronave saldrá más allá de los bordes de la pista durante desviaciones laterales
- Características de la aeronave: la anchura del tren de aterrizaje principal
- Otros factores: tipo de aproximación, magnitud de las desviaciones laterales, en general afectados por la velocidad de aproximación, componente transversal del viento, condiciones de superficie de la pista
- Margen extra de seguridad: ninguno
- Referencia: Anexo 14 - Edicion1

# Anchura de la pista de despegue



# Largura da Pista de Pouso

Letra Clave	Min. Anchura de Pista (m)	Anchura del Tren (m)	Distancia al Borde (m)	Desv. estándar (m)	z	Prob Rueda Salir de la Pista
A	18	4.5	6.75	1.2	5.63	9.3E-09
B	23	6	6	1.6	5.31	5.4E-08
C	30	9	7	2.0	5.25	7.6E-08
D	45	14	15.5	2.9	5.34	4.5E-08
E	45	14	15.5	2.8	5.54	1.5E-08
F	60	16	22	2.9*	7.59	1.6E-14

# Alternativa p/ eliminar/reducir el riesgo

- Ampliar la anchura de la pista (tomar ventaja de las márgenes si es posible)
- Compruebe la probabilidad de que un avión más grande con el tren
- Limitar ancho del tren de aterrizaje
- Exigir grooving
- Mejora de fricción promedio
- Límite de viento cruzado
- Limitar las operaciones durante las fuertes lluvias
- Implementar luces de eje

# Pendiente Transversal de la Pista

- Objetivo: Drenar el agua de la superficie
- Base: pendiente máxima, sin afectar la capacidad de control de la aeronave o imponer excesivas cargas laterales sobre el tren de aterrizaje
- características de la aeronave: la anchura del tren de aterrizaje, el control de la aeronave y la masa de la aeronave
- Otros factores: la carga lateral en el tren de aterrizaje
- Margen extra de seguridad: ninguna
- Referencia: Anexo 14 - 1<sup>a</sup> Edición y la 8<sup>a</sup> Conferencia AN (1974)

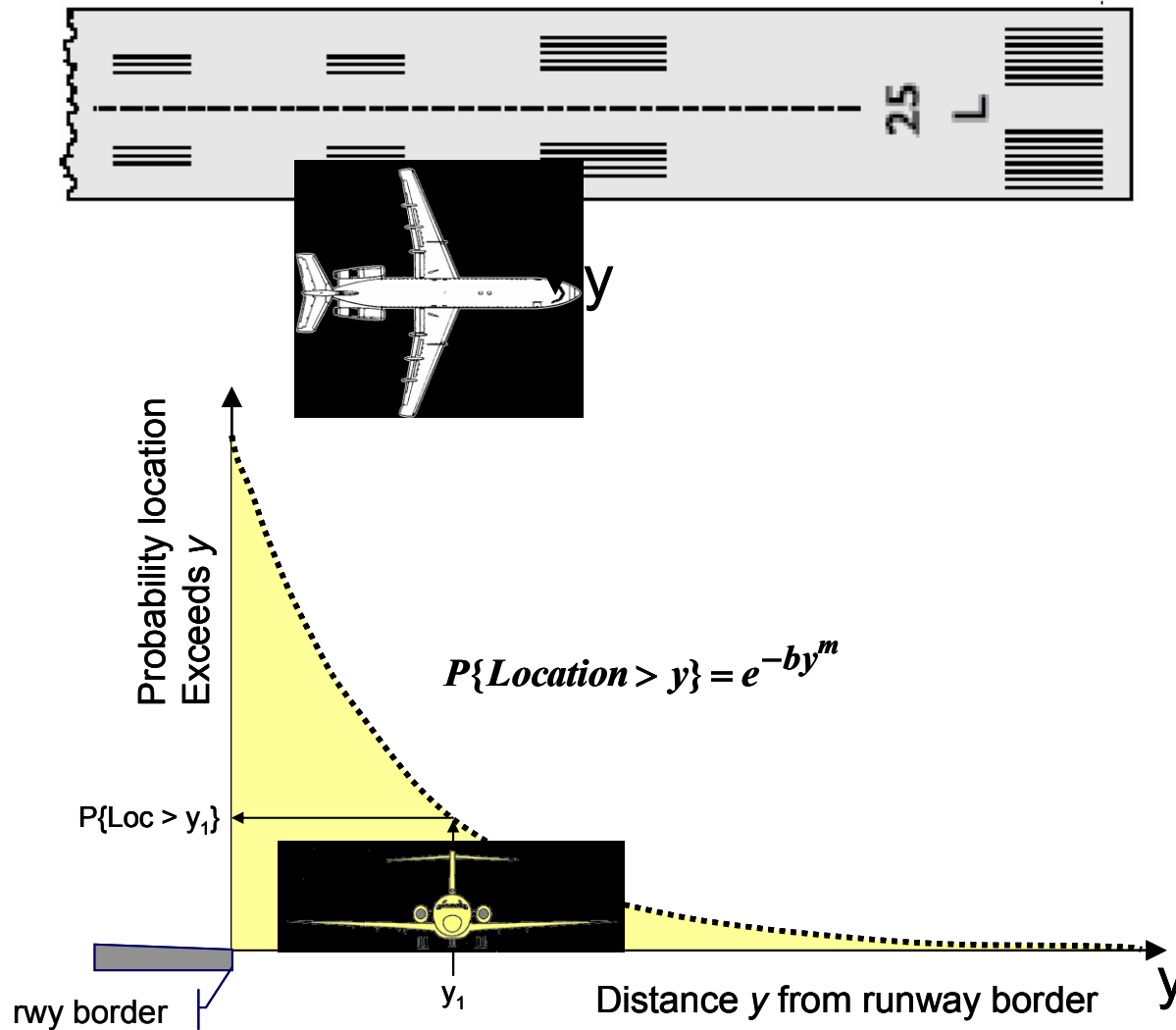
# Otros Aspectos

- La pendiente transversal afecta el drenaje y el espesor de la lámina de agua en la pista, lo cual es crítico en el nivel de fricción
- La pista tiene imperfecciones y puede haber áreas donde la profundidad del agua es más grueso, como consecuencia de la irregularidad de la superficie
- La pendiente en la intersección entre dos pistas son prácticamente nulas y la profundidad del agua es mayor
- El espesor de la lámina depende de la intensidad de la lluvia y de la componente transversal del viento

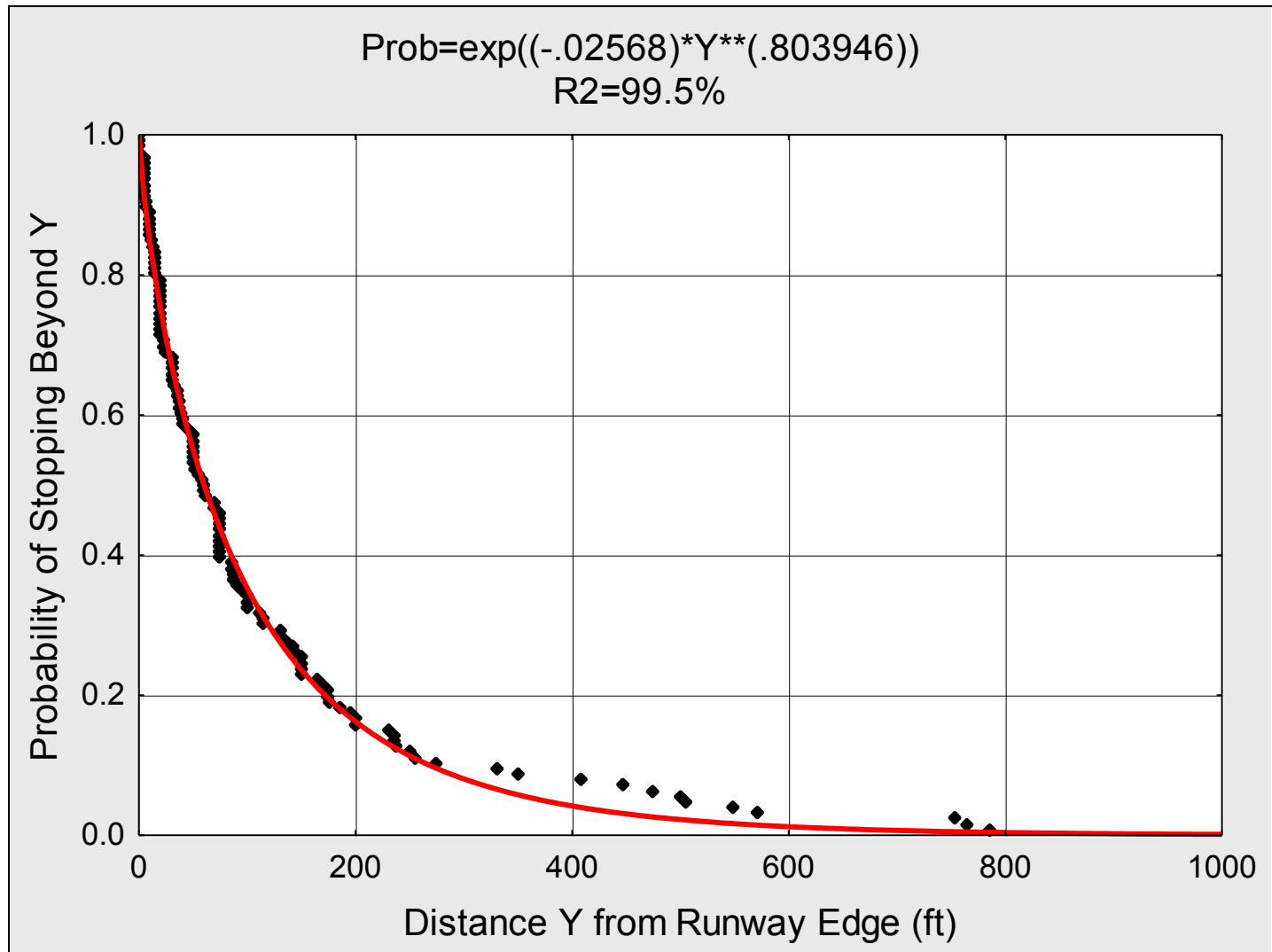
# Anchura del Franja de Pista

- Objetivo: proteger a los aviones durante excursiones laterales de pistas y sobrevuelos durante los despegues y aterrizajes
- Base: riesgo aceptable para la ocurrencia de excursiones fuera de la zona preparada
- Características de la aeronave: velocidad de aproximación, envergadura y masa
- Otros factores: tipo de aproximación
- Margen extra de seguridad: ninguna
- Referencia: Anexo 14 - 1<sup>a</sup> edición, 5<sup>a</sup> Conferencia AN

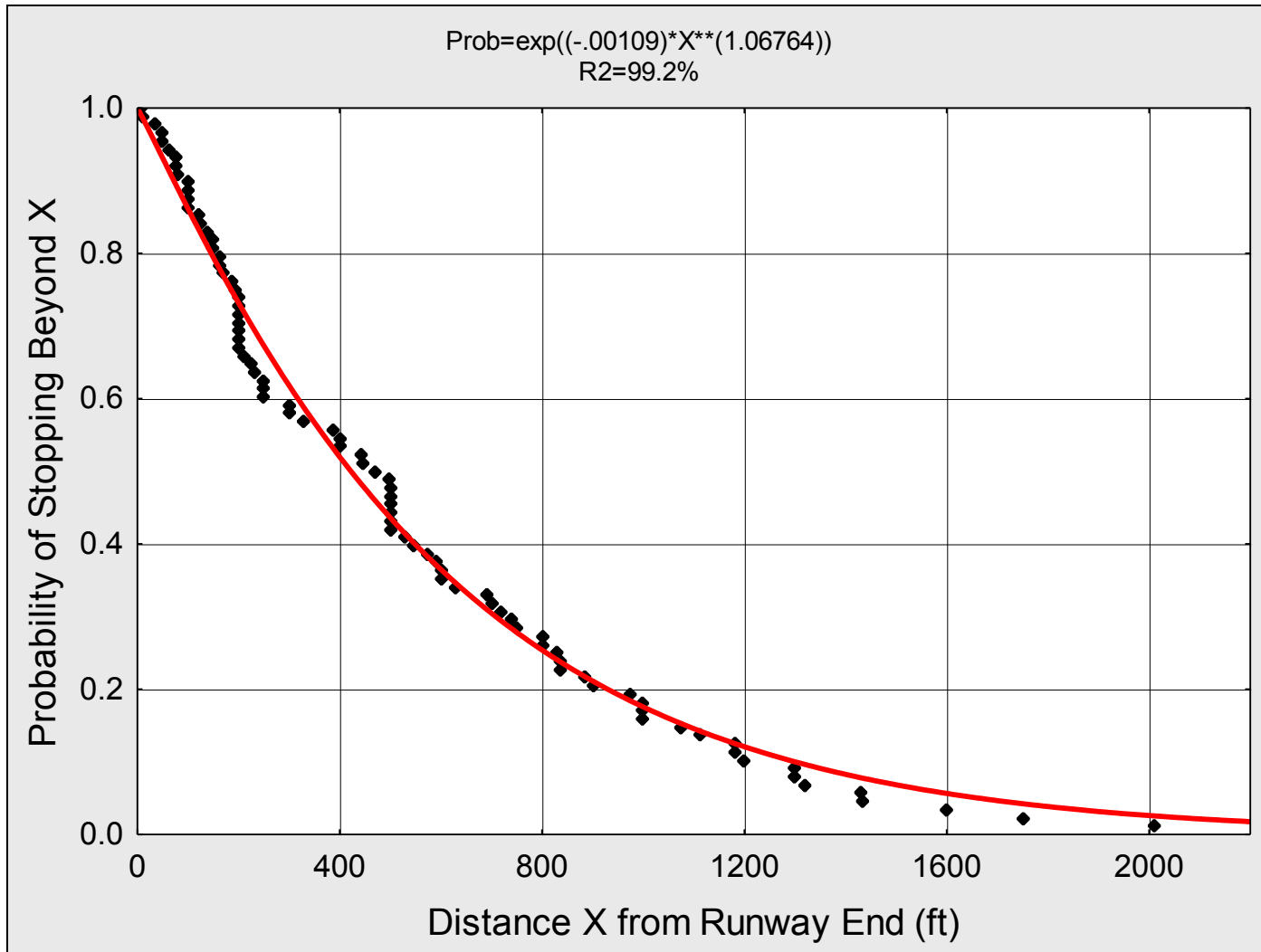
# Otros Aspectos



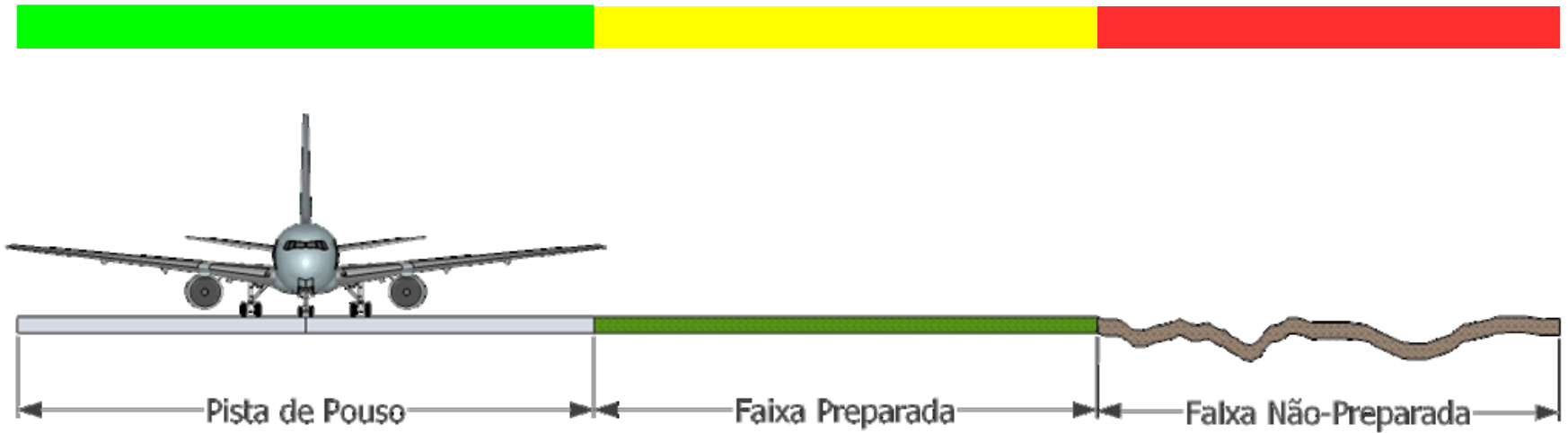
# Probabilidad de Desviación Lateral en Aterrizajes



# Probabilidad de Desviación Lateral en Despegue



# Riesgo de Salidas Laterales



# Anchura del Franja Nivelada

- Objetivo: proteger a los aviones durante las excursiones laterales de las pistas y facilitar el drenaje de la pista
- Base: riesgo aceptable para la ocurrencia de excursiones fuera de la zona preparada y capacidad de control de la aeronave
- Características de la aeronave: la velocidad de aproximación y despegue, la anchura del tren, y la masa
- Otros factores: tipo de aproximación
- Margen extra de seguridad: ninguna
- Referencia: Anexo 14, Número 1, 5ª Conferencia AN

# Alternativas para Reducir el Riesgo

- Aumentar la anchura de la franja de pista (eliminación de obstáculos)
- Aumentar la anchura de la banda nivelada
- Reducir el riesgo de salidas laterales
  - Limitar las condiciones atmosféricas para las operaciones
  - Aumentar la fricción superficial
- Limitar la envergadura de aviones

# Longitud de la Franja de Pista

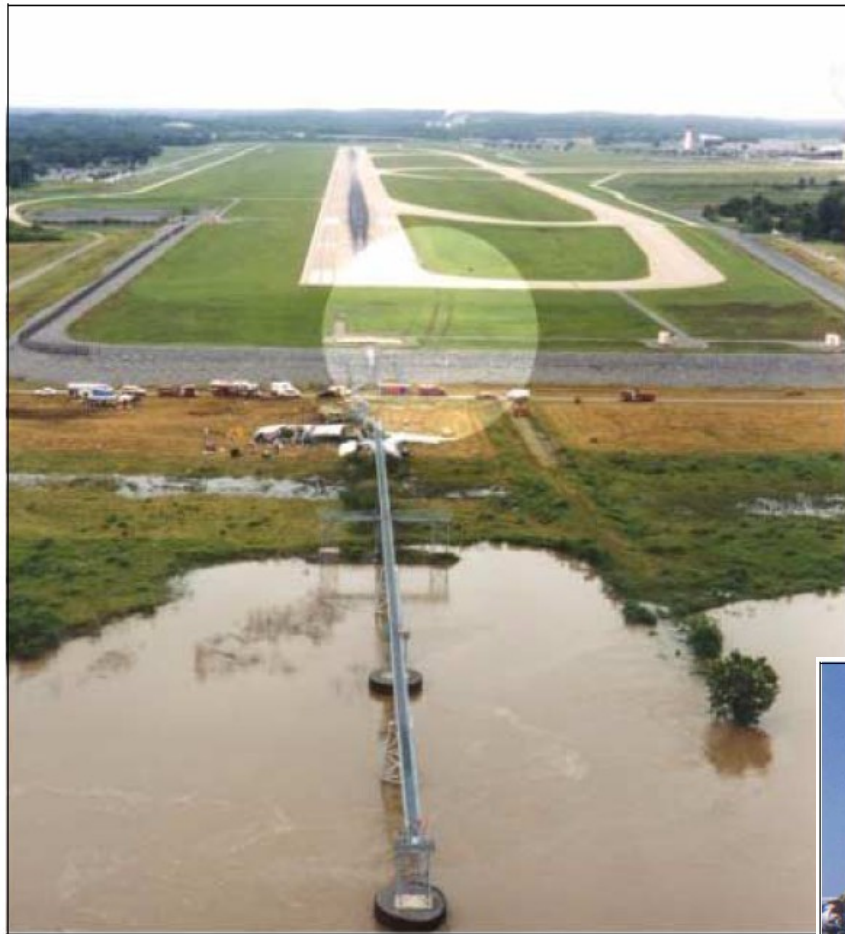
## Franja + RESA

- Objetivo: proteger a la aeronave durante salidas de fin de pista y aterrizajes cortos
- Base: riesgo aceptable para la ocurrencia de excursiones o aterrizajes fuera de estas zonas
- Características de la aeronave: la velocidad de aproximación, la velocidad de despegue y la masa de la aeronave
- Otros factores: tipo de aproximación
- Margen extra de seguridad: ninguna
- Referencia: 8<sup>a</sup> Conferencia AN

# Otras Consideraciones

- Obstáculos
- Frangibilidad
  - ALS
  - ILS
  - VOR
  - Otras estructuras

# AA 1420, 1999, Little Rock, AK, MD-82



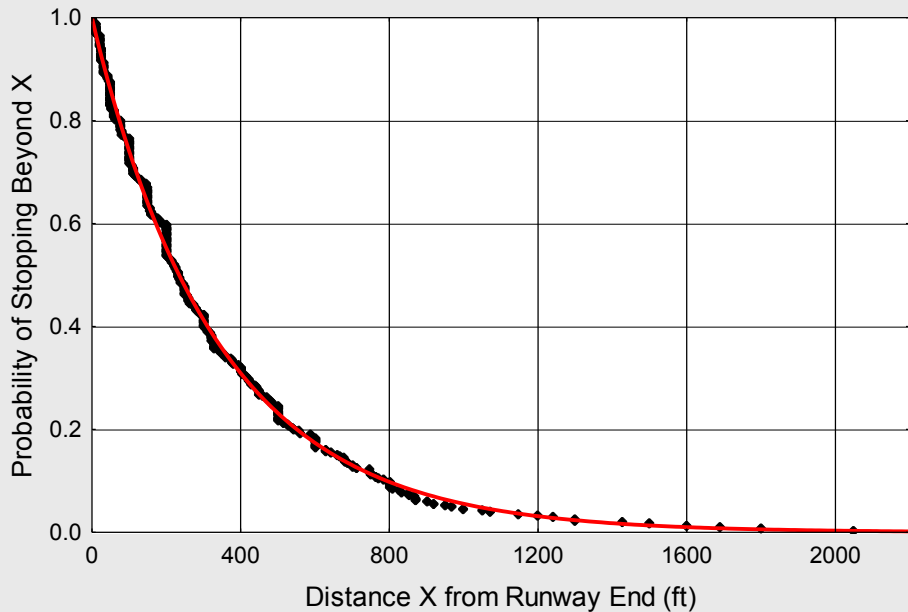
# Diferencia OACI - FAA

- FAA: 300 m
- OACI: 150 m
- 150 es suficiente?

# Otras Consideraciones

$$\text{Prob}=\exp(-.00321)*X^{(.984941)}$$

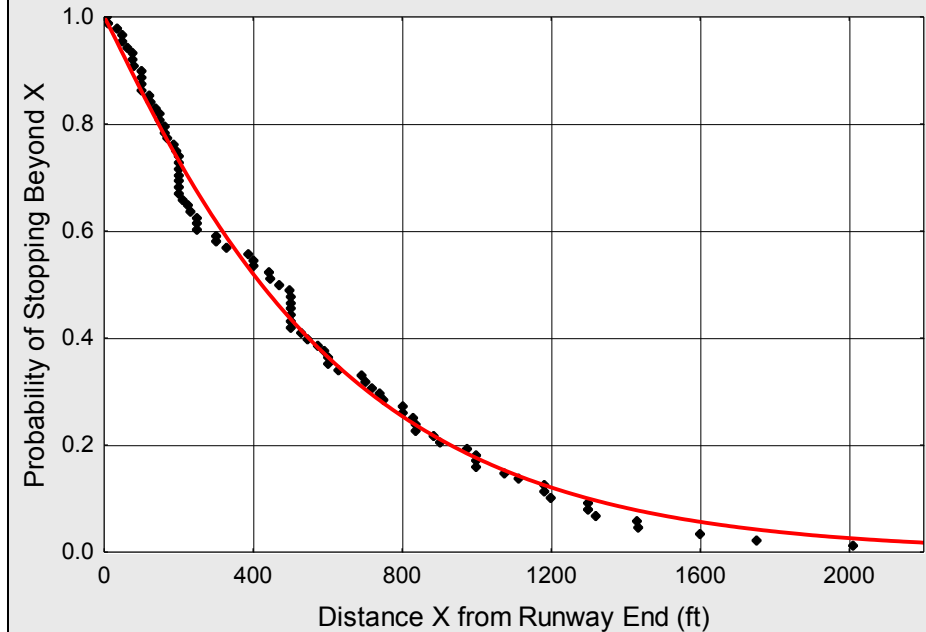
R2=99.8%



Aterrizajes

$$\text{Prob}=\exp(-.00109)*X^{(1.06764)}$$

R2=99.2%



Despegues

# Alternativas para Reduzir el Riesgo

- Ampliar la RESA (longitud y anchura)
- Quitar los obstáculos
- Reducir las distancias declaradas
- Traslado de la pista
- Implementar EMAS
- Mejorar la fricción superficial
- Mejora de la señalización
- Implementar ayuda visuales y instrumentos

# Runway Safety Area Improvement Program de la FAA

- En 2000 se determinó que 56% de las pistas podríamos mejorar sus RSAs
- En 2003, la NTSB recomienda que todos los aeropuertos certificados cumplan con las normas, directamente o a través de EMAS
- Programa de Mejoramiento de las Áreas de Seguridad
  - Siempre que sea posible, buscar el cumplimiento de las normas
  - Mejora incluso sin llegar a los estándares
  - Con EMAS si necesario
  - Hasta 2015 sólo 2% no cumplen con las normas

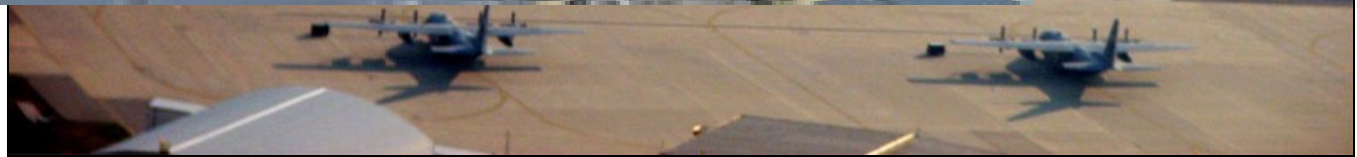
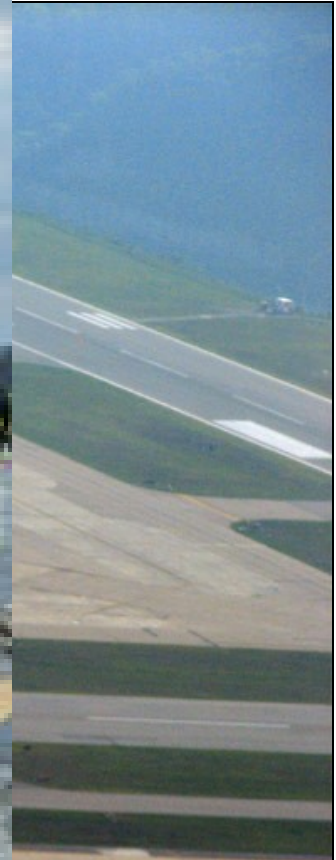
# EMAS



# Yeager Airport - WV



# Yeager Airport - WV



# Anchura de la Calle de Rodaje

- Objetivo: mantener la aeronave en la zona pavimentada de la calle de rodaje
- Base: distancia de la rueda exterior al borde de la calle para evitar salir del pavimento
  - $W_T = TM + C$  ( $C = 1,5 - 4,5$  m)
- Características de la aeronave: anchura del tren de aterrizaje, distancia a la cabina hasta el tren de nariz, altura de la cabina
- Otros factores: velocidad de rodaje, condiciones de superficie, señal de eje
- Margen de seguridad extra: ninguna
- Referencia: Anexo 14 1ª Edición

# Alternativas para Reducir el Riesgo

- Aumentar la anchura de la calle
- Mejora la señalización del eje
- Reducir la velocidad de rodaje
- NOTAM, AIP

# Márgenes de la Pista

- Objetivo: reducir el riesgo de la aeronave salir de la zona pavimentada, protección de los bordes de la erosión causada por el desplazamiento de aire de los motores, evitar la ingestión de FOD (luces?)
- Base: desconocida (desviación lateral de la posición de la aeronave y motores)
- Características de la aeronave: potencia del motor, velocidad de aproximación y de despegue, distancia de los motores fuera de borda, anchura del tren, la controlabilidad de la aeronave
- Otros factores: Ninguno
- Margen extra de seguridad: Ninguno
- Referencia: 8<sup>a</sup> Conferencia AN

# Alternativas p/ Eliminar/Reducir el Riesgo

- Extender las márgenes
- Verificar la probabilidad del motor más lejofique fuera de borda pavimentada
- Limitar el tipo de aeronave
- Exigir *grooving*
- Mejorar la fricción superficial
- Implementar luces de eje

# Márgenes de la Calle de Rodaje

- Objetivo: evitar la ingestión de FOD, protección contra la erosión causada por desplazamiento de aire
- Base: (posición lateral de la aeronave y los motores) desconocido
- Características de la aeronave: distancia de los motores fuera de borda, anchura del tren
- Otros factores: Ninguno
- Margen extra de seguridad: Ninguno hay
- Referencia: 8<sup>a</sup> Conferencia AN

# Alternativas p/ Eliminar/Reducir el Riesgo

- Extender las márgenes
- Evaluar la probabilidad del motor más lejos ser fuera de borda pavimentada
- Limitar el tipo de aeronave
- Implementar luces de eje

# Separación Pista / Calle de Rodaje

- Objetivo: asegurar que la aeronave que sale de la pista o que tiene desviación lateral excesiva en vuelo chocar con otra en la calle de rodaje
- Base: punta del ala de la aeronave en rodaje debe estar fuera de la franja de pista cuando la rueda exterior es en el borde de la calle de rodaje paralela; los aviones en el taxi no ultreapassem la superficie de transición interna
- características de la aeronave: velocidad de aproximación, anchura del tren de aterrizaje, la envergadura, la altura de la cola
- Otros factores: ninguno
- Margen de seguridad: ninguno
- Referencia: Anexo 14 1<sup>a</sup> Edición y la 8<sup>a</sup> Conferencia AN

# Alternativas p/ Eliminar/Reducir el Riesgo

- Ampliar la separación
- Limitar las características de la aeronave
  - En la calle
  - En la pista de aterrizaje
  - Dos
- Reducir el riesgo de desviación lateral excesivo

# Separación entre Calles de Rodaje

- Objetivo: asegurar dos taxis aviones paralelo no entren en conflicto
- Base: Asegúrese la distancia entre las puntas de las alas cuando los dos aviones se acercan a los bordes de las pistas
- Características de la aeronave: Envergadura y ancho del tren de aterrizaje
- Otros factores: ninguno
- Margen extra de seguridad: Mantener 15 metros de separación entre las puntas de las alas de los aviones con una envergadura de 60 m o con anchura de tren 13,5 m. La tolerancia se reduce para envergaduras mas reducidas
- Referencia: Anexo 14 Edición 1<sup>a</sup>, 8<sup>a</sup> Conferencia y el 7 de una reunión de AGA

# Alternativas p/ Eliminar/Reducir el Riesgo

- Ampliar la separación entre calles
- Limitar las características de la aeronave en las calles
- Reducir el riesgo de desviación lateral excesiva

# Separación Calle/Objeto

- Objetivo: asegurar que las aeronaves no choquen con el objeto
- Base: Asegúrese la separación entre la punta del ala y el objeto cuando la aeronave se encuentra cerca del borde de la pista
- Características de la aeronave: Envergadura y ancho del tren de aterrizaje
- Otros factores: ninguno
- Margen extra de seguridad: Mantener 15 metros de separación entre las puntas de las alas de los aviones con una envergadura de 60 m o tren con anchura 13,5 m. La tolerancia se reduce para envergaduras mas reducidas
- Referencia: Anexo 14 1<sup>a</sup> Edición y 7<sup>a</sup> Reunión AGM

# Alternativas p/ Eliminar/Reducir el Riesgo

- Ampliar la separación entre la calle y el objeto
- Limitar las características de la aeronave en la calle
- Reducir el riesgo de desviación lateral excesiva

# Anchura de la Franja de Calle de Rodaje

- Objetivo: proteger a la aeronave en la calle y reducir el riesgo de daños en las excursiones laterales
- Base: desconocido
- Características de la aeronave: envergadura y la masa
- Otros factores: velocidad de rodaje, tamaño de las aeronaves, condiciones de la superficie
- Margen de seguridad extra: ninguno
- Referencia: 8<sup>a</sup> Conferencia AN

# Alternativas p/ Reduzir Risco

- Aumentar a largura do táxi
- Melhorar a sinalização do eixo
- Reduzir a velocidade no táxi
- NOTAM

# Preguntas?

