



# Taller sobre Estudios Aeronáuticos para Aeropuertos

*Lima, 1-4 Aut 2011*

## *ACRP Report 51 - Risk Assessment Method to Support Modification of Airfield Separation Standards*

Manuel Ayres Jr., Ph.D.



# Esquema

- Antecedentes
- Base Racional (OACI, FAA)
- Datos y Modelos
- Enfoque Utilizado
- Metodología de Análisis
- Estudios de casos

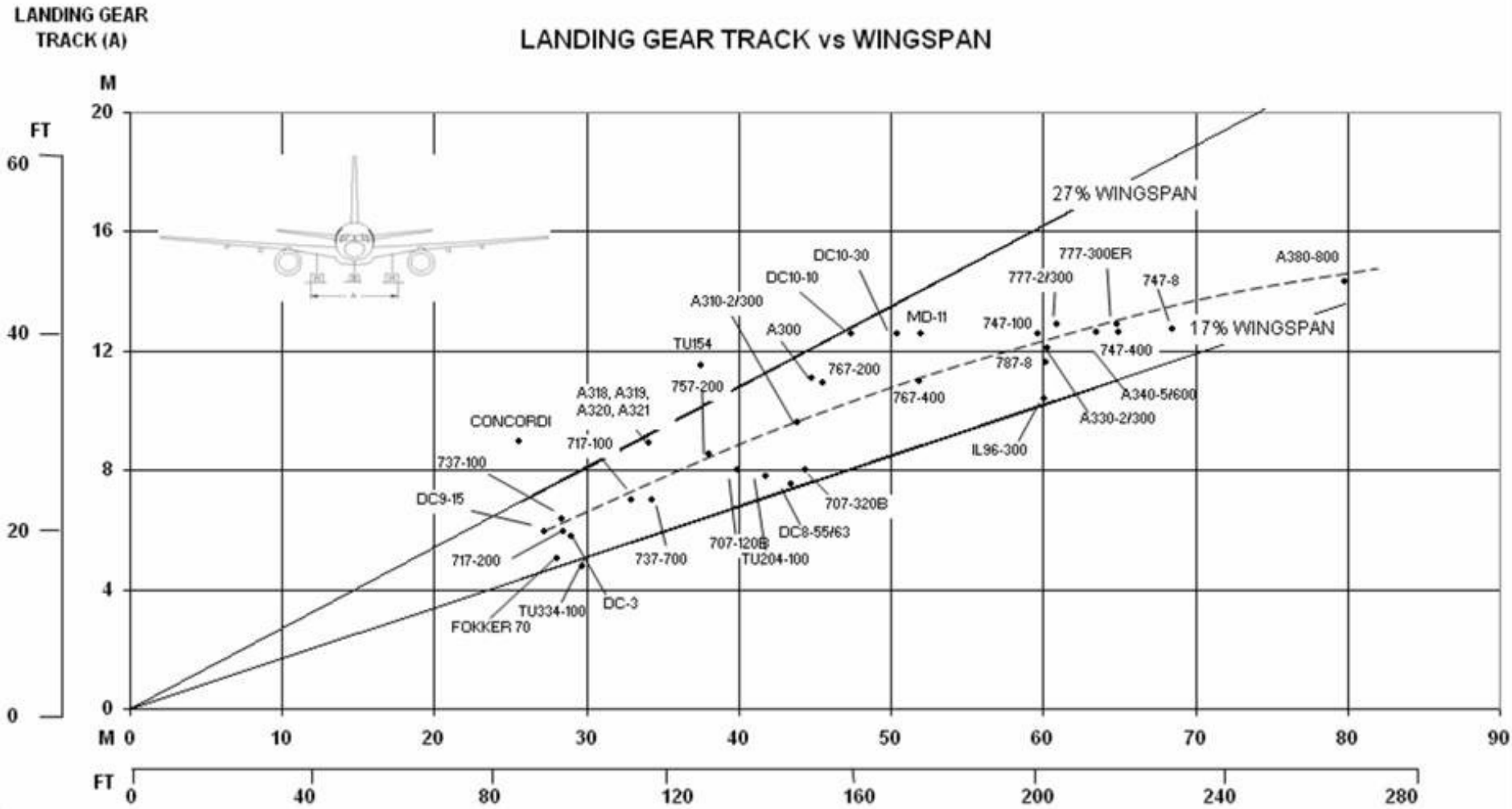
# Antecedentes

- Aeropuertos construidos antes del establecimiento de las normas vigentes
- Aumento de la demanda y la necesidad de aumentar la capacidad del aeropuerto y el sistema de aviación
- Necesidad de operación de aeronaves más grandes
- Limitaciones físicas y ambientales
- Alternativas de análisis disponibles son preceptivos y, en general, no consideran el riesgo
- 20% de los accidentes (aviación comercial) en los EE.UU. en 2005 fueron colisiones en suelo durante el rodaje y aparcamiento

# Envergadura - Tendencia



# Anchura del Tren - Tendencia



# B-52



# Objetivo de la Investigación

- Desarrollar una metodología para evaluar el riesgo asociado con las separaciones non conformes en aeródromos
- Obtener base cuantitativa para las decisiones sobre la aceptación de incumplimiento
- La metodología debe ser sencilla y práctica

# OACI vs FAA

- OACI – Estudio Aeronáutico (EA)
- Estudio para demostrar que la no conformidad no afectarán adversamente la seguridad, ni de modo importante en la regularidad de las operaciones de los aviones

**Razón fundamental:** riesgo aceptable

**Responsabilidad del desarrollo:** operador del aeropuerto?

- FAA – Modification of Standards (MOS)

Solicitud de cambio de los estándares de diseño debido a las condiciones locales específicas que demuestran que un nivel satisfactorio de seguridad operacional se puede lograr

**Razón fundamental:** criterios de la FAA (no incluye las pistas de aterrizaje), el costo, las limitaciones físicas, no factibilidad, restricciones

**Responsabilidad del desarrollo :** operador del aeropuerto o FAA

# Separaciones Pista/Calle de Rodaje

## *Instrumento*

Clave	Envergadura (m)	OACI (m)	FAA (m)
I, A	15	82.5	122
II, B	24	87	122
III, C	36	168	122
IV, D	52	176	122
V, E	65	182	152
VI, F	80	190	168

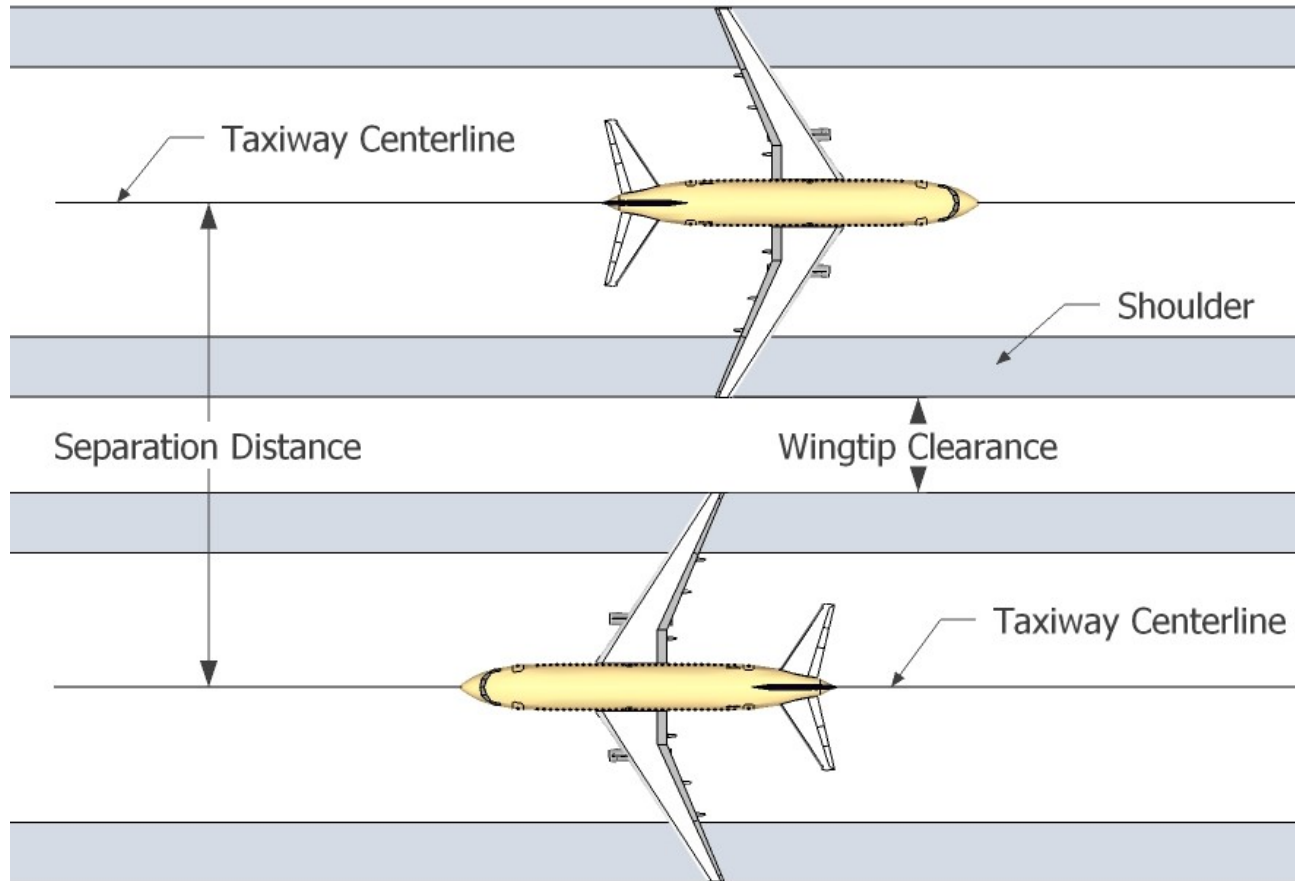
# Calle/Calle

Clave	Envergadura (m)	ANAC/OACI (m)	FAA (m)
I, A	15	23.75	21
II, B	24	33.5	32
III, C	36	44	46.3
IV, D	52	66.5	65.5
V, E	65	80	81.4
VI, F	80	95	98.8

# Base Racional de la FAA

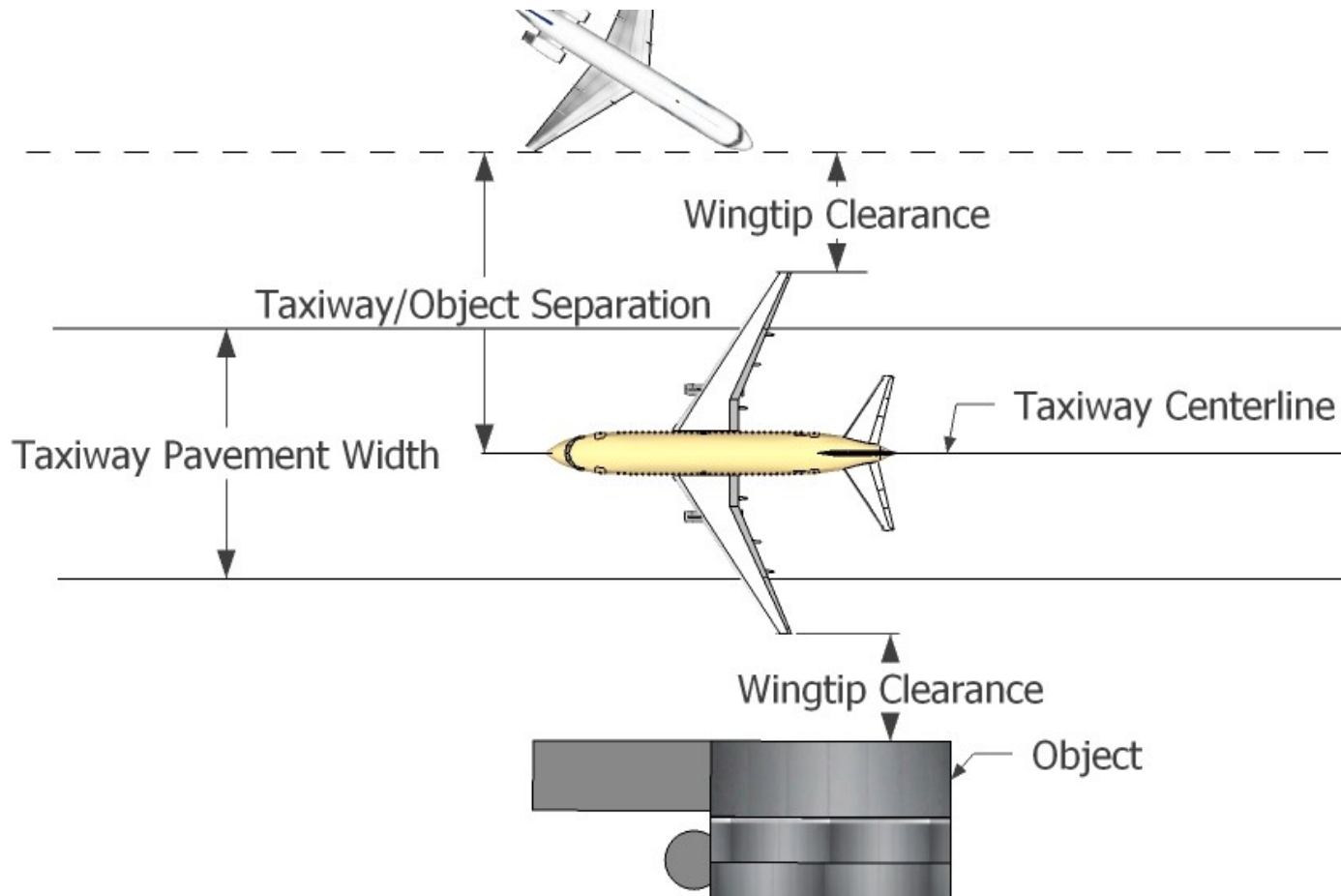
- Pobremente documentada
- Evolución sin fundamento técnico específico o de investigación, el uso de sentido común
- La mayoría de las normas desarrolladas inmediatamente antes o durante la Segunda Guerra Mundial
- Normas de diseño en vigor publicado en 1989
- Código del aeropuerto con la base en la velocidad de aproximación y la envergadura

# Calles de Rodaje Paralelas - FAA



⑩ 1.2 veces la envergadura de la aeronave más grande más 10 pies

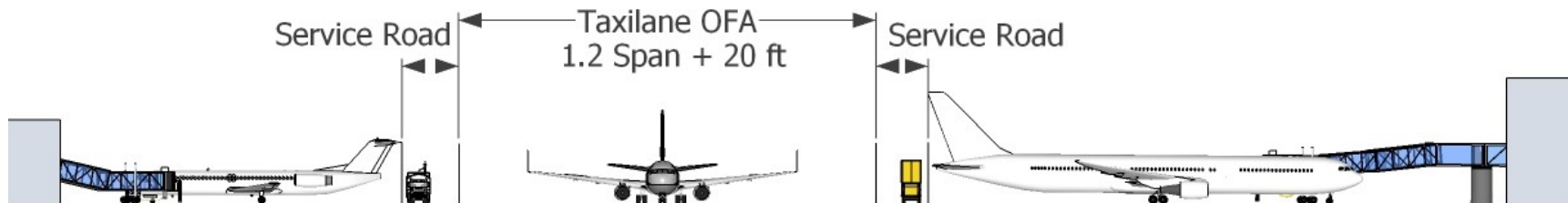
# Calle de Rodaje/Objeto - FAA



⑩ 0.7 veces la envergadura de la aeronave más grande más 10 pies

# Calle de Acceso

- Parte de la zona de aparcamiento utilizada para el acceso entre la calle de rodaje y puestos de estacionamiento



⑩ 0.6 veces la envergadura de la aeronave más grande más 10 pies

# Pista de Aterrizaje y Calle de Rodaje - FAA

- Base fue la experiencia de la Segunda Guerra
- Comprobado con el CRM?
- Airport Obstruction Standards Committee (2005)
- G-V Cat II/III y Cat G-VI Cat I aumentó a 500 pies
- G-VI Cat II/III a 550 pies
- Los estudios siguen en desarrollo

# AC 150/5300-13

## ■ Calle de Rodaje

- $D = 1.2 \times WS + 10$  pies entre ejes (taxiway/taxiway/taxilane ejes)
- $D = 0.7 \times WS + 10$  ft entre eje y objeto

## ■ Calle de Acceso

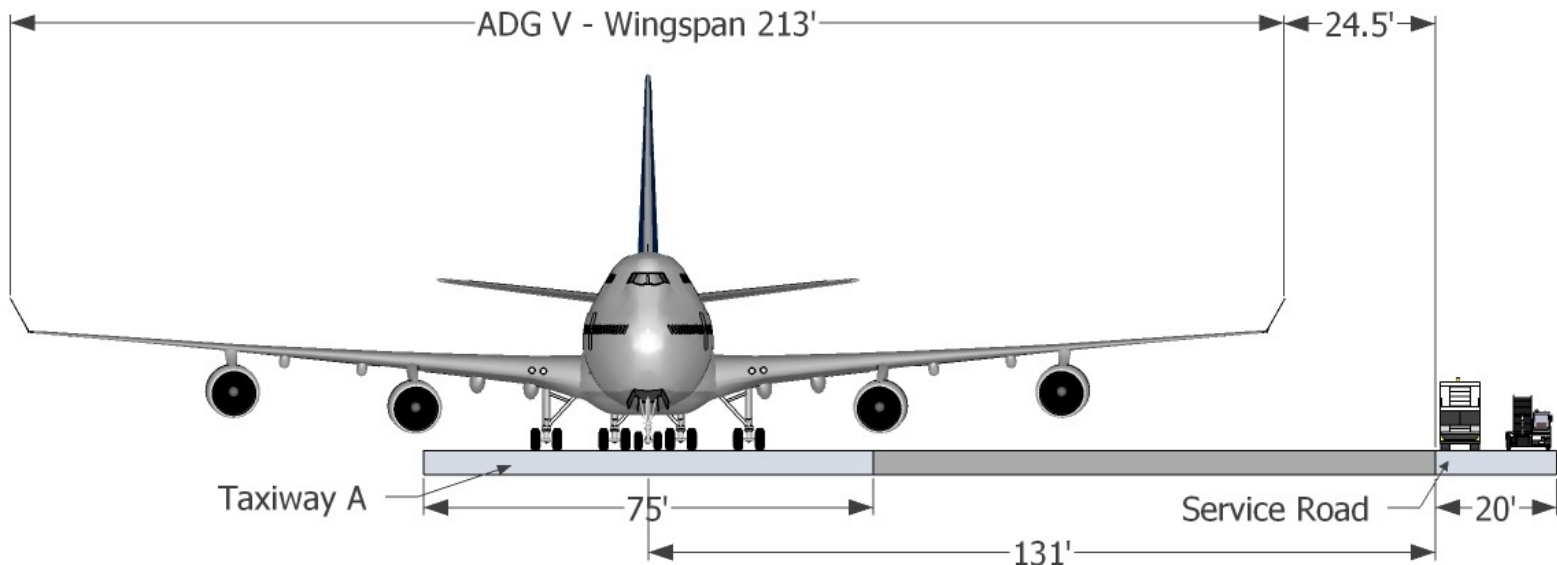
- $D = 1.1 \times WS + 10$  ft entre ejes (taxilane/.taxilane)
- $D = 0.6 \times WS + 10$  ft entre ejes y objeto

## Modification of Standards (MOS) de la FAA

- MOS es cualquier cambio en las distancias de las normas de la FAA, excepto los relacionados con las áreas de seguridad de la pista (RSA), aplicable a proyectos de aeropuertos

# Estudio de Caso - ORD

- Distancia taxiway/calle de servicio menor que la norma
- Taxiway OFA: 131 pies vs 160 pies (norma)
- ADG V: B-747-400; envergadura 213 ft
- En el momento de la construcción, atendía la norma (justificación utilizada)



# Estudio de Caso - ORD

- Restricciones
  - Implementar luces de eje bidireccionales (verde) en la calle de rodaje
- Las luces de eje deben estar en funcionamiento durante el rodaje de A330, A340, B747-400, MD11 y B777
- Equipo de mantener, controlar e inspeccionar para asegurarse que equipos de suelo no se quedan dentro de los límites de la OFA reducida

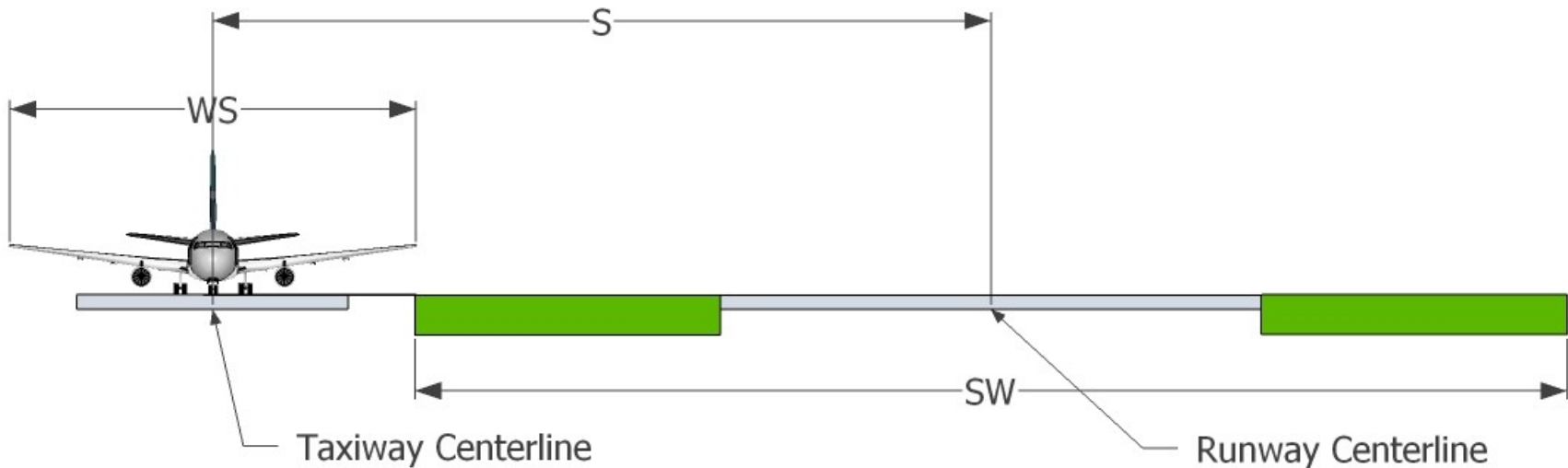
# Base Racional de la OACI

- 1ª Ed. del Anexo 14: 1949
- La mayoría de las actuales normas de separación fueron establecidas en 1981 por el Aerodrome Reference Code Panel (ARCP)
- Enfoque racional con base en datos que se presentaron en la 8ª Conferencia de Navegación Aérea de 1974

# OACI

- Anchura de la Franja de Pista
- Estadística de salidas laterales (8<sup>a</sup> AN Conf, 1974)
- Proporcionar una zona libre de obstáculos que pueden poner en peligro la ejecución de la aproximaciones perdidas o frustradas
- No se hace referencia sobre el CRM

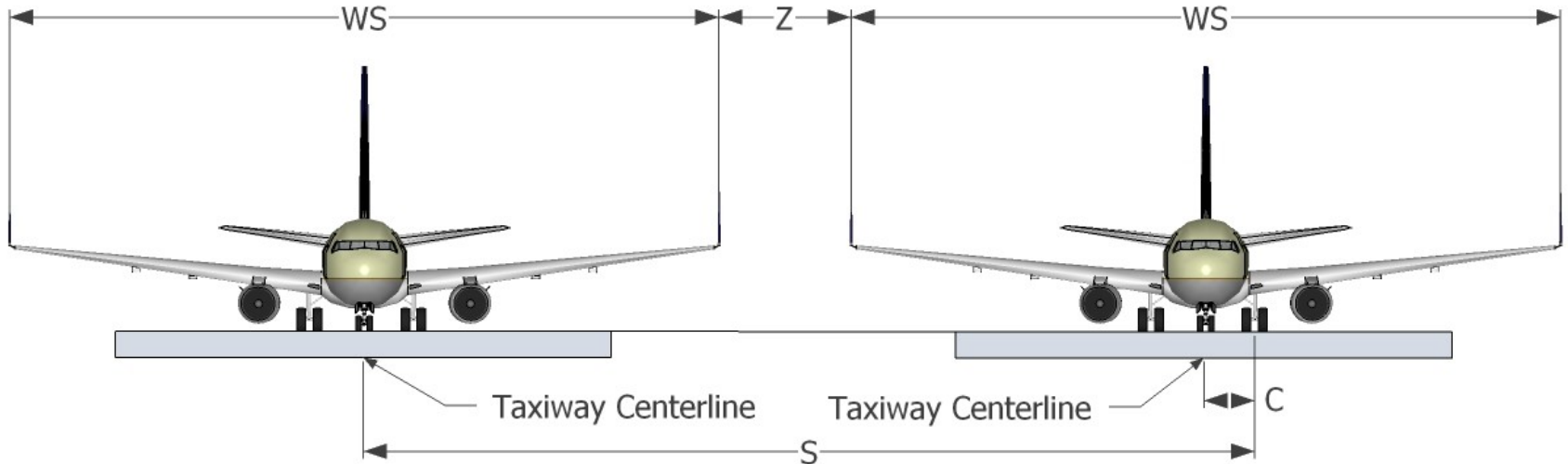
# Separación Pista/Calle de Rodaje



$$S = \frac{SW}{2} + \frac{WS}{2}$$

Clave ICAO	Envergadura	Franja de Pista	Separación Pista/Calle
E (Instrumento)	65	300	$\frac{1}{2} \times 65 + \frac{1}{2} \times 300 = 182.5 \text{ m}$
F (Instrumento)	80	300	$\frac{1}{2} \times 80 + \frac{1}{2} \times 300 = 190 \text{ m}$

# Calle/Calle de Rodaje



$$Z = \frac{TSW}{2} - \left( \frac{WS}{2} + C \right)$$

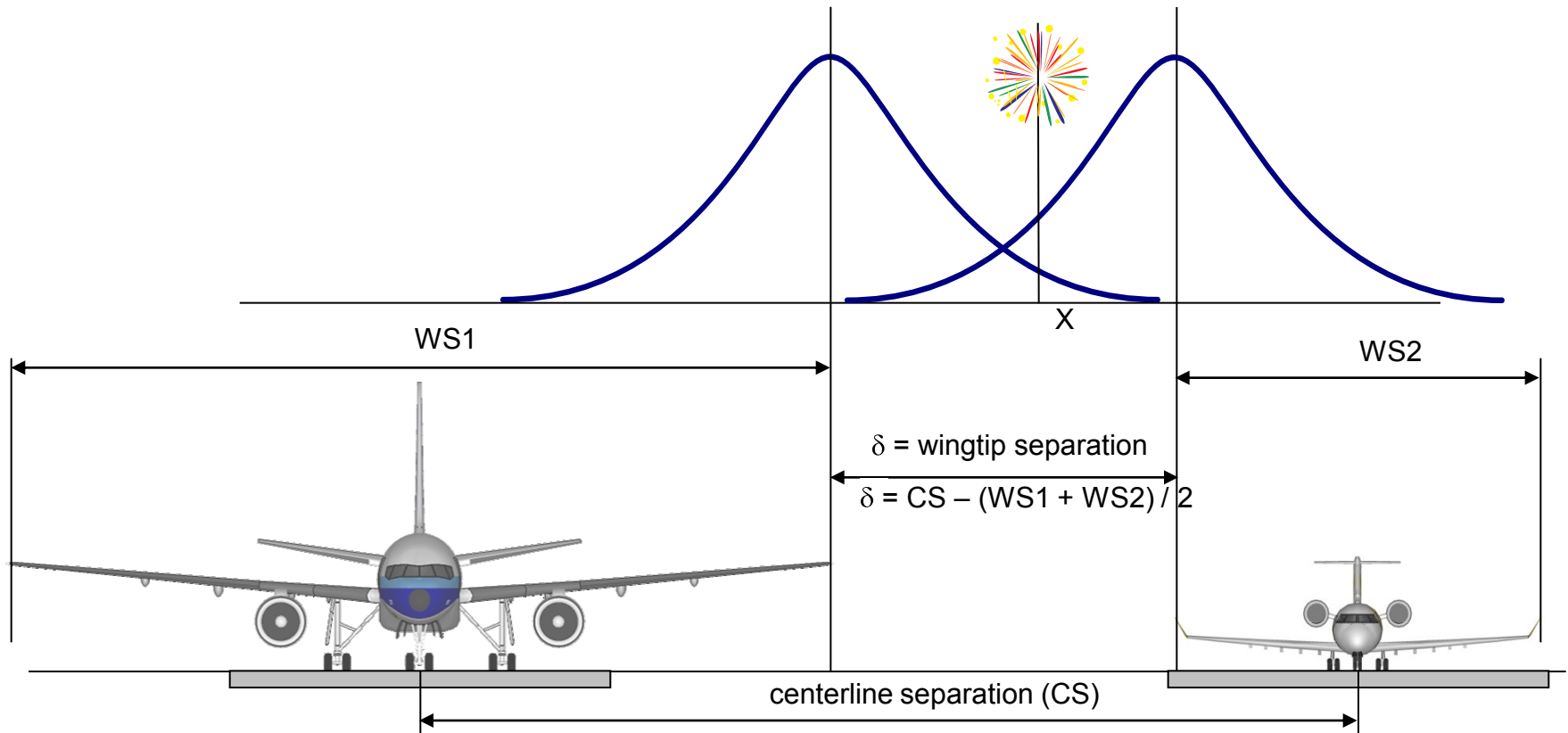
$Z$  es la margen de seguridad (*buffer*)

$$S = \{WS + C + Z\}$$

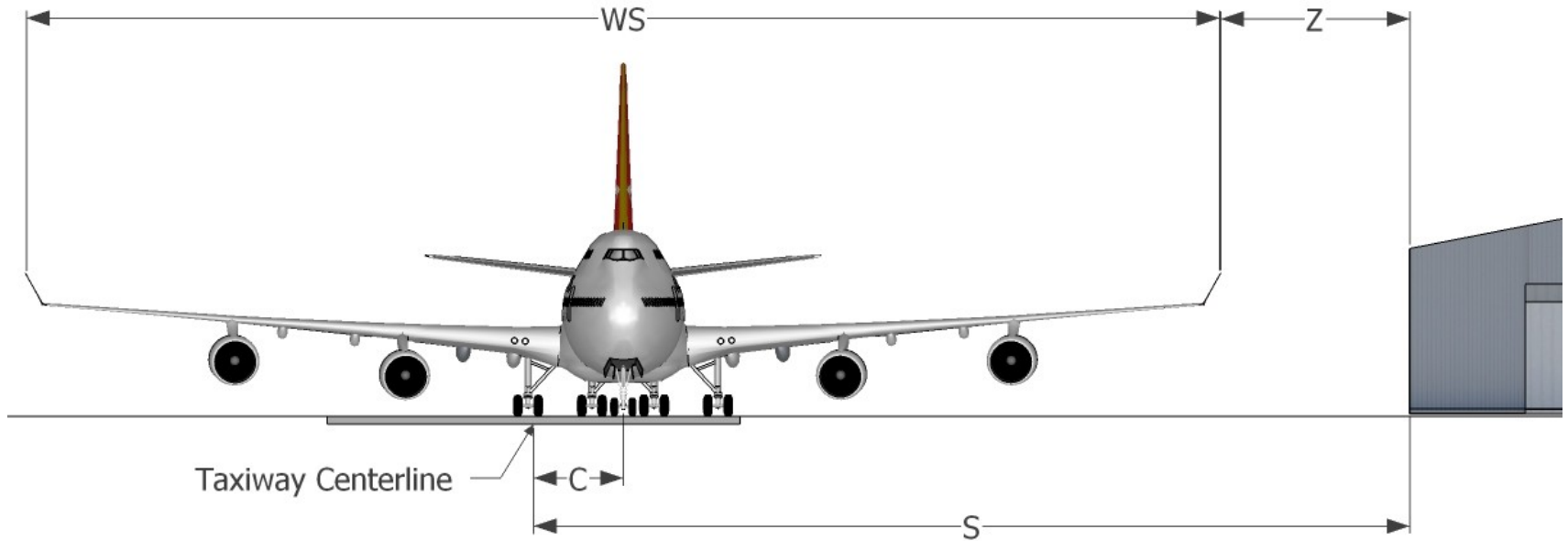
Clave E:  $S = \{65 + 4.5 + 10.5\} = 80 \text{ m}$

Clave F:  $S = \{80 + 4.5 + 13.0\} = 97.5 \text{ m}$

# Distribución de las Desviaciones Laterales



# Calle de Rodaje/Objeto

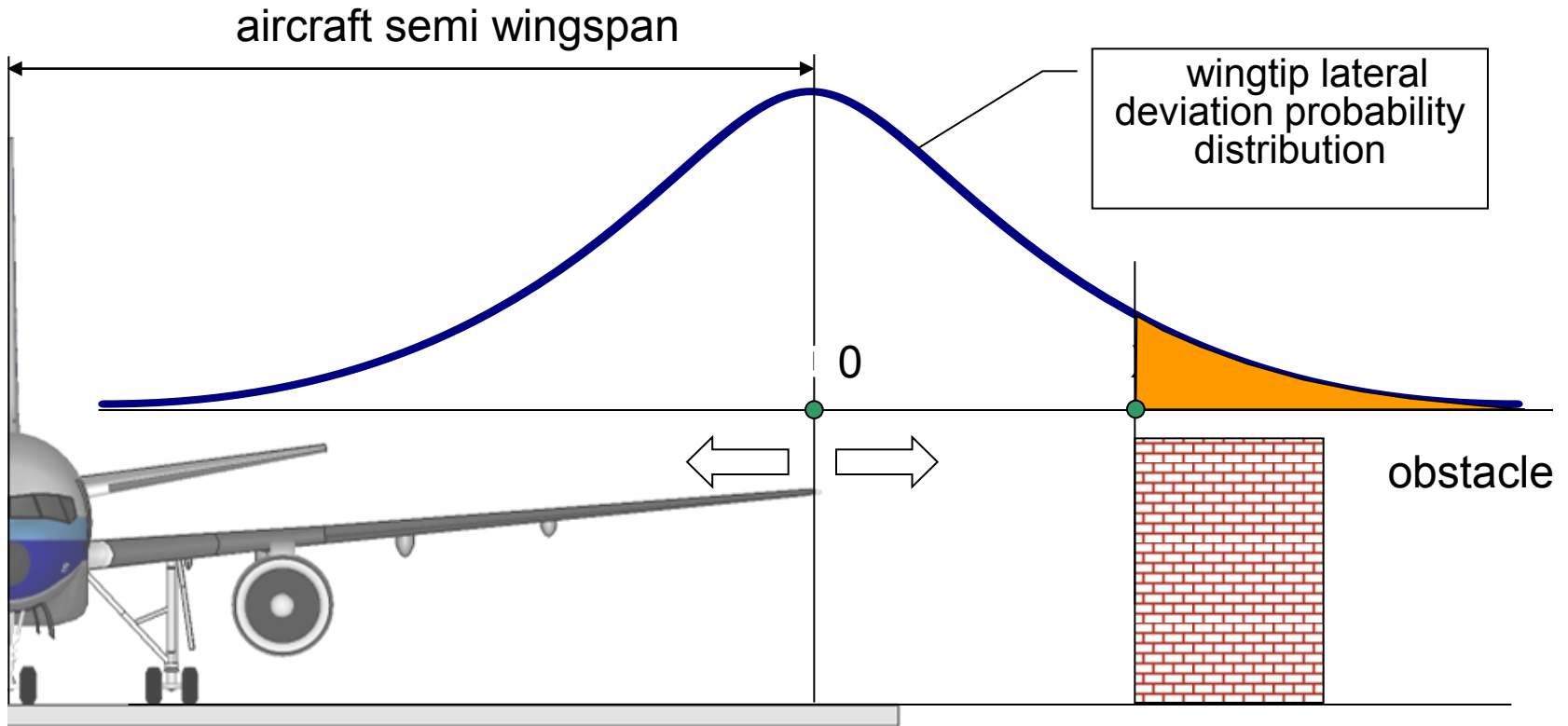


$$S = \frac{WS}{2} + C + Z$$

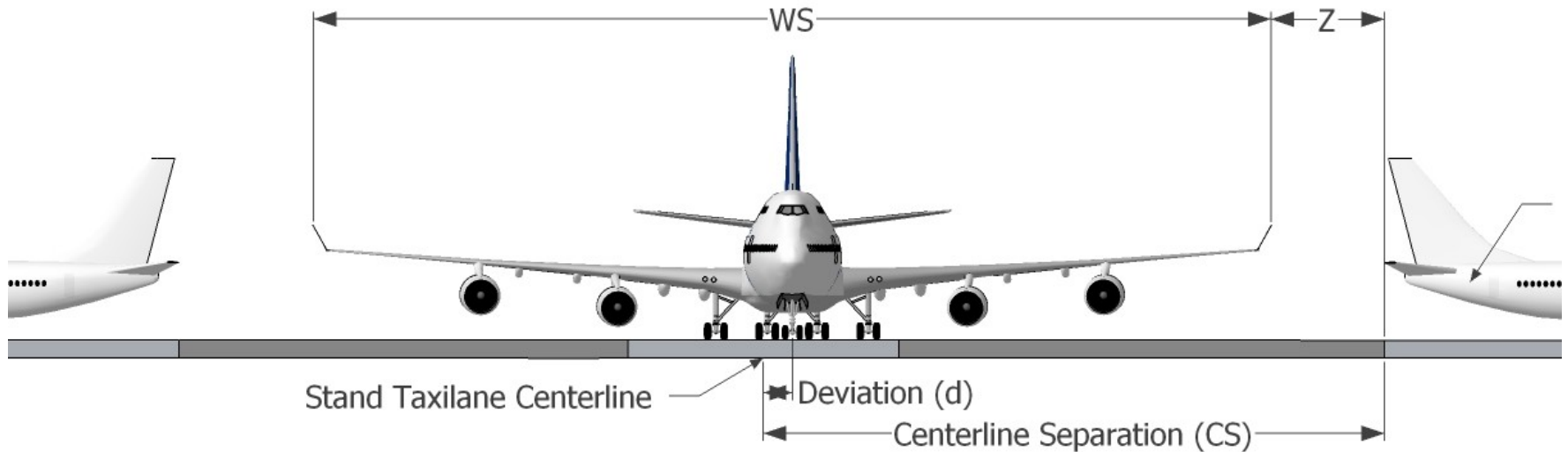
Clave E:  $S = \{(65/2) + 4.5 + 10.5\} = 47.5$  m

Clave F:  $S = \{(80/2) + 4.5 + 13\} = 57.5$  m

# Probabilidad de Colisión con Objetos



# Calle de Acceso/Objeto



$$S = \frac{WS}{2} + d + Z$$

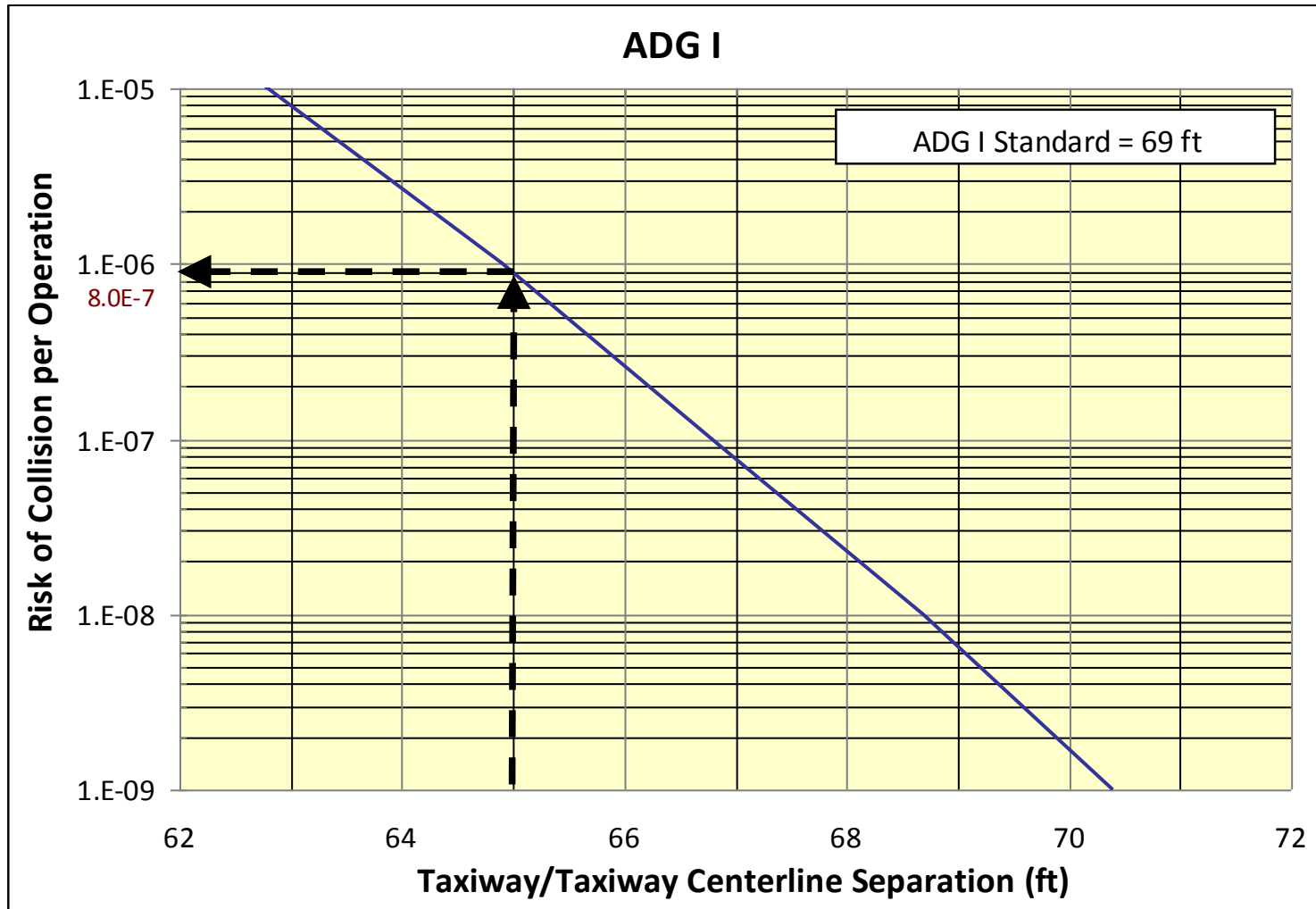
Clave E:  $S = \{(65/2) + 2.5 + 7.5\} = 42.5 \text{ m}$

Clave F:  $S = \{(80/2) + 2.5 + 8.0\} = 50.5 \text{ m}$

# OACI

Separation Distances	ICAO Code					
	A	B	C	D	E	F
<b>Between apron taxiway/taxiway centerline and taxiway centerline:</b>						
Wingspan (+)	15.00	24.00	36.00	52.00	65.00	80.00
Maximum lateral deviation (+)	1.50	2.25	3.00	4.50	4.50	4.50
Increment (=)	7.25	7.25	5.00	10.00	10.50	13.00
Total separation distance (=)	23.75	33.50	44.00	66.50	80.00	97.50
<b>Between taxiway centerline and object:</b>						
½ Wingspan (+)	7.50	12.00	18.00	26.00	32.50	40.00
Maximum lateral deviation (+)	1.50	2.25	3.00	4.50	4.50	4.50
Increment (=)	7.25	7.25	5.00	10.00	10.50	13.00
Total separation distance (=)	16.25	21.50	26.00	40.50	47.50	57.50
<b>Between apron taxiway centerline and object:</b>						
½ Wingspan (+)	7.50	12.00	18.00	26.00	32.50	40.00
Maximum lateral deviation (+)	1.50	2.25	3.00	4.50	4.50	4.50
Increment (=)	7.25	7.25	5.00	10.00	10.50	13.00
Total separation distance (=)	16.25	21.50	26.00	40.50	47.50	57.50
<b>Between aircraft stand taxilane centerline and object:</b>						
½ Wingspan (+)	7.50	12.00	18.00	26.00	32.50	40.00
gear deviation (+)	1.50	1.50	2.00	2.50	2.50	3.00
Increment (=)	3.00	3.00	4.50	7.50	7.50	7.50
Total separation distance (=)	12.00	16.50	24.50	36.00	42.50	50.50

# ACRP Report 51



# Metodología de Análisis

## ■ Tipos de Análisis

- Calle de Rodaje – Calle paralela
- Calle de Rodaje – Objeto
- Calle de Acceso – Calle de Acceso paralela
- Calle de Acceso – Objeto
- Pista de Aterrizaje – Calle paralela
  - ✦ Aterrizaje
    - Fase de aire
    - Fase tierra
  - ✦ Despegue

# Base de la Metodología

- Distribución de probabilidad de desviaciones randomizadas horizontales y verticales en las operaciones
- En el rodaje, la FAA hay desarrollado recientemente modelos para el estudio del NLA
- En el aterrizaje
  - Riesgo de colisión estimado por el CRM
  - Los modelos de salida lateral desarrollados en los estudios ACRP
- En el despegue
  - Los modelos de salida lateral desarrollados en los estudios ACRP

# El que Hay Sido Asumido

- Las desviaciones laterales para aeronaves más pequeñas que la B-747 son iguales o menores
- El señal de ejes de la calle de rodaje o de acceso es bien visible en cualquier condición de operación
- Los estándares de la FAA de calles de rodaje y de acceso se basa en la misma probabilidad de la aeronave salir lateralmente de la calle
- El riesgo estimado de CRM es más restrictivo que el riesgo en las condiciones visuales

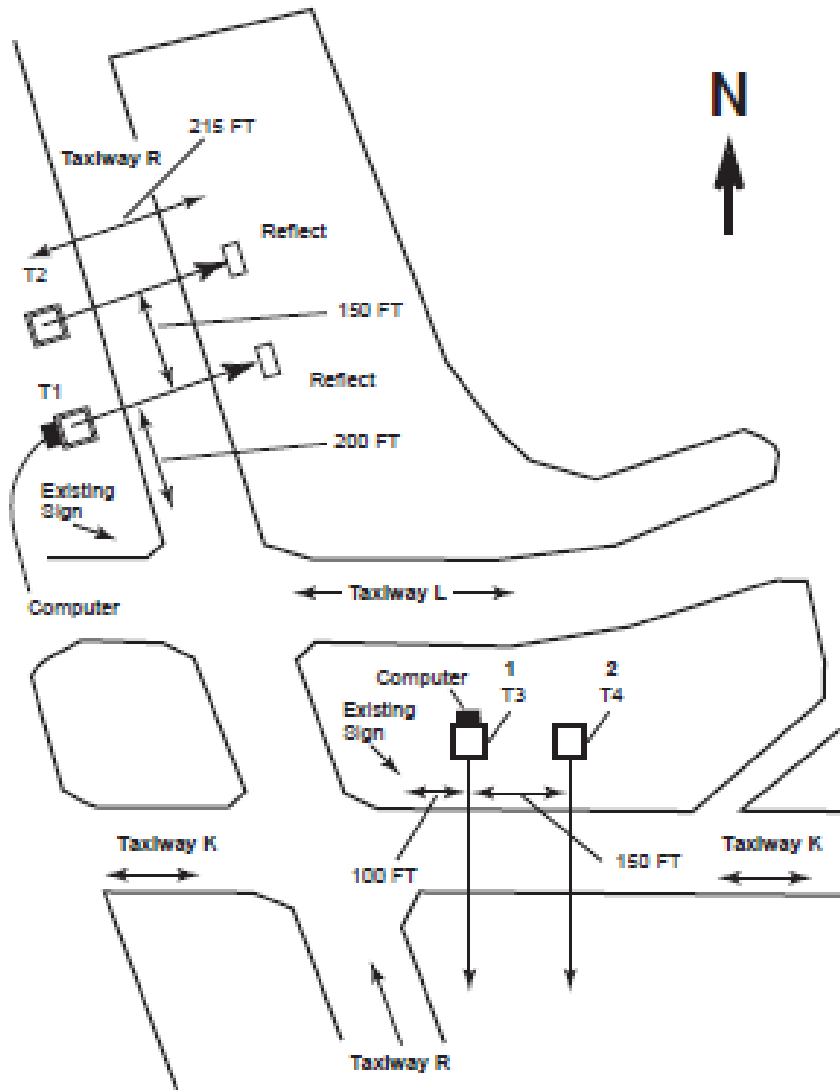
# Datos de Salidas Laterales

- La información sobre accidentes en los diferentes países, entre 1980 y 2009
- Salidas laterales durante los despegues y aterrizajes
- Salidas laterales durante el rodaje
  - Identificados alrededor de 300 incidentes en los tramos rectos de calles de rodaje
  - Sólo seis incidentes relevantes en calles de acceso

# Salidas Laterales en el Rodaje - Conclusiones

- El avión en el taxi, corre a baja velocidad en comparación con las operaciones en pistas (20-30 nudos)
- El final de la zona pavimentada es una discontinuidad
- El conductor puede parar rápido
- El modelo lateral se puede truncar para las calles fuera de la plataforma
- La mayoría de incidentes y accidentes son ocurridos en las curvas o cuando otras aeronaves o equipos estaban en la franja de seguridad de la calle de rodaje
- Las salidas laterales en los tramos rectos se produjo porque la baja visibilidad o baja fricción de la superficie
- Un modelo con dos partes (frecuencia y el lugar) no sería apropiado
- Sólo dos accidentes letales en calles de rodaje

# Estudios Boeing/FAA

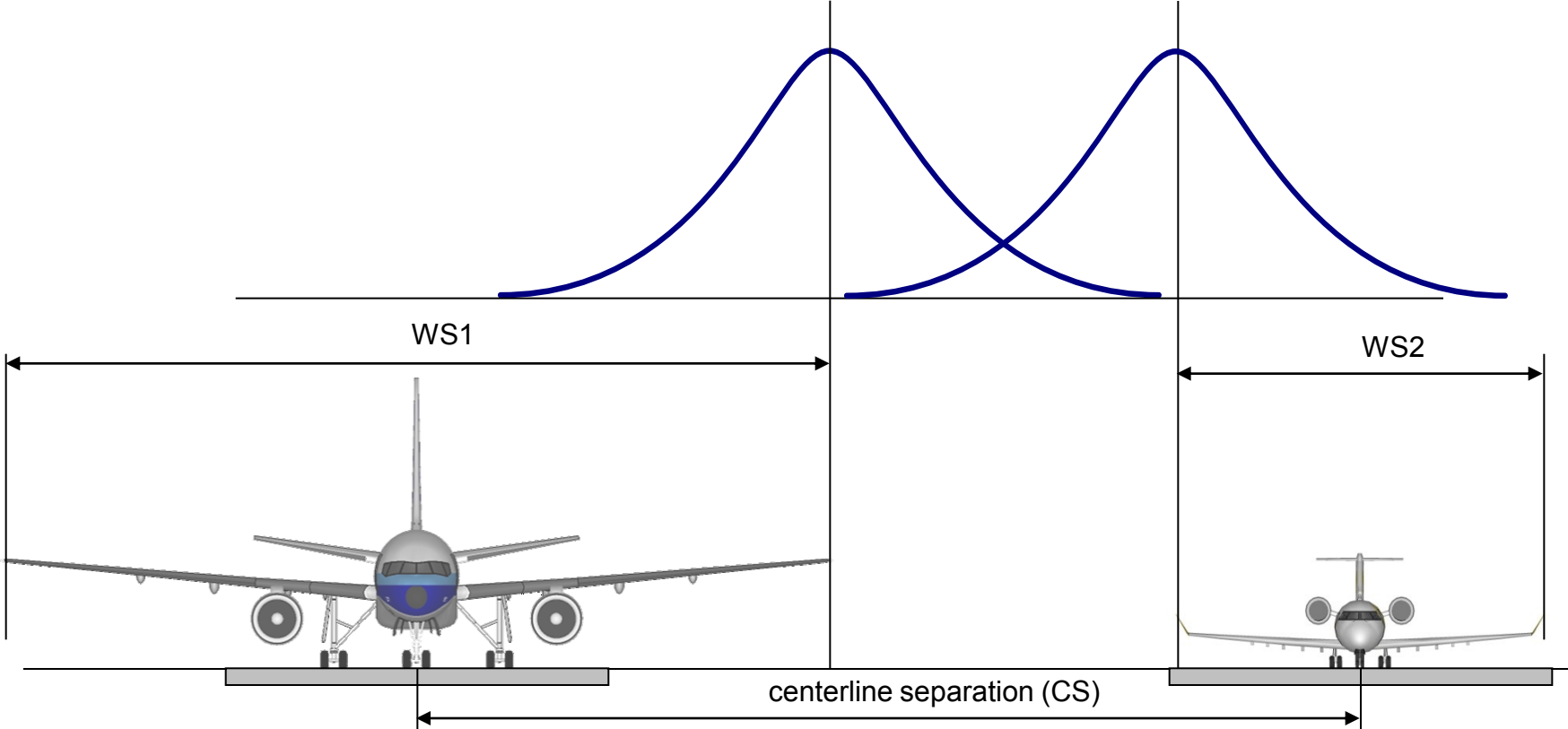


- 2000-2001
- TWY c/ 75 pies
- Error: 1-2 pol

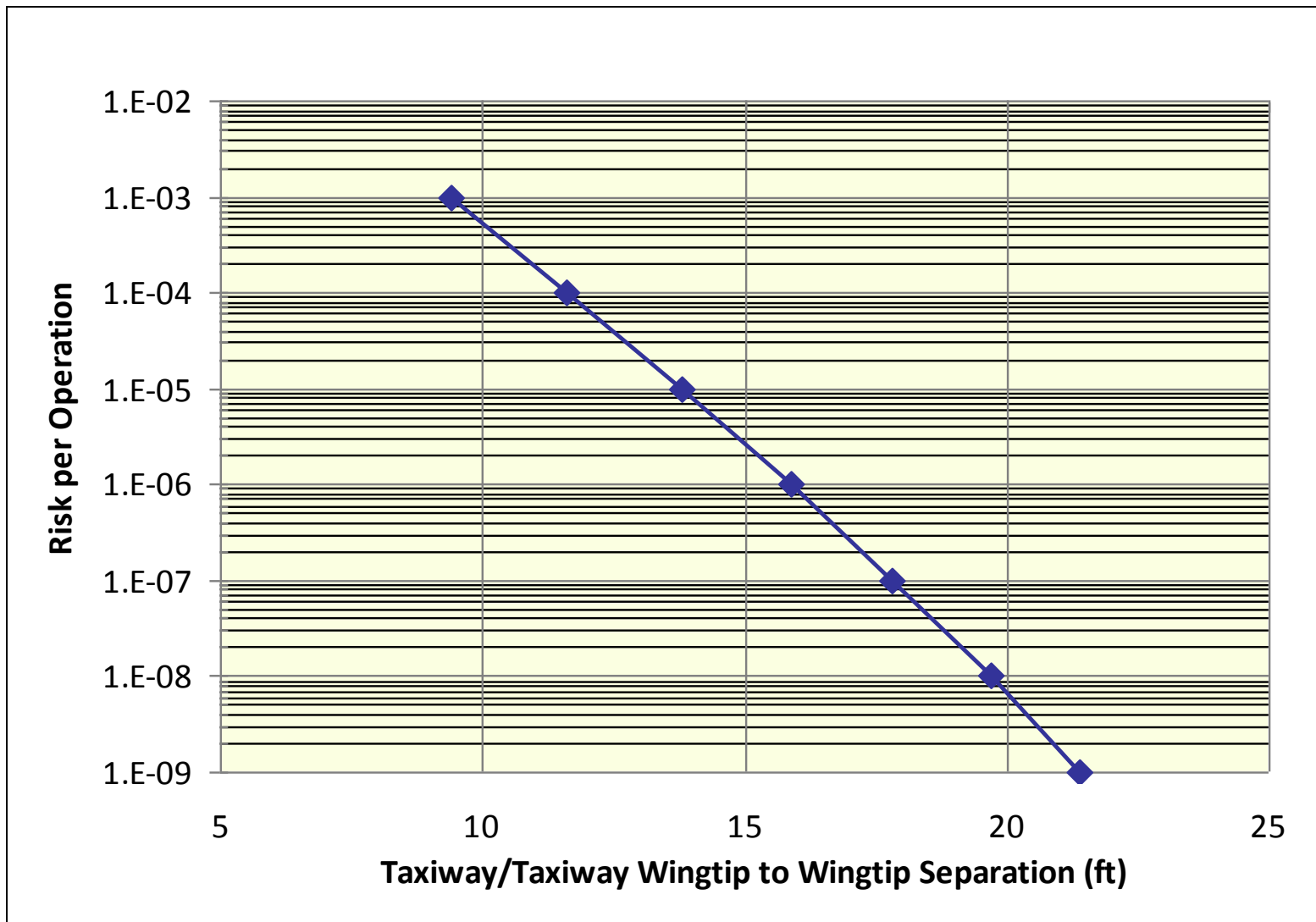
# Desviaciones Laterales en la Calle de RodajeTáxi

- FAA/Boeing (Scholz, 2003)
- Modelos desarrollados por Boeing y la FAA con base en las mediciones de la desviación lateral de B-747 en JFK y ANC
- Estudios con objetivo de evaluar el riesgo de colisión en las operaciones de el B-747-800
- Los datos fueron recogidos durante un año
- En ambos estudios, se tomaron medidas de desvíos en secciones con luces de eje

# Distribución de las Desviaciones Laterales



# Calle de Rodaje/Calle de Rodaje (Boeing/FAA)



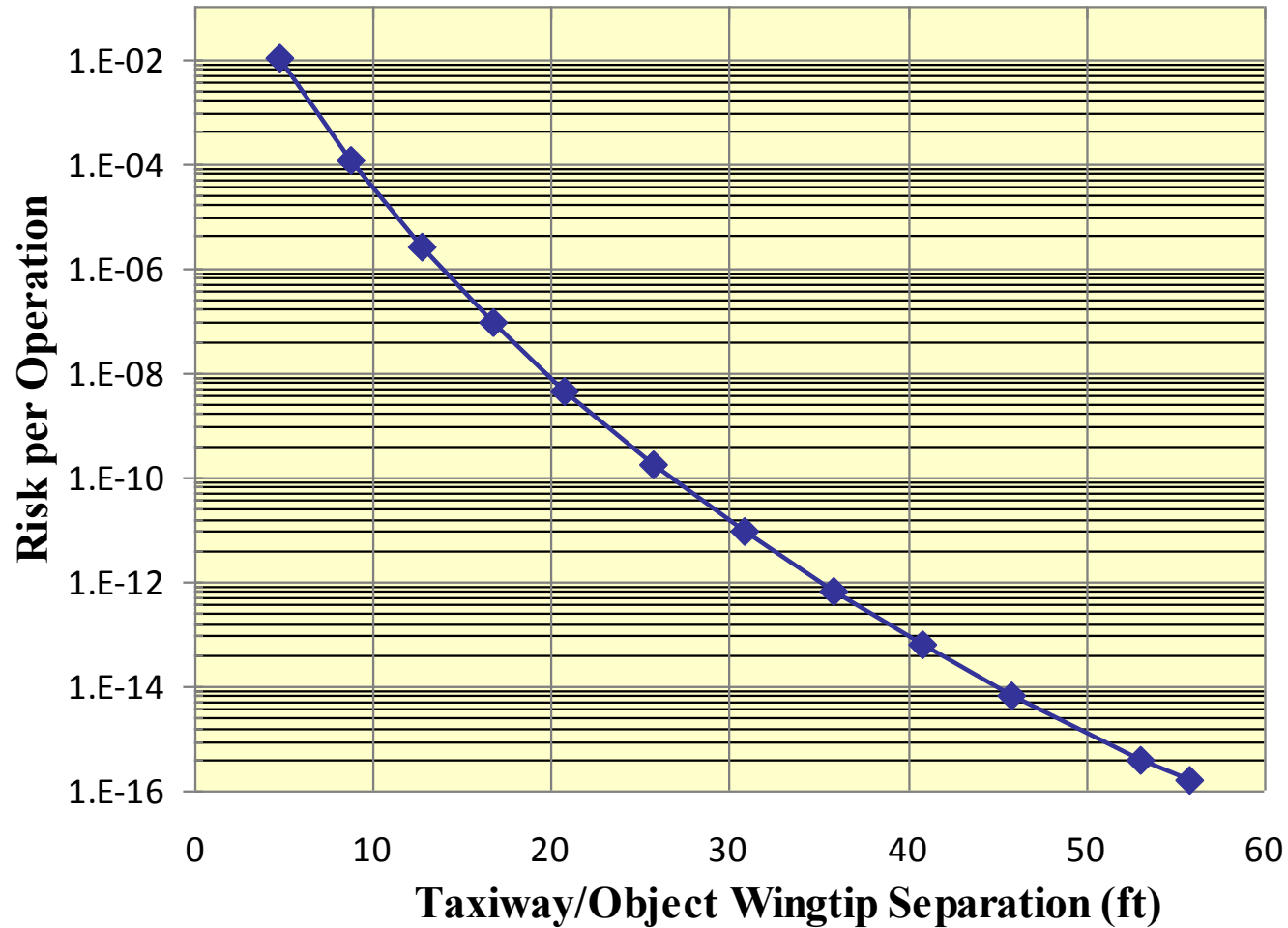
# ¿Cuál es el riesgo aceptable para las separaciones de calle de rodaje / calle de rodaje?

- No hay un historial de accidentes fatales en calles de rodajes ocasionado por excesiva desviación lateral
- La consecuencia más grave que se espera es colisión con daños en la aeronave, sin víctimas mortales

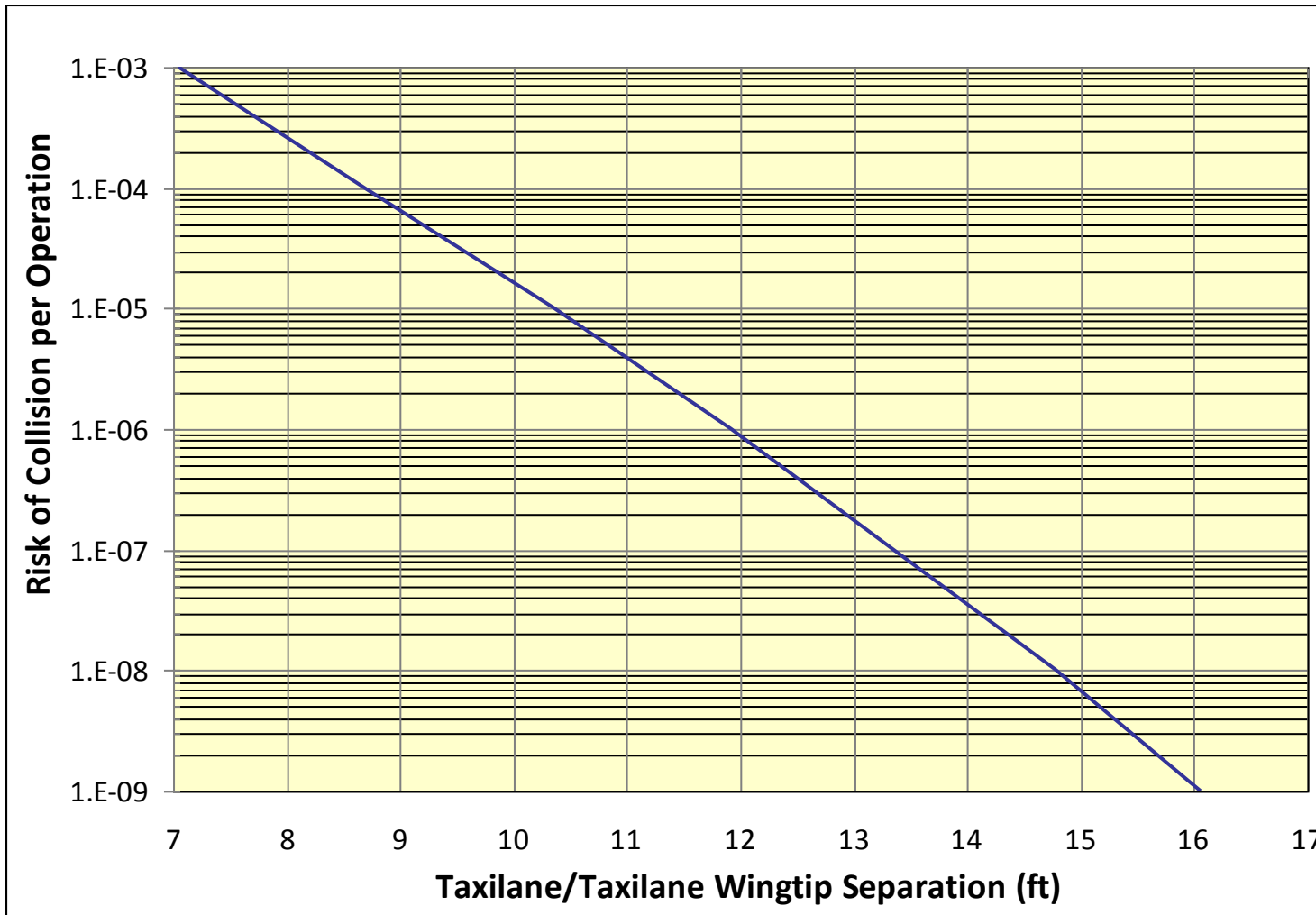
# Separaciones Calle de Rodaje/de Acceso (FAA)

ITEM		AIRCRAFT DESIGN GROUP - Distances in ft					
		I	II	III	IV	V	VI
Taxiway Centerline to:	Parallel Taxiway/ Taxilane Centerline	21	32	46.3	65.5	81.4	98.8
	Fixed or Movable Object <sup>(1,2)</sup>	13.6	20	28.3	39.5	48.8	58.8
Taxilane Centerline to:	Parallel Taxilane Centerline	19.5	29.6	42.7	60.4	74.7	90.8
	Fixed or Movable Object <sup>(1,2)</sup>	12	17.5	24.7	34.3	42.1	50.9

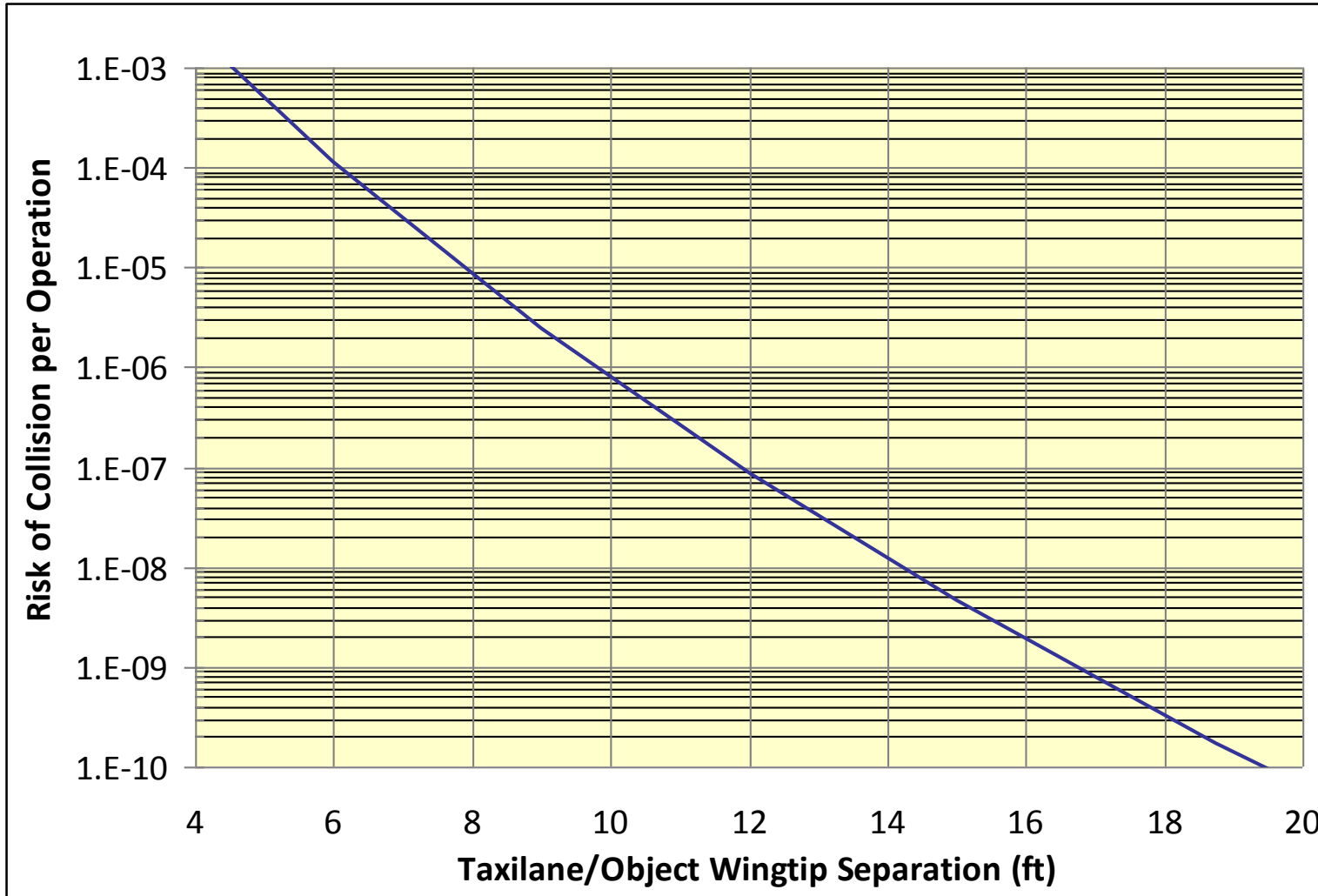
# Calle de Rodaje/Objeto (Boeing/FAA)



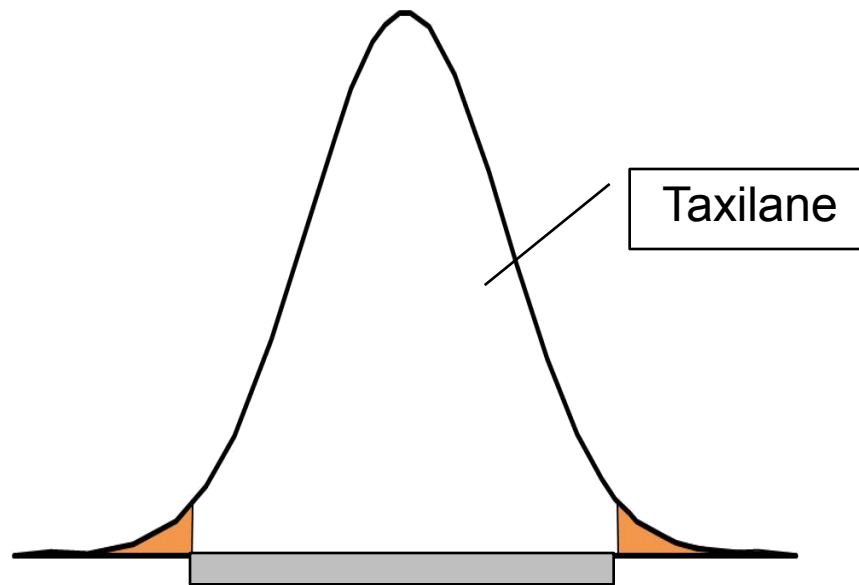
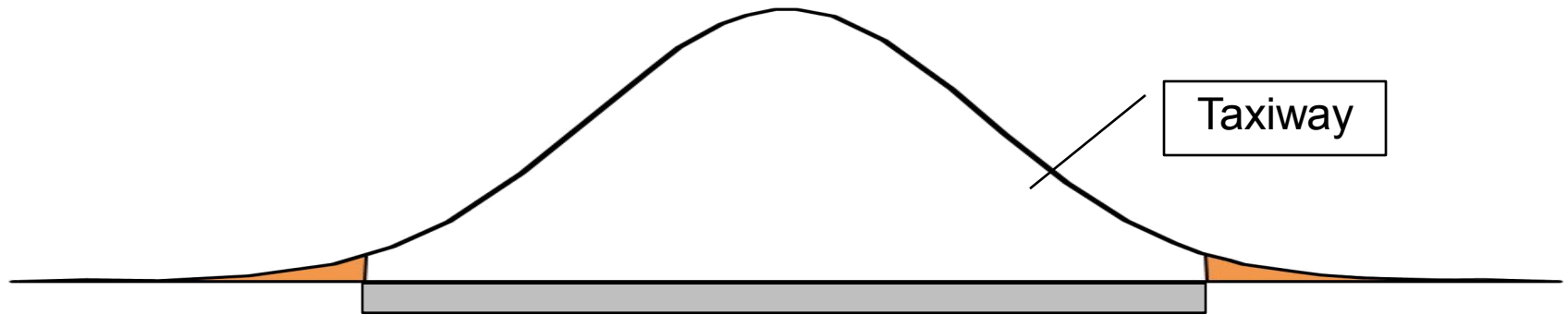
# Calle de Acceso/Calle de Acceso



# Calle de Acceso/Objeto

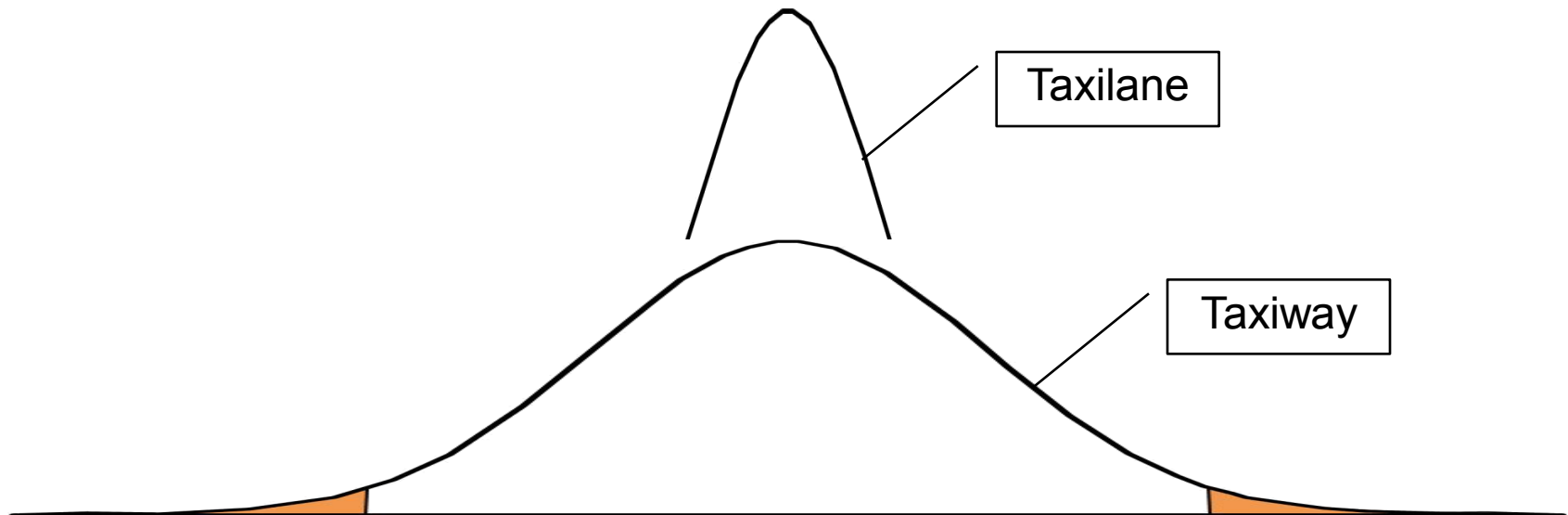


# Enfoque p/ Calles de Acceso



# Desvios Laterais nas Taxilanes

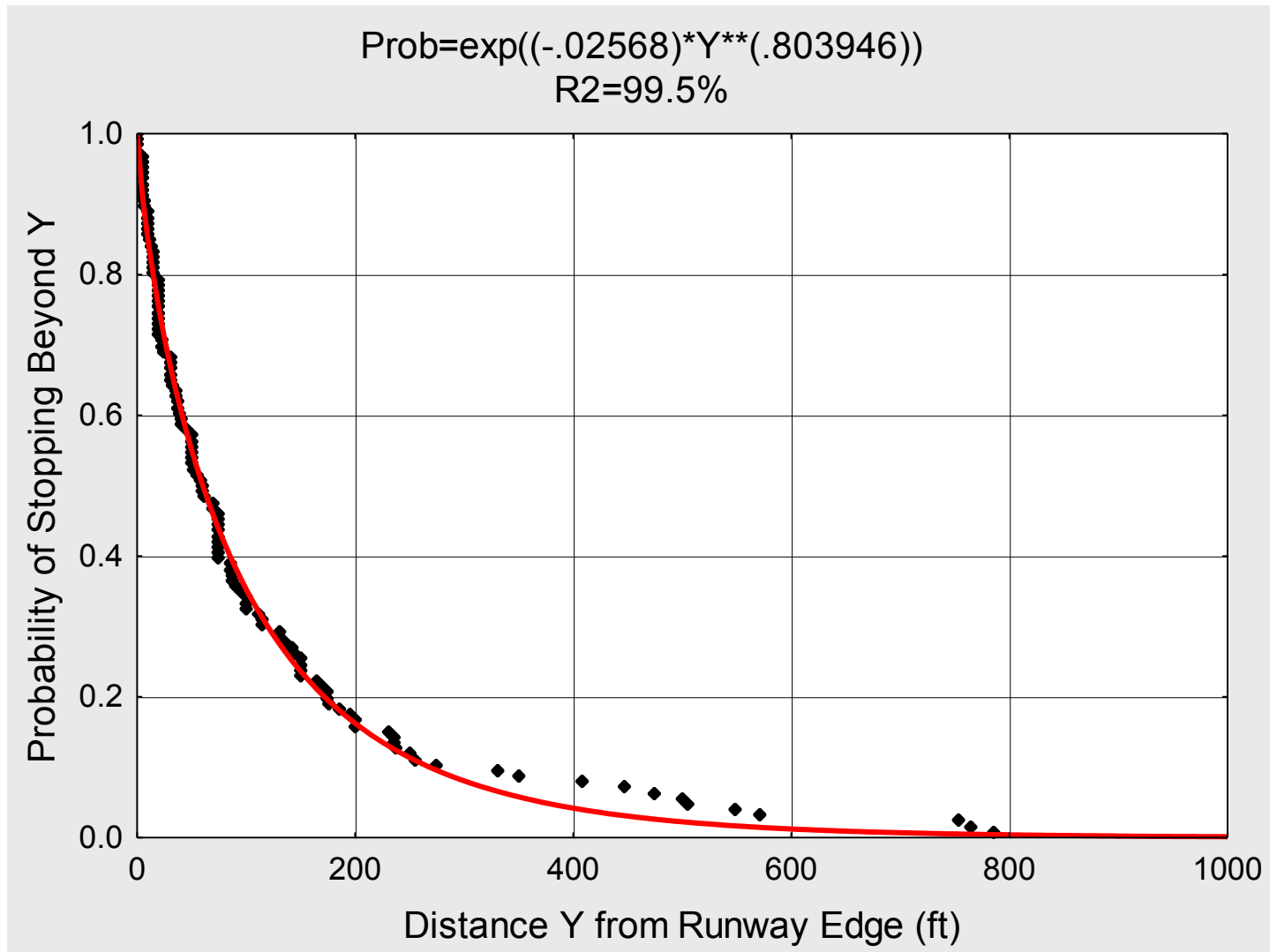
Separación entre puntas de las alas	ADG - Distancias en pies					
	I	II	III	IV	V	VI
Taxiway/Objeto	20	26	34	44	53	62
Taxilane/Objeto	15	18	22	27	31	36
Razón	0.75	0.69	0.65	0.61	0.58	0.58



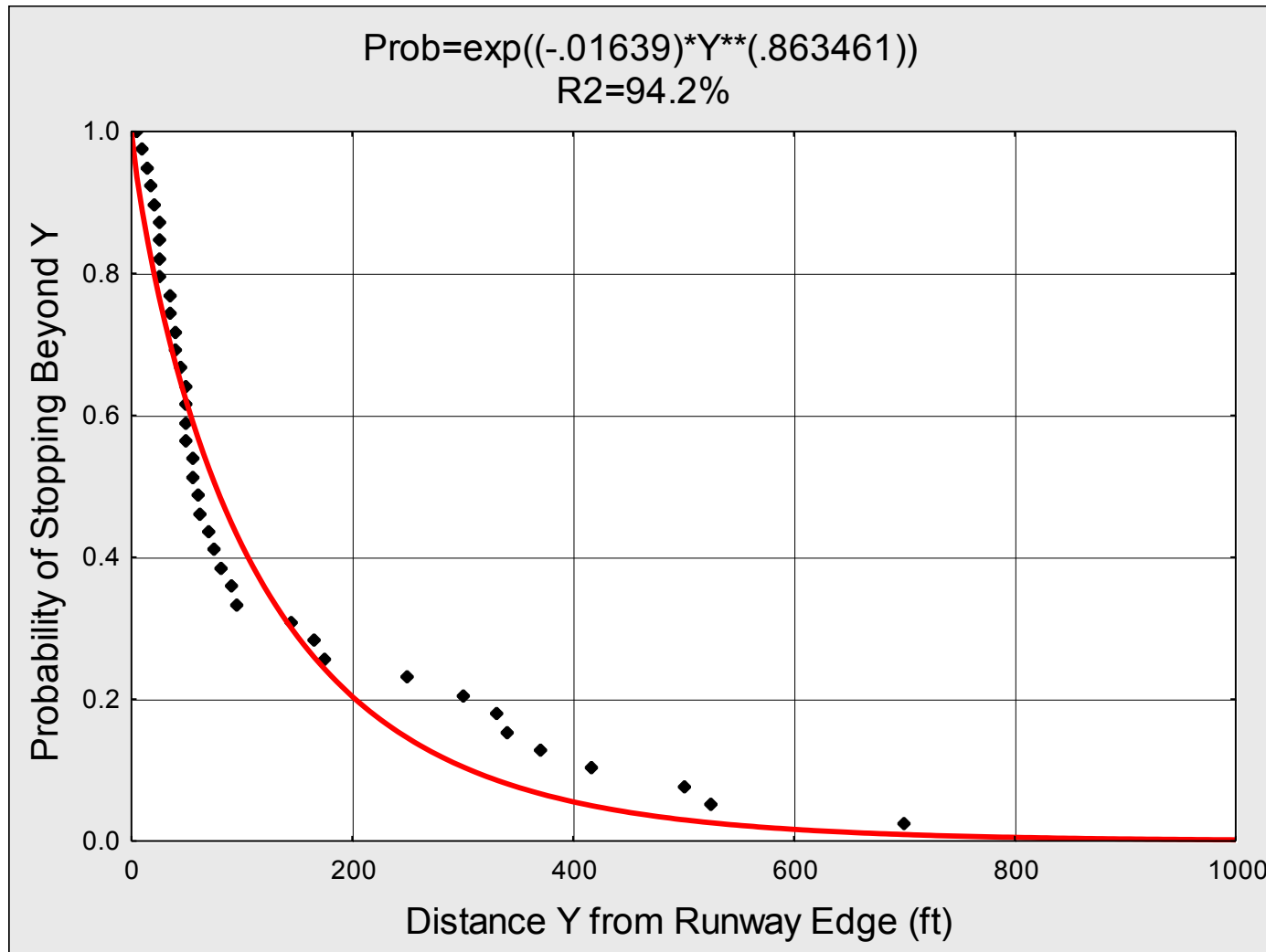
# Tasas de Incidentes en los EE.UU

Type of Incident	Number of Incidents	Incident Rate per Operation	Incident Rate in Operations per Incident
LDVO	512	1.195E-06	837,000
TOVO	111	2.590E-07	3,861,000

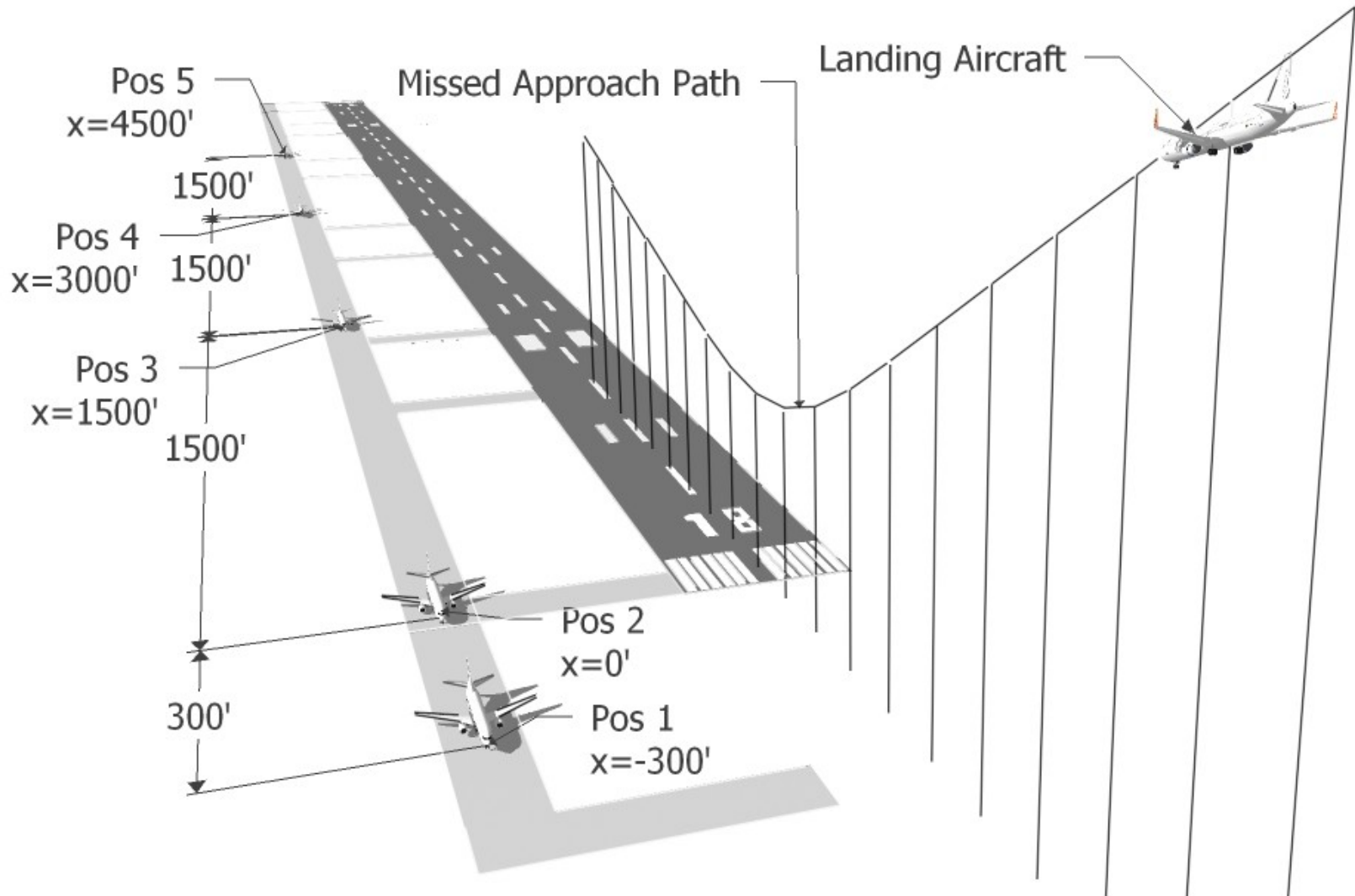
# Salidas Laterales en la Aterrizaje



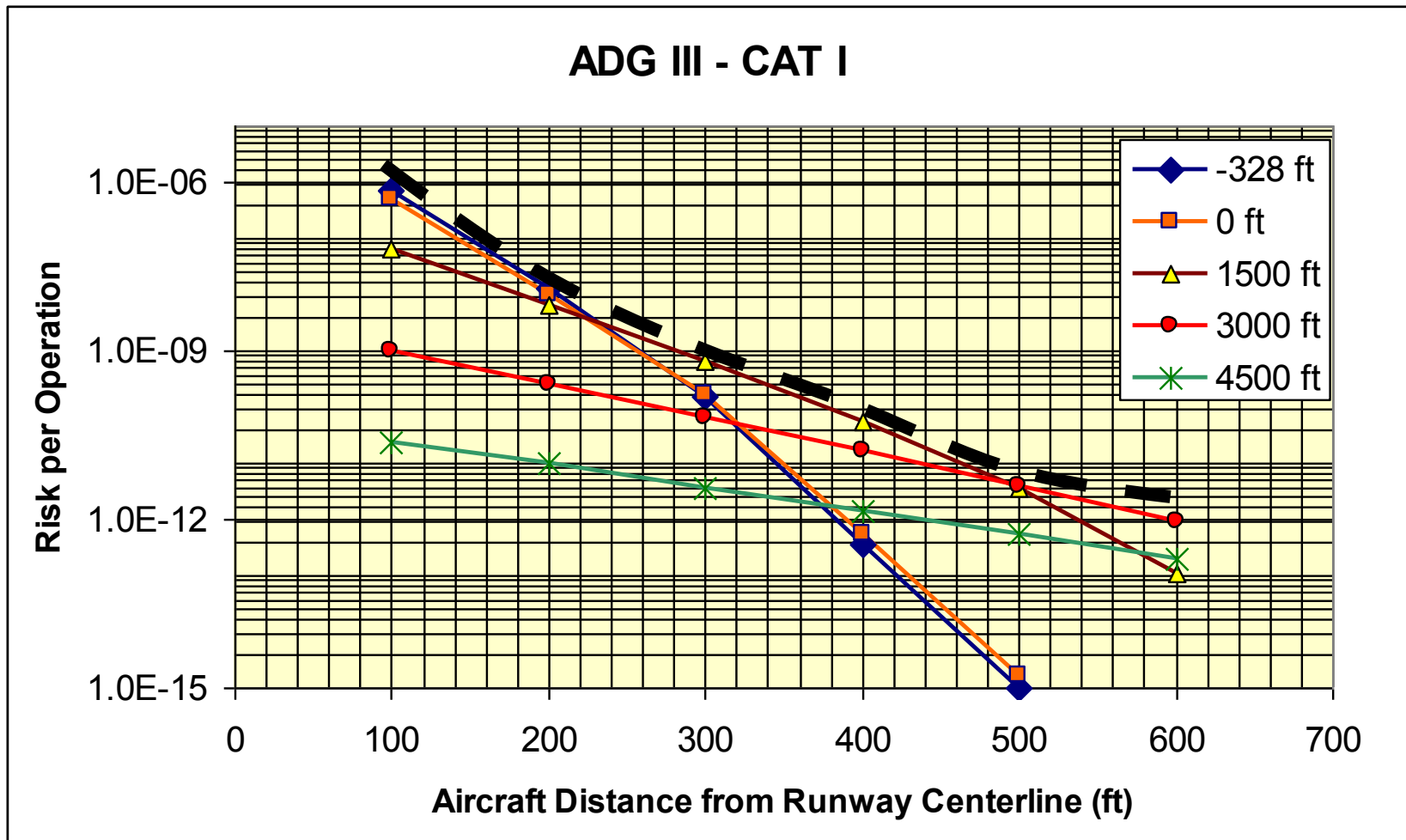
# Salidas Laterales en el Despegue



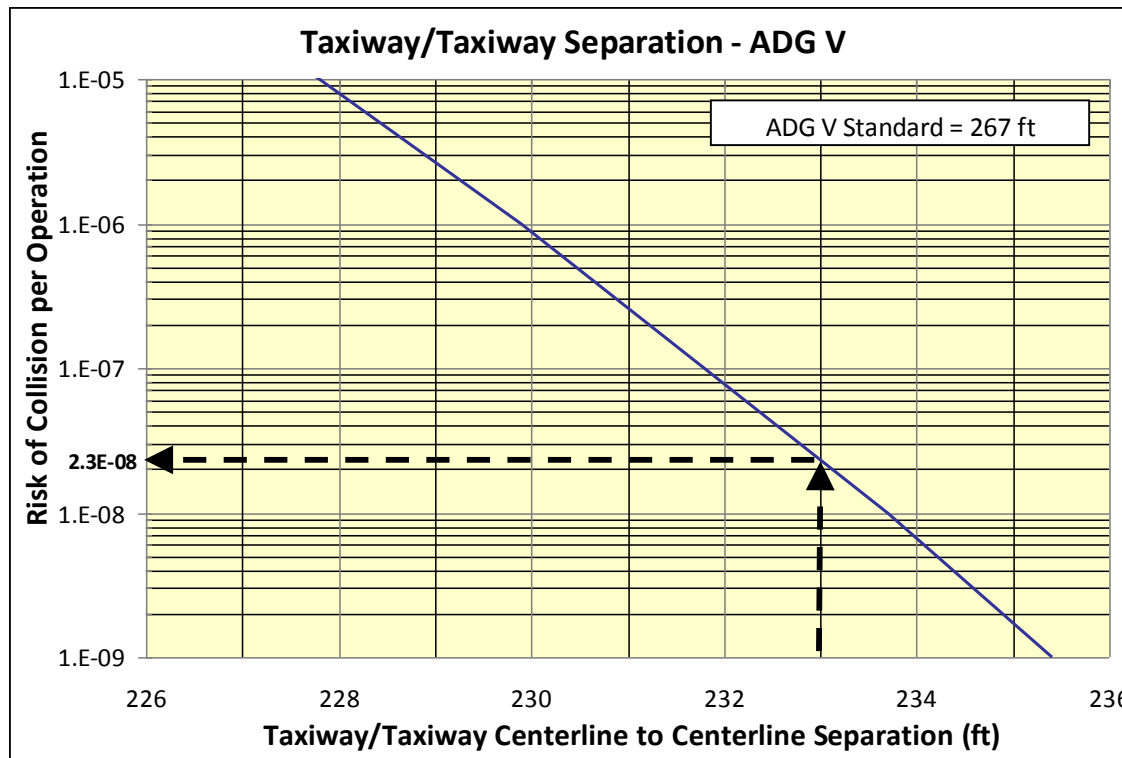
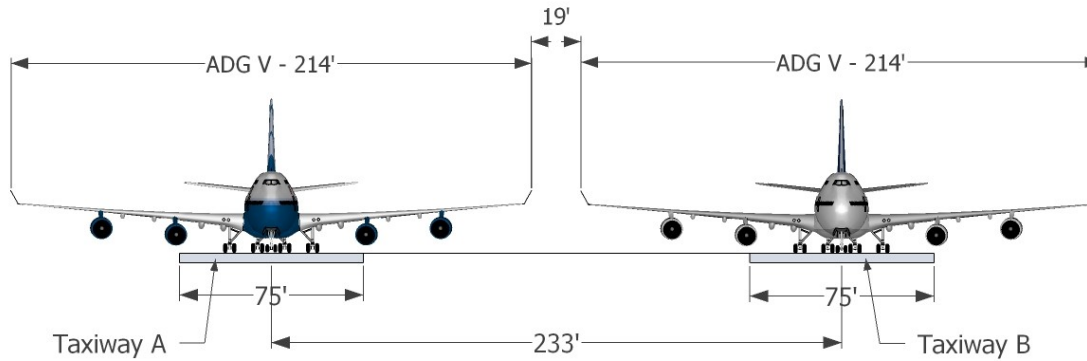
# Análisis CRM



# Desarrollo de Curvas de Riesgo – Fase Aérea

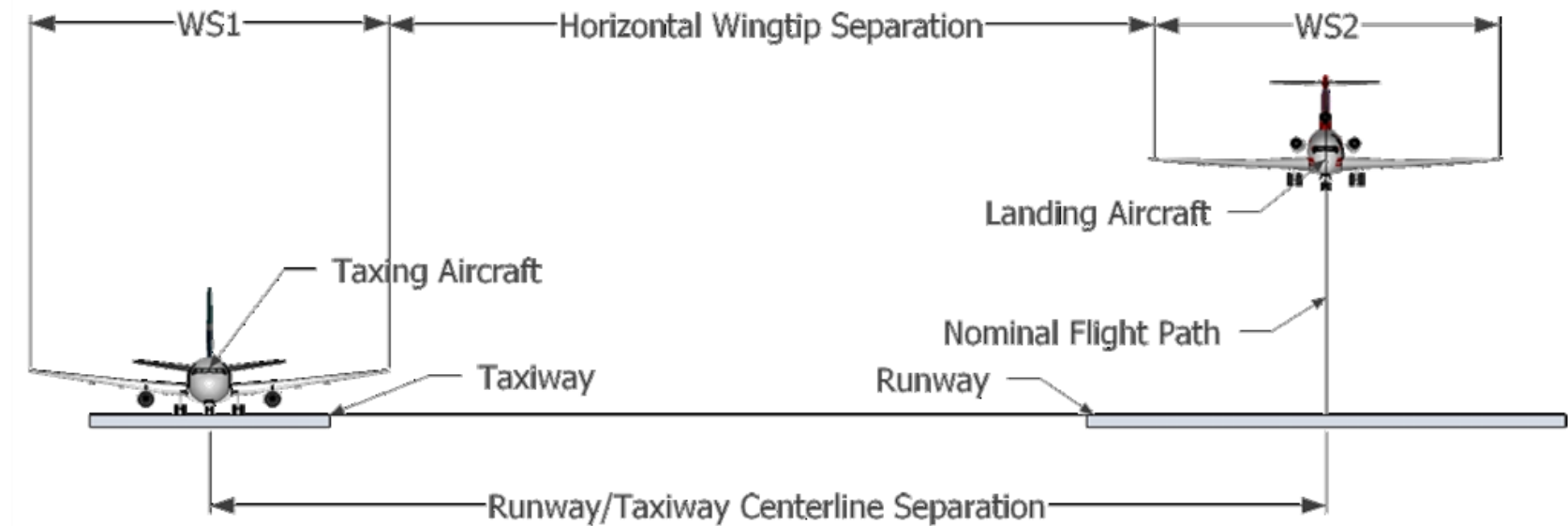


# Ejemplo de Separación Taxiway/Taxiway



# Análisis de Riesgo en la Aterrizaje

## ■ Fase Aérea



## ■ Fase Tierra



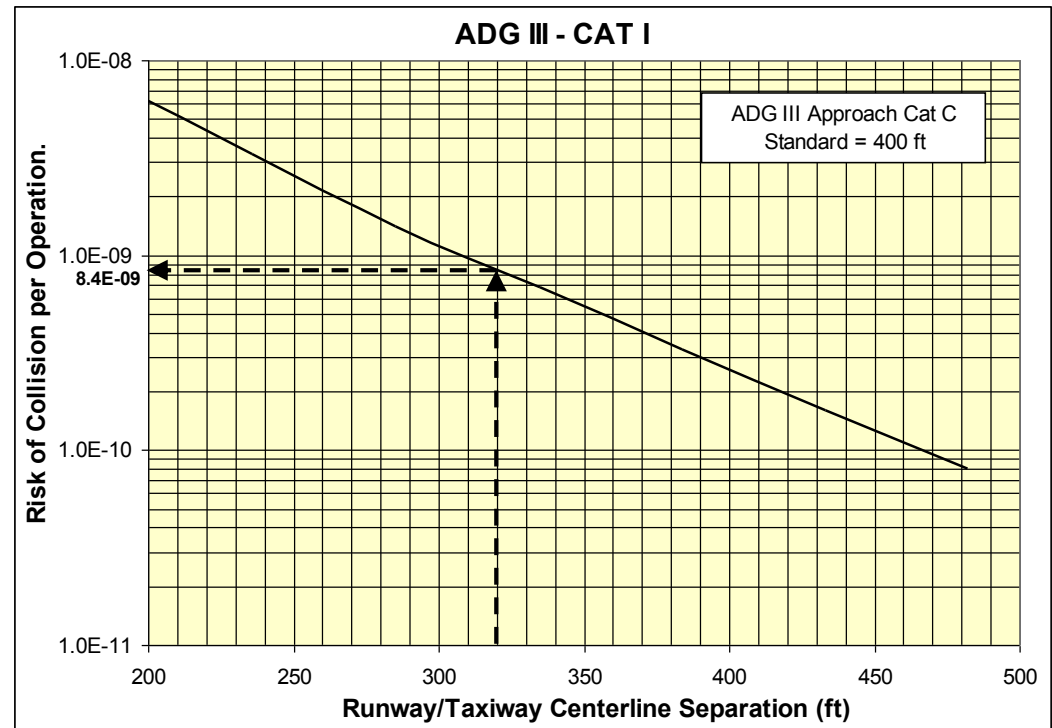
# Procedimiento de Análisis – Pista/Taxiway

- Identificar el ADG de la aeronave
- Identificar el tipo de aproximación
- Caracterizar la separación entre el eje de la pista y de la calle de rodaje
- Identificar las curvas de riesgo de aterrizaje
  - Fase aérea (lateral y vertical )
  - Fase tierra (frecuencia y ubicación)
- Introduzca la distancia entre los ejes en las curvas de riesgo y obtener la estimación del riesgo de colisión
- Repita el proceso para el despegue

# Ejemplo

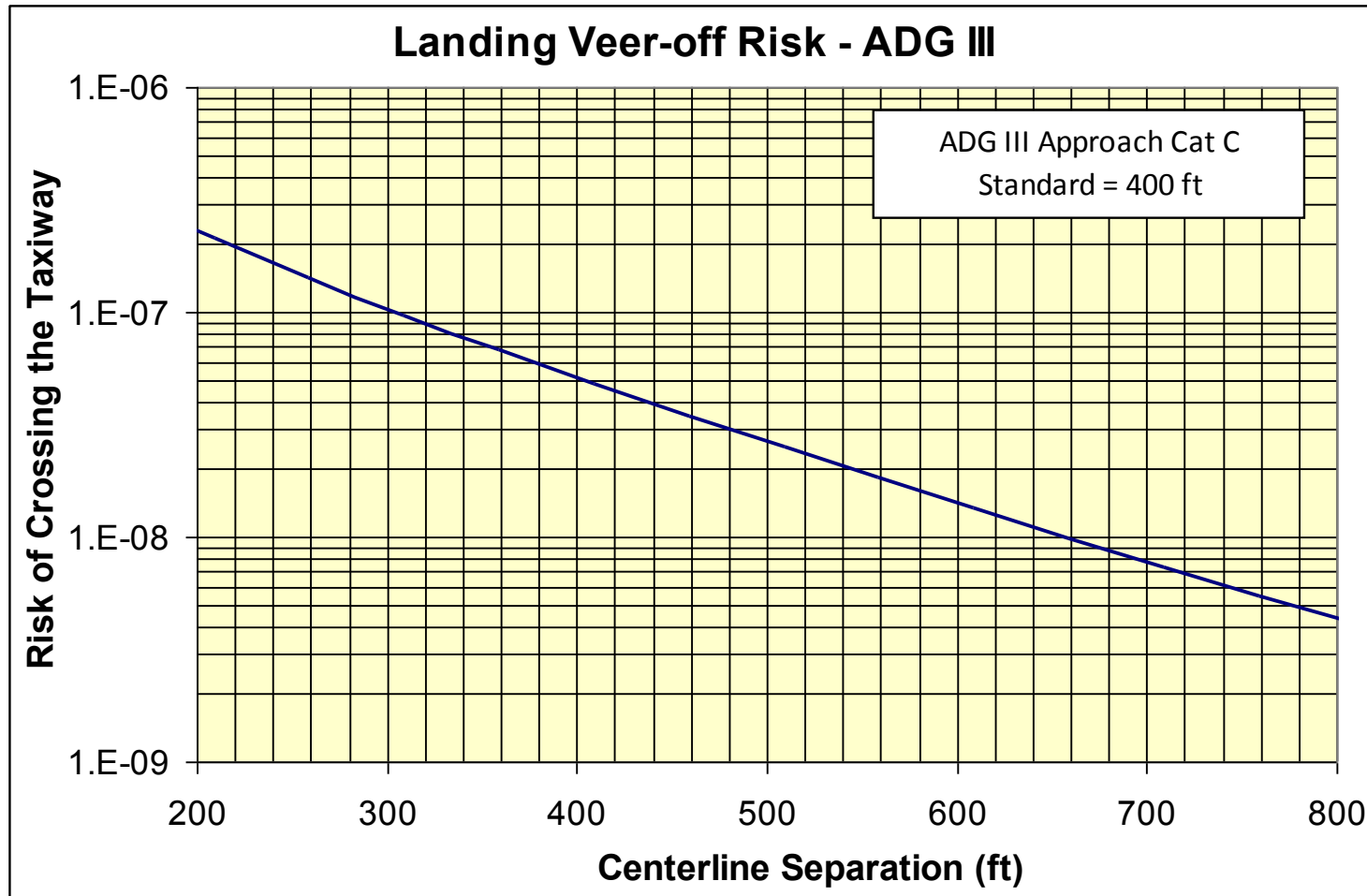
- ERJ 170: ADG II, envergadura 85.3 pies
- Aeropuerto Cat I ILS
- Separación existente: 320 pies (norma 400 ft)
- Riesgo en la fase aérea

8.4E-09 ac/op

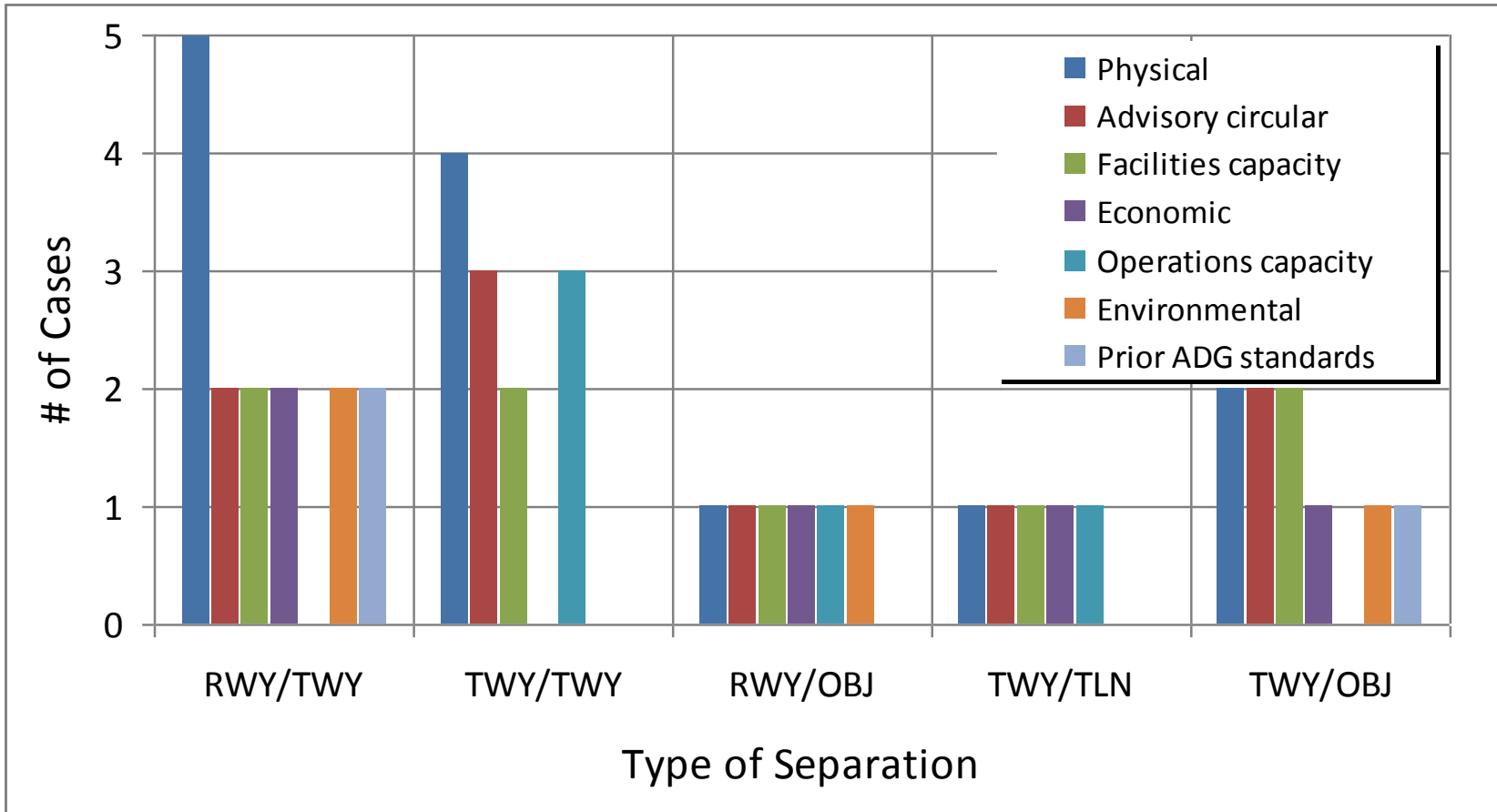


# Ejemplo (cont)

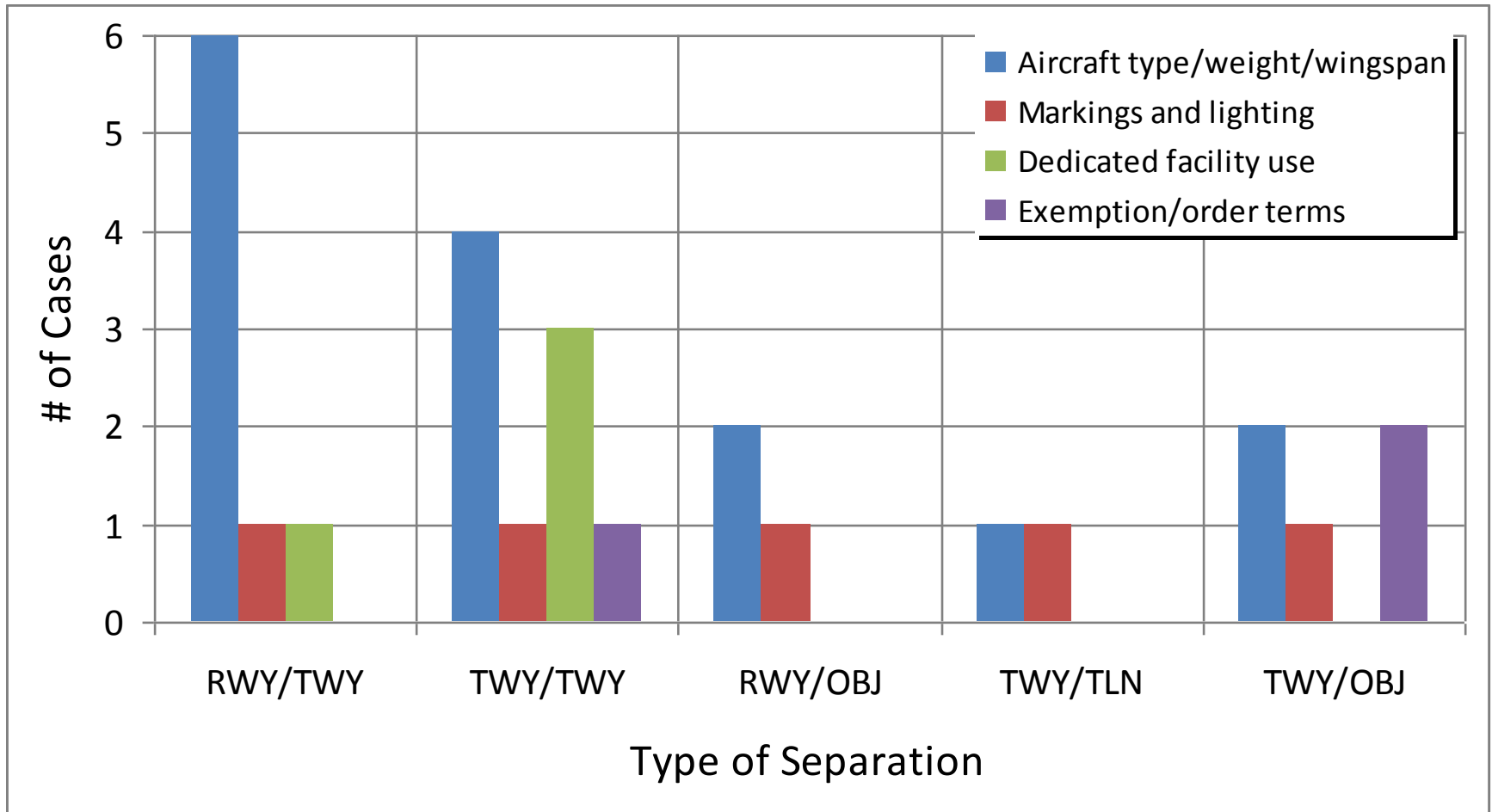
- Riesgo de salida lateral:  $9.0E-08$  accidentes por operación



# Justificaciones p / Aprobación de MOS – 20 Casos



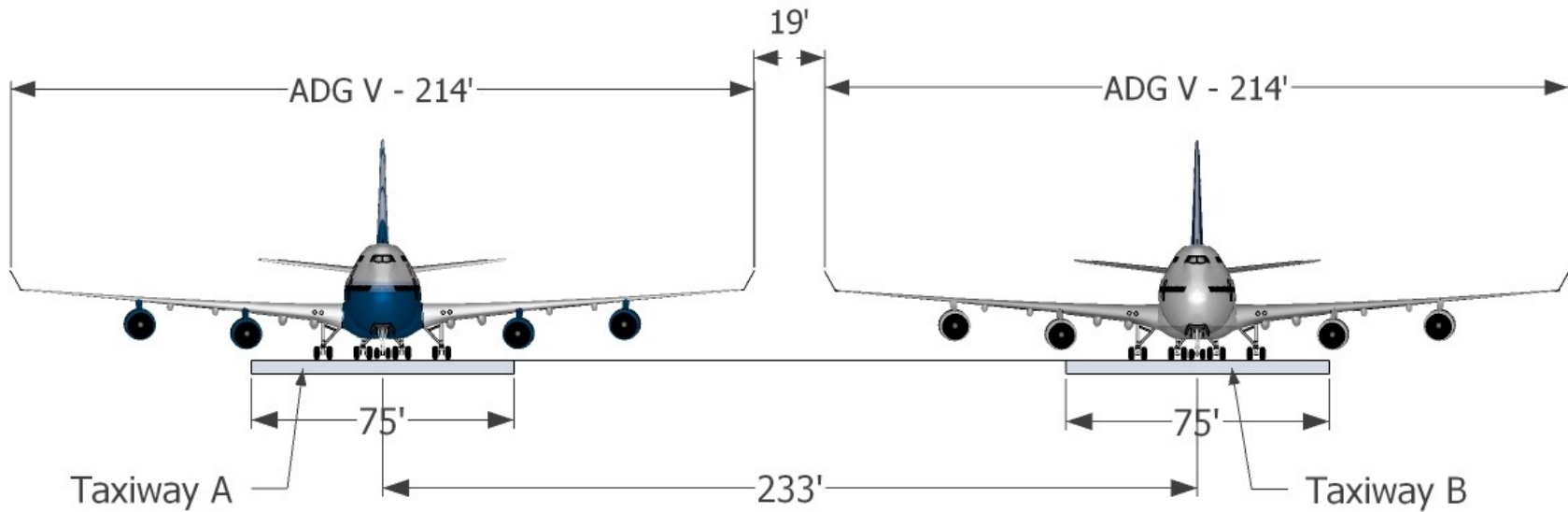
# Las restricciones más comunes



# Estudo de Casos - Validação

Airp.	ADG	Type of MOS	Risk Level	Expected # Yrs	Risk < 1.0E-7	Risk < 1.0E-09	Expected Severity	FAA Risk Classification	Acceptable
PHL	III & IV	Taxilane/Taxilane	<1.0E-9	N/A	Yes	Yes	Major	Low	Yes
ANC	VI	Taxiway/Object	<1.0E-9	N/A	Yes	Yes	Major	Low	Yes
ADS	III	Runway/Taxiway	1.0E-7	> 100	Yes	No	Catastrophic	Medium	Yes
BDR	II	Runway/Taxiway	1.1E-7	> 100	No	No	Catastrophic	Medium	Yes
MFV	II	Runway/Object	5.9E-8	> 100	Yes	No	Catastrophic	Medium	Yes
N07	I	Taxilane/Object	1.2E-9	-	Yes	No	Major	Low	Yes
JFK	VI	Taxiway/Taxiway	<1.0E-9	-	Yes	Yes	Major	Low	Yes
EWR	V	Taxiway/Taxiway	<1.0E-9	N/A	Yes	Yes	Major	Low	Yes
		Taxilane/Object	<1.0E-9	N/A	Yes	Yes	Major	Low	Yes
MSP	IV	Taxiway/Taxiway	<1.0E-9	N/A	Yes	Yes	Major	Low	Yes
ORD	V	Taxiway/Object	<1.0E-9	N/A	Yes	Yes	Major	Low	Yes
ORD	V	Taxiway/Taxiway	<1.0E-9	N/A	Yes	Yes	Major	Low	Yes
HYA	III	Runway/Taxiway	8.8E-8	> 100	Yes	No	Catastrophic	Medium	Yes
LCI	III	Runway/Taxiway	2.0E-7	> 100	No	No	Catastrophic	Medium	Yes
SEA	VI	Runway/Taxiway	1.6E-6	N/A	No	No	Catastrophic	High*	No*
SEA	VI	Taxiway/Taxilane	<1.0E-9	N/A	Yes	Yes	Major	Low	Yes
ASE	III	Runway/Taxiway	9.0E-8	> 100	Yes	No	Catastrophic	Medium	Yes
ACK	III	Taxiway/Taxiway	<1.0E-9	N/A	Yes	Yes	Major	Low	Yes
ILG	IV	Taxiway/Object	2.8E-8	-	Yes	No	Major	Low	Yes
JYO	II	Runway/Taxiway	1.2E-7	> 100	No	No	Catastrophic	Medium	Yes
TAN	II	Runway/Taxiway	8.0E-8	> 100	Yes	No	Catastrophic	Medium	Yes

# Ejemplo Calle/Calle de Rodaje

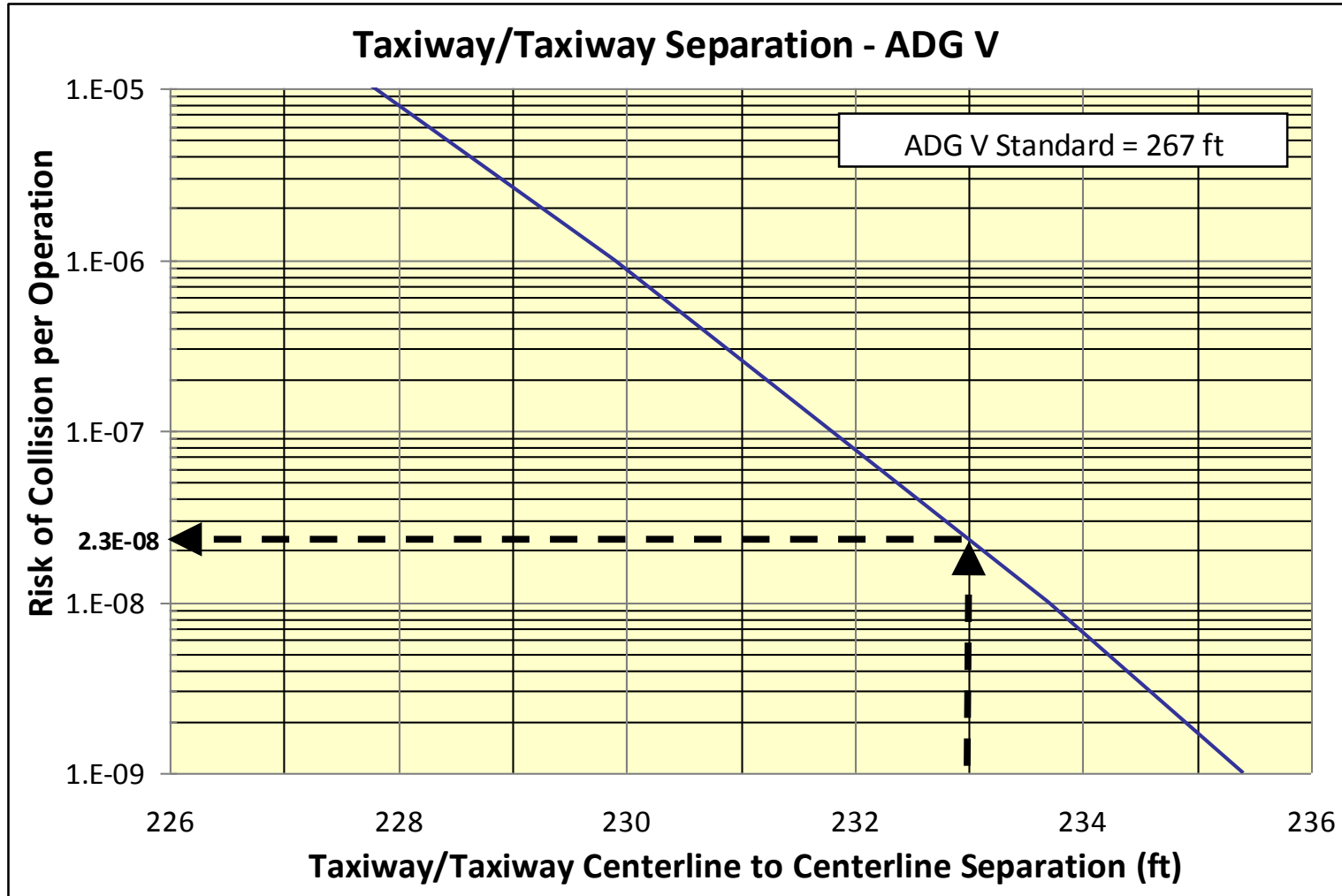


ADG V

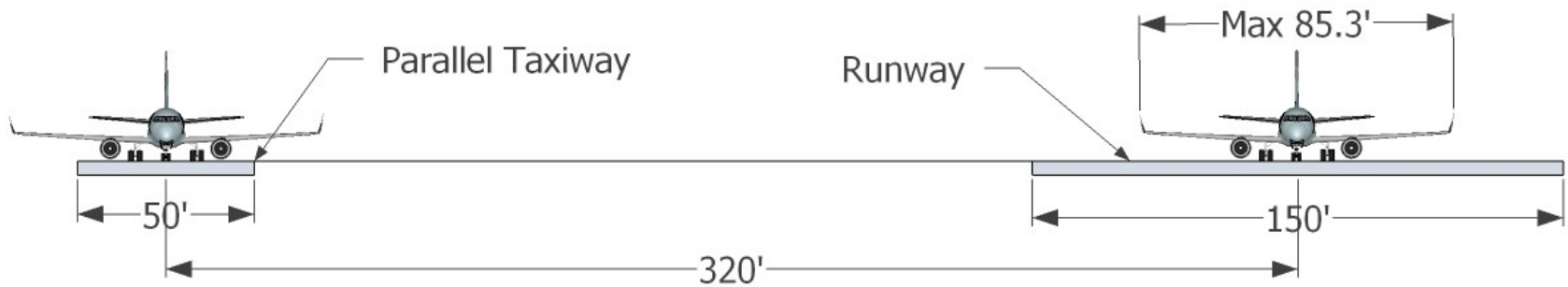
Separación :233 ft

Sep Estándar: 267 ft

# Figura A-5



# Ejemplo Pista/Calle de Rodaje

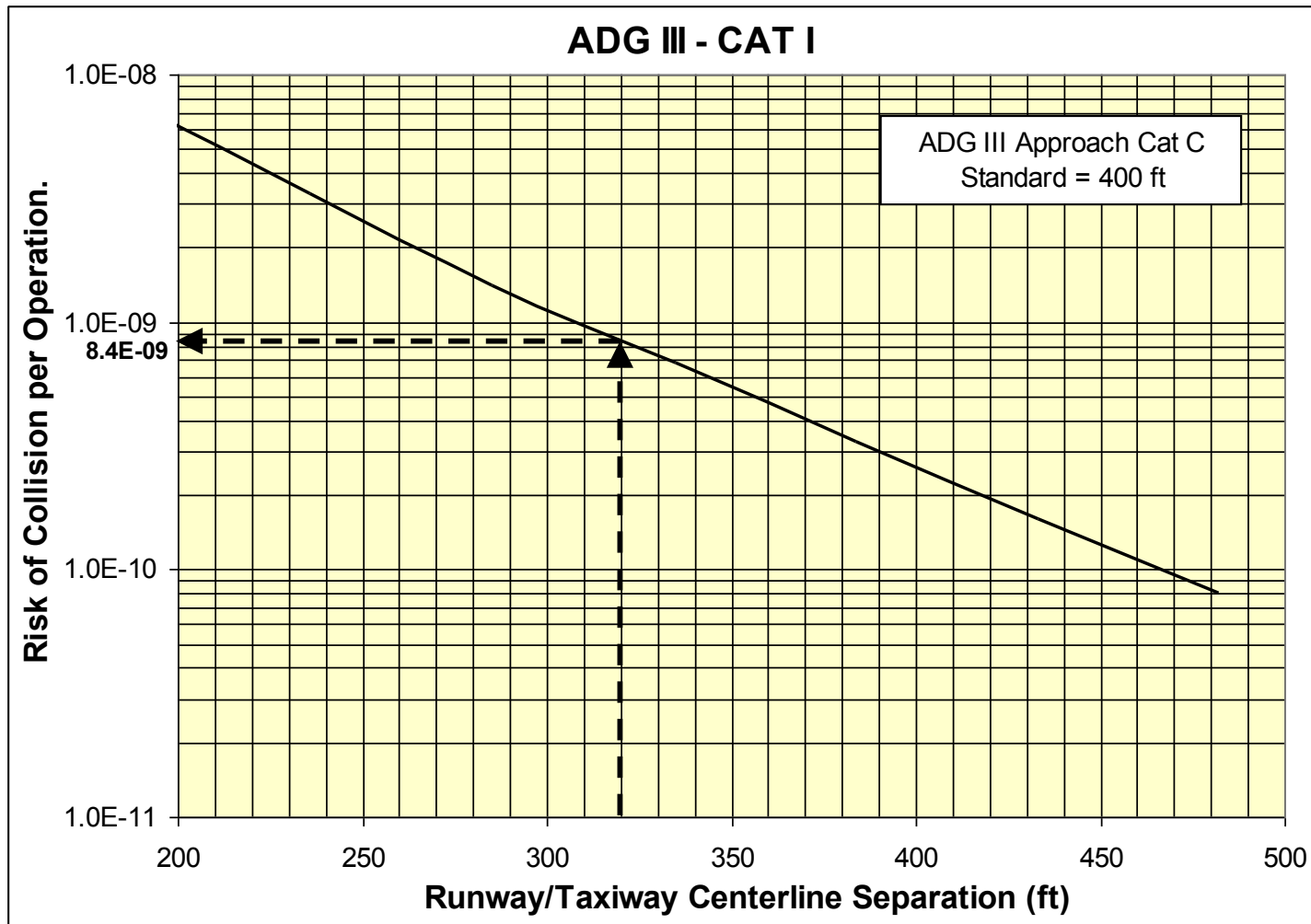


ADG III – Cat I

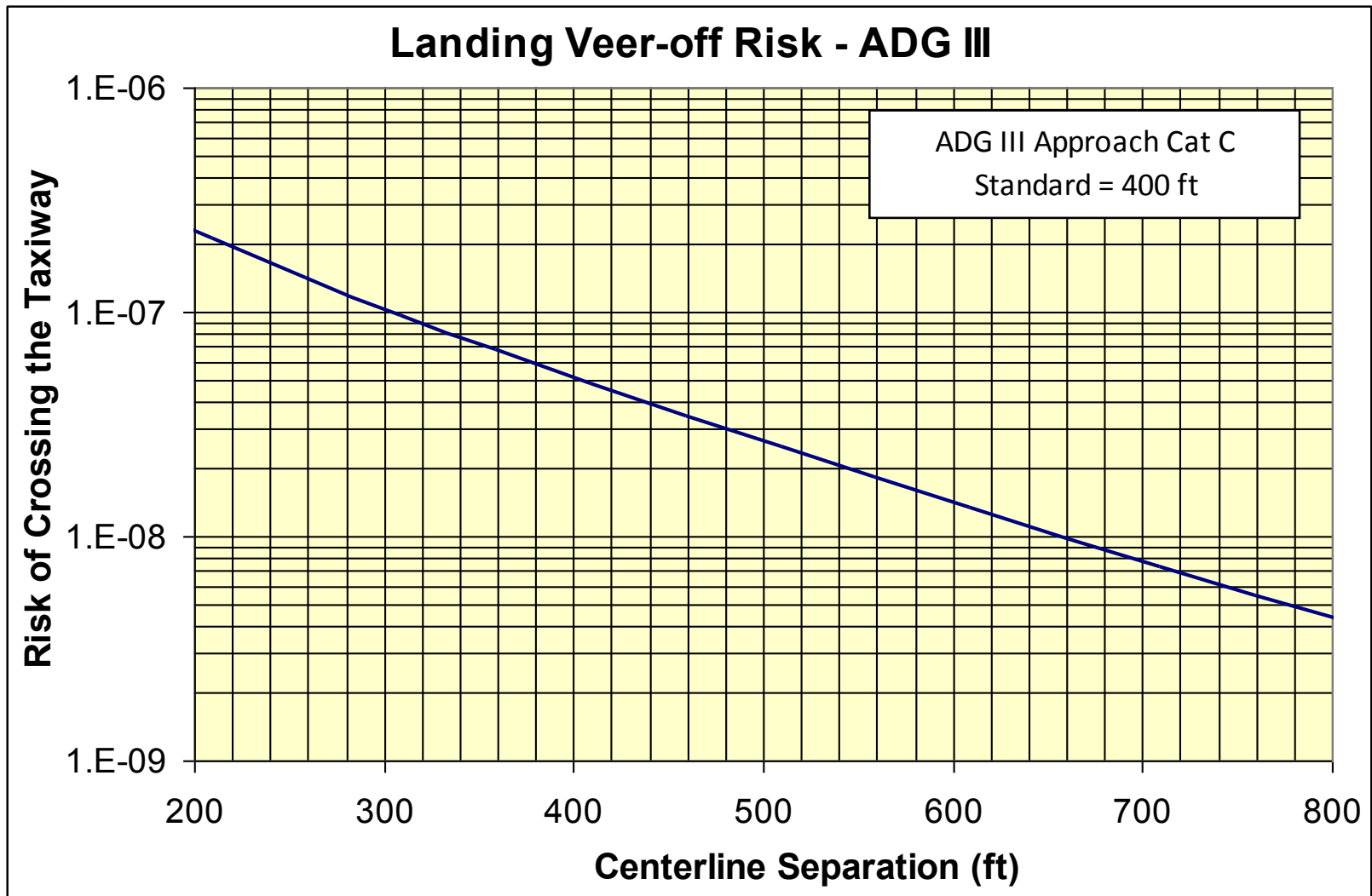
Separación: 320ft

Sep Estándar: 400ft

# Riesgo en la Fase Aérea



# Riesgo de Salida Lateral



# Conclusiones del Ejemplo

- Colisión en la fase aérea:  $8.4E-9$  (1: 119 millón de aterrizajes)
- Salida Lateral:  $9.0E-08$  (1: 11.1 millón de aterrizajes)
- Riesgo menor que 1: 10 millón, aceptable

# Preguntas?

