



Taller sobre Estudios Aeronáuticos para Aeropuertos

Lima, 1-4 Aut 2011

ACRP 4-08 - Improved Models for Risk Assessment of Runway Safety Areas (RSA)

Manuel Ayres Jr., Ph.D.

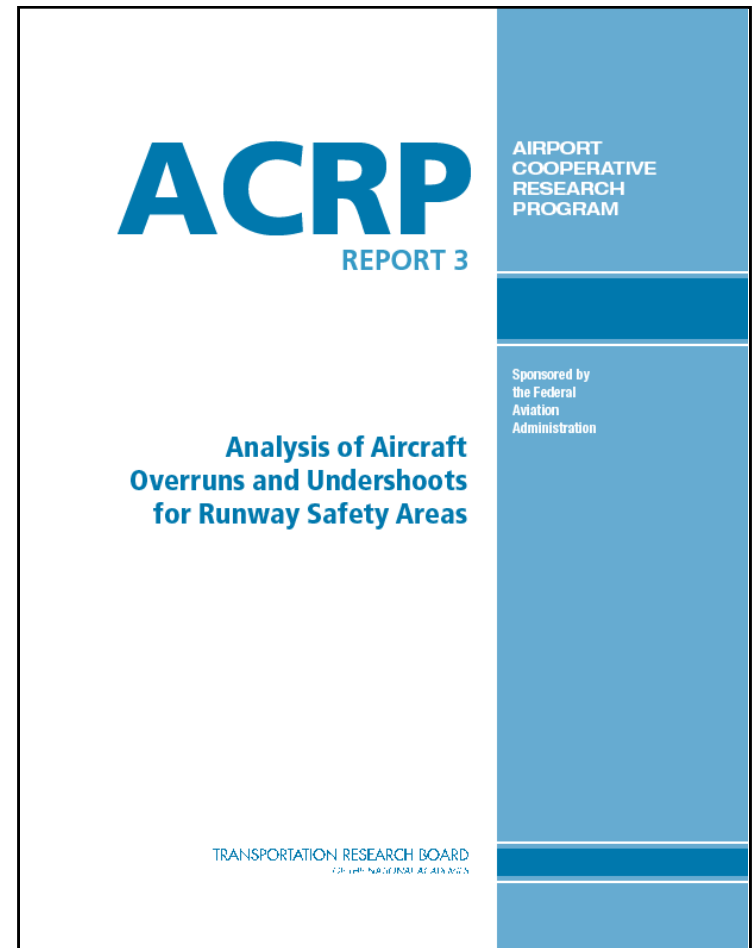


Esquema

- Introducción
- El enfoque general de la investigación
- Enfoque de Riesgo
- El modelo de consecuencia
- Software para análisis
- Metodología de validación

Análisis de Riesgo de Áreas de Seguridad

- ACRP Report 3 – Analysis of Aircraft Overruns and Undershoots for Runway Safety Areas
- Metodología para análisis cuantitativo de áreas de seguridad de pistas



http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/acrp/acrp_rpt_003.pdf

ACRP 4-08 - Improved Models for Risk Assessment of Runway Safety Areas (RSA)

- Se utilizó la base de la metodología presentada en el ACRP Report 3
- La base de datos ha sido ampliada de 459 accidentes e incidentes para 1414 eventos
- Se incluyó el análisis de salida lateral de la pista
- Permitted el análisis de las distancias declaradas con la introducción de un "factor de criticidad"
- Permitted el análisis de los obstáculos
- Introdujo la posibilidad de evaluar el EMAS
- Desarrolló software de análisis
- Validó los modelos y el software de análisis

Base de Datos de Accidentes y Incidentes

- NTSB Accident Database & Synopses
- FAA Accident/Incident Data System (AIDS)
- FAA/NASA Aviation Safety Reporting System (ASRS)
- Transportation Safety Board of Canada
- ICAO Accident/Incident Data Reporting (ADREP) system
- Australian Transport Safety Bureau (ATSB)
- Bureau d'Enquêtes et d'Analyses pour la Sécurité de l'Aviation Civile (BEA)
- UK Air Accidents Investigation Branch (AAIB)
- New Zealand Transport Accident Investigation Commission (TAIC)
- Air Accident Investigation Bureau of Singapore
- Ireland Air Accident Investigation Unit (AAIU)
- Spain Comisión de Investigación de Accidentes e Incidentes de Aviación Civil (CIAIAC)
- Indonesia National Transportation Safety Committee (NTSC).
- Netherlands Aviation Safety Board (NASB).

Preguntas Frecuentes

- ¿Por qué no utilizar sólo los accidentes?
- ¿Por qué los accidentes en otros países no fueron incluidos?



TOOR, 2005, Plan Voo, 110 kt

Otras Fuentes

- Aeropuertos:
 - EUA: AirNav
 - Mundo: World Aeronautical Database (+10,000 aeropuertos)
- Condiciones Climáticas : National Oceanic & Atmospheric Administration (NOAA)
- Otras Bases de Datos:
 - MITRE Corp.
 - ASN Aviation Safety Database
 - World Aircraft Accident Summary
- Geografía: Google Earth

Filtros Usados

- Accidentes e incidentes
- América del Norte, Europa Occidental, Australia, Nueva Zelanda, parte de la Asia
- Ala fija
- Parte 121 operaciones, 125, 129, 135 y una parte 91 (algunos tipos de operaciones cuentan con reglamentos diferentes (por ejemplo, capacitación de los pilotos de aeronaves con peso máximo de despegue))
- MTOW > 5,600 libras) (evitar mezclar manzanas y naranjas)
- Exclusión de los aviones de pistón y de un solo motor (lo mismo)
- Eliminación de eventos que el punto de contacto o parada del avión ocurrió más allá de 2.000 pies del umbral
- Eliminación de eventos que la parada ocurrió más de 1.000 pies del eje de pista

Base de Datos

ACRP Database of Accidents and Incidents

Home Create External Data Database Tools

View Paste Font Rich Text Refresh All Delete More Filter Selection Advanced Toggle Filter Size to Fit Form Windows Switch Windows Find Find

Full Database - Basic Info

Database ID: -2116213923 EventID: 20080119000489C Accident Class: LDVOFF

Basic Data Flight Data Weather Wreckage Info Anomalies

Event Type: Incident Country: US Time: 2024
Researcher: HS State: AK Time Units: GMT
Source: AIDS City: DILLINGHAM Date: 1/19/2008

Basic Notes: Complete Delete From Database

ON JANUARY 19, 2008, AT ABOUT 2024GMT, A BOEING 737-200 AIRPLANE, N322DL, SUSTAINED MINOR DAMAGE TO ITS LEFT ENGINE LOWER COWLING WHEN IT HIT SEVERAL RUNWAY EDGE LIGHTS DURING LANDING AT DILLINGHAM AIRPORT, DILLINGHAM, ALASKA. THE AIRPLANE WAS BEING OPERATED AS AN INSTRUMENT FLIGHT RULES (IFR) ALL CARGO FLIGHT UNDER TITLE 14, CFR PART 121 SUPPLEMENTAL OPERATION, BY NORTHERN AIR CARGO, INC. OF ANCHORAGE, ALASKA. THE FLIGHT CREW CONSISTED OF TWO AIRLINE TRANSPORT PILOTS AND NO INJURIES WERE REPORTED. THE INTENDED DESTINATION WAS DILLINGHAM, ALASKA. FLIGHT CREW STATEMENTS INDICATE THAT BRAKING ACTION WAS REPORTED AS "FAIR" BY LOCKHEED L-382 AND WEATHER REPORTS STATE A STEADY CROSSWIND COMPONENT OF APPROXIMATELY TWENTY SIX (26) KNOTS GUSTING TO THIRTY EIGHT (38) KNOTS. AT APPROXIMATELY THE HALFWAY POINT OF THE SIXTY FOUR HUNDRED (6400) FOOT RUNWAY THE AIRCRAFT WEATHER VANED INTO THE WIND AND DRIFTED LEFT OF CENTERLINE STRIKING THE RUNWAY EDGE LIGHTS. THE FLIGHT CREW WAS ABLE TO STOP THE AIRCRAFT APPROXIMATELY FIFTEEN HUNDRED (1500) FEET FROM THE NORTH END OF RUNWAY 01.

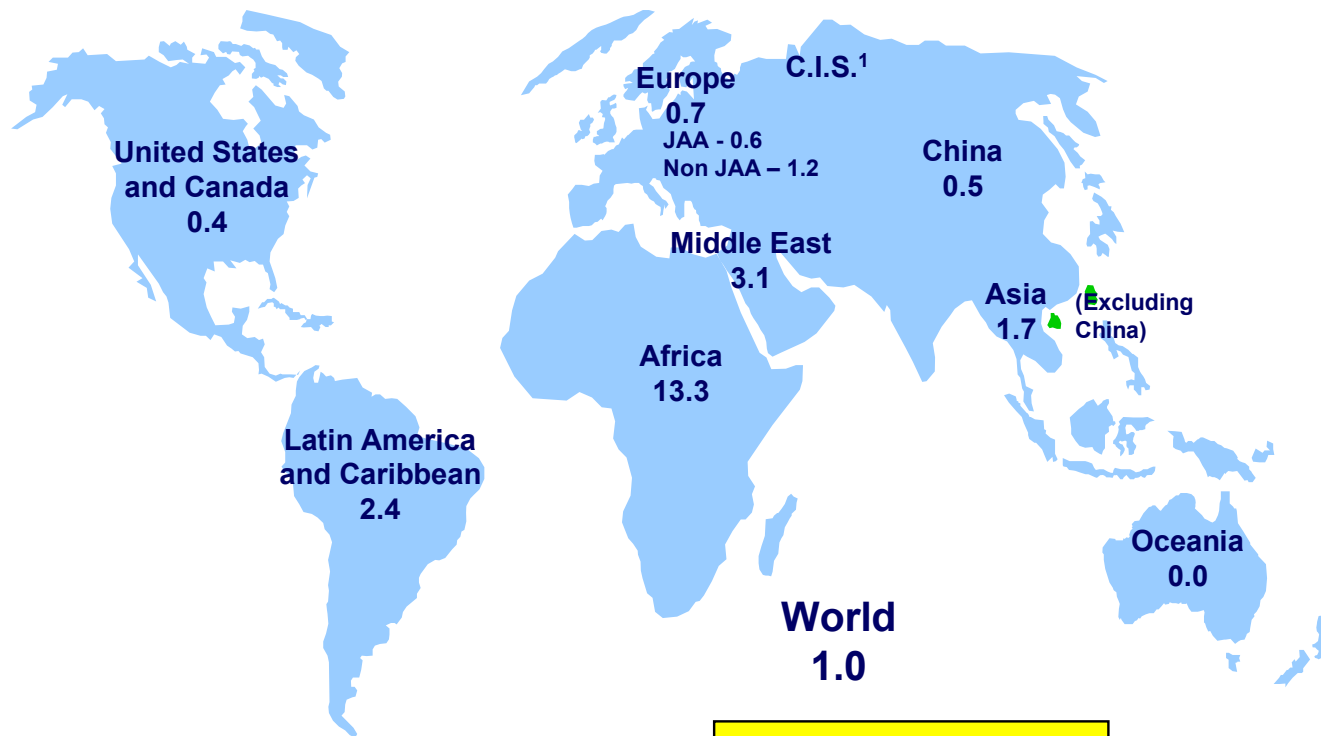
Record: 8 of 1442 Unfiltered Search

Form View Num Lock

- ~ 300 campos / evento
- Información Básica
- Aeronave implicada
- Información sobre el aeropuerto
- Consecuencias
- Otros detalles
- Datos de vuelo
- Obstáculos
- Tipo de suelo/ pavimento
- Lesiones
- Cond. Meteor.
- Distancia de contacto/parada
- Anomalías

Accident Rates by Region of the World

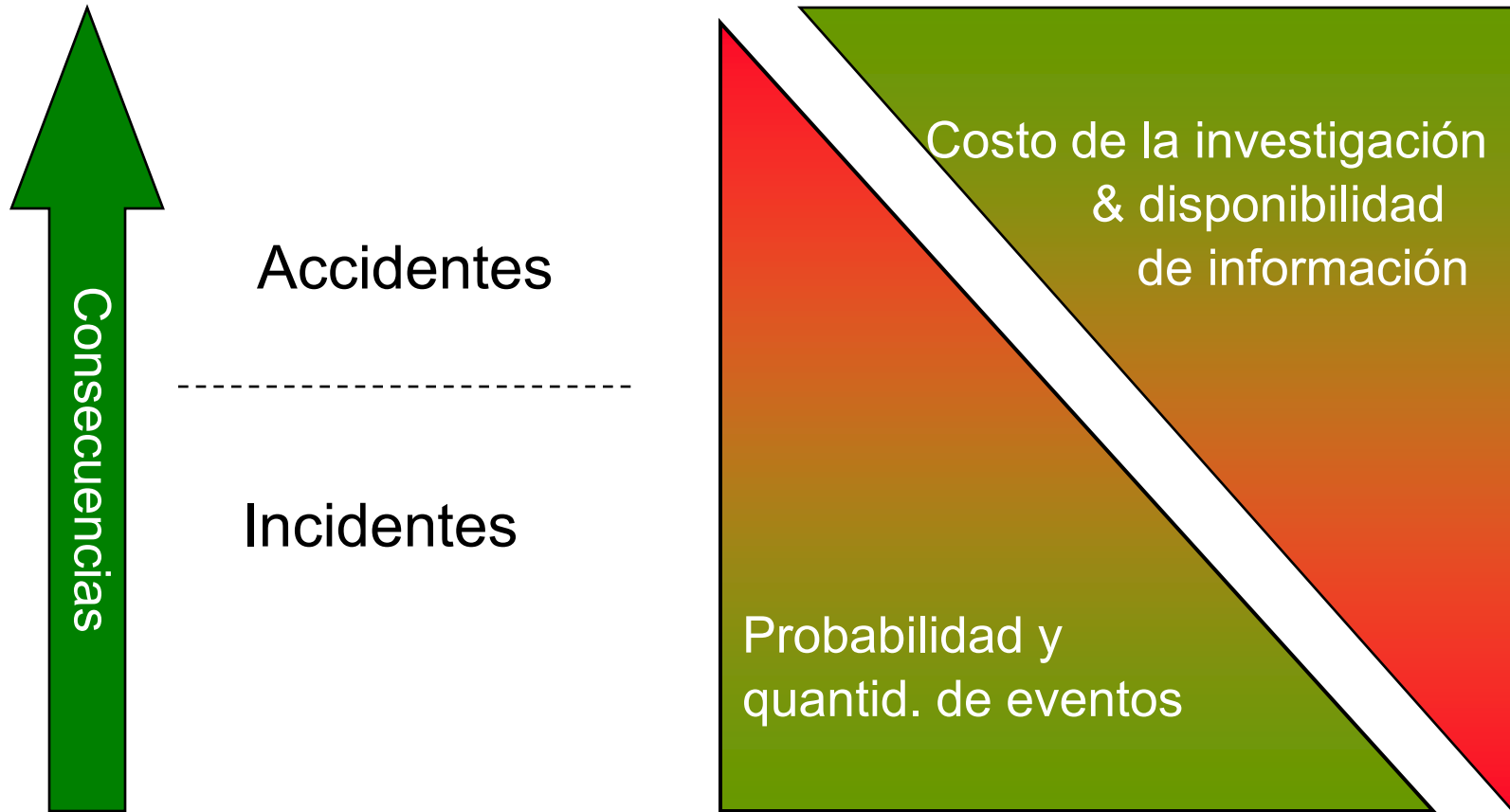
Western-built transport hull loss accidents, by airline domicile, 1994 through 2003*



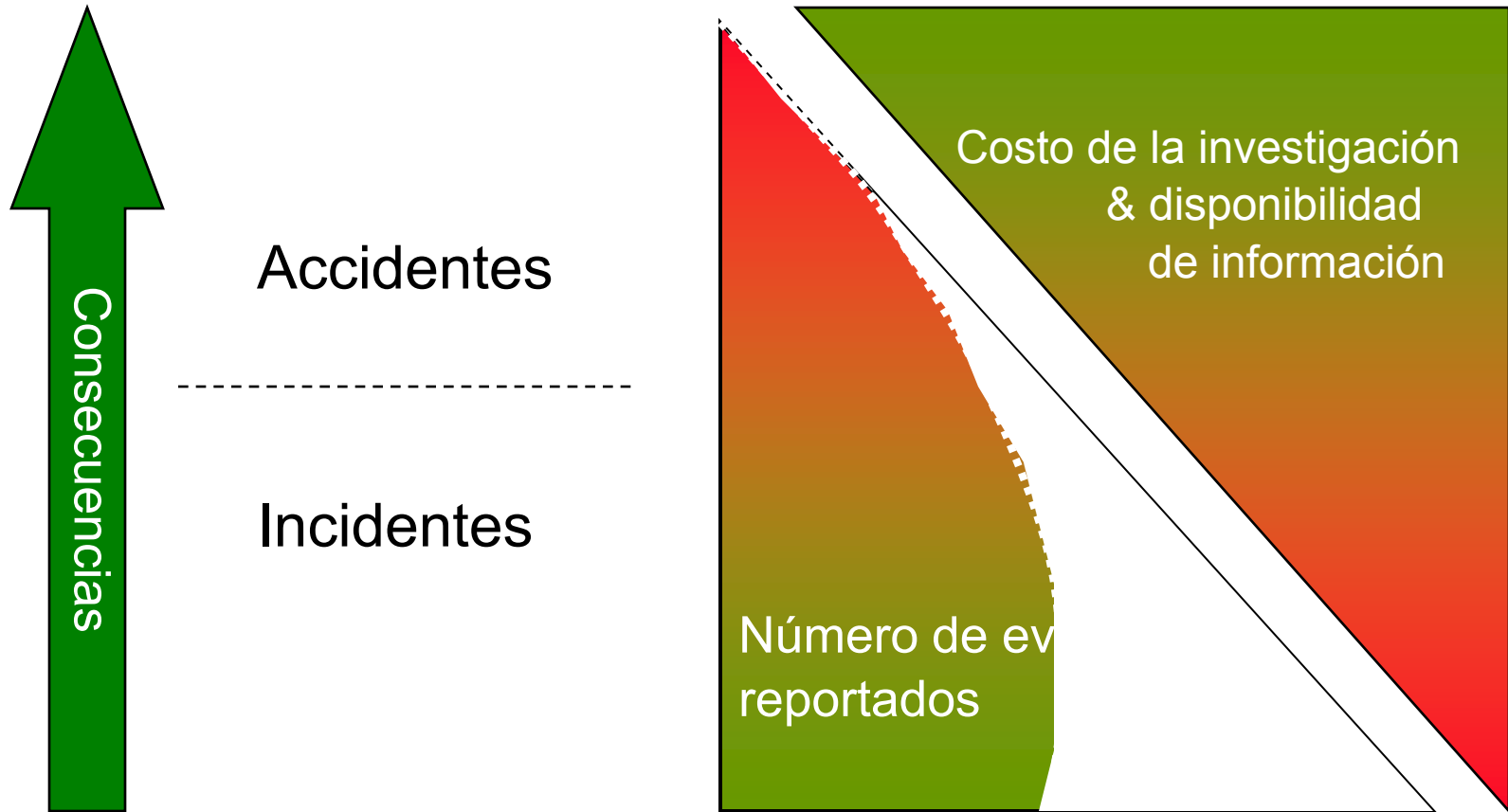
¹Insufficient fleet experience to generate reliable rate.
* 2003 Preliminary Information

Rates per million departures

Compilación de Datos



Compilación de Datos



Limitaciones

■ Datos disponibles

- Formularios estándar y informes con muchos campos en blanco
- Descripción muy básica del lugar del accidente, sin dibujos o mapas
- Mayor cantidad de información asociada a los factores considerados relevantes por el investigador o reportero
- Pocas alternativas de fuentes de datos
- Parámetros como el peso y la criticidad de la operación requiere cálculos adicionales y en algunos casos no fue posible estimar por falta de información
- Problemas son comunes en los estudios que hacen uso de la información histórica de accidentes

Limitaciones de Datos

- Datos de baja calidad
 - Información incorrecta o contradictoria para el mismo evento
 - Uso de términos y nomenclatura incompatible
- las medidas de crisis
 - Condiciones meteorológicas pueden cambiar rápidamente
 - Evaluación subjetiva del piloto
 - Diferencias en condiciones meteorológicas
- La escasa información sobre los incidentes
 - Parcialidad (notificación voluntaria)
 - Algunos incidentes no son reportados
 - Disponible sólo para los incidentes en los EE.UU.

Ejemplo – Registros del NTSB

Project Information (as of Jun 20, 2006 10:28)

Project ID(mkey)	Investigation Type	Mode
62926	Accident	Aviation
NTSB Accident ID	Occurrence Date	Location
DCA06MA009	Dec 08, 2005	Chicago Midway Airport, IL, United States

Docket Information

Docket ID	Creation Date	Last Modified	Public Release Date & Time
41387	Mar 02, 2006	Jun 20, 2006	06/20/2006 09:00

List of Contents

File ID	Filing Date	Document Title	Pages	Photo
346282	May 01, 2006	Order of Hearing: 1A	1	
346283	May 01, 2006	Notice of Designation of Chairman of Board of Inquiry: 1B	1	
346284	May 01, 2006	Designation of Hearing Officer: 1C	1	
346285	May 01, 2006	Designation of Parties to the Hearing: 1D	1	
346286	May 01, 2006	Notice of Hearing: 1E	1	
345988	Apr 26, 2006	Operations 2 - Factual Report of Group Chairman	29	
348324	Jun 02, 2006	Operations 2 - Attachment 1 Interview Summaries	144	
344068	Mar 27, 2006	Operations 2 - Attachment 2 - OPC Procedures	12	
344069	Mar 27, 2006	Operations 2 - Attachment 3 - Thrust Reverser Operation	3	
344070	Mar 27, 2006	Operations 2 - Attachment 4 - Normal Landing Operations	4	
344071	Mar 27, 2006	Operations 2 - Attachment 5 - Additional Landing Procedures	7	
344072	Mar 27, 2006	Operations 2 - Attachment 6 - Pilot Duties	5	
344073	Mar 27, 2006	Operations 2 - Attachment 7 - Home Study Package	18	
344074	Mar 27, 2006	Operations 2 - Attachment 8 - RBF A05116	2	
344075	Mar 27, 2006	Operations 2 - Attachment 9 - RBF A05141	2	
344076	Mar 27, 2006	Operations 2 - Attachment 10 - RBF A05108	2	
344077	Mar 27, 2006	Operations 2 - Attachment 11 - Captain's Handwritten Notes	3	
344078	Mar 27, 2006	Operations 2 - Attachment 12 - Captain's Irregularity Report	5	
344079	Mar 27, 2006	Operations 2 - Attachment 13 - First Officer's Handwritten Notes	3	
344080	Mar 27, 2006	Operations 2 - Attachment 14 - Flight Crew Comments	4	
344081	Mar 27, 2006	Operations 2 - Attachment 15 - OPC Programming For Landing	4	
344082	Mar 27, 2006	Operations 2 - Attachment 16 - Pilot Statements	12	
344083	Mar 27, 2006	Operations 2 - Attachment 17 - Flight Releases	7	
349390	Jun 15, 2006	Operations 2 - Attachment 18 - FAA Notice 8400.C082	13	

Ejemplo de Reporte de Incidente – antes de 1995

ASIAS BRIEF REPORT	
GENERAL INFORMATION	
Data Source:	ACCIDENT AND INCIDENT DATABASE
Report Number:	19870928062809C
Local Date:	28-SEP-87
Local Time:	
City:	SAINT LOUIS
State:	MO
Airport Name:	LAMBERT-ST LOUIS INTL
Event Type:	INCIDENT - AIR CARRIER
Mid Air Collision:	NOT A MIDAIR
AIRCRAFT INFORMATION	
Aircraft Damage:	NONE
Aircraft Make:	MCDONNELL-DOUGLAS-BOEING
Aircraft Model:	MD-80
Aircraft Series:	82
Airframe Hrs:	
Operator:	TRANS WORLD AIRLINES
NARRATIVE	
AN AIRCRAFT LANDED SHORT OF A DISPLACED THRESHOLD, DAMAGING WIRING. INCONCLUSIVE EVIDENCE THIS AIRCRAFT WAS THE ONE	
Detail	
Primary Flight Type:	SCHEDULED AIR CARRIER
Secondary Flight Type:	PASSENGERS
Type of Operation:	
Registration Nbr:	
Total Aboard:	
Fatalities:	
Injuries:	
Landing Gear:	
Aircraft Weight Class:	OVER 12500 LBS
Engine Make:	
Engine Model:	
Engine Group:	
Number of Engines:	2
Engine Type:	
Environmental/Operations Info	
Primary Flight Conditions:	UNKNOWN
Secondary Flight Conditions:	WEATHER NOT A FACTOR
Wind Direction(deg):	
Wind Speed(mph):	
Visibility(mi.):	
Visibility Restrictions:	
Light Condition:	DAY
Flight Plan Filed:	INSTRUMENT FLIGHT RULES
Approach Type:	VISUAL
Pilot in Command	
Pilot Certificates:	AIRLINE TRANSPORT
Pilot Rating:	AIRPLANE SINGLE, MULTI-ENGINE LAND
Pilot Qualification:	QUALIFIED
Flight Time Total Hours:	6208
Total in Make/Model:	26
Total in Last 90 days:	26
Total in last 90 days Make/Model:	26
END REPORT	

... máximo 115 letras por campo!

Google Earth

St Louis International Airport – RWY 30R



... "THE CAPT APPLIED SOME REVERSE THRUST AND SEEING THAT DEP WAS A POSSIBILITY, TURNED TO THE L IN AN ATTEMPT TO MISS STRUCTURES STRAIGHT AHEAD AND TO KEEP THE ACFT ON RWY 24. I IMMEDIATELY PREPARED TO RUN THE EMER EVAC CHKLST. THE CAPT HAD THE JUMP SEATER OPEN THE COCKPIT DOOR AND COM WITH THE L1 FLT ATTENDANT TO ASSESS THE GENERAL SIT AND DETERMINE THE NEED FOR AN EMER EVAC. SIMULTANEOUSLY, I COMMUNICATED WITH ATC THAT THE ACFT WAS OFF THE PREPARED SURFACE".



DL-30R

© 2007 Europa Technologies

© 2007 Google™



Pointer 38°45'08.27" N 90°22'03.93" W

Streaming 100%

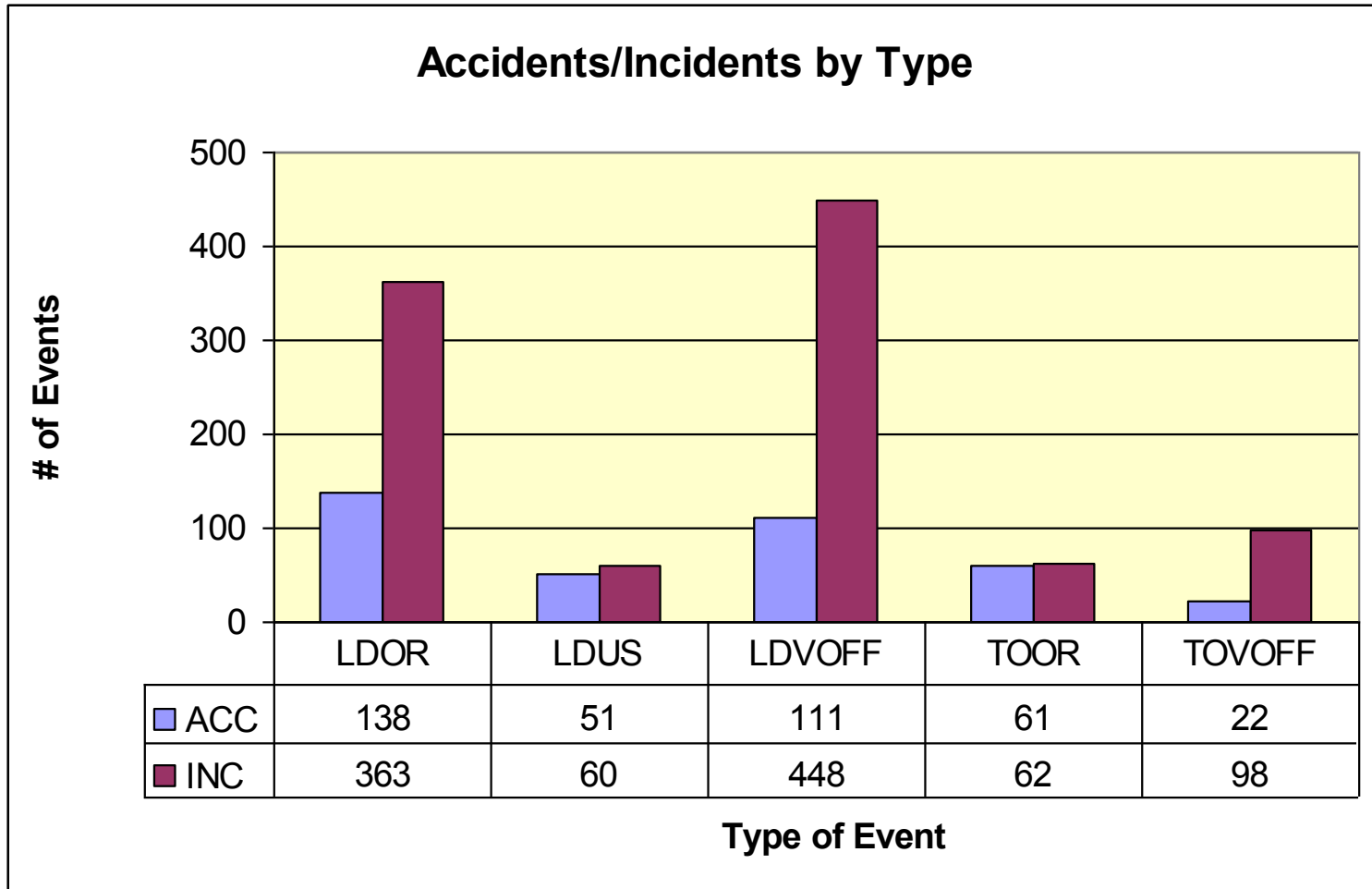
Eye alt 1155 ft

Localización del accidente

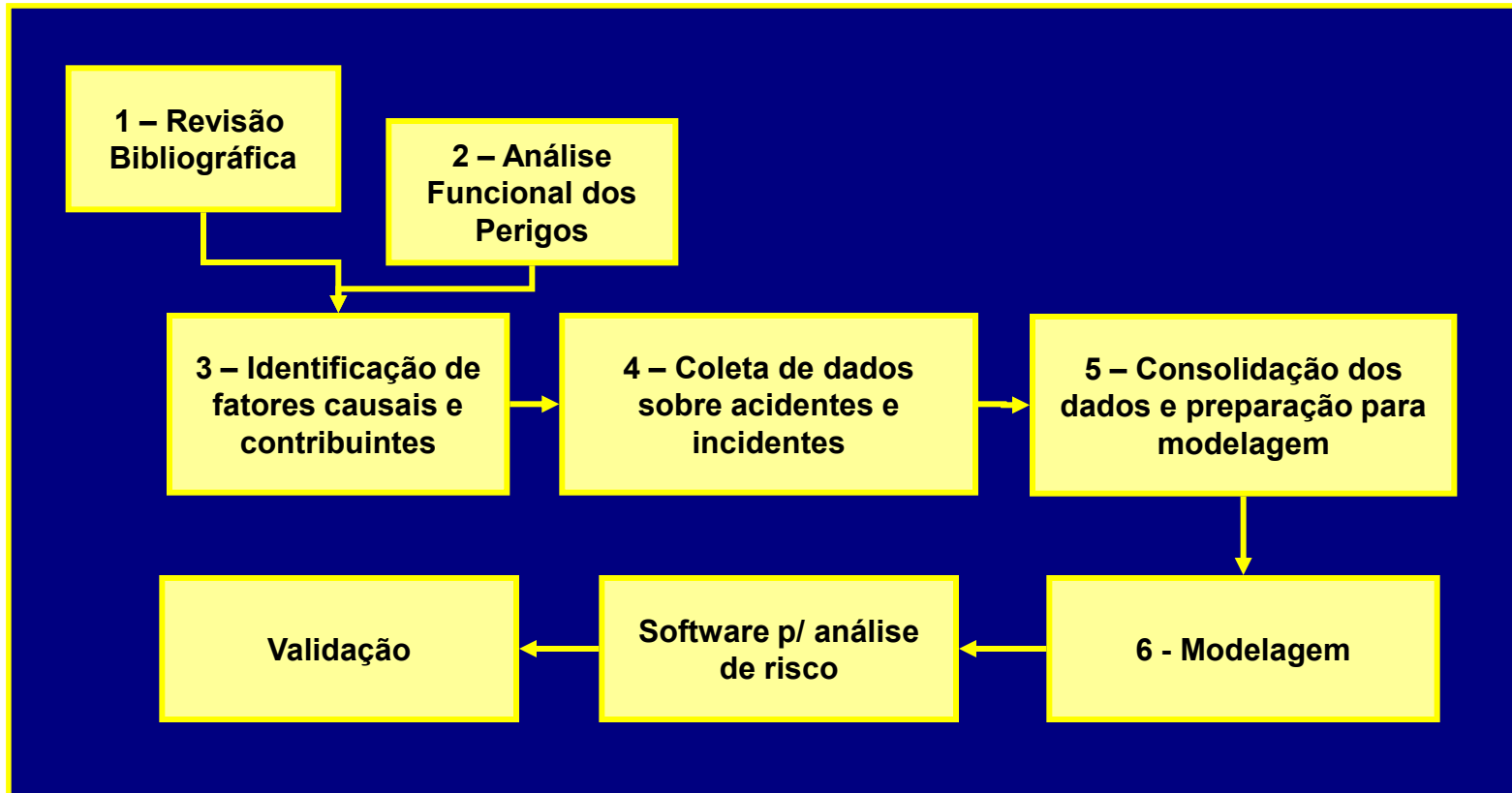


Resumo de los Eventos

- de 1980 hasta 2009 -



Enfoque de la Investigación



Análisis Funcional de los Peligros

■ Categorías

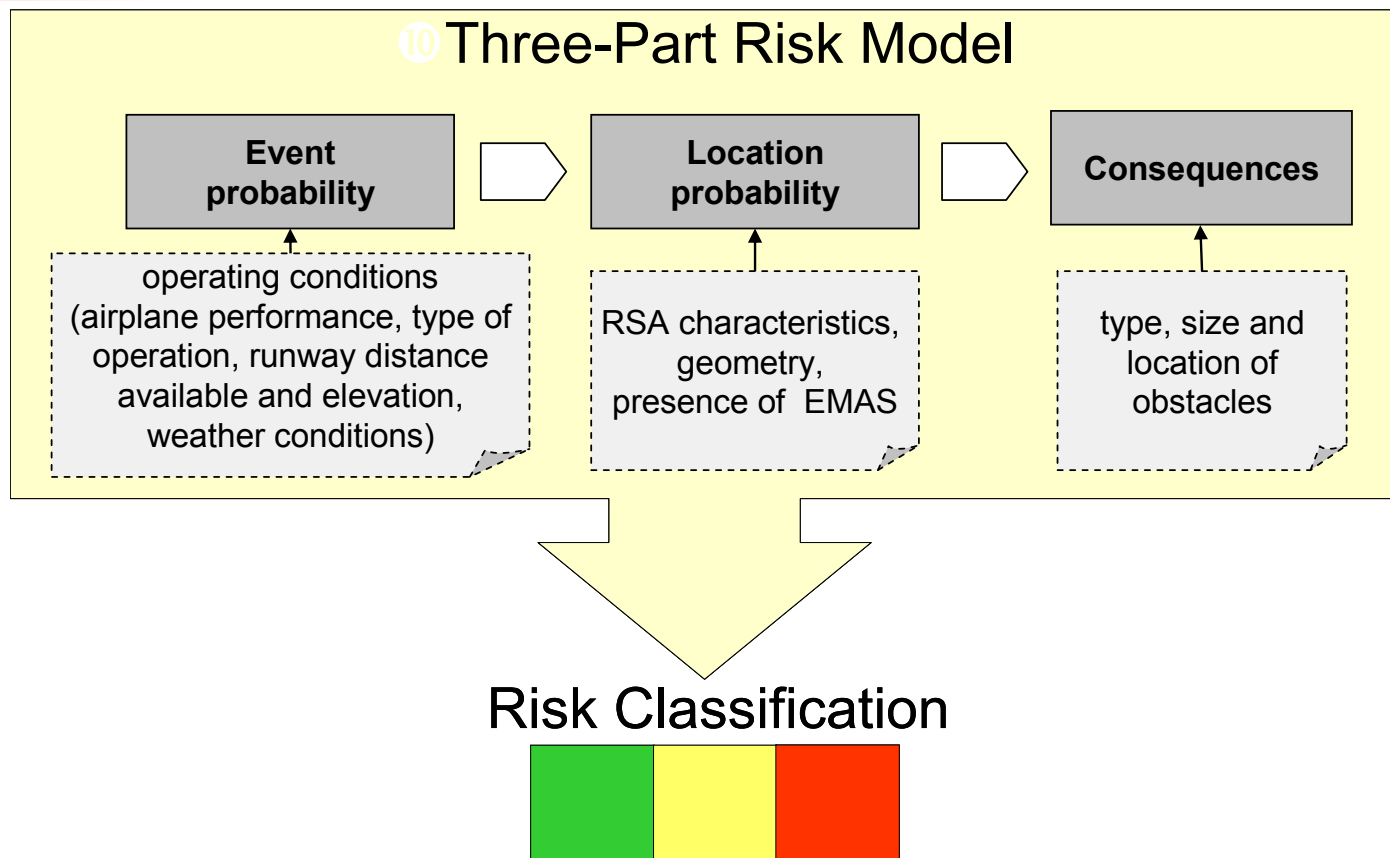
- Aeronaves y fallas de los sistemas
- Factores humanos
- Características del aeropuerto y fallas de los sistemas
- Las condiciones climáticas

¿Cuáles son las categorías que el aeropuerto se encargará de la mitigación de riesgos?

Datos de operaciones normales

- Enfoque
 - Evaluar el número de operaciones sin incidentes sujetos a ciertas condiciones
 - Generar los riesgos relativos y cuantificar la importancia de los factores
- Fuente: Enhanced Traffic Management System Counts (ETMSC) de la FAA y la base de datos de datos climáticos de la National Oceanic and Atmospheric Administration's (NOAA)
- La muestra final es compuesta por aproximadamente 230.000 operaciones de 78 aeropuertos, 2000 hasta 2005

Enfoque de Riesgo

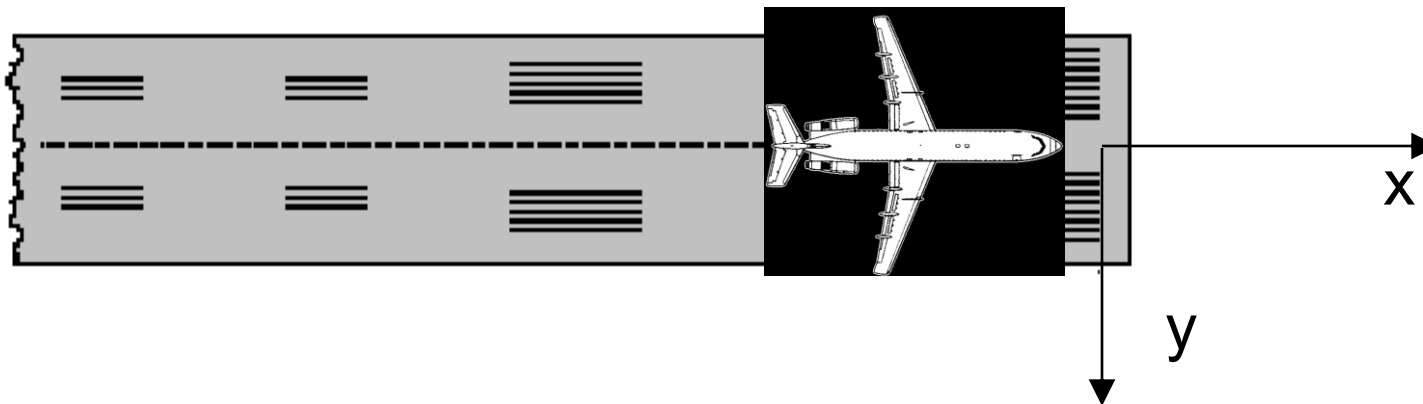
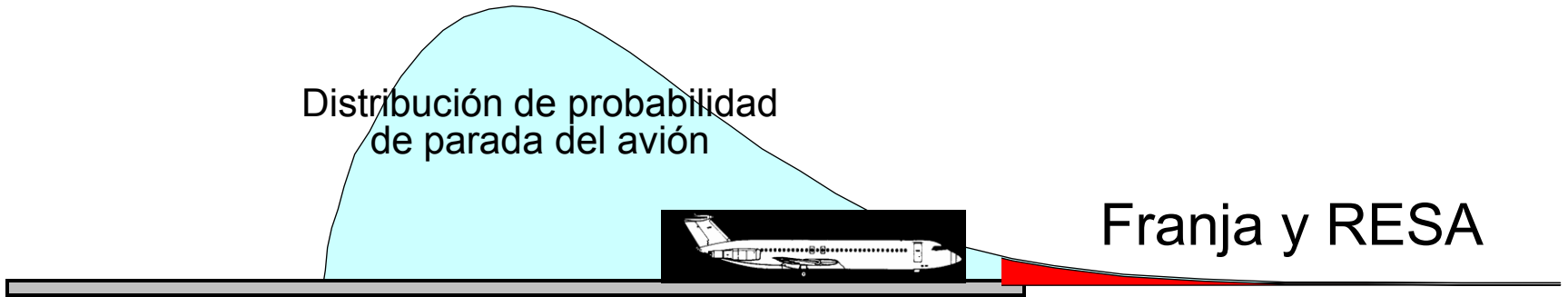


- **Probabilidad del Evento:** depende del tipo y criticidad de la operación y las condiciones meteorológicas
- **Probabilidad de Localización:** distancia desde el extremo de la pista o desde el borde lateral
- **Consecuencias:** depende del tipo de obstáculo, tamaño, ubicación y tipo de aeronave

Modelos de Frecuencia

Distribución de probabilidad
de parada del avión

Franja y RESA



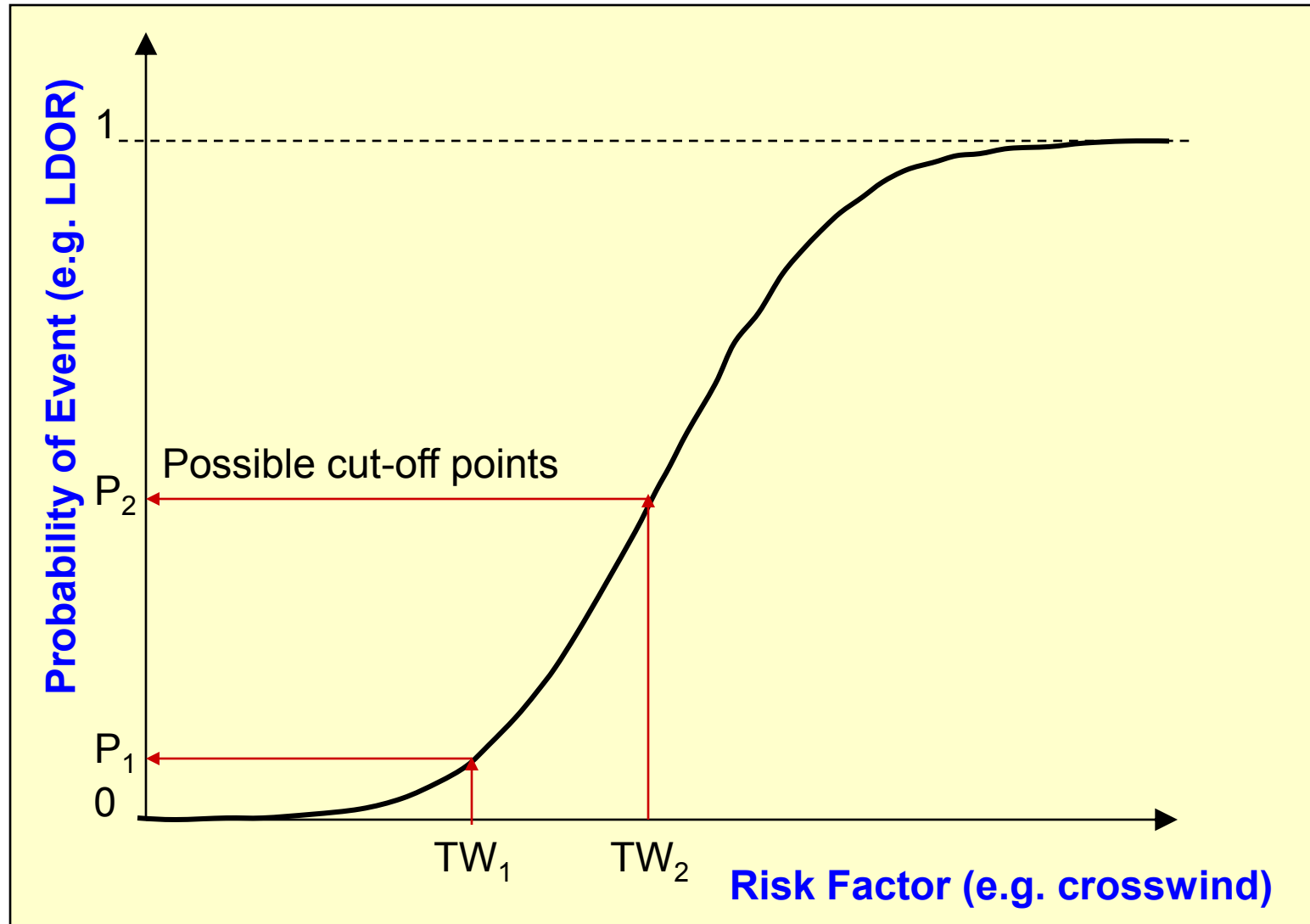
Modelos de Frecuencia

- Probabilidad = $N_{i/a} / N_n$ (bajo ciertas condiciones)

$$P\{Accident_Occurrence\} = \frac{1}{1 + e^{b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + \dots}}$$

- $P\{Accident_Occurrence\}$ es la probabilidad (0-100%) de ocurrir un incidente bajo las condiciones operacionales
- $X_i = f(\text{techo, visibilidad, viento cruzado, viento de cola, r\u00e1fagas, condici\u00f3n de la pista, tipo del avi\u00f3n, etc.})$

Un Ejemplo Simples



Curva ROC

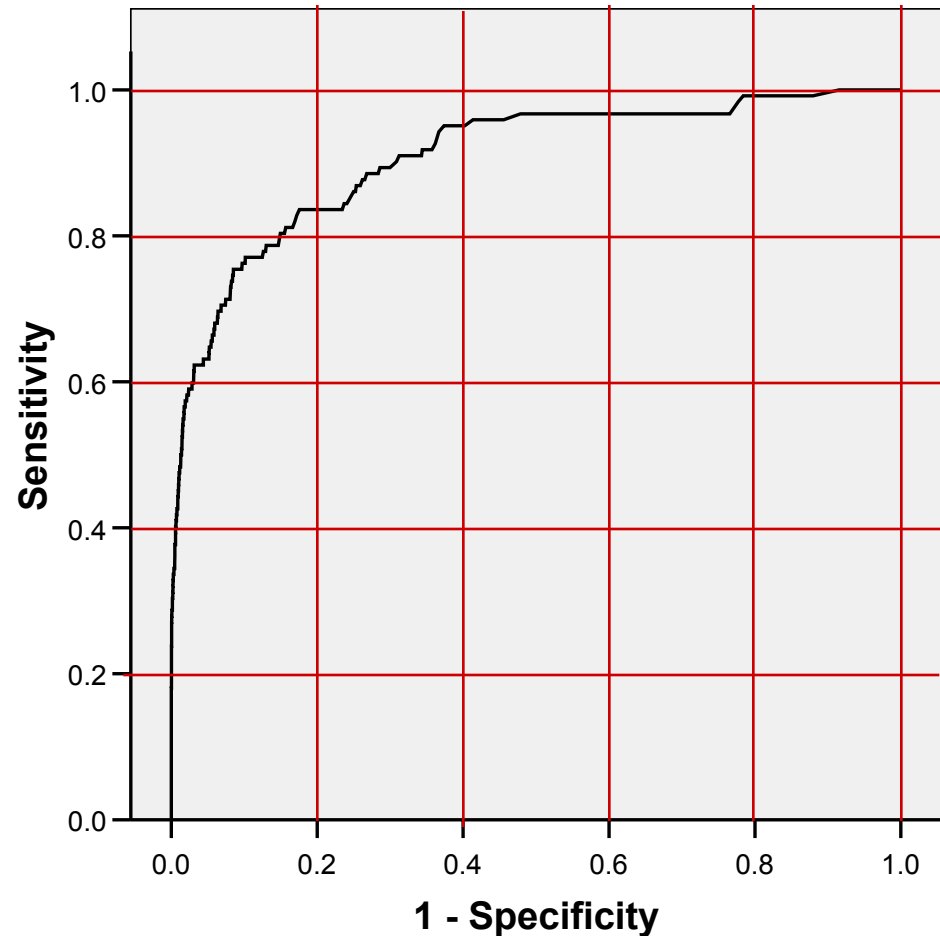
Sensibilidad es la probabilidad de que la prueba indica "positivo" si el evento es en realidad un incidente

Especificidad es la probabilidad de que la prueba indica "negativo" si el evento es una operación normal

Sensibilidad: **Tasa de verdaderos positivos** (porcentaje de incidentes correctamente clasificados como incidentes)

1 - Especificidad: **Tasa de falso-positivos** (porcentaje de vuelos normales clasificados incorrectamente como incidentes)

ROC Curve

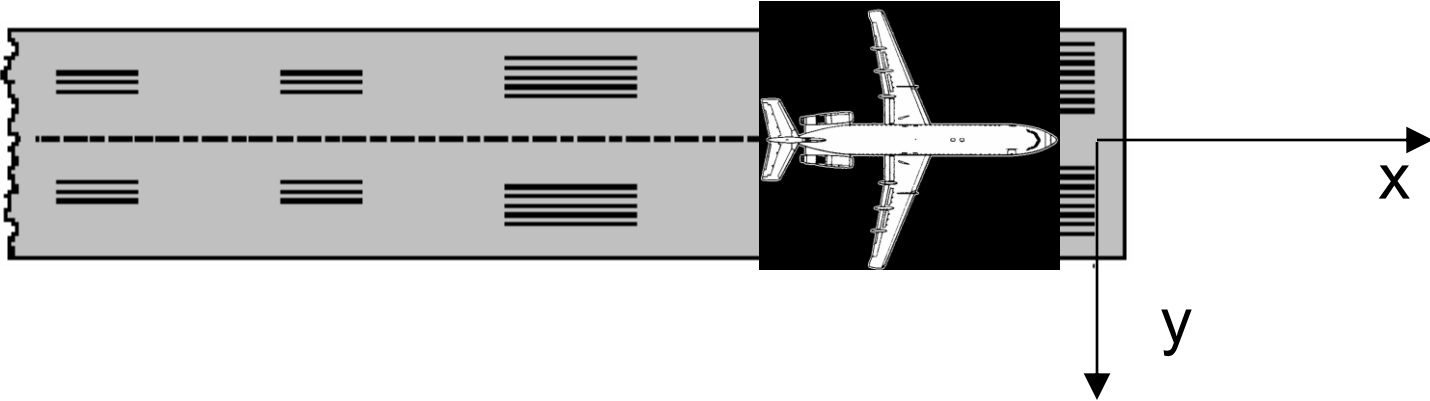
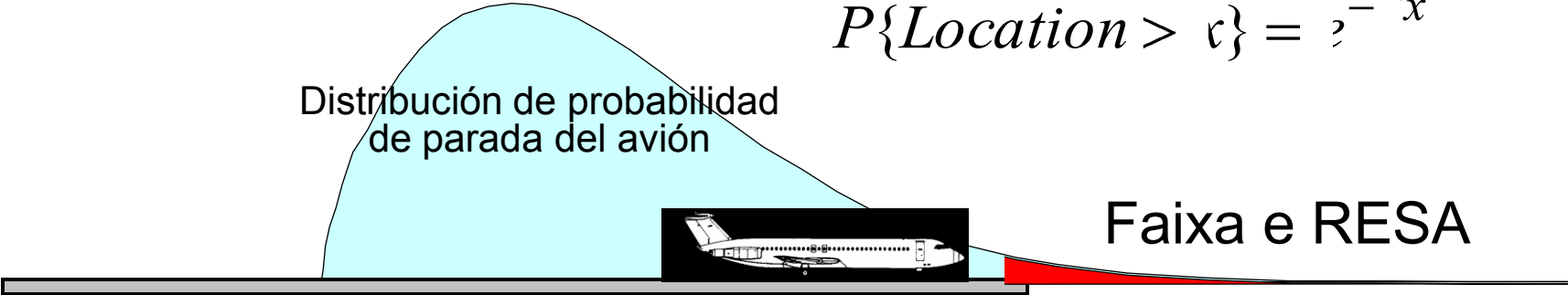


Modelos de Ubicación – Salidas de Fin de Pista

Distribución de probabilidad de parada del avión

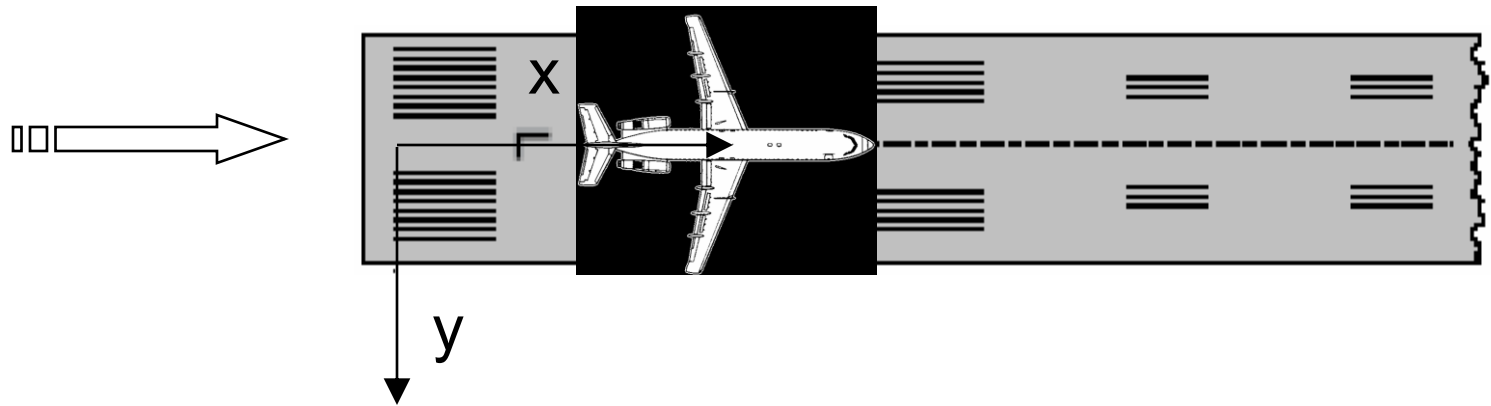
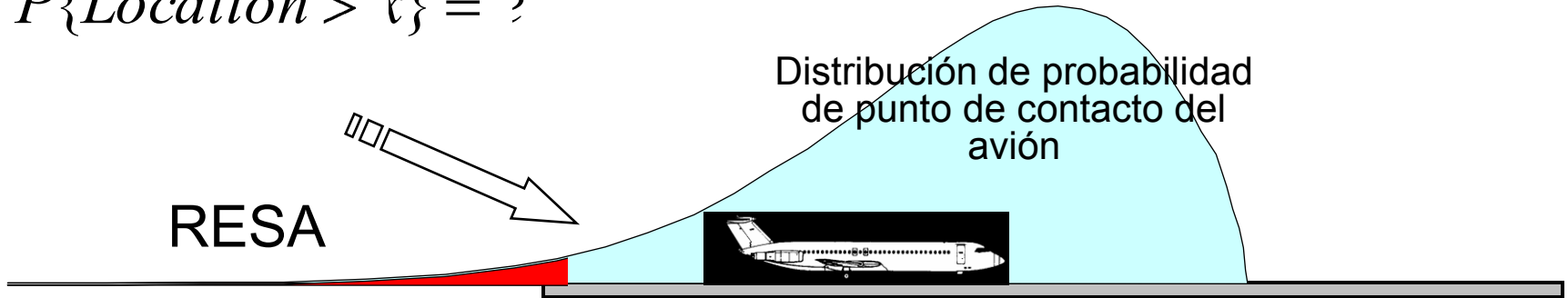
$$P\{Location > c\} = e^{-x^n}$$

Faixa e RESA



Modelo de Ubicación – Aterrizaje Corto

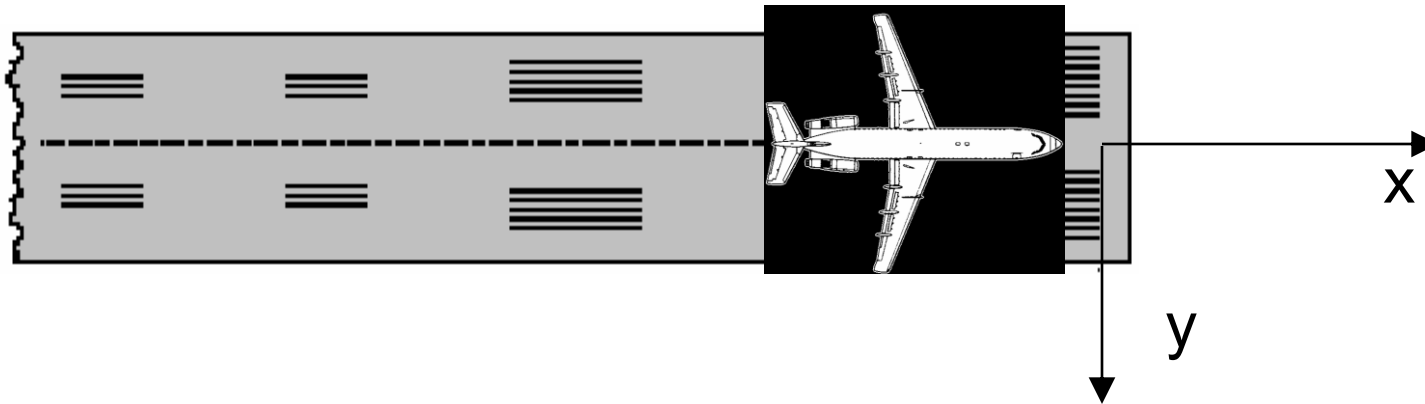
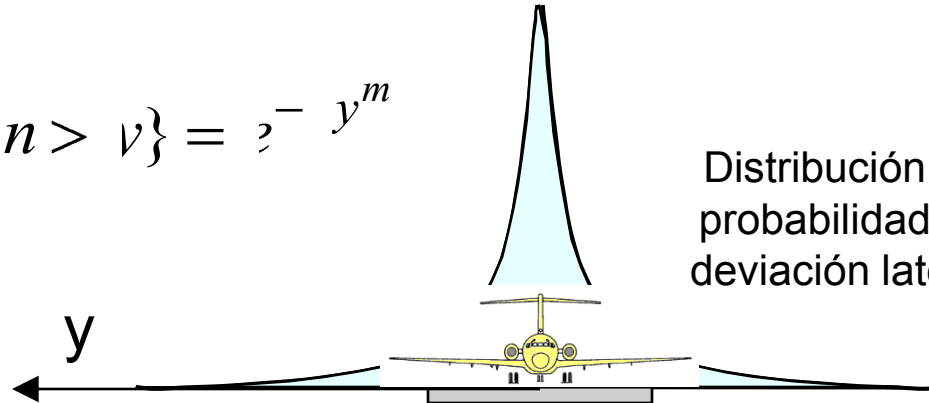
$$P\{\text{Location} > c\} = e^{-x^n}$$



Modelo de Ubicación – Salida y Desviación Lateral

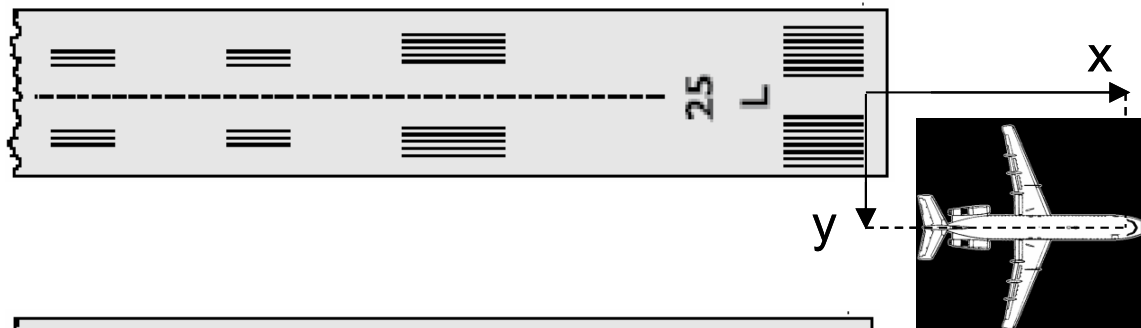
$$P\{\text{Location} > v\} = e^{-y^m}$$

Distribución de probabilidad de desviación lateral

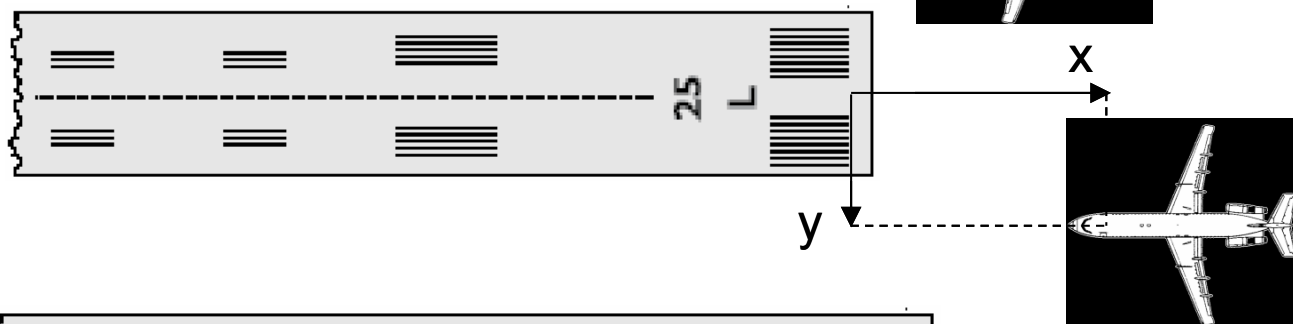


Coordenadas Utilizadas

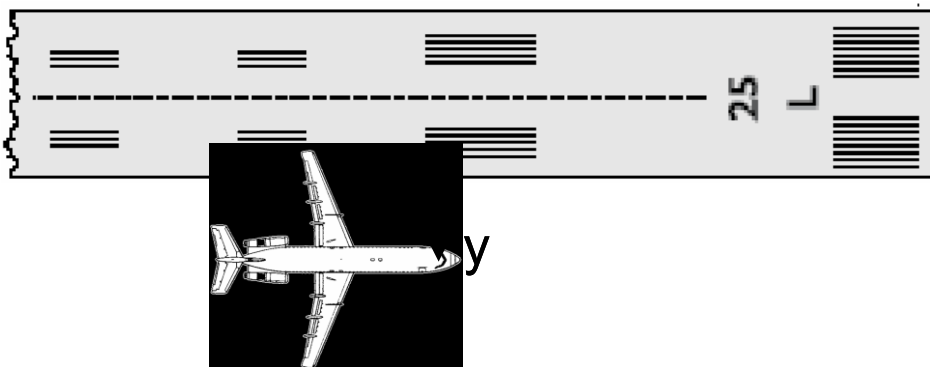
Salidas de fin de pista



Aterrizajes cortos

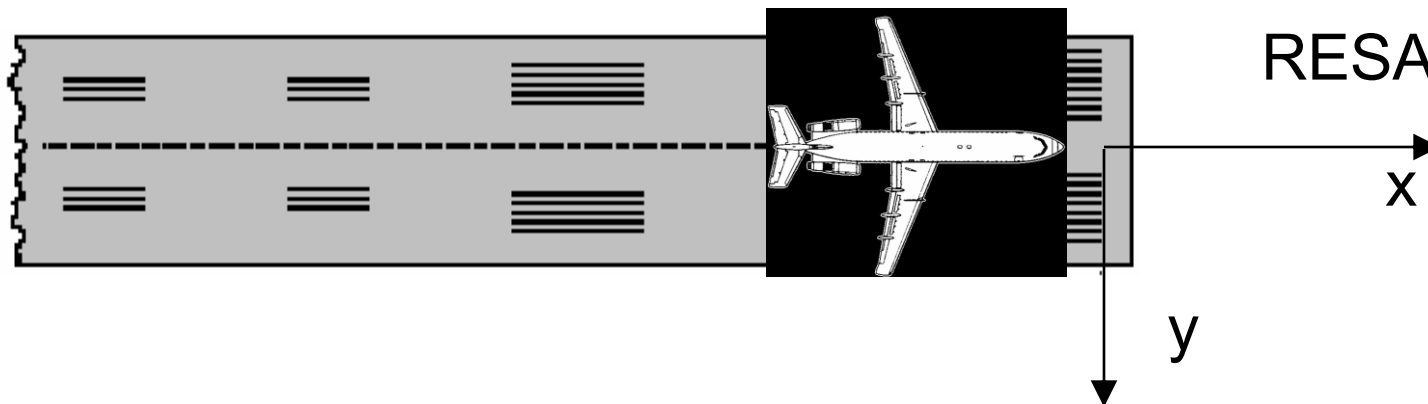
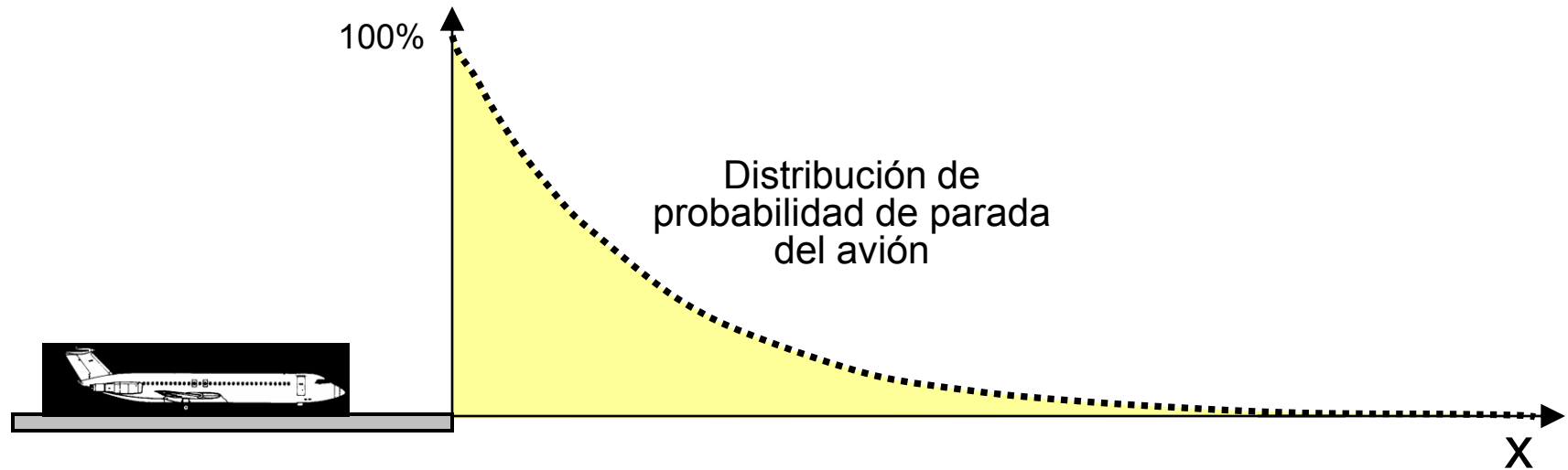


Salidas laterales

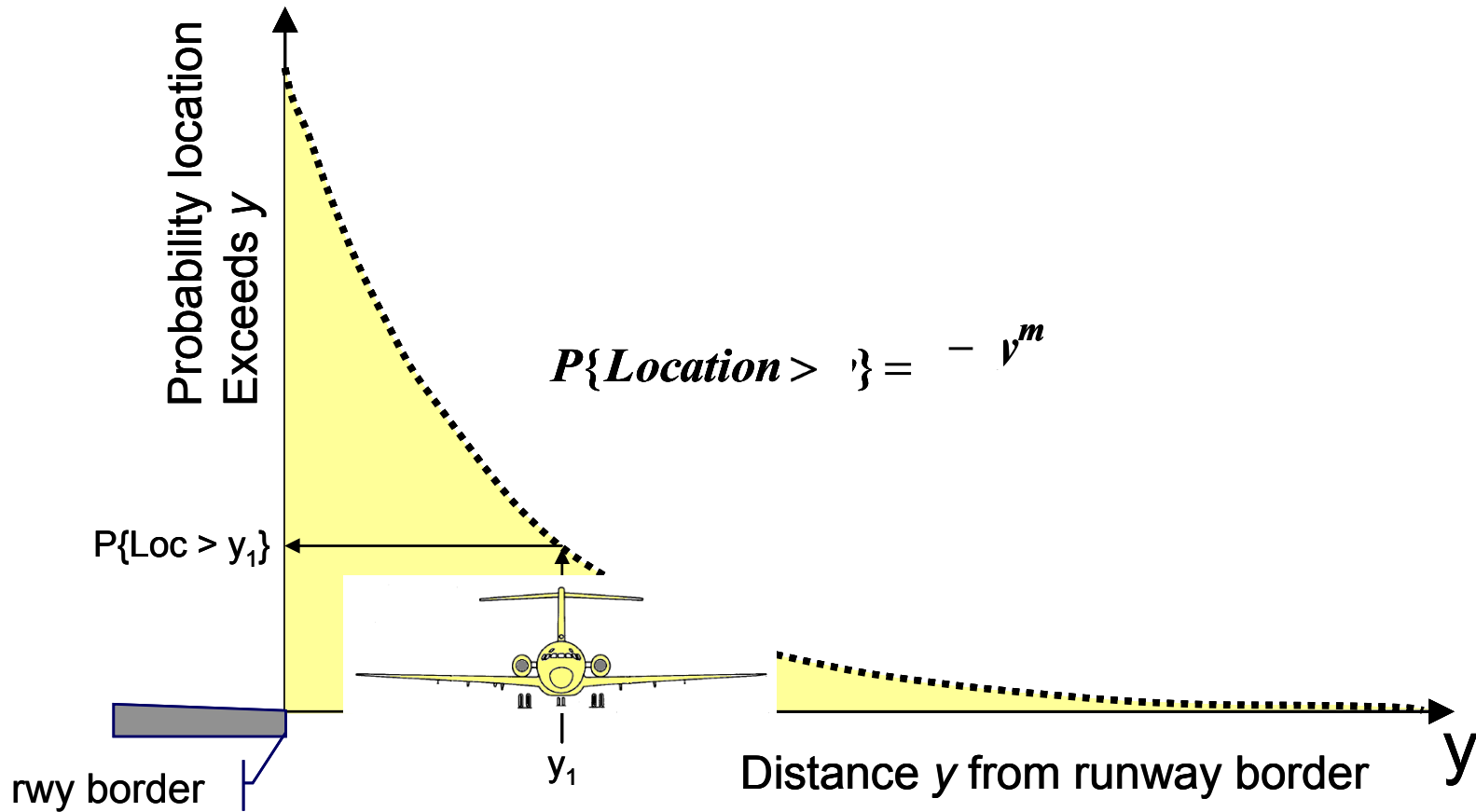


Modelo de Ubicación – Salidas de Fin de Pista

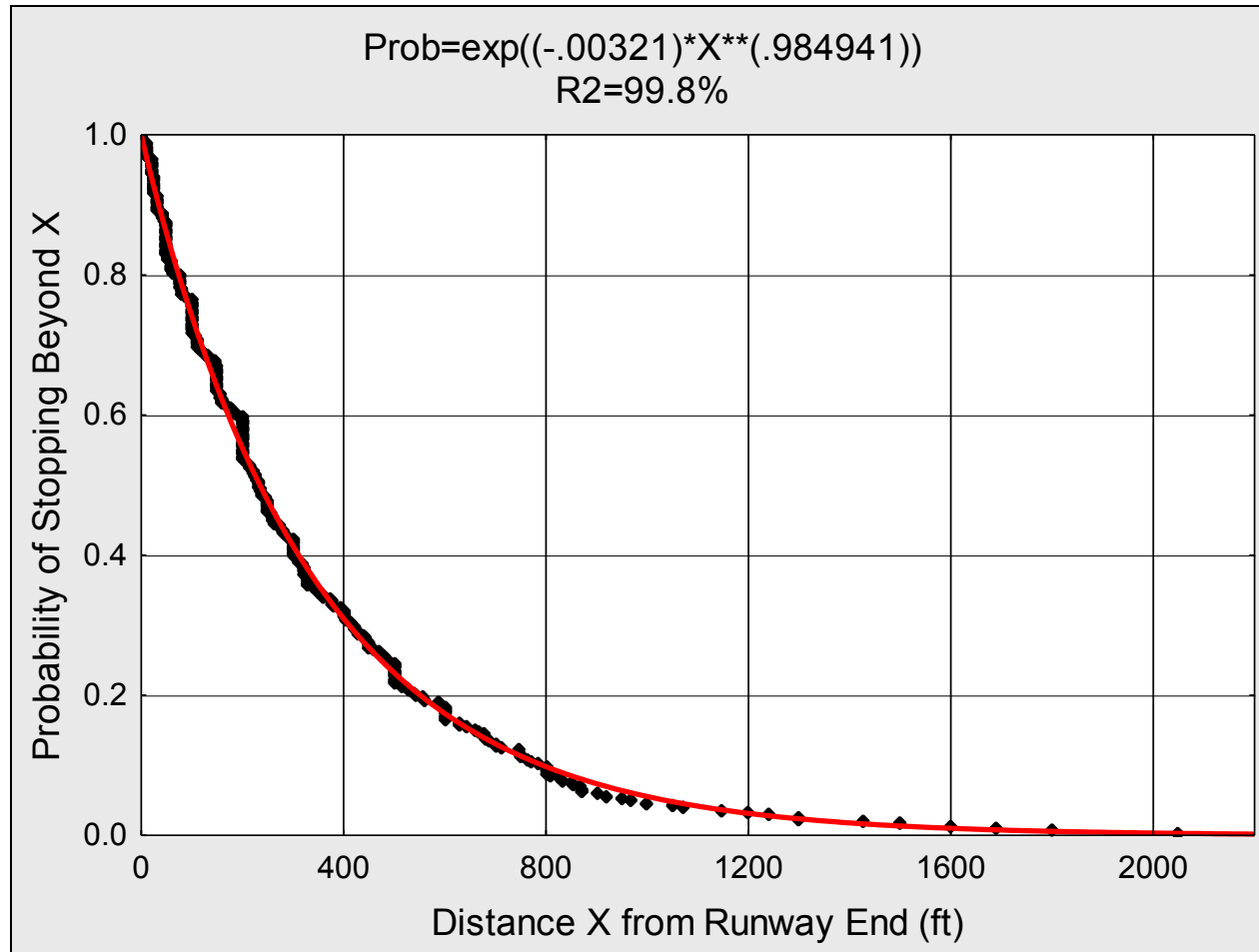
$$P\{Location > c\} = e^{-x^n}$$



Modelo de Ubicación – Salidas Laterales

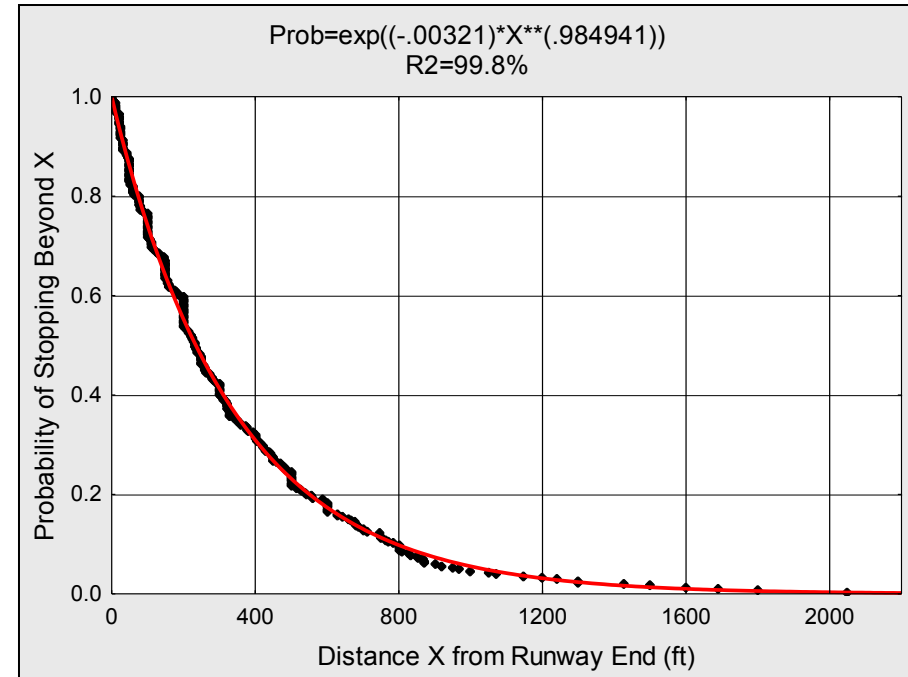
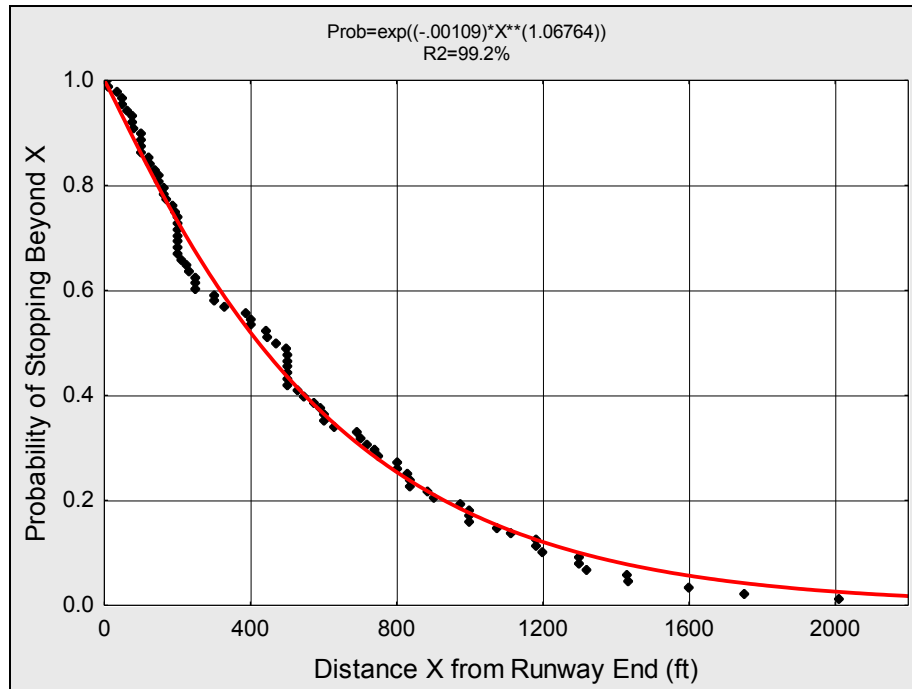


Modelo de Ubicación Longitudinal de LDOR



Comparación LDOR / TOOR

TOOR

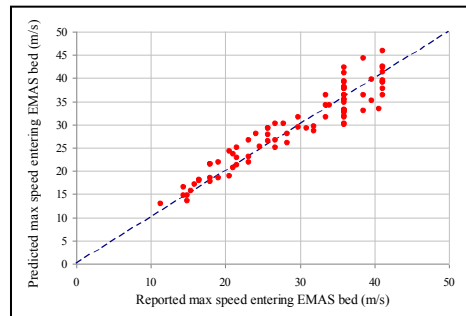


LDOR

Engineered Material Arresting System (EMAS)

- Velocidad Máxima de Salida de la Pista

$$v = 3.0057 - 0.8329 \log(MTOW) + 0.11482 \log(S_{EMAS})$$

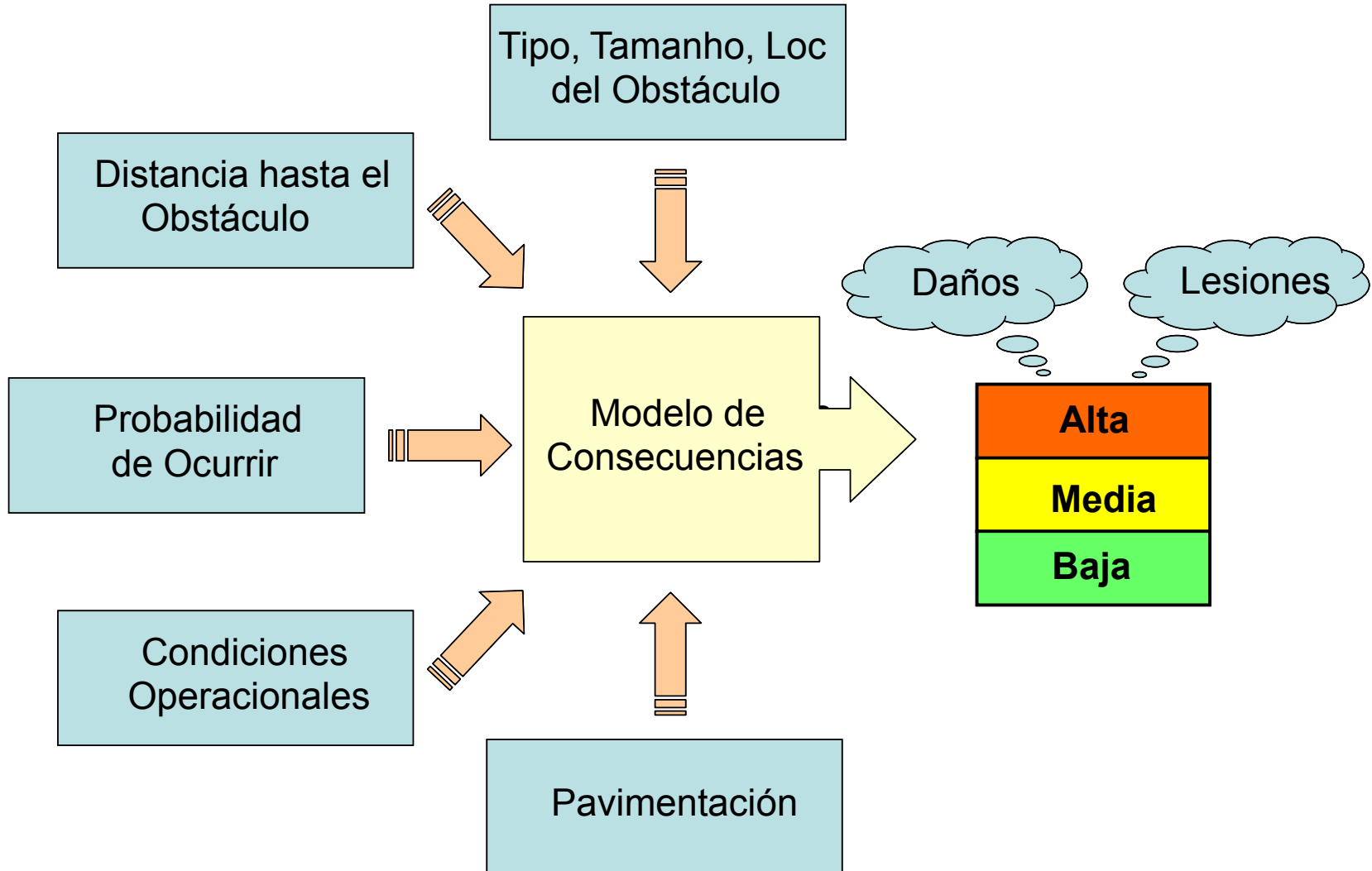


- Desaceleración en el EMAS $a_{EMAS} = \frac{v^2}{2S}$

- Distancia Equivalente $S_{RSA} = \frac{\lambda_{EMAS}}{a_{RSA}} S_{EMAS} = \lambda_{LF} \cdot S_{EMAS}$

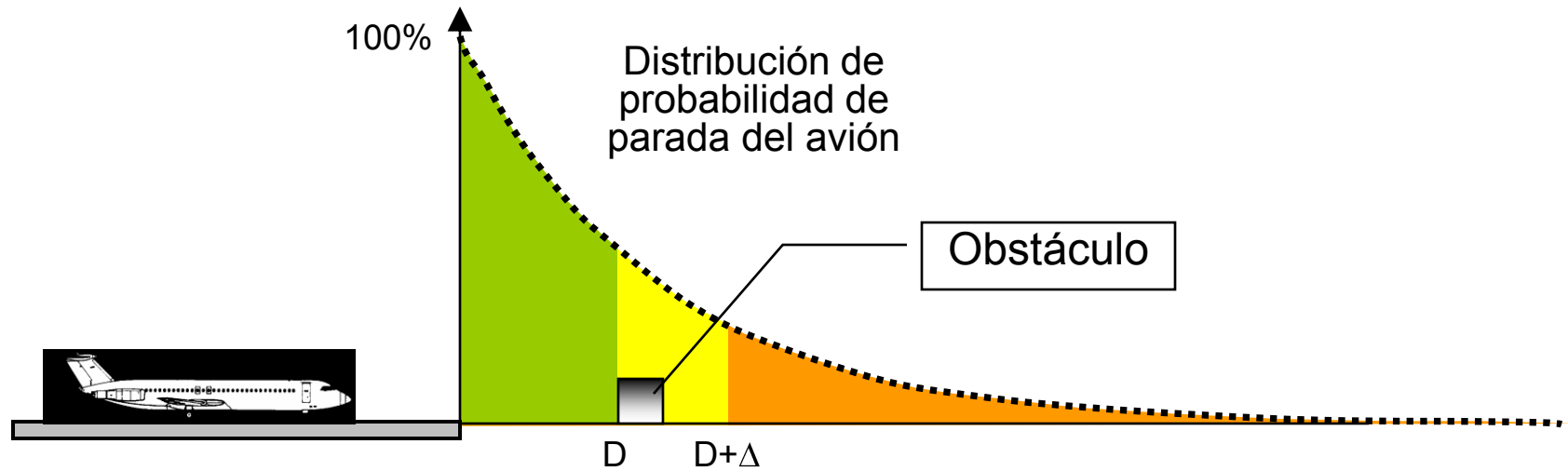
La distancia equivalente es calculado para cada tipo de aeronave para ajustar el tamaño de la RESA

Modelo de Consecuencias

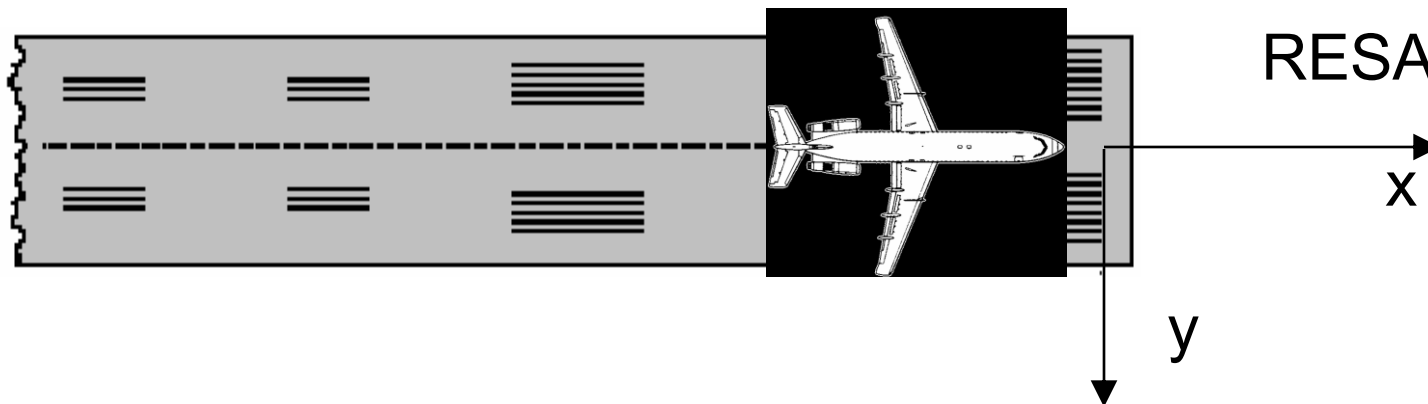


Modelando las Consecuencias

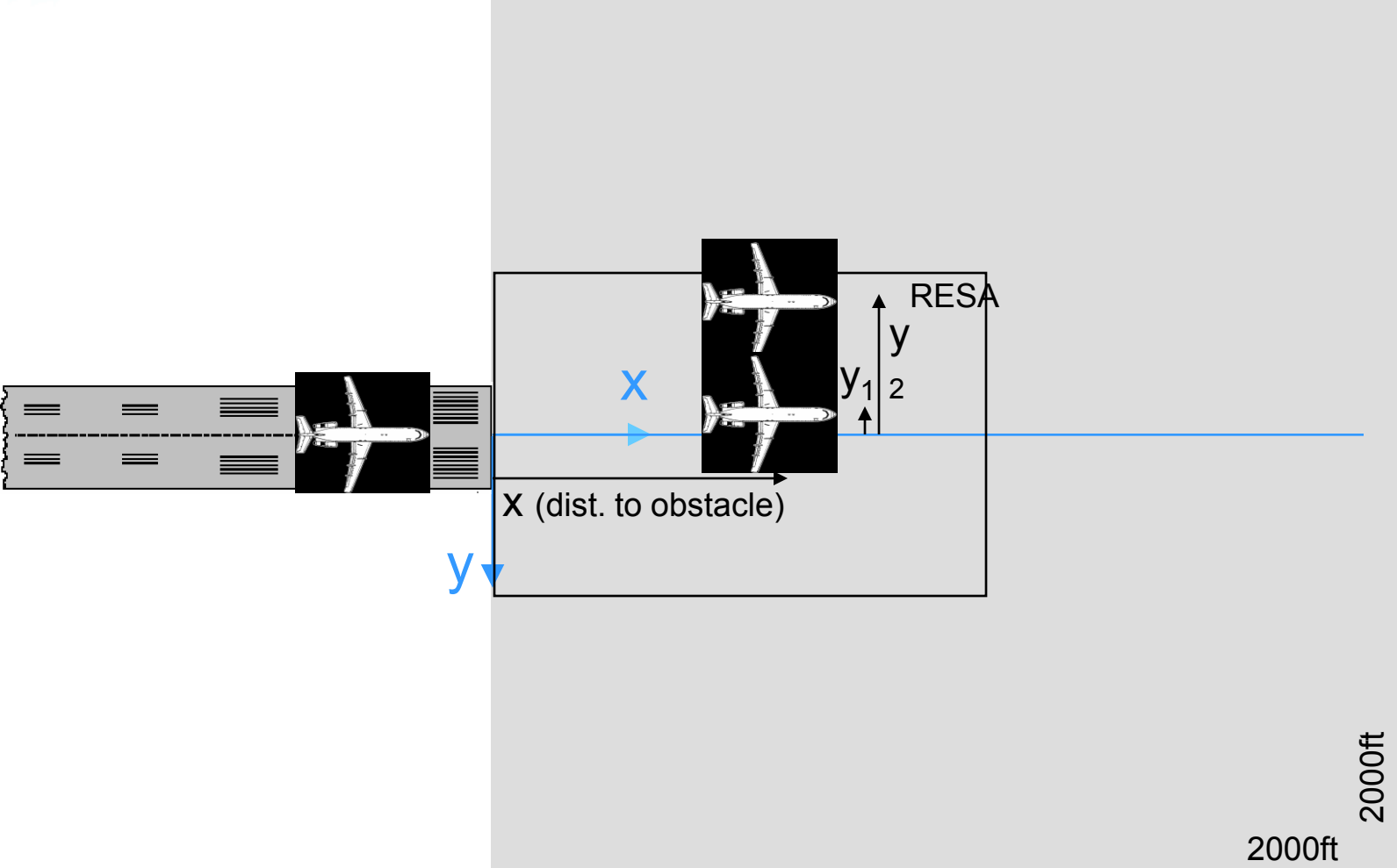
$$P\{Location > c\} = z^{-x^n}$$



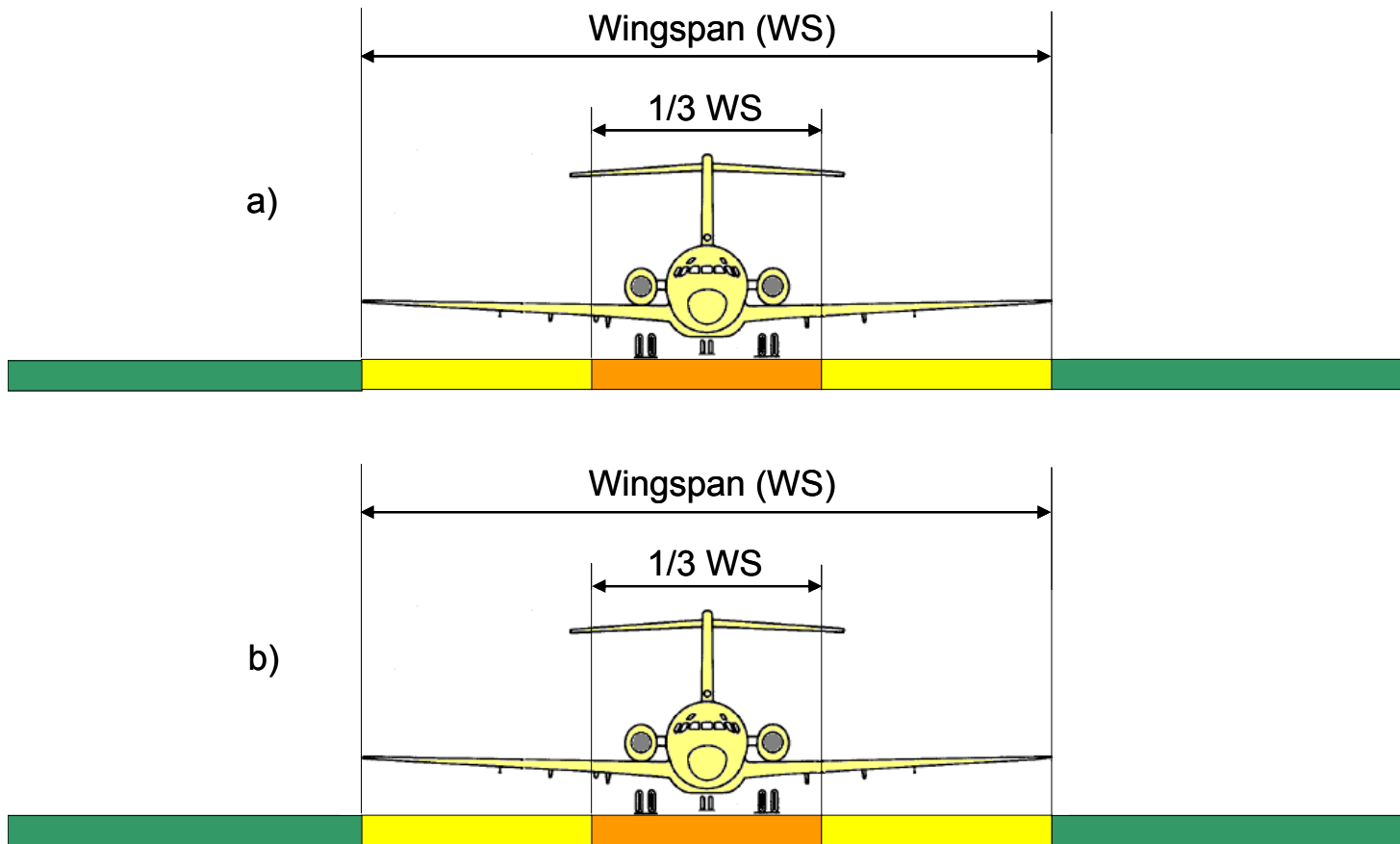
D es la distancia hasta el obstáculo



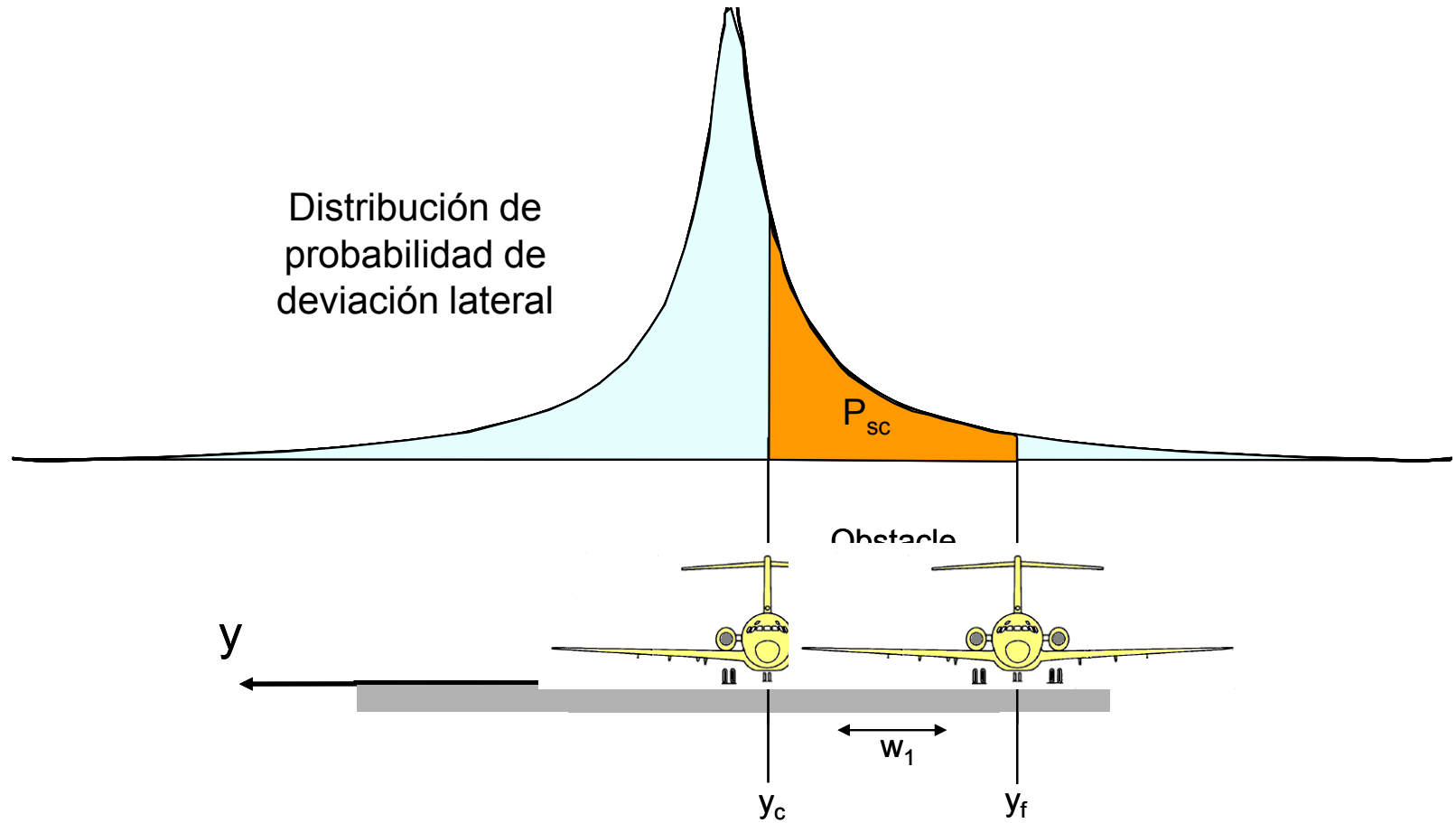
Modelando las Consecuencias



Consecuencias

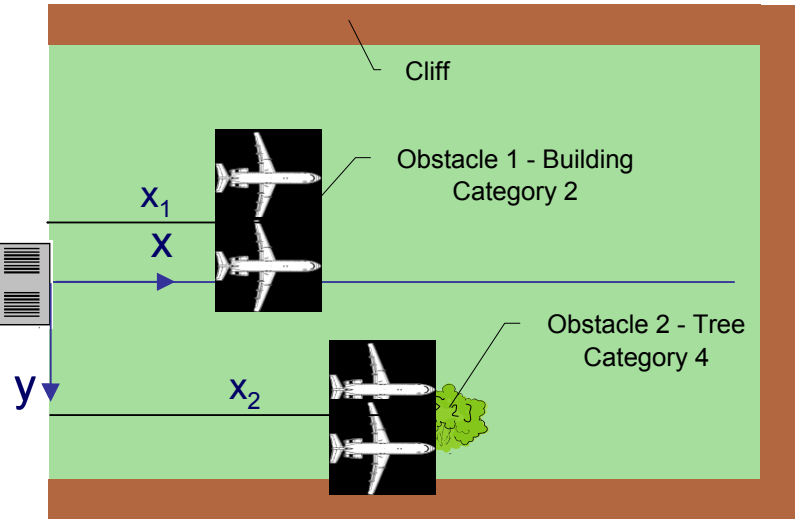


Modelando la Probabilidad de Colisión con el Obstáculo

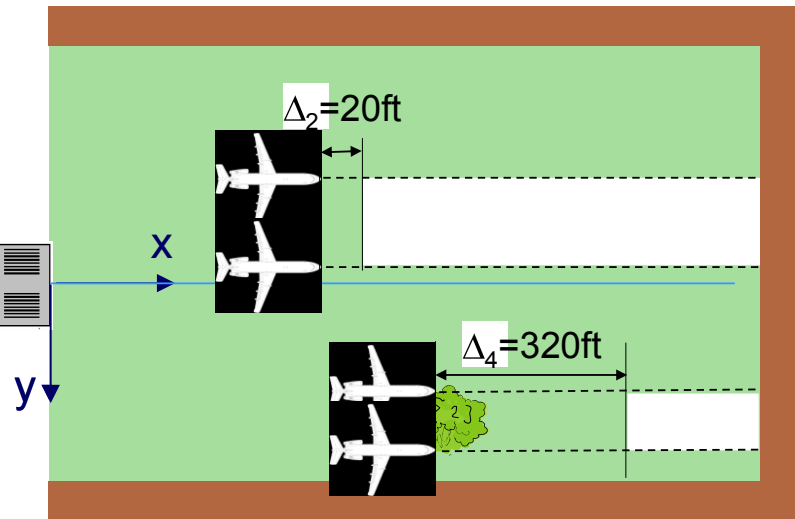


Ejemplo

Obstacle Category	Max Speed (knots)	Δ (ft) (See Figure 29)
1	0	0
2	5	20
3	20	80
4	40	320

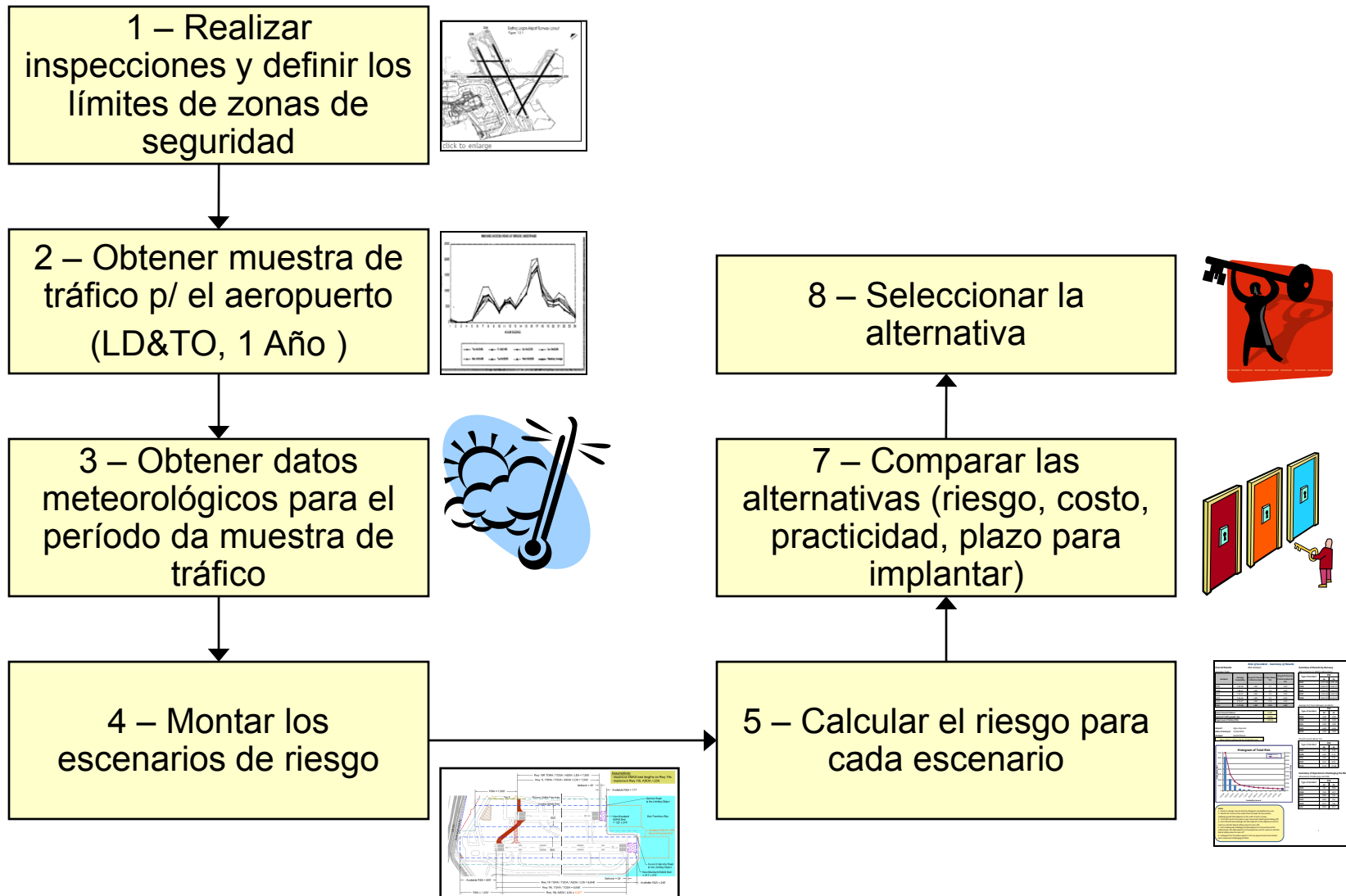


1

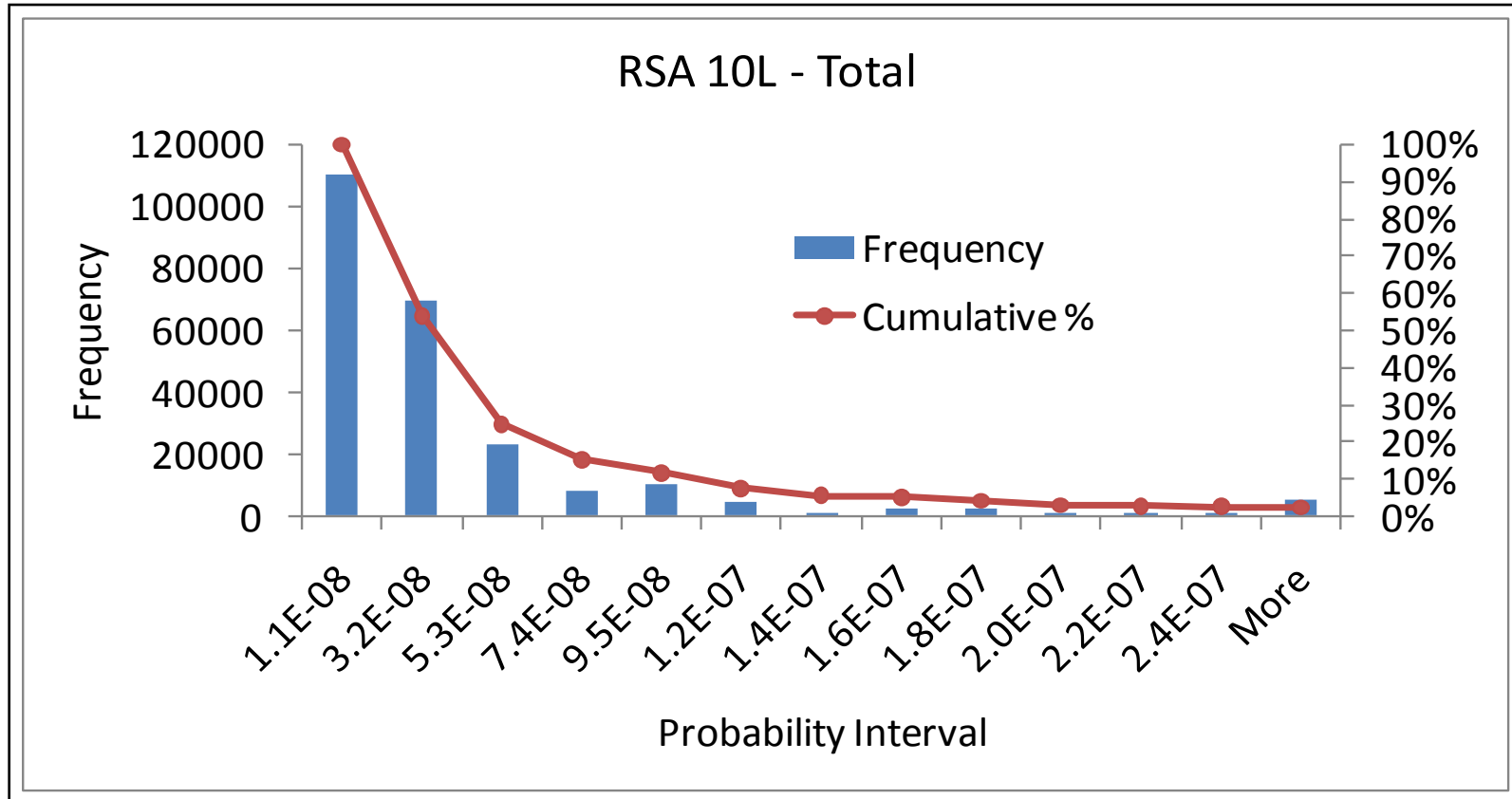


2

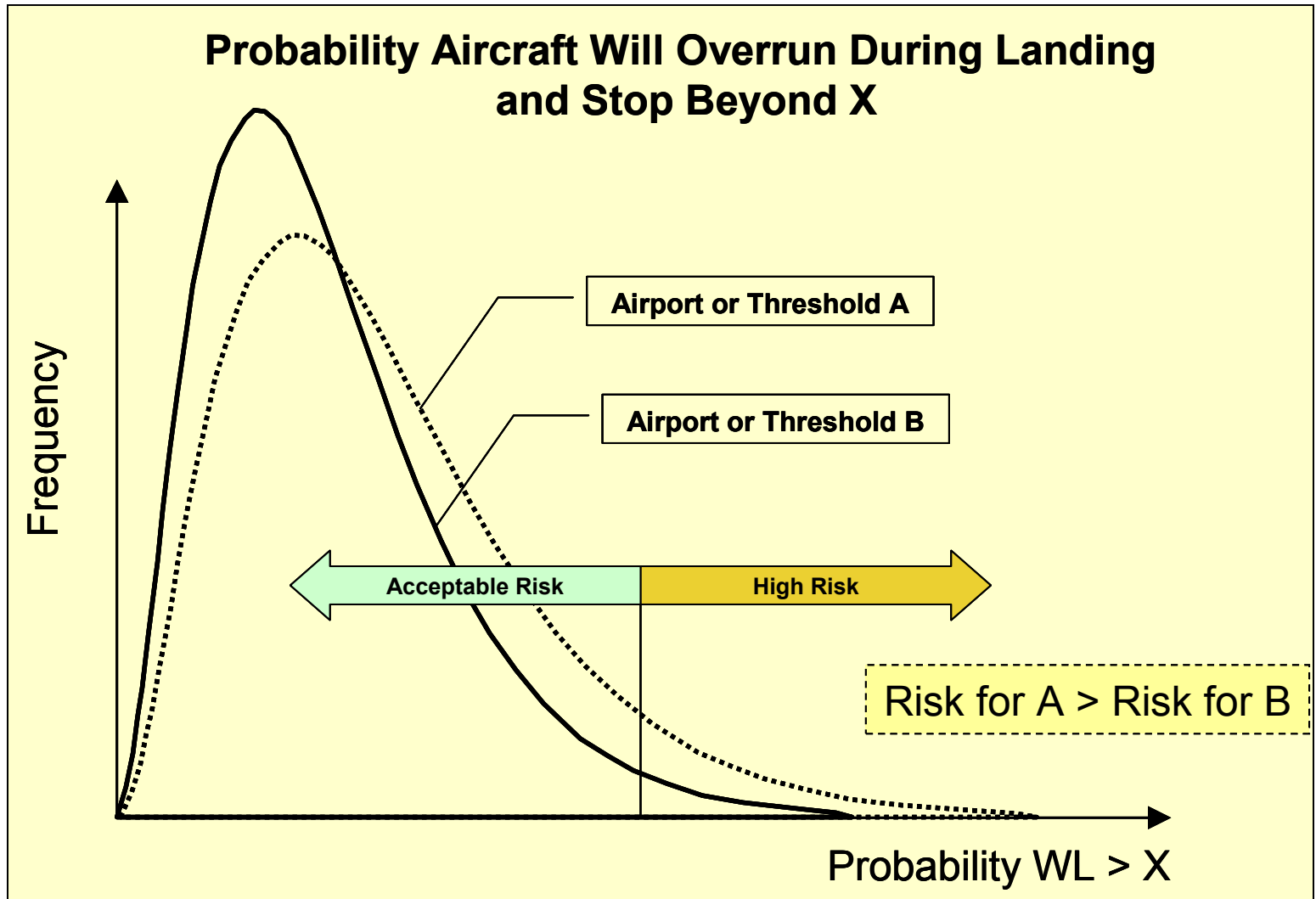
Aplicación Práctica de los Modelos



Aplicación Práctica de los Modelos



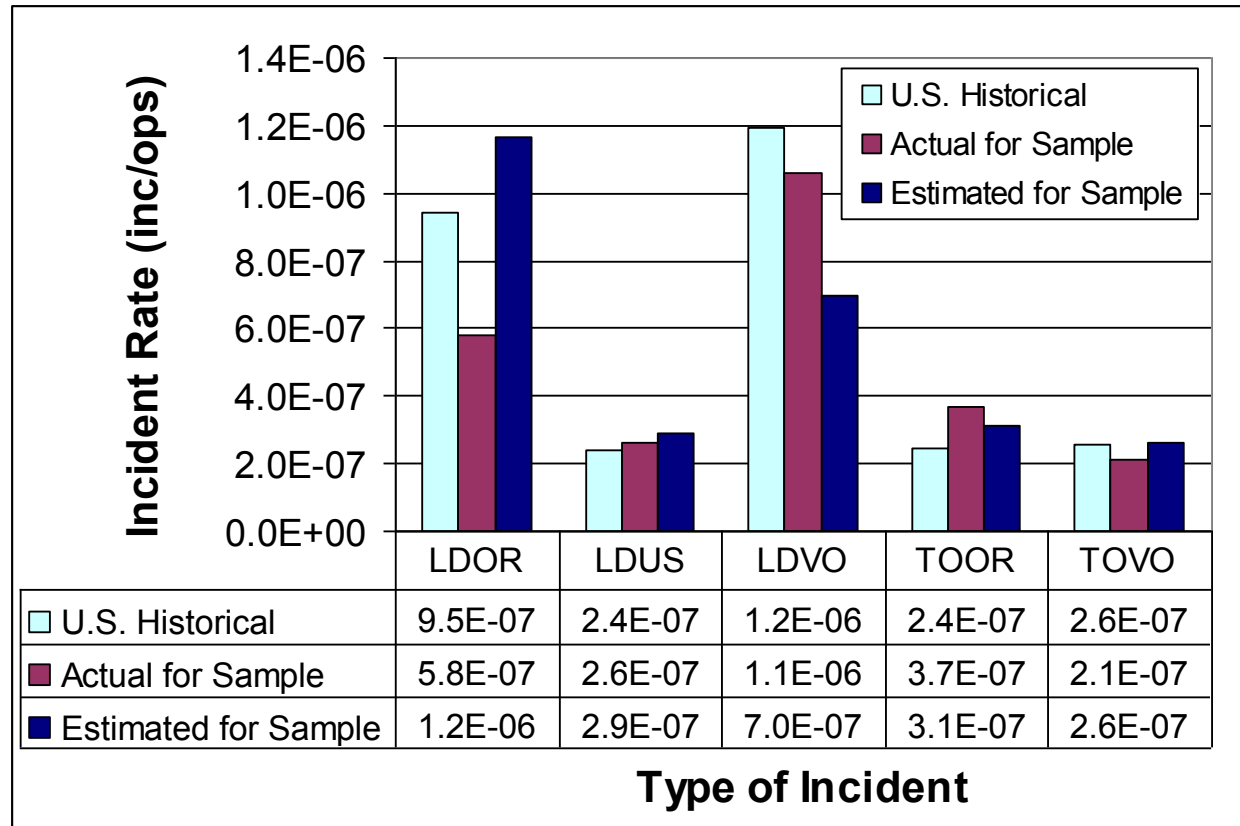
Ejemplo – Comparando Dos RESAs



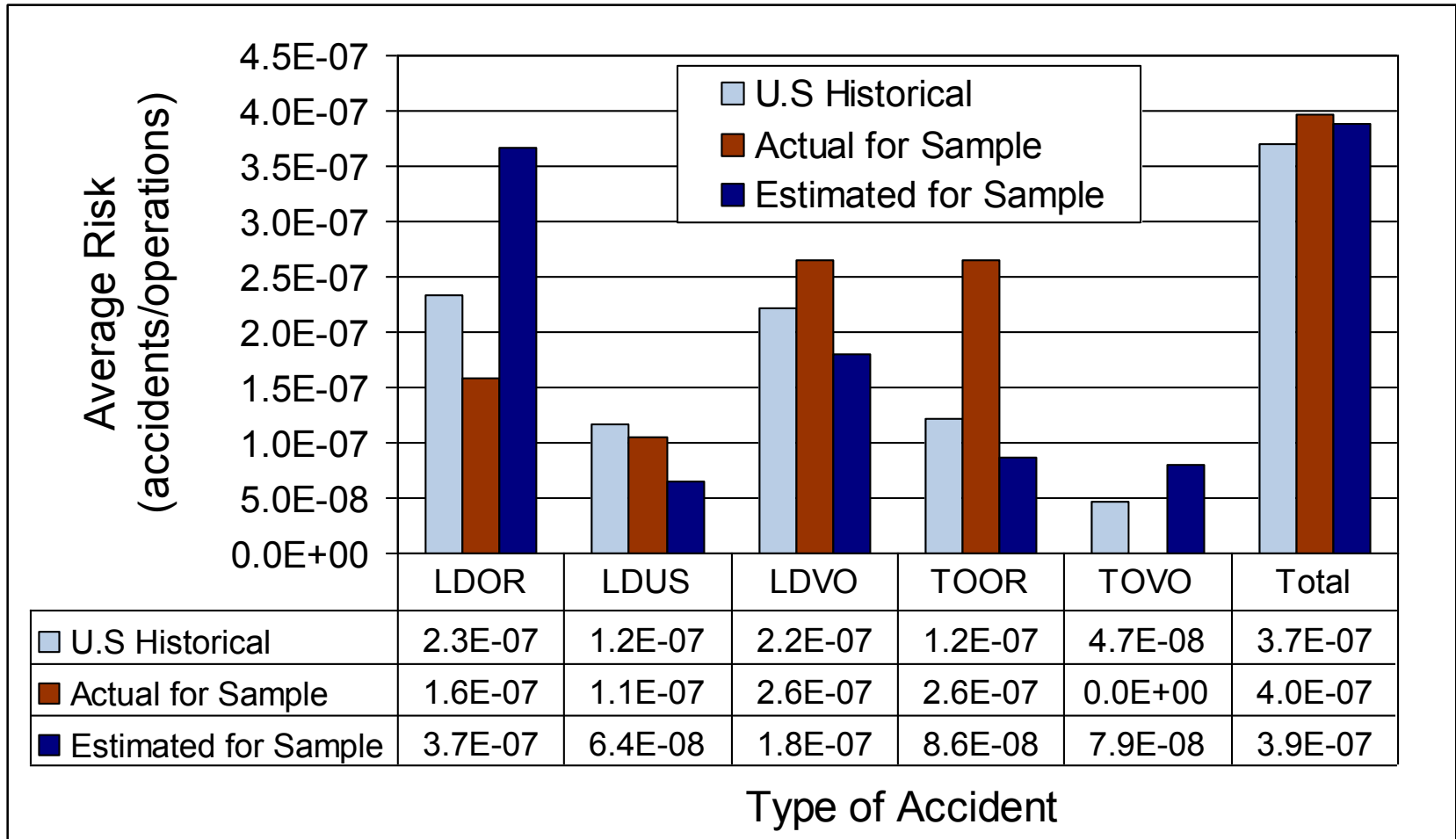
Validación

State	Airport Name	Location ID	City	Hub
FL	Miami International	MIA	Miami	L
AK	Ted Stevens Anchorage International	ANC	Anchorage	M
MO	Lambert-St Louis International	STL	St Louis	M
WA	Spokane International	GEG	Spokane	S
SD	Joe Foss Field	FSD	Sioux Falls	N
WV	Yeager	CRW	Charleston	N
AZ	Deer Valley International	DVT	Phoenix	GA
FL	Ft Lauderdale Executive	FXE	Ft Lauderdale	GA

Validación - Incidentes

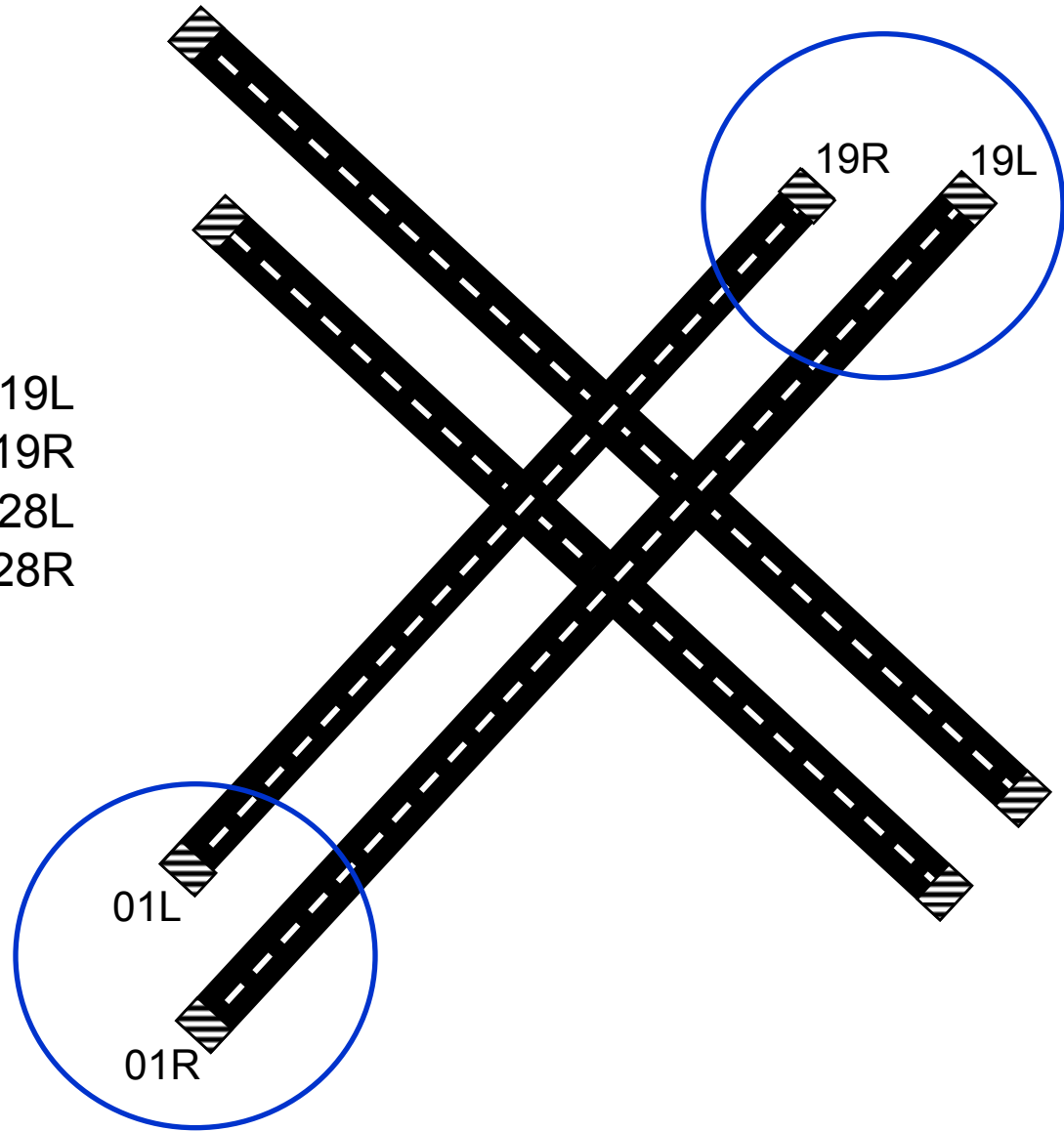


Validación - Accidentes



Caso Ejemplo – Aeropuerto Somewhere

Runways:
01R/19L
01L/19R
10R/28L
10L/28R



RWYs 19R and 19L

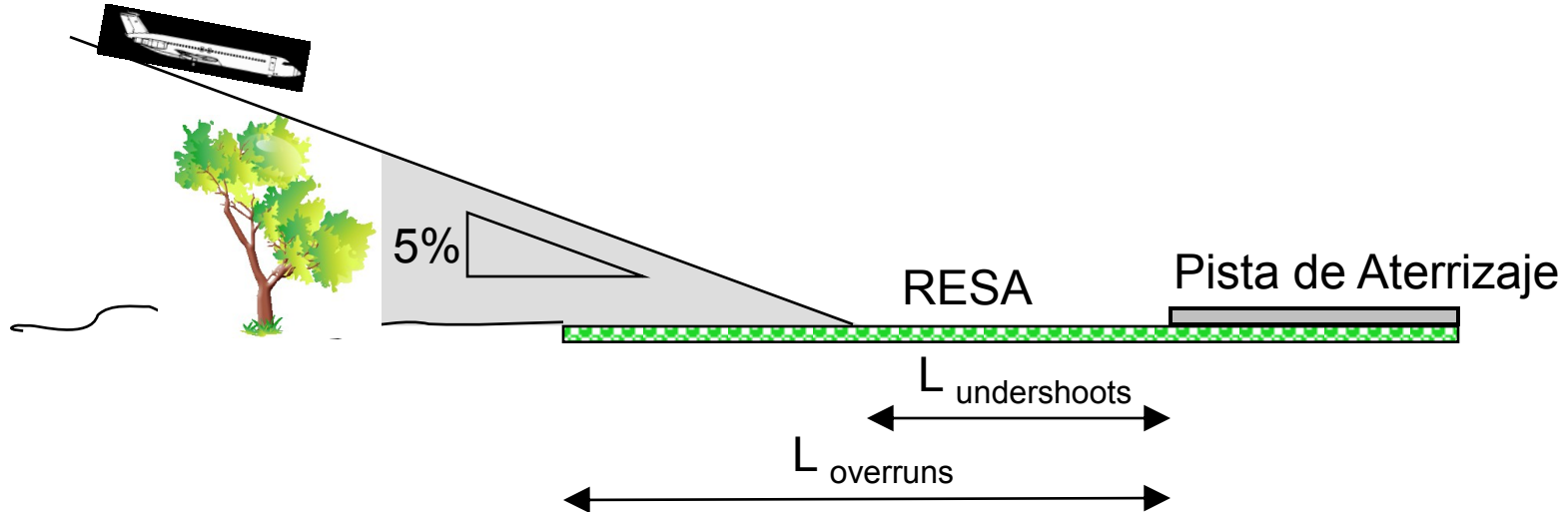


RWYs 01R and 01L



Consideraciones Adicionales para Aterrizaje Corto

Cuando los obstáculos están presentes en la aproximación al aterrizaje, la disposición de la RESA debe considerar a la sombra del obstáculo



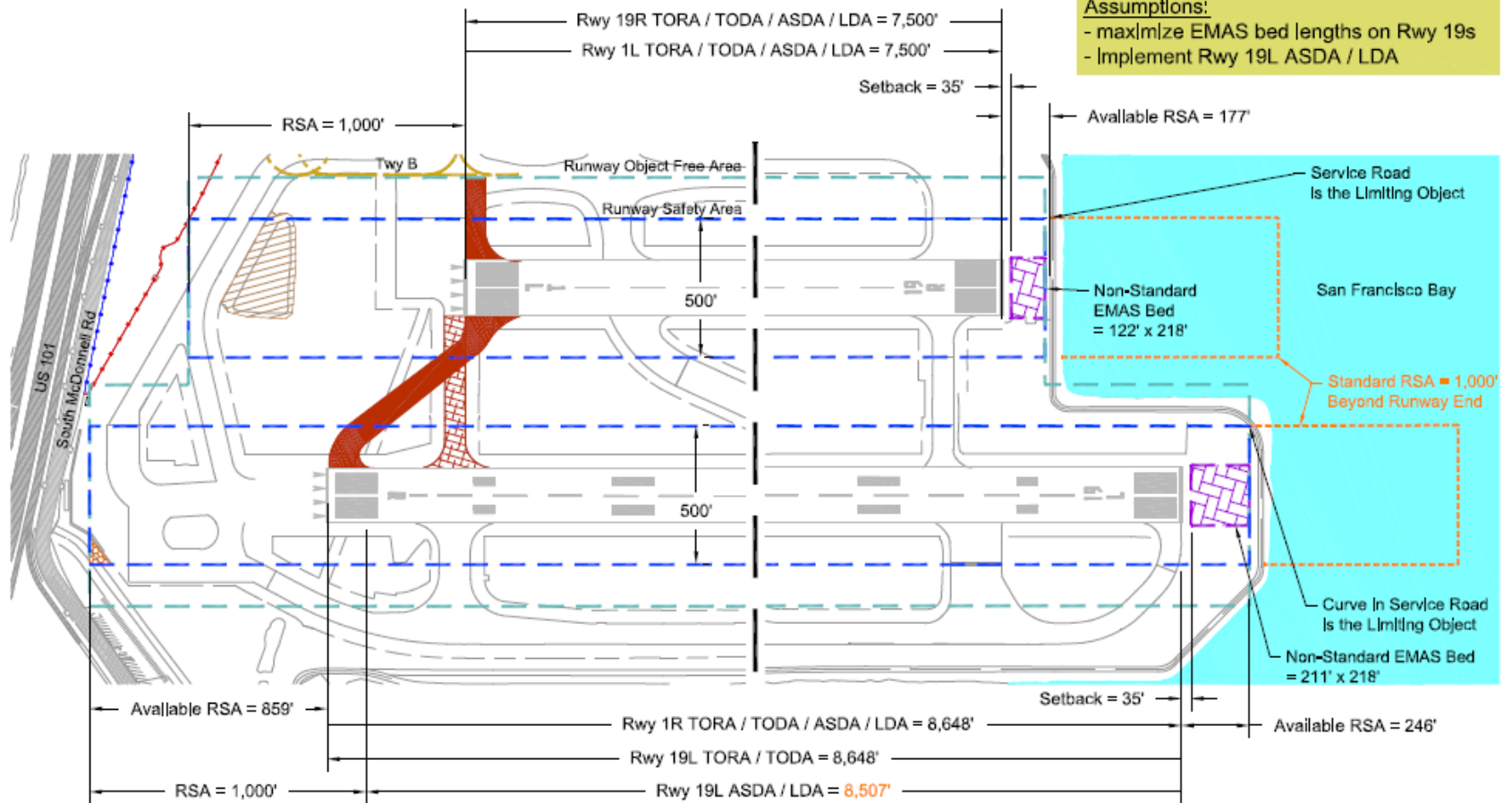
Ejemplo SMW – RWYs 19R e 19L – RESA para LDUS



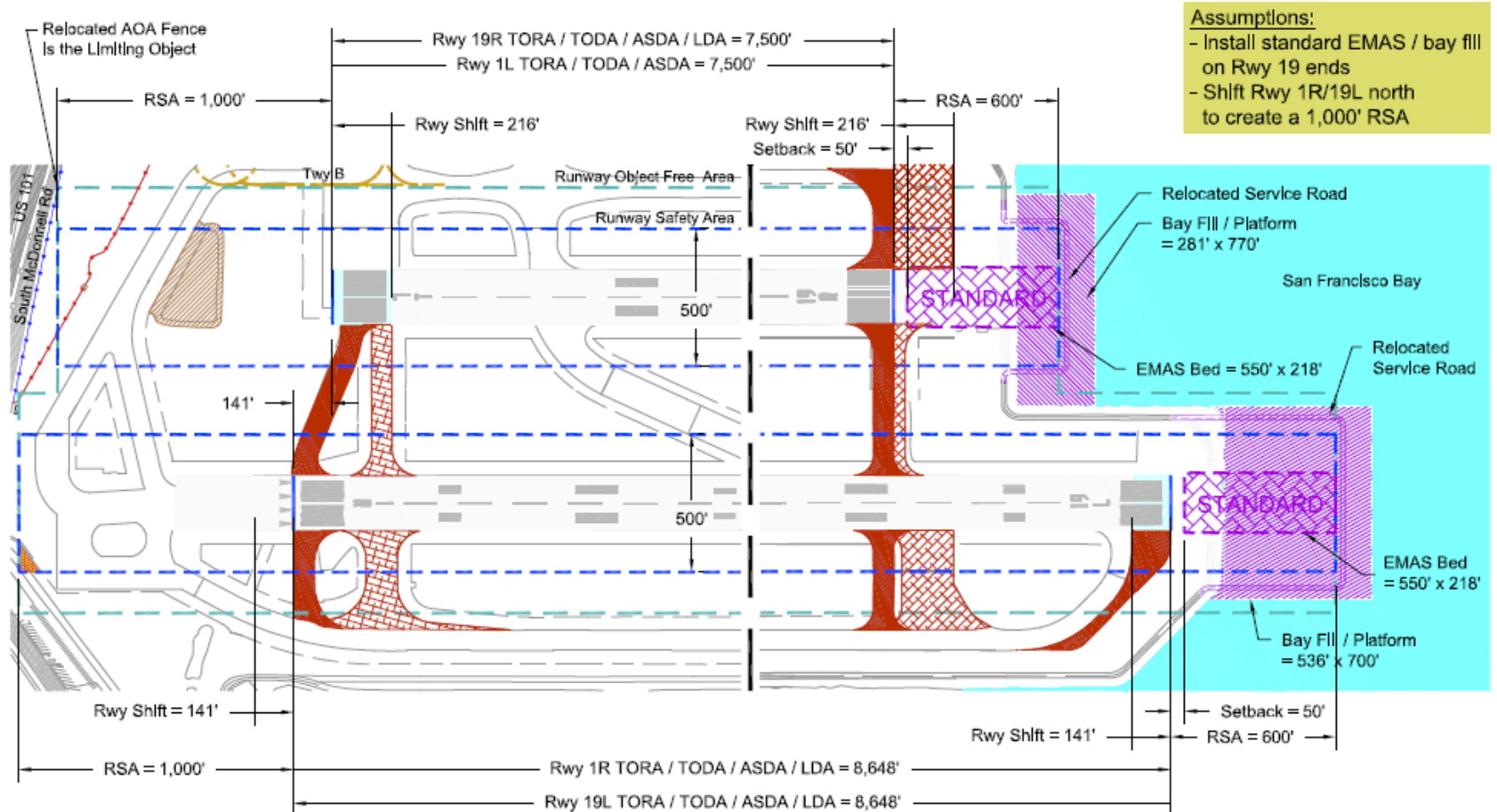
Alternativa 1

Assumptions:

- maximize EMAS bed lengths on Rwy 19s
- Implement Rwy 19L ASDA / LDA



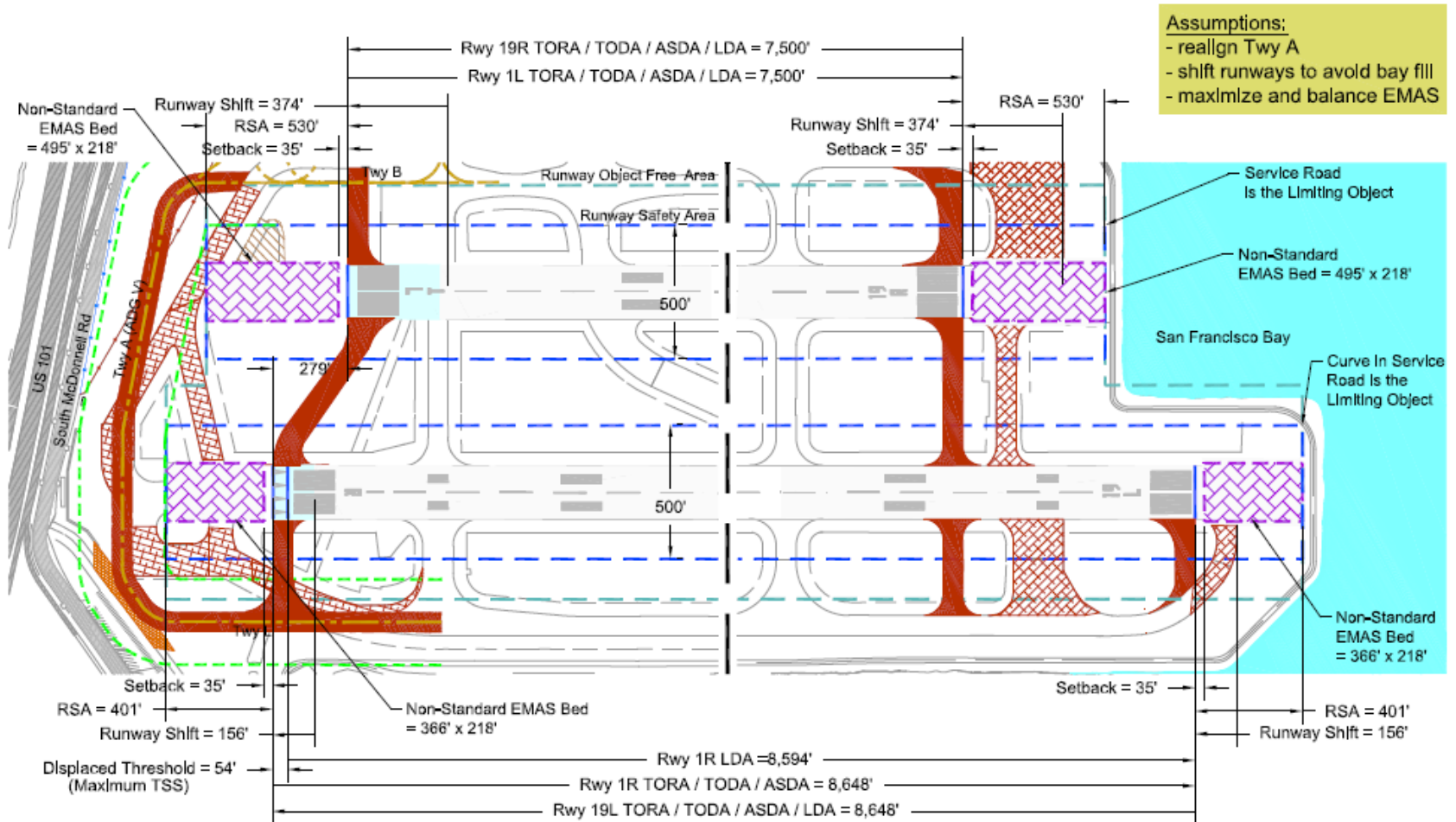
Alternativa 2



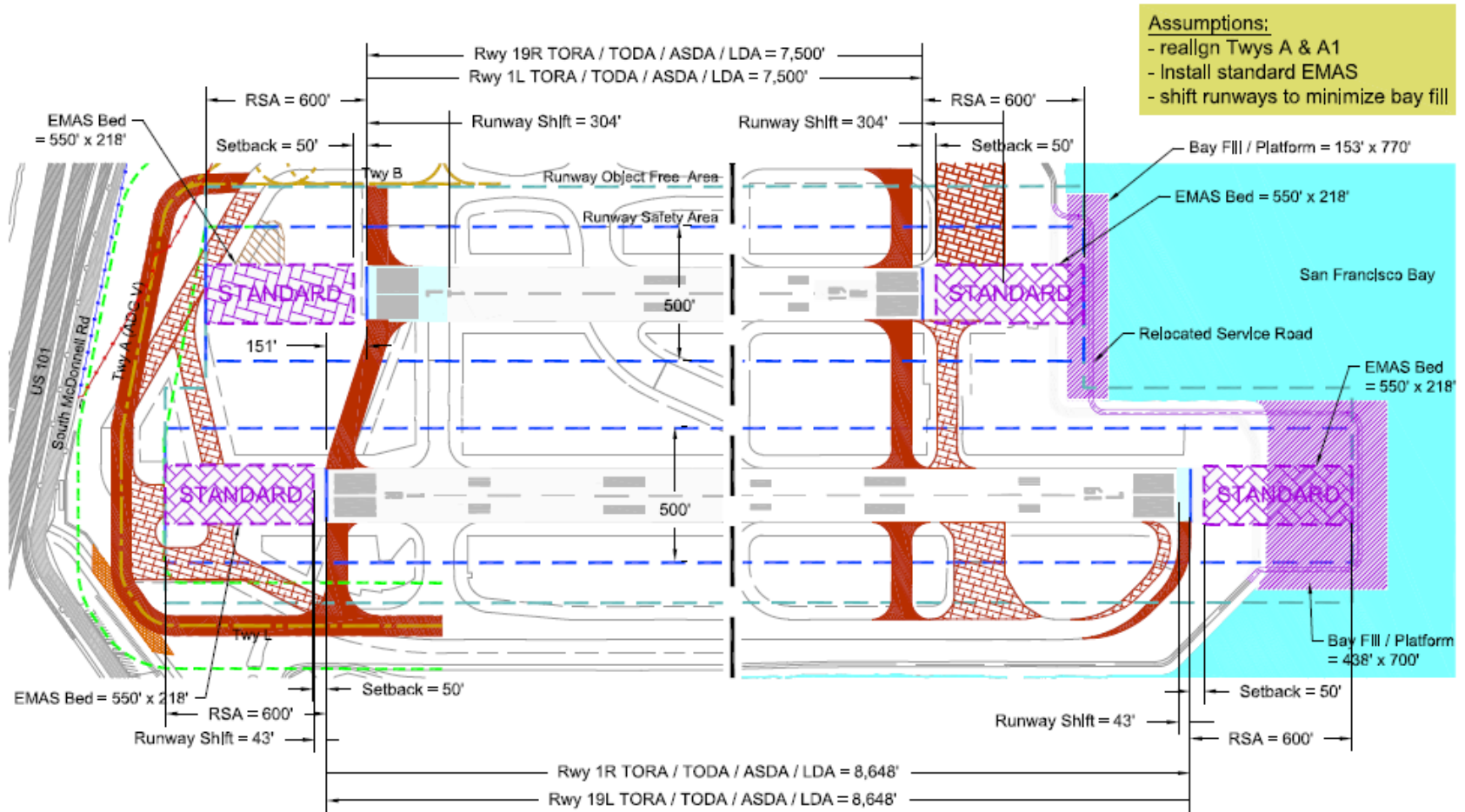
Assumptions:

- Install standard EMAS / bay fill on Rwy 19 ends
- Shift Rwy 1R/19L north to create a 1,000' RSA

Alternativa 3



Alternativa 4



Tráfico de Avións

Arrival End/RESA	LDOR	LDUS	TOOR	Total # of Movements Challenging the Area
19R	17	3,864	75,728	79,609
19L	101	17,660	138,738	156,499
01R	17,660	101	294	18,055
01L	3,864	17	1,355	5,236
28R	433	189,570	12,160	202,163
28L	251	131,294	11,809	143,354
10R	131,294	251	51,806	183,351
10L	189,570	433	49,322	239,325
Total	343,190	343,190	341,212	1,027,592

Resultados

Average Probability for all Movements (Existing)		1.35E-07			
RESA			Alternative 1		Rank
	01R	01L	19R	19L	
Average Probability for all Movements	6.20E-08	3.29E-08	1.41E-07	1.48E-07	
% Decrease in Probability Relative to Existing	18.4%	59.6%	20.8%	24.8%	
Total Airport Probability		1.19E-07			4
RESA Contribution to Airport Probability Decrease	0.3%	0.3%	3.2%	8.3%	
Total % Decrease (all RESAs combined)		12.0%			
		Alternative 2			
RESA	01R	01L	19R	19L	
Average Probability for all Movements	6.12E-08	4.13E-08	4.34E-08	5.60E-08	
% Decrease in Probability Relative to Existing	19.4%	49.3%	75.6%	71.7%	
Total Airport Probability		8.66E-08			2
RESA Contribution to Airport Probability Decrease	0.3%	0.2%	11.6%	23.9%	
Total % Decrease (all RESAs combined)		36.0%			
		Alternative 3			
RESA	01R	01L	19R	19L	
Average Probability for all Movements	6.69E-08	3.59E-08	4.98E-08	8.16E-08	
% Decrease in Probability Relative to Existing	11.8%	55.9%	72.1%	58.7%	
Total Airport Probability		9.33E-08			3
RESA Contribution to Airport Probability Decrease	0.2%	0.3%	11.0%	19.6%	
Total % Decrease (all RESAs combined)		31.1%			
		Alternative 4			
RESA	01R	01L	19R	19L	
Average Probability for all Movements	5.13E-08	3.35E-08	4.49E-08	5.60E-08	
% Decrease in Probability Relative to Existing	32.5%	58.8%	74.8%	71.7%	
Total Airport Probability		8.64E-08			1
RESA Contribution to Airport Probability Decrease	0.5%	0.3%	11.5%	23.9%	
Total % Decrease (all RESAs combined)		36.1%			

Preguntas?

