



**INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION**

*A United Nations Specialized Agency*

---

# **Planes Maestros**

# **Capacidad aeroportuaria**

**Lima, 17 de Junio de 2013**

---

# Capacidad: Clasificación de Aeronaves FAA

## Criteria de Capacidad – Aeronaves



### Criteria de Velocidad

- Group A : velocidad menor de 169 km/h
- Group B : velocidad entre 169 km/h y 222 km/h
- Group C : velocidad entre 224 km/h y 259 km/h
- Group D : velocidad entre 261 km/h y 306 km/h

### Criteria de Peso

- MTOW < 7 T Group L: Light
- 7 T < MTOW < 136 T Group M: Medium
- 136 T < MTOW Group H: Heavy

# Capacidad de un Aeródromo

## Definición de Capacidad



---

**CAPACIDAD** de un aeropuerto es el rendimiento, o sea es el número máximo de operaciones que puede llevarse a cabo en una hora

---

**CAPACIDAD ULTIMA/TEORICA** número máximo sostenido de operaciones en un intervalo determinado, cuando existe una demanda sostenida independiente de la demora.

---

**CAPACIDAD PRACTICA** numero máximo sostenido de operaciones en un intervalo determinado, sin que existan demoras medias por encima de un nivel tolerable (FAA 4 min.).

---

**DEMORA** es la diferencia en tiempo entre la operación de una aeronave restringida y otra no restringida

**Desde el  
punto de  
vista de  
capacidad  
conformado  
por**

- **La Aerolíneas.**
- **Los Servicios aeronáuticos**
- **Los Aeropuertos (Aeródromos y Terminales Aéreas y de Cargas**

# Concepto de Demanda del Transporte Aéreo



**Es el parámetro fundamental para la Planificación Aeroportuaria que determina las necesidades de instalaciones en un período de tiempo. De su análisis se deducirán las operaciones de aeronaves y su distribución anual, diaria y horaria.**

# CONCEPTO DE CAPACIDAD AEROPORTUARIA

An aerial photograph of an airport terminal and its surrounding infrastructure. The terminal is a large, rectangular building with a complex roof structure, surrounded by numerous parking lots filled with cars. To the left and right of the terminal are extensive runways and taxiways, forming a network of light-colored paths. The surrounding area is a mix of green fields and some smaller buildings.

Conjunto de instalaciones aeroportuarias necesarias y como mínimo igual a la demandada que deben ajustarse a la oferta, para dar un servicio adecuado.

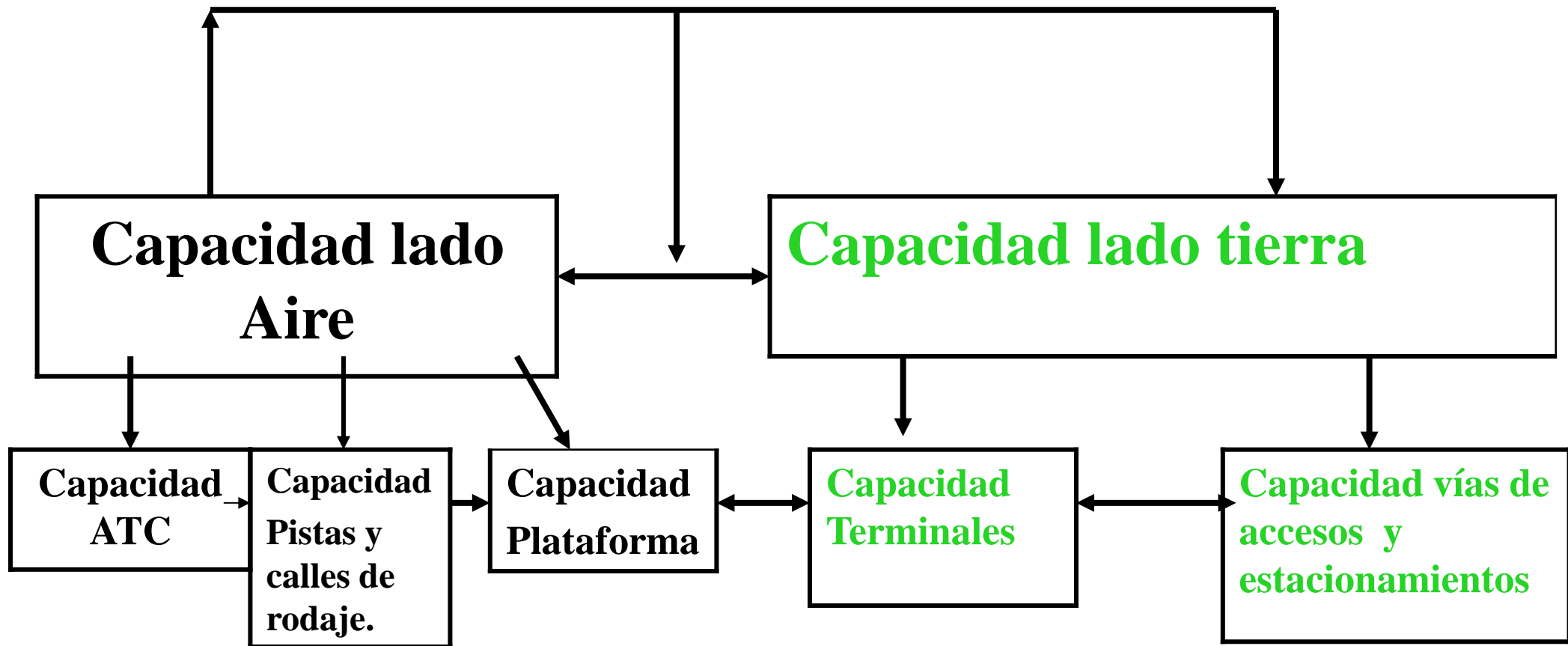
# Servicio Aeroportuario Balanceado



Es el servicio combinado adecuado entre la demanda de pasajeros y de aeronaves que se prevé que el aeropuerto va utilizar

Cualquier interferencia en el procedimiento que los vincula genera demoras en el sistema en su conjunto

# Sistema de Capacidad Aeroportuaria



# Eficacia y eficiencia en la operación del Sistema Aeroportuario



**Implementación de su Plan Maestro consecuente con la demanda prevista (operación de aeronave, pasajeros y carga) pasando por el uso del espacio aéreo, y por la incorporación oportuna y dominio de las tecnologías de punta en el uso del servicio del Tránsito aéreo**

**Configuración del campo de vuelo**

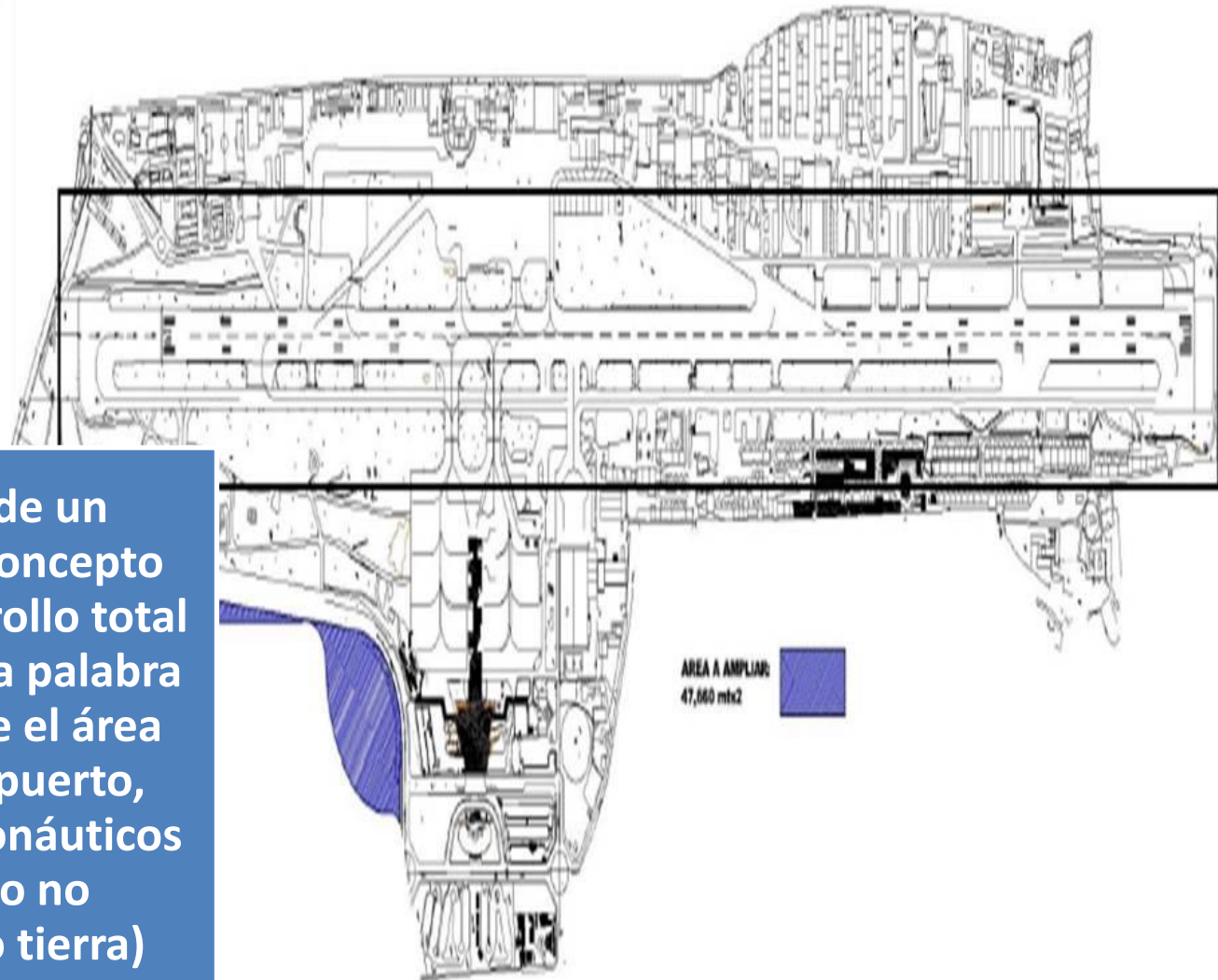
**Condiciones orográficas y topográficas en que operan las aeronaves**

**Disponibilidad de ayudas a la navegación y de control del tránsito aéreo.**

# Plan Maestro



El Plan Maestro de un Aeropuerto es un concepto que explica el desarrollo total de un aeropuerto. La palabra “desarrollo” incluye el área completa del aeropuerto, tanto para usos aeronáuticos (lado aire), como no aeronáuticos (lado tierra) incluyendo el uso de las áreas adyacentes al mismo.



# Objetivos del Plan Maestro

Suministrar las directrices para satisfacer la demanda y debe ser compatible con el desarrollo urbanístico y otros modos de transporte.

Se define como una guía para:

- Desarrollar las instalaciones y servicios de un aeropuerto y de control del tránsito aéreo.
- Desarrollo de los terrenos del aeropuerto y del entorno del mismo.
- Determinar los efectos ambientales de la construcción del Aeropuerto para su eliminación, atenuación y control.
- Establecer la factibilidad económica financiera.

# Contenido de un Plan Maestro de un Aeropuerto



**Varía dependiendo de la ubicación específica, y debe de incluir los siguientes conceptos:**

Previsión de la demanda. incluyen las operaciones de aeronaves, número de pasajeros, volumen de carga y tráfico de vehículos y deben de hacerse sobre una base anual considerando las horas más cargadas del día.

Desarrollo de las soluciones alternativas para satisfacer de manera razonable las previsiones de la demanda, Cada solución alternativa debe de tener en cuenta factores tales como el impacto en el medio ambiente, la seguridad de la operación(aeronave, aeródromo y servicios aeronáuticos y la economía.

Estudio de Factibilidad Económica-Financiera, Es el análisis de los presupuestos a determinar que considera el volumen de tráfico de pax y carga, a partir de los pronósticos evaluados, en función de la demanda y de los estudios de mercado, que generan un movimiento de operaciones y fundamentan la inversión y los plazos de recuperación

# Factores que afectan la Capacidad de la Parte Aeronáutica



---

Tipo de aeropuerto (hub, terminal).

---

Factores humanos.

---

Longitud, orientación, numero de pistas y estrategias de operación.

---

Condiciones topográficas del entorno (limitación salidas y llegadas en forma simultánea).

---

Configuración, numero y características de las calles de rodaje y apartaderos de espera.

---

Tipo y características de las aeronaves.

---

Condiciones meteorológicas, (vientos, lluvias y niebla).

---

Estado del pavimento de la pista.

---

Categoría de operación de la pista y ayudas a la navegación aérea disponibles.

---

Numero, disposición y gestión de los puestos de estacionamientos.

---

Situaciones especiales tales como: interferencia ilícita y emergencias de aeronaves.

---

Mecanismos de participación, discusión, análisis y coordinación en la planificación de los itinerarios v/s disponibilidad operacional aeropuerto.

---

Desactualización del Plan Maestro.

---

# Factores que afectan la Capacidad de la Parte Aeronáutica - Operador



**1. Planificación itinerarios.**

**2. Tipo de vuelo (corto, mediano o largo alcance).**

**3. Gestión de servicios a la aeronave.**

# Capacidad de un Aeródromo - Factores

<b>Configuración del área operativa</b>	<b>Numero de pistas, separación, Calle de rodaje, Plataforma)</b>
<b>Heterogeneidad de la aeronaves</b>	<b>torbellinos de estela</b>
<b>Estrategias de utilización</b>	<b>configuración + uso</b>
<b>Configuración del ATC</b>	<b>separación horizontal mínima, separación mínima en aterrizaje y despegues o entre dos despegues, procedimiento especial por ruidos, etc.</b>
<b>Disponibilidad de Ayudas a la Navegación</b>	<b>VFR, IFR</b>
<b>Características de la DEMANDA</b>	<b>Flota, Mix, Vel, % salidas y llegadas, etc.</b>
<b>Condiciones de entorno</b>	<b>Visibilidad, vientos, cizalladura, elevación y temperatura, etc.)</b>

# Capacidad de un Aeródromo

## Separación IFR (USA 2000)

### Aterrizaje seguido de Aterrizaje (A – A)

- Distancia de separación mínima en la aproximación final (mn):

		Avión que sigue		
		H	L + B757	S
Avión que lidera	H	4	5	5/6*
	B757	4	4	5
	L	2,5 (ó 3)	2,5 (ó 3)	3/4*
	S	2,5 (ó 3)	2,5 (ó 3)	2,5 (ó 3)

\* Distancia requerida en el momento en el que el avión que lidera se encuentra en el umbral de la pista.

- El avión que sigue no puede tocar la pista hasta que el predecesor despeje la misma

# Capacidad de un Aeródromo

## Separación IFR (USA 2000)

### Despegue seguido de Despegue (D – D)

- Se deben separar dos despegues consecutivos al menos el tiempo en segundos indicado en la siguiente tabla

		Avión que sigue		
		H	L + B757	S
Avión que lidera	H	90	120	120
	B757	90	90	120
	L	60	60	60
	S	45	45	45

Nota: estos son tiempos aproximados (y más conservativos) que resultan en la práctica por la aplicación de una serie de reglas más complicadas, y los cursos deben divergir 15° a 1 milla del fin de pista.

# CAPACIDAD DE UN AD

## Separación IFR (USA 2000)

### ➤ **Aterrizaje seguido de Despegue (A – D)**

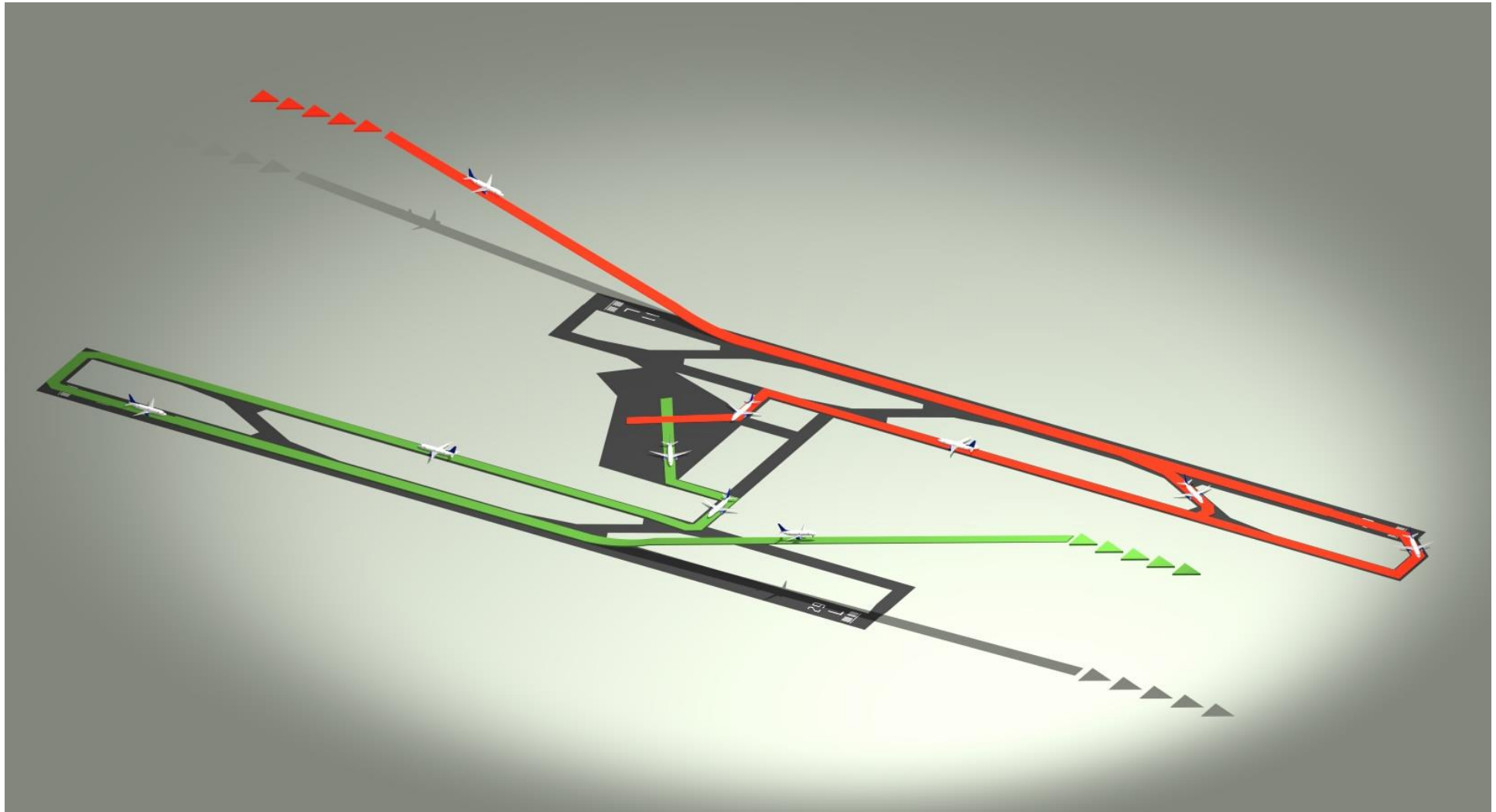
- Se autoriza despegue luego que el avión precedente que aterriza despeje la pista

### ➤ **Despegue seguido de Aterrizaje (D – A)**

- El avión sucesor que aterriza debe estar en la aproximación final al menos a 2 mn de la pista en el momento que el avión precedente que despega inicia su carrera de despegue
- El avión que despega debe haber despejado la pista antes de que el avión que aterriza toque la misma

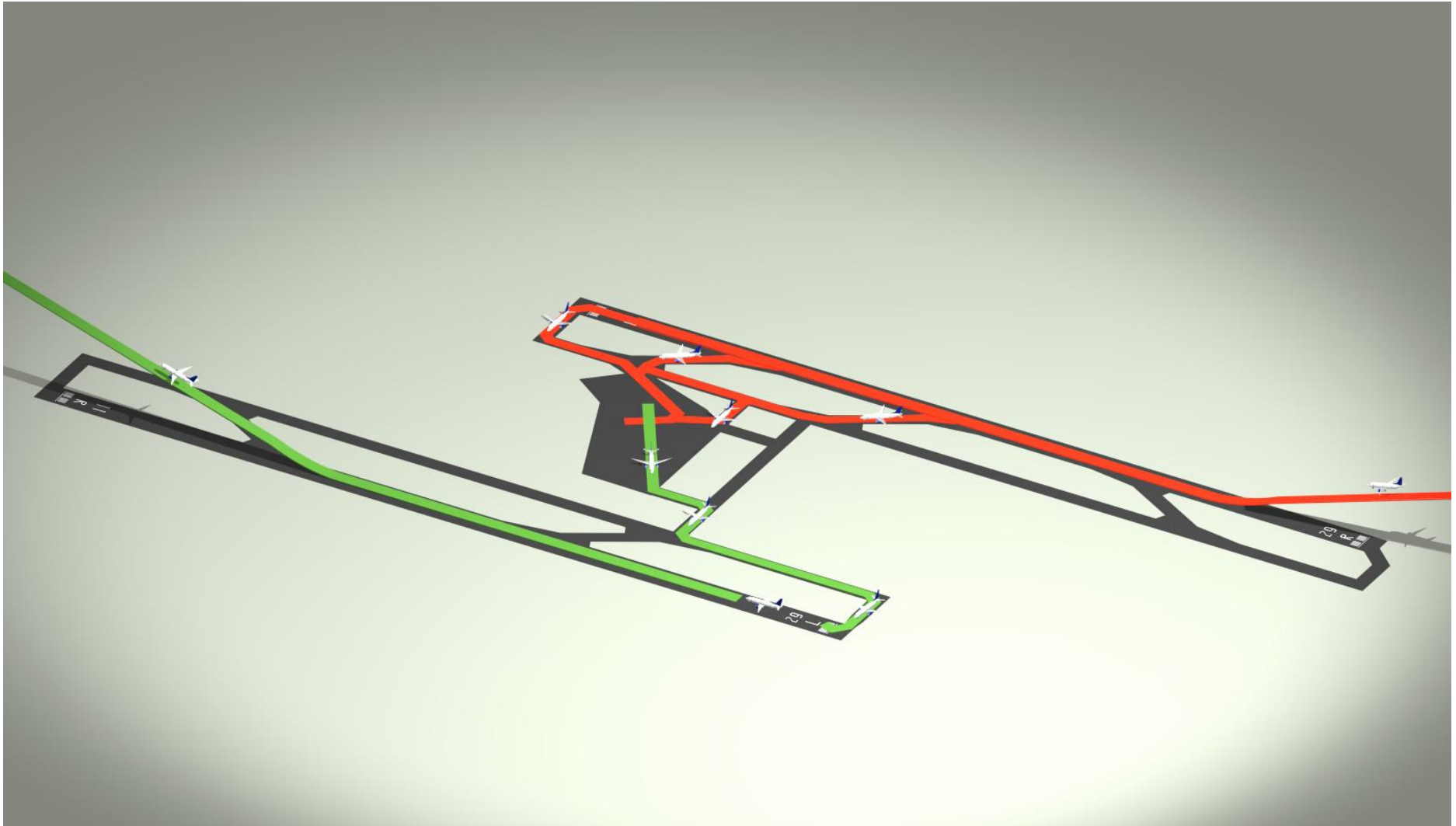
# Diferentes estrategias de uso de un Aeródromo

## Escenario 1



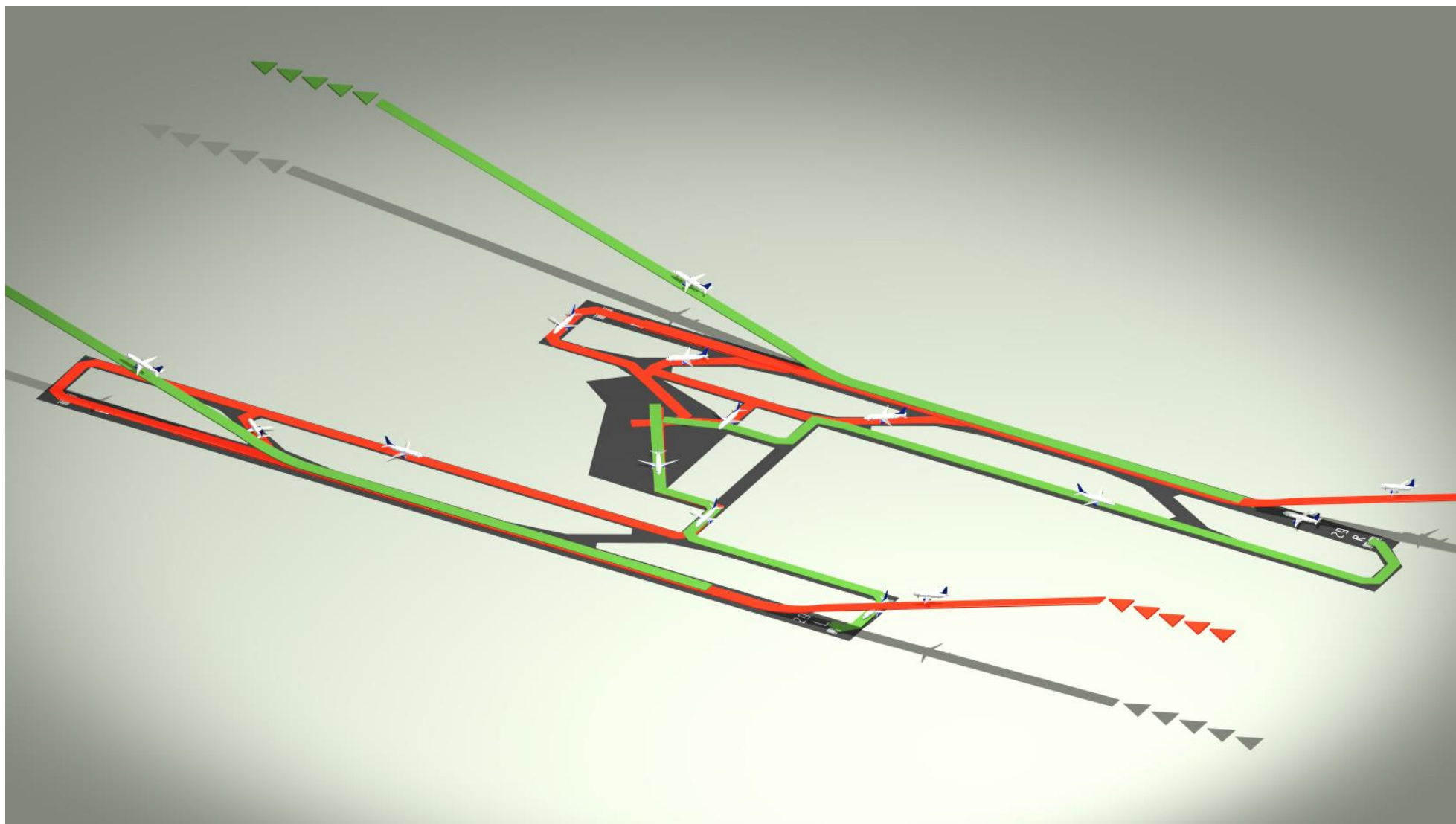
# Diferentes estrategias de uso de un Aeródromo

## Escenario 1



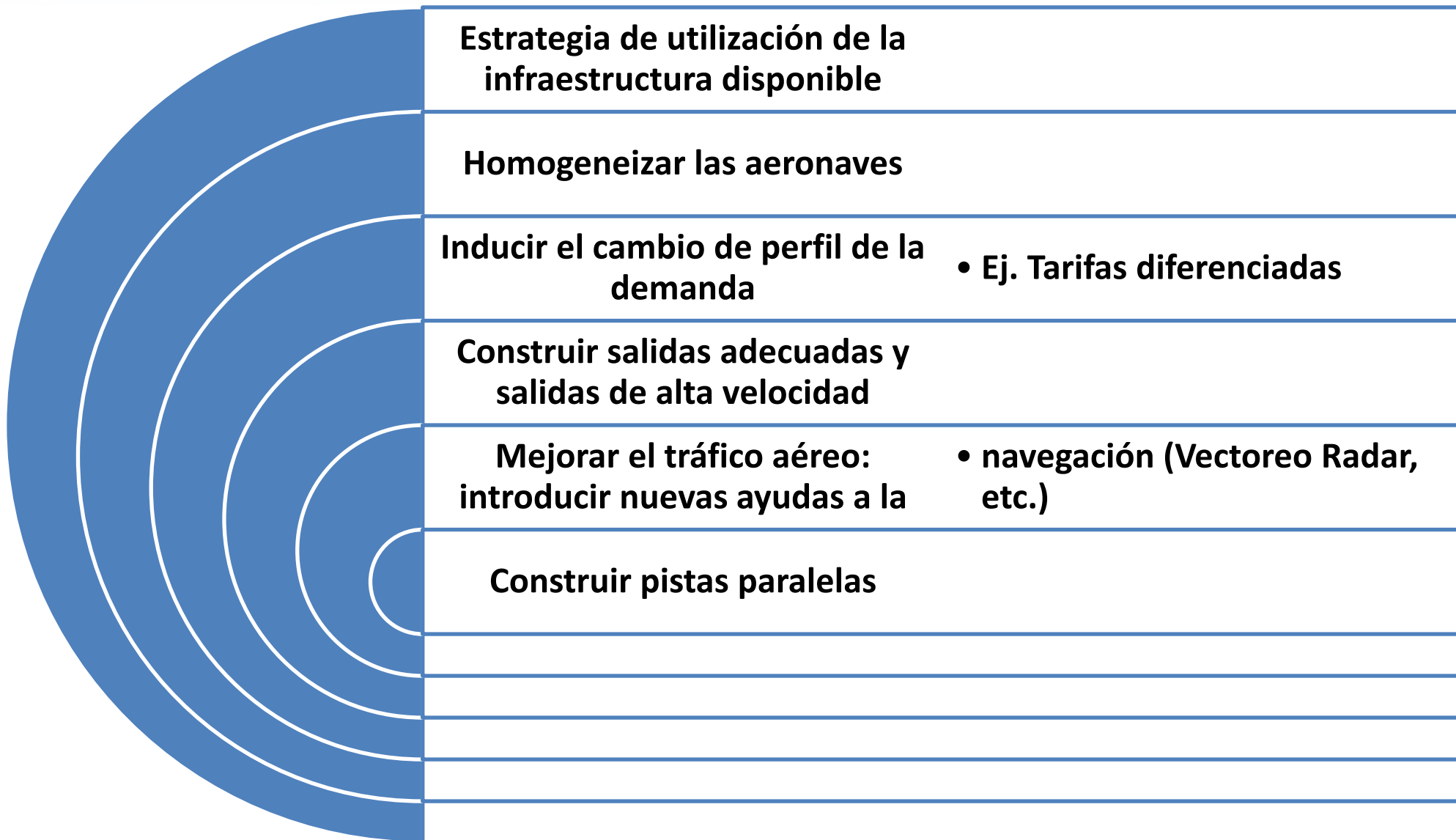
# Diferentes estrategias de uso de un Aeródromo

## Escenario 3



# Capacidad de un Aeródromo

## Formas de mejorar la capacidad **(costo creciente)**



# Capacidad de un Aeródromo

## Calculo de Capacidad y Demora



**Volumen Anual de Servicio (ASV):**

**Operaciones por año  
(Planificar)**

**Capacidad:**

**Operaciones por Hora  
(Dimensionar la  
infraestructura)**

# Capacidad de un Aeródromo

## Mezcla de Aeronaves



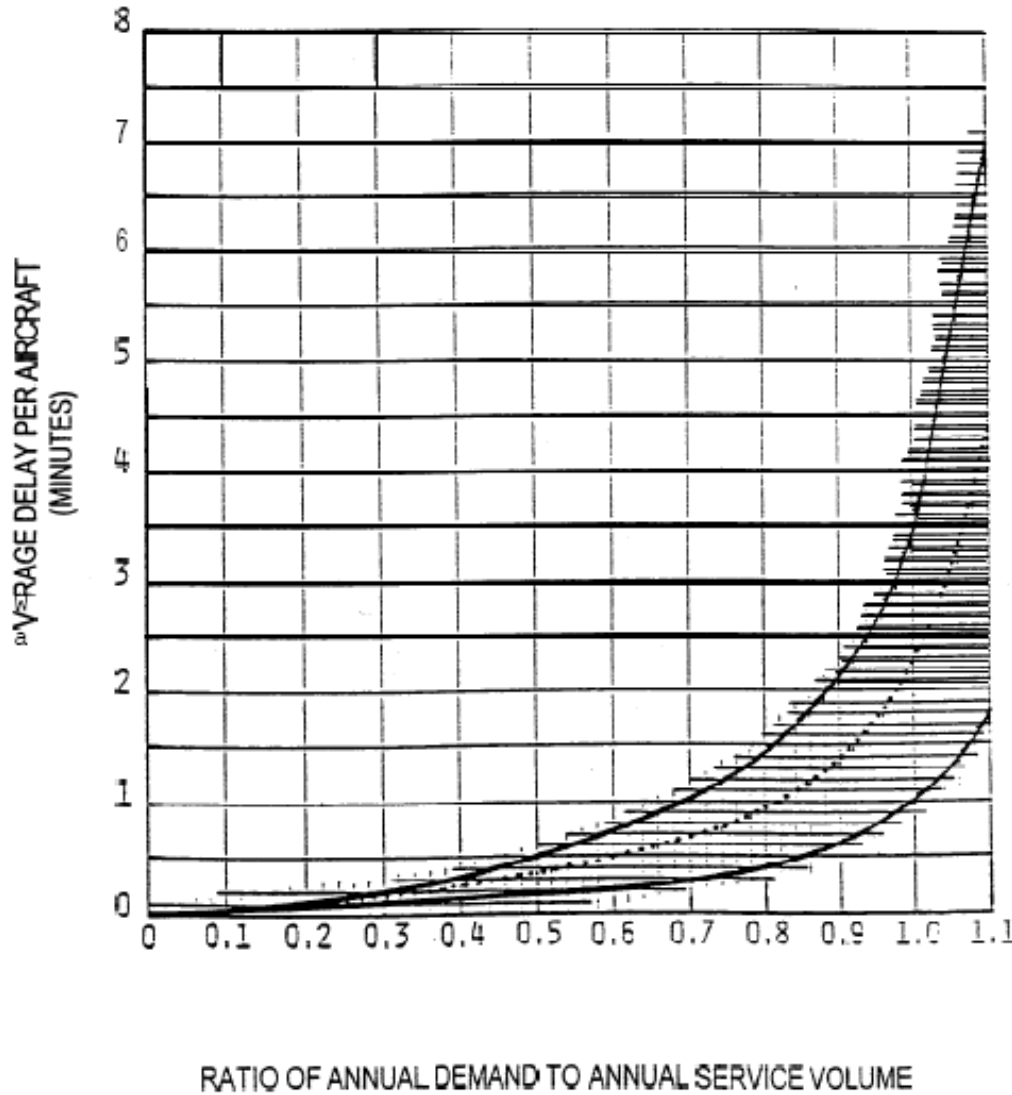
ACFTS CLASS	Max. Cert. T.O. (Lbs)	Number Engines	Wake Turbulence Classification
<b>A</b>	12.500 Lbs. or less	Single	<b>Small (S)</b>
<b>B</b>		Multi	
<b>C</b>	12.500 - 300.000 lbs	Multi	<b>Large (L)</b>
<b>D</b>	Over 300.000 Lbs.	Multi	<b>Heavy (H)</b>

✈ Índice de Mezcla:  $IM = C + 3D$

# Curva Demora Promedio por aeronave (máx. y min.)

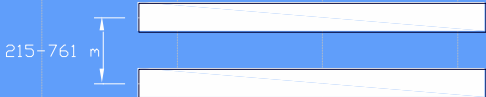


**Demora**



**D.A/ASV**

# Capacidad de un Aeródromo

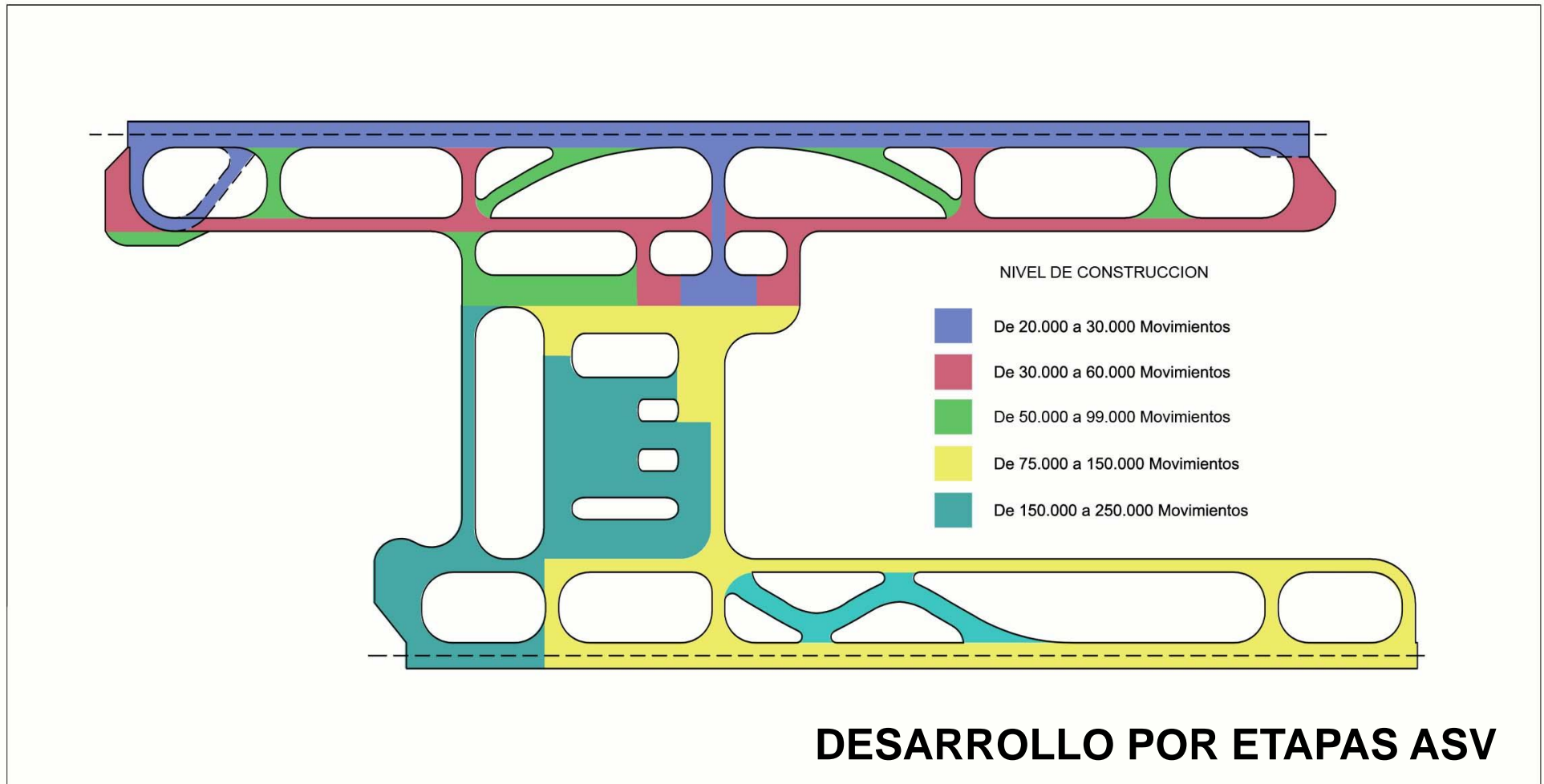
Nº	Configuración de la pista	Capacidad Movimientos / h		Volumen de servicio anual Movimientos / h
		VFR	IFR	
1		51-98	50-59	195.000 - 240.000
2	 215-761 m	94-197	56-60	260.000 - 355.000
3	 762-1.310 m	103-197	62-75	275.000 - 365.000
4	 > 1.310 m	103-197	99-119	305.000 - 370.000

# Capacidad de un Aeródromo



Nº	Configuración de la pista	Capacidad Movimientos / h		Volumen de servicio anual Movimientos / h
		VFR	IFR	
5		72-98	56-60	200.000 - 265.000
6		73-150	56-60	220.000 - 270.000
7		73-132	56-60	215.000 - 265.000

# Capacidad: Plan de Desarrollo por Etapas



# Capacidad de un Aeródromo

## Posiciones en Plataforma



El Nro. de puestos para las aeronaves en una plataforma, es fx. de los movimientos durante la hora de punta y el tiempo de ocupación de los puestos de embarque.

Como el número de puestos determina el tamaño de la plataforma, y con frecuencia también la configuración de la terminal, este aspecto resulta uno de los más importantes de la planificación.

Debe estimarse a corto, medio y largo plazo, preparando un plan de ampliación ordenado y oportuno

# Capacidad de un Aeródromo

## Capacidad de Plataforma



### Capacidad Estática de plataforma

Número de puestos por tipo de aeronave con los que cuenta la plataforma.

### Capacidad Dinámica

Número de operaciones por hora a los que puede dar servicio una plataforma. (Por operación se considera la entrada + salida de la aeronave al puesto de estacionamiento)

# Capacidad de un Aeródromo

## Capacidad de Plataforma

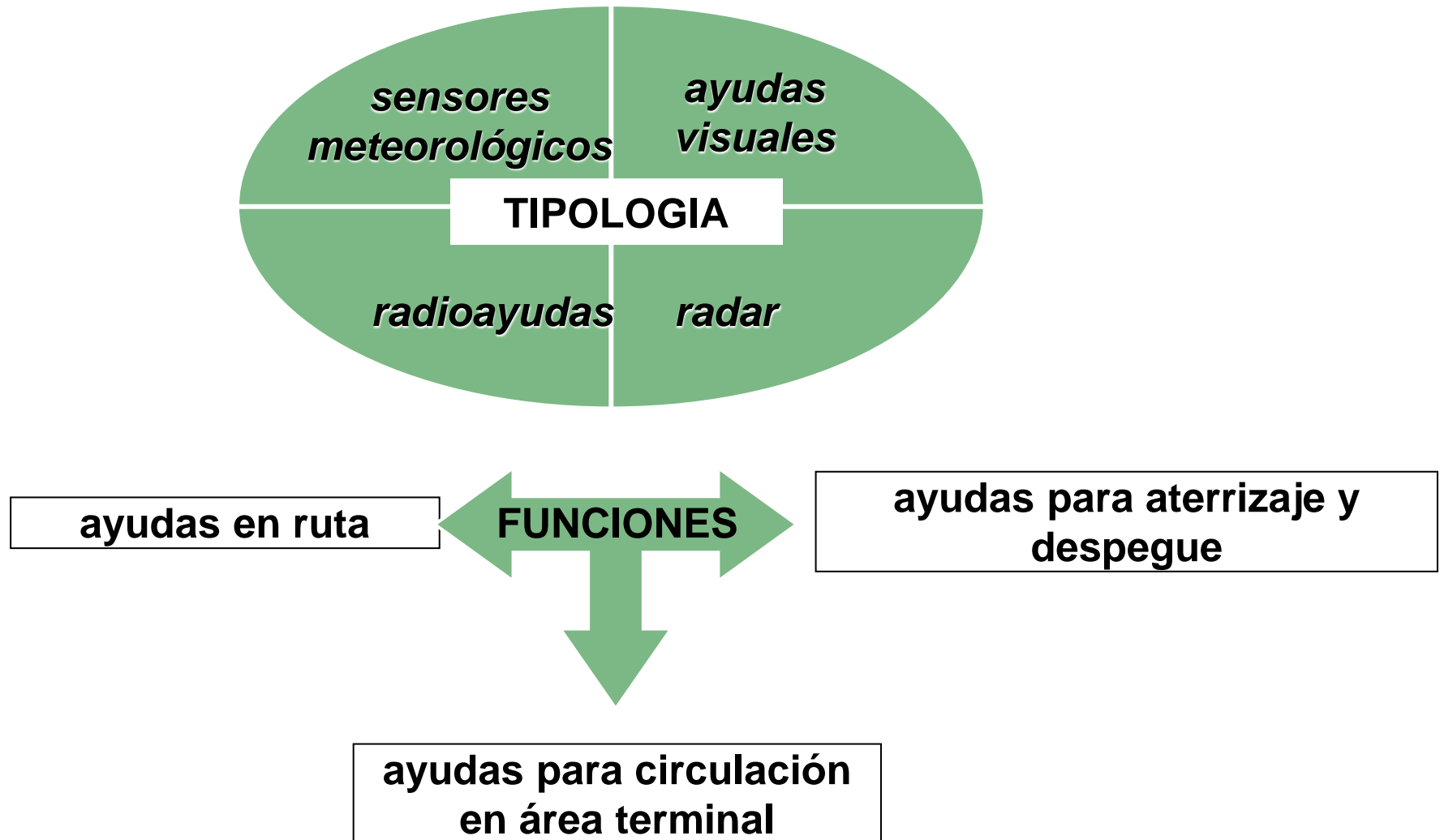


$$S = \sum_{i=0}^n \left( \frac{T_i}{60} \times N_i \right) + \alpha$$

### Método sencillo de cálculo preliminar

- El número de aeronaves en una terminal puede estimarse mediante la fórmula siguiente donde:
  - S = número requerido de plataformas
  - T<sub>i</sub> = tiempo de ocupación del puesto de embarque en minutos de grupo de aeronaves i
  - N<sub>i</sub> = número de aeronaves que llegan, grupo i durante la hora punta
  - a = número de plataforma extra en reserva

# Ayudas a la Navegación



# RADIOAYUDAS A LA NAVEGACIÓN ILS

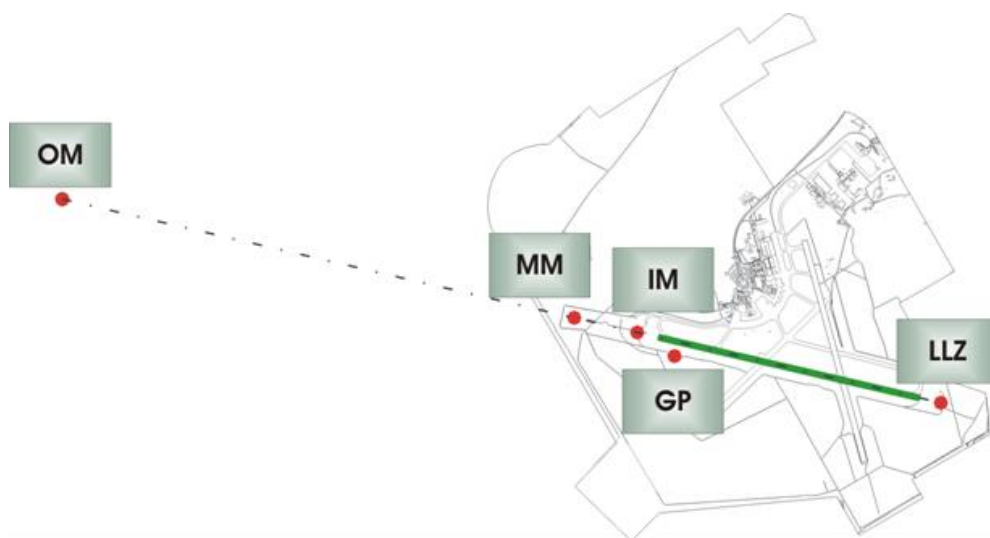
## en Área Terminal y Aterrizaje

**ILS** (Instrumental Landing System):  
 Define una trayectoria de aproximación con **alineación y descenso exacto** a un avión en aterrizaje.

- localizador y GP
- radiobalizas
- balizas



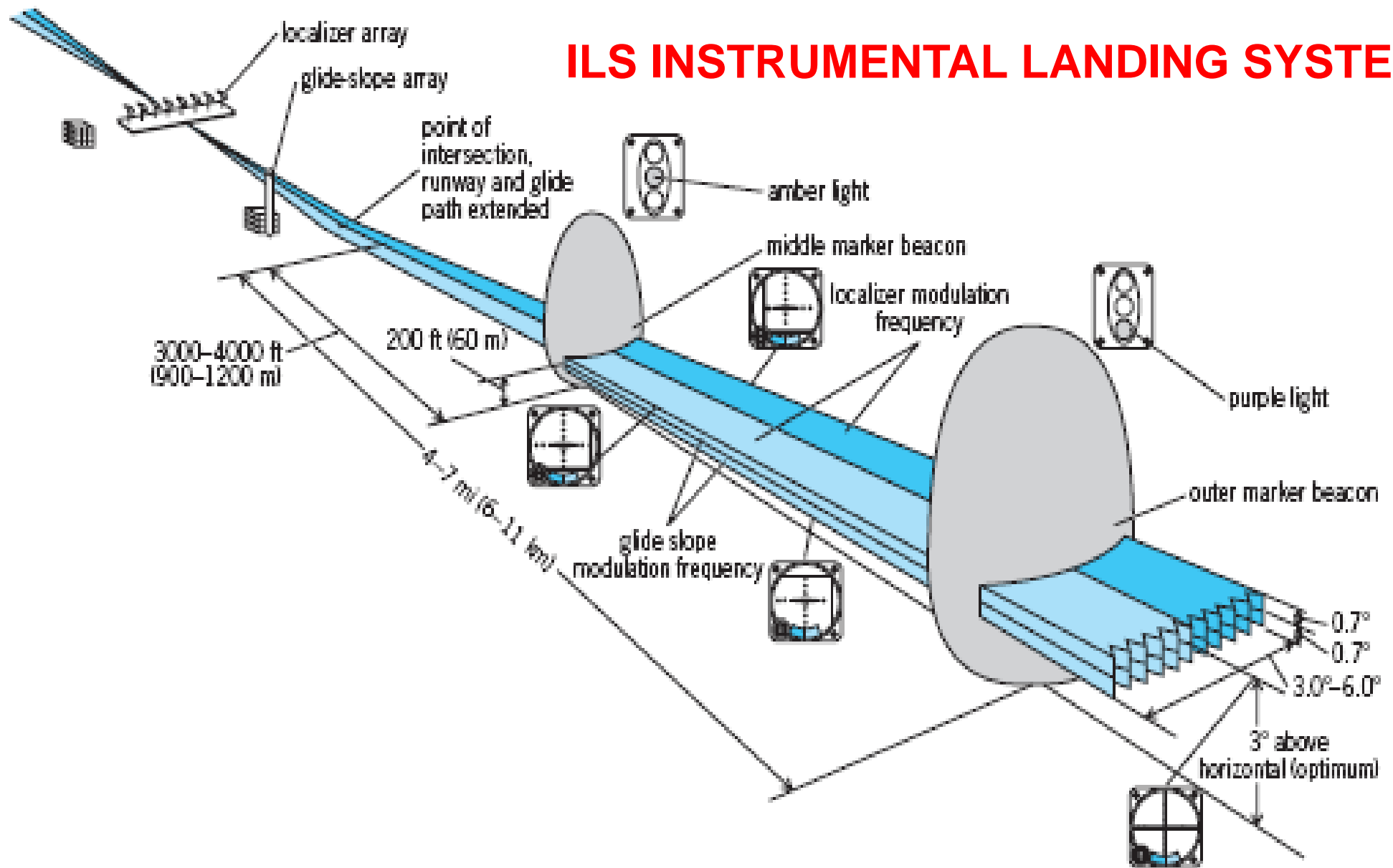
**ILS: GP**



**ILS: LLZ**



# ILS INSTRUMENTAL LANDING SYSTEM



Components of instrument landing system (ILS), and resulting signals used by the pilot. (Federal Aviation Administration)

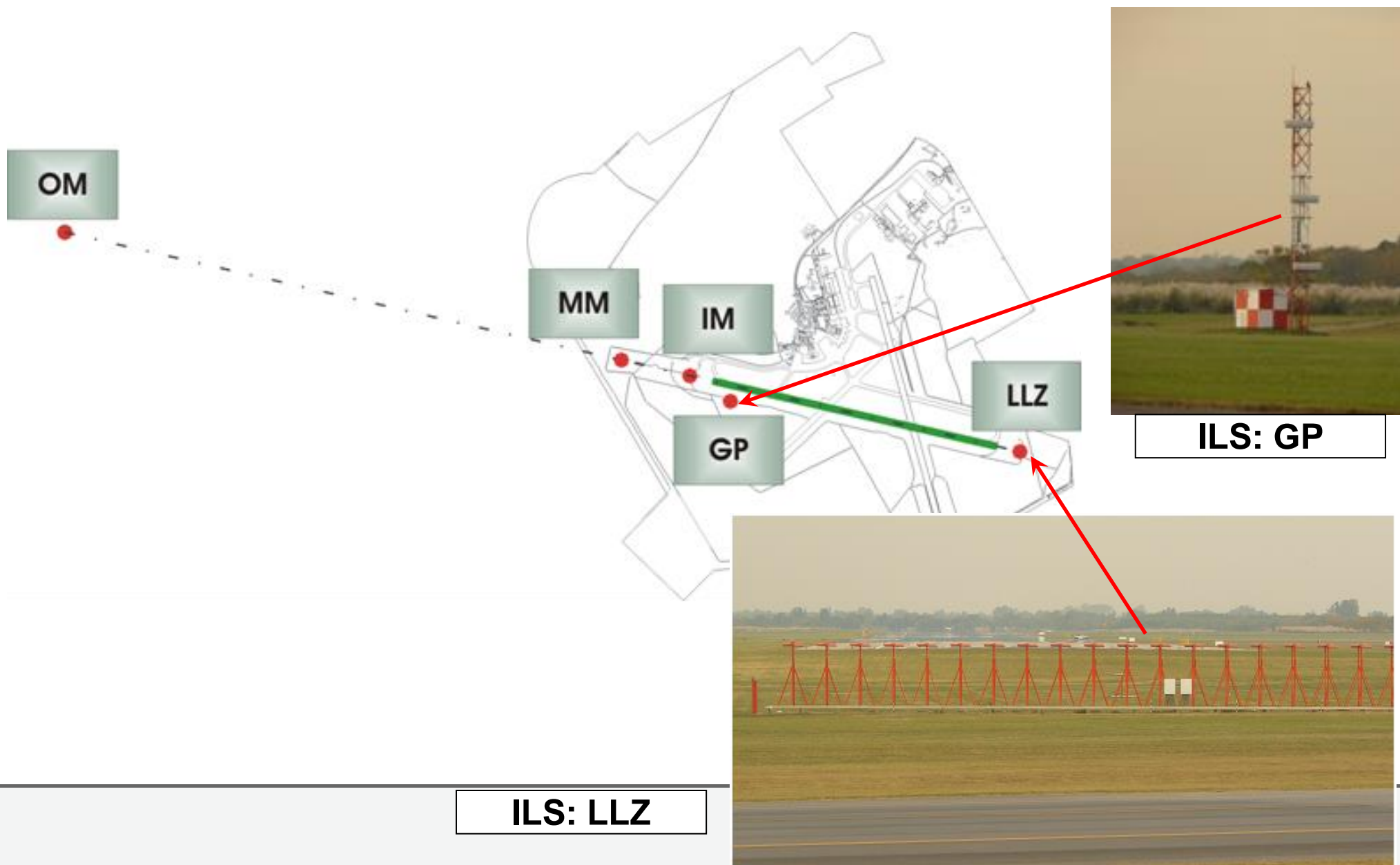


# OACI ANEXO 10 AYUDAS ELECTRONICAS

## SERVIDUMBRES

# Radioayudas a la Navegación

## ILS Servidumbres



OM

MM

IM

GP

LLZ

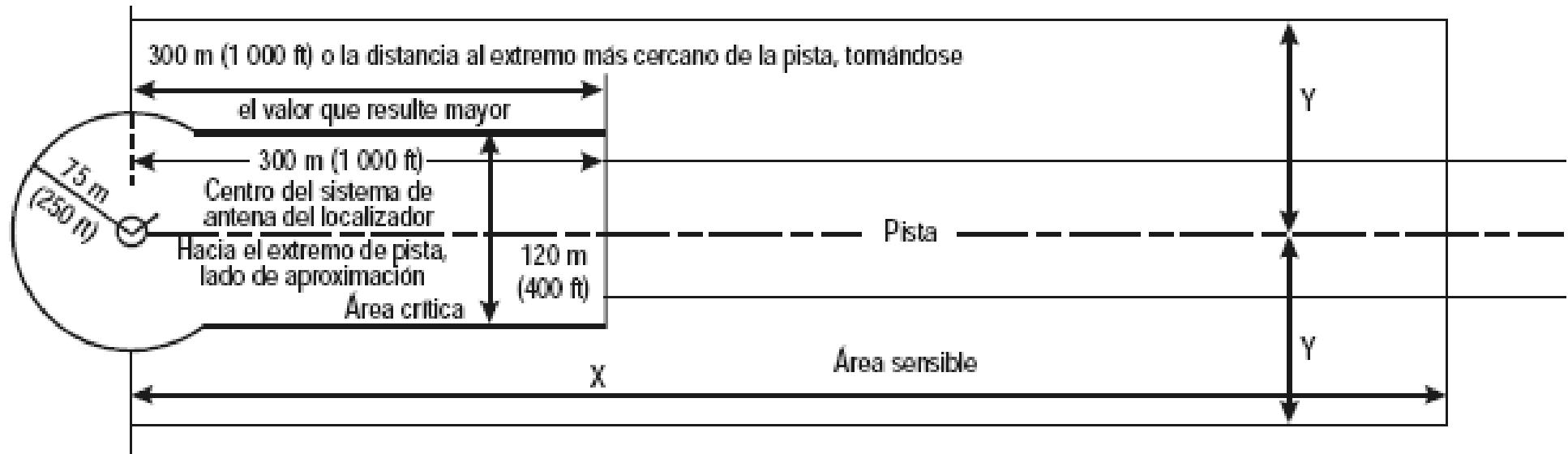
ILS: GP

ILS: LLZ

# Ayudas a la Navegación - Servidumbres LLZ



## Variaciones de las dimensiones ordinarias de las áreas críticas y sensibles del localizador

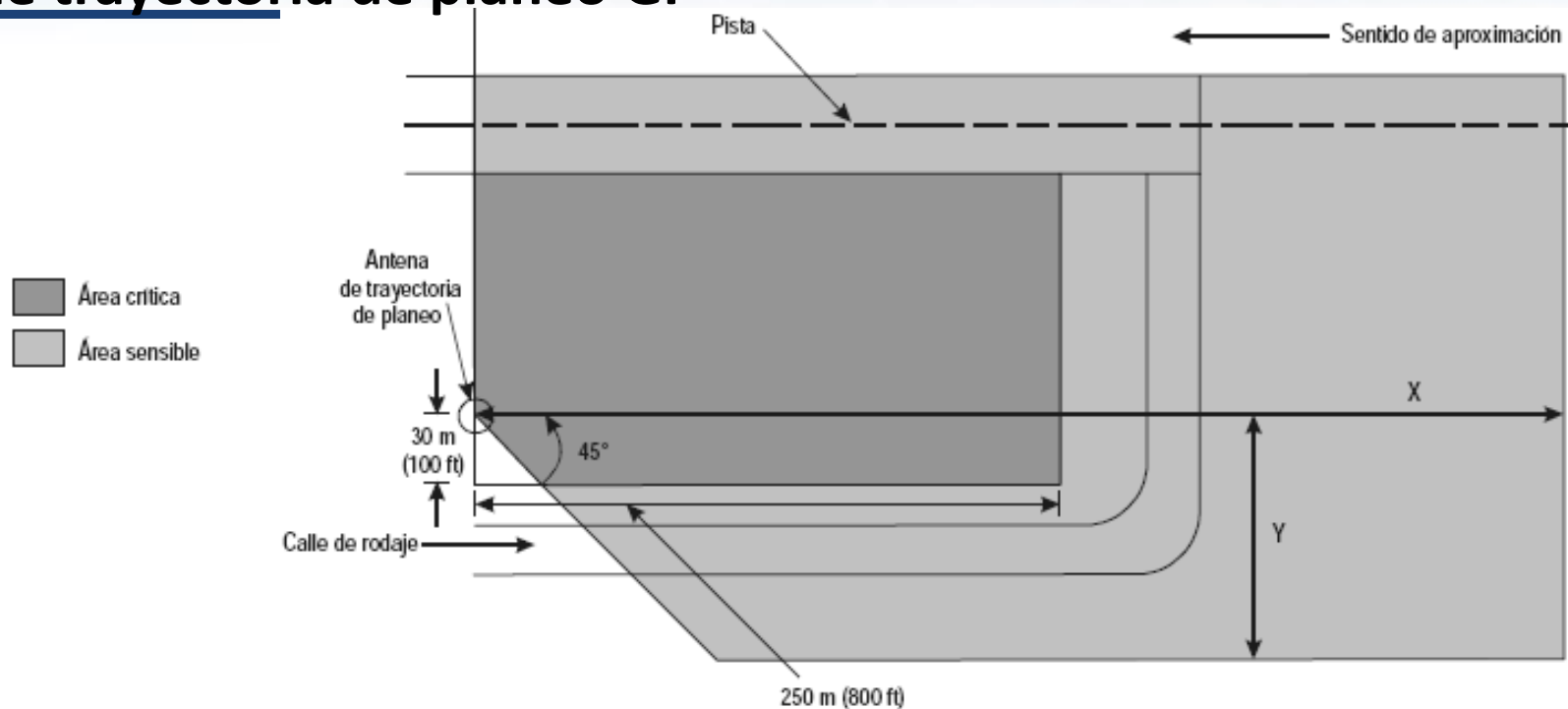


	<i>Ejemplo 1</i>	<i>Ejemplo 2</i>	<i>Ejemplo 3</i>
<i>Tipo de aeronave</i>	B-747	B-747	B-727
<i>Apertura de antena del localizador</i>	De ordinario 27 m (90 ft) (Frecuencia direccional doble, 14 elementos)	De ordinario 16 m (50 ft) (Semidireccional, 8 elementos)	De ordinario 16 m (50 ft) (Semidireccional, 8 elementos)
<i>Área sensible (X, Y)</i>			
<i>Categoría I</i>	X 600 m (2 000 ft) Y 60 m ( 200 ft)	600 m (2 000 ft) 110 m ( 350 ft)	300 m (1 000 ft) 60 m ( 200 ft)
<i>Categoría II</i>	X 1 220 m (4 000 ft) Y 90 m ( 300 ft)	2 750 m (9 000 ft) 210 m ( 700 ft)	300 m (1 000 ft) 60 m ( 200 ft)
<i>Categoría III</i>	X 2 750 m (9 000 ft) Y 90 m ( 300 ft)	2 750 m (9 000 ft) 210 m ( 700 ft)	300 m (1 000 ft) 60 m ( 200 ft)

# Ayudas a la Navegación - Servidumbres GP



## Variaciones de las dimensiones ordinarias de las áreas críticas y sensibles de trayectoria de planeo GP



		<i>Ejemplo 1</i>	<i>Ejemplo 2</i>	<i>Ejemplo 3</i>
<i>Tipo de aeronave</i>		B-747	B-727	Aeronaves de tamaño pequeño y medio*
<i>Categoría I</i>	X	915 m (3 000 ft)	730 m (2 400 ft)	250 m (800 ft)
	Y	60 m ( 200 ft)	30 m ( 100 ft)	30 m (100 ft)
<i>Categoría III</i>	X	975 m (3 200 ft)	825 m (2 700 ft)	250 m (800 ft)
	Y	90 m ( 300 ft)	60 m ( 200 ft)	30 m (100 ft)

\* Se consideran aeronaves de tamaño pequeño y medio las que tienen una longitud inferior a 18 m (60 ft) y una altura inferior a 6 m (20 ft).

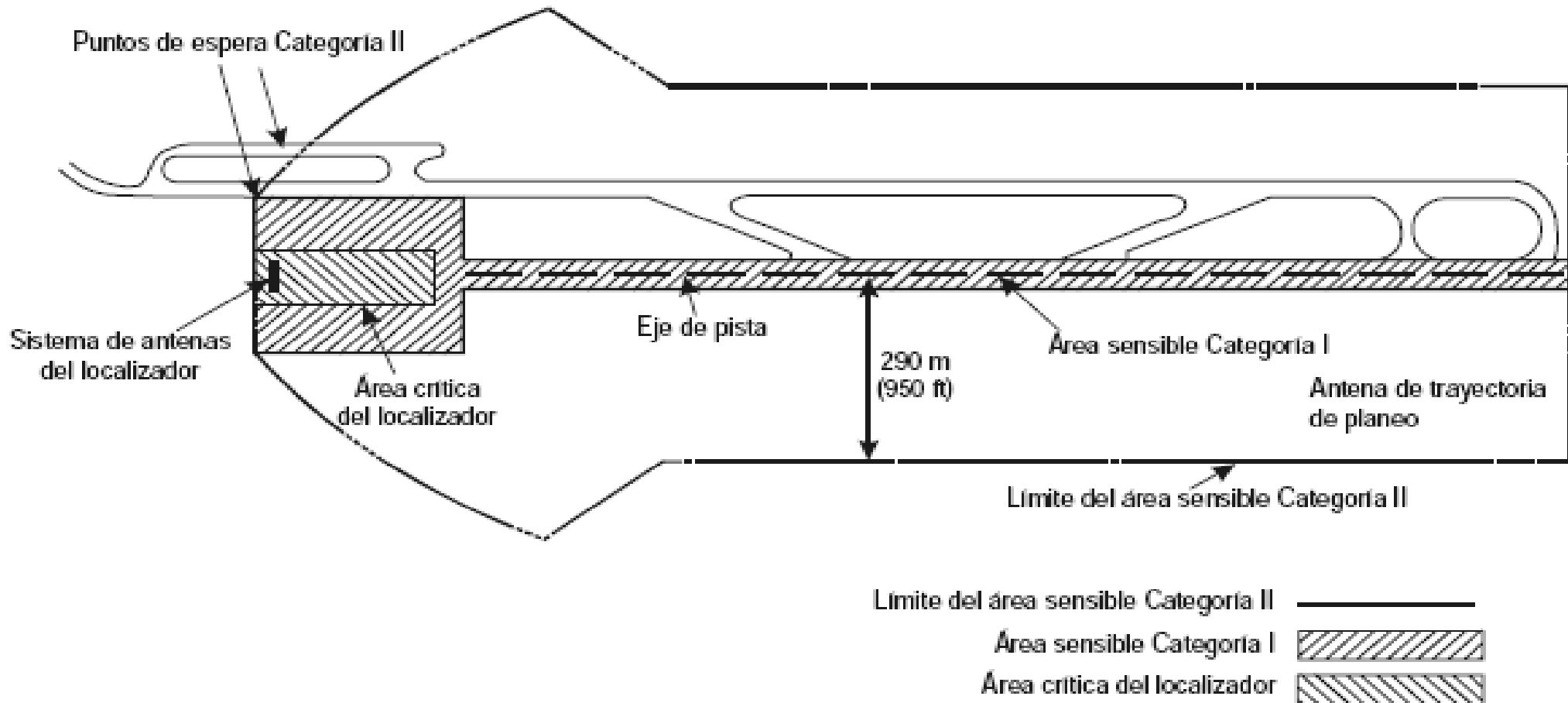
*Nota.— En algunos casos las áreas sensibles pueden extenderse más allá del lado opuesto de la pista.*

# Ayudas a la Navegación - Servidumbres LLZ



## Ejemplo de la aplicación de las áreas críticas y sensibles a emplazamientos específicos con interferencia del B-747

*Área críticas y sensibles del localizador ILS para una antena del localizador de 6 elementos (16 m (52 ft)) dipolo periódico log (semidireccional)*



(No está a escala)

# Ayudas Visuales

## Pista Cat. I, PAPI y Ayudas Visuales diurnas



Fin de Pista

Luces de borde de Pista ámbar

PAPI

Luces de borde de Pista blanco

Luces umbral Instrumental

Señales de Pista

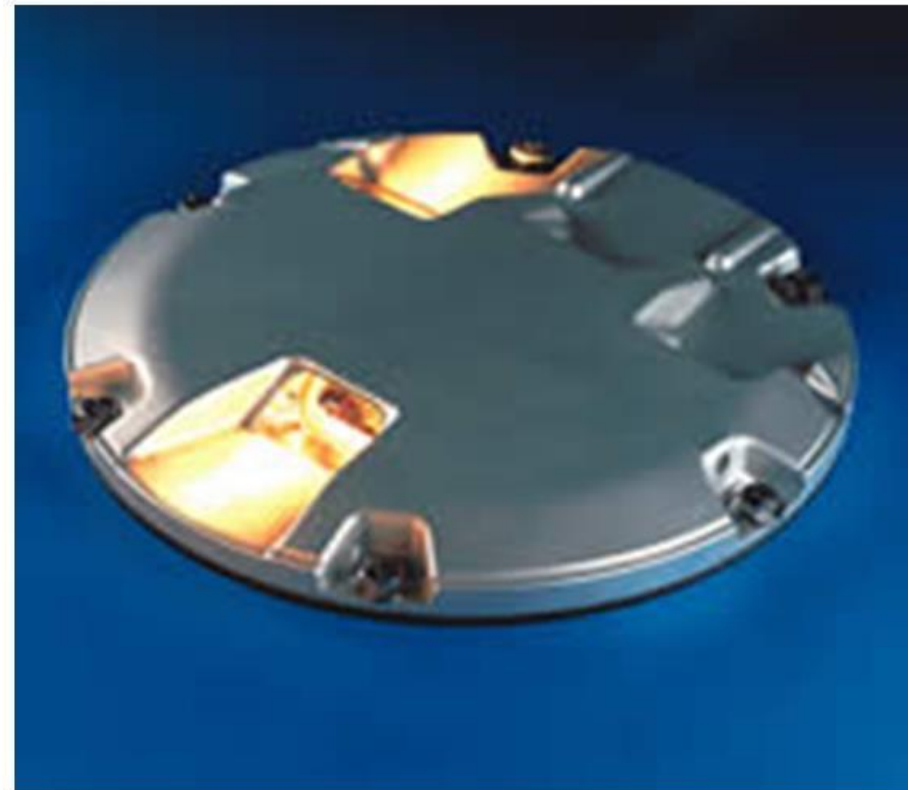
# Ayudas Visuales CAT II/III





Elevada

### Balizas de bordes de pista



Empotrada

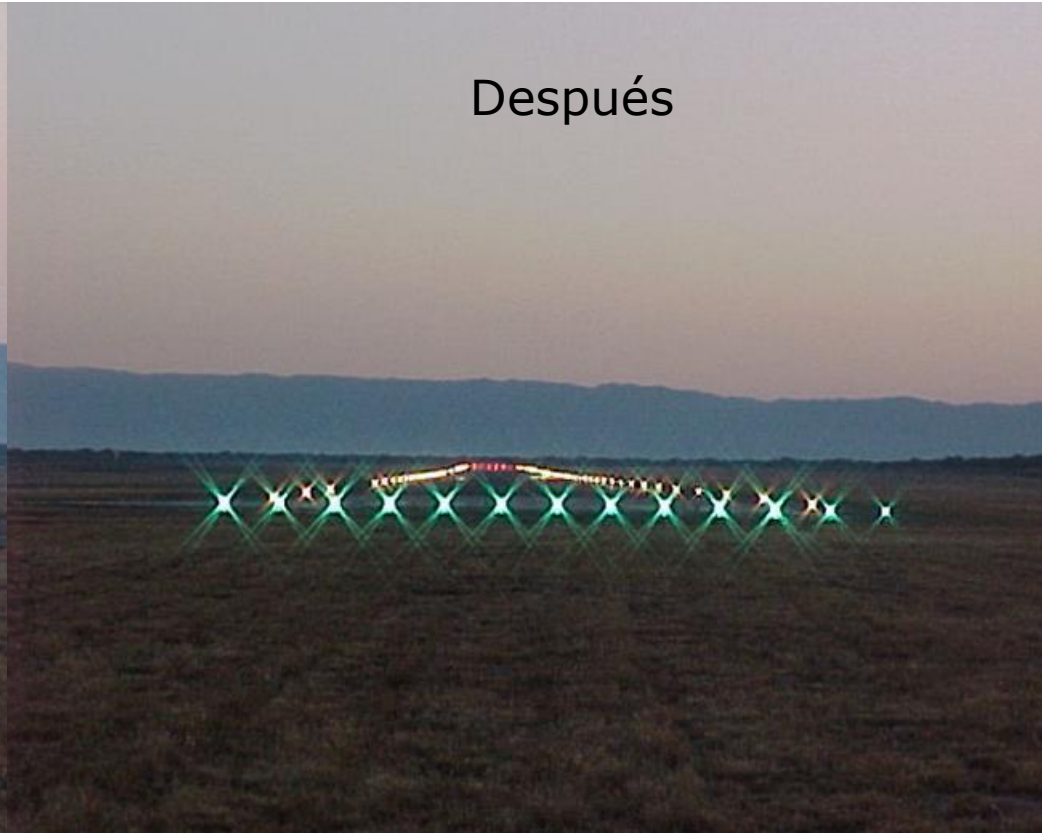
# Ayudas Visuales



- **Balizas de bordes y fin/umbral de pista**

Antes

Después



Sistema de Baja Intensidad

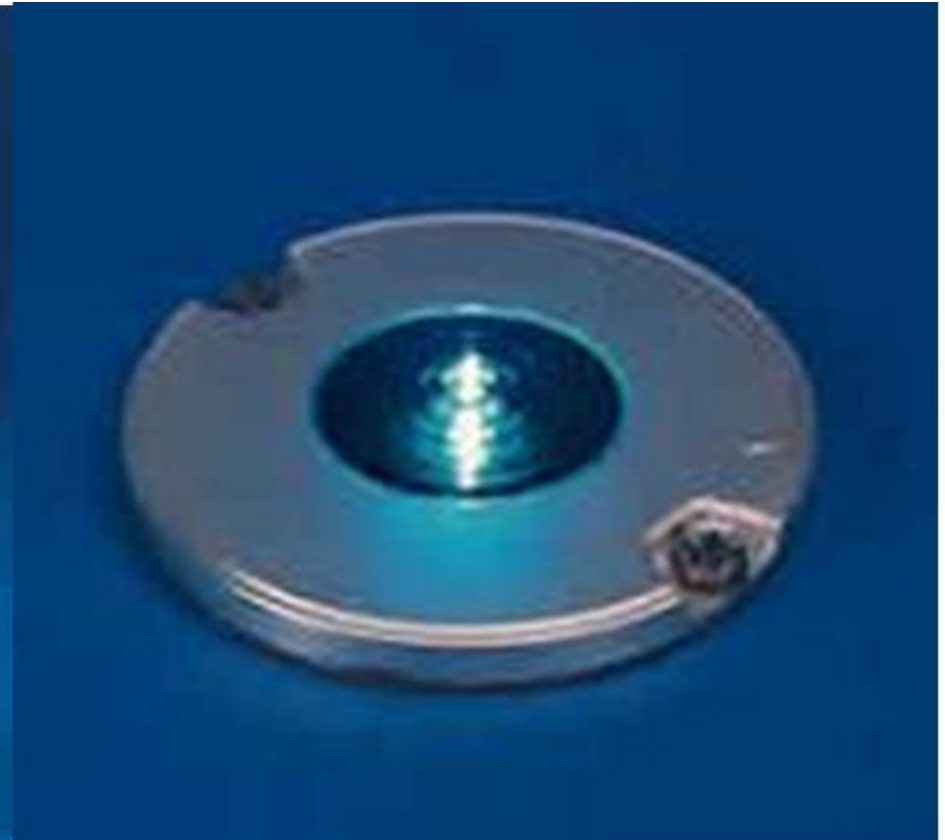
Sistema de Alta Intensidad

# Ayudas Visuales

- Balizas de bordes de rodaje. Con lámparas halógenas



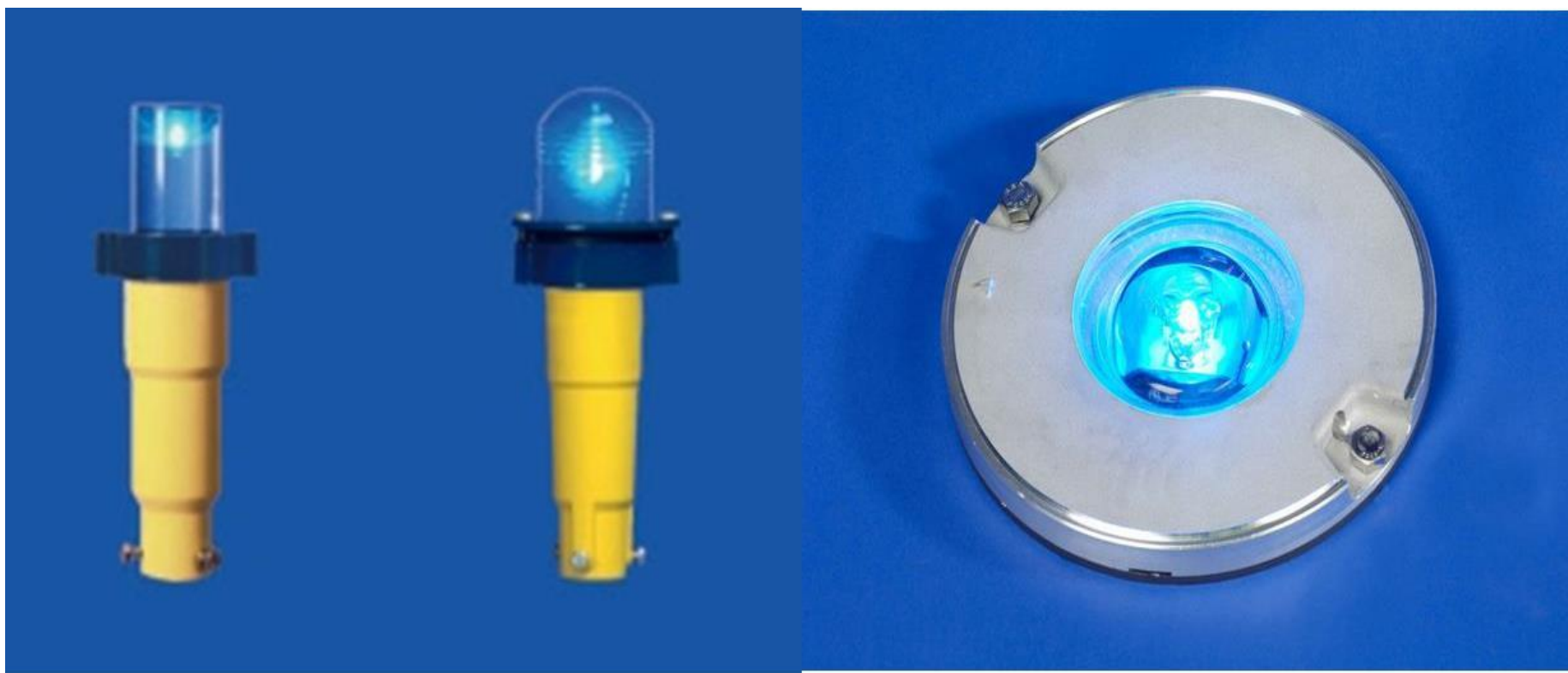
**Elevada**



**Empotrada**

- **AYUDAS VISUALES**

- **Balizas de bordes de rodaje. Tecnología a LED**



**Elevada**

**Empotrada**

# Ayudas Visuales

- Balizas de Umbral de pista



- Elevada



- Empotrada

# Ayudas Visuales Luminosas

## Balizas elevadas unidireccionales de Umbral de pista



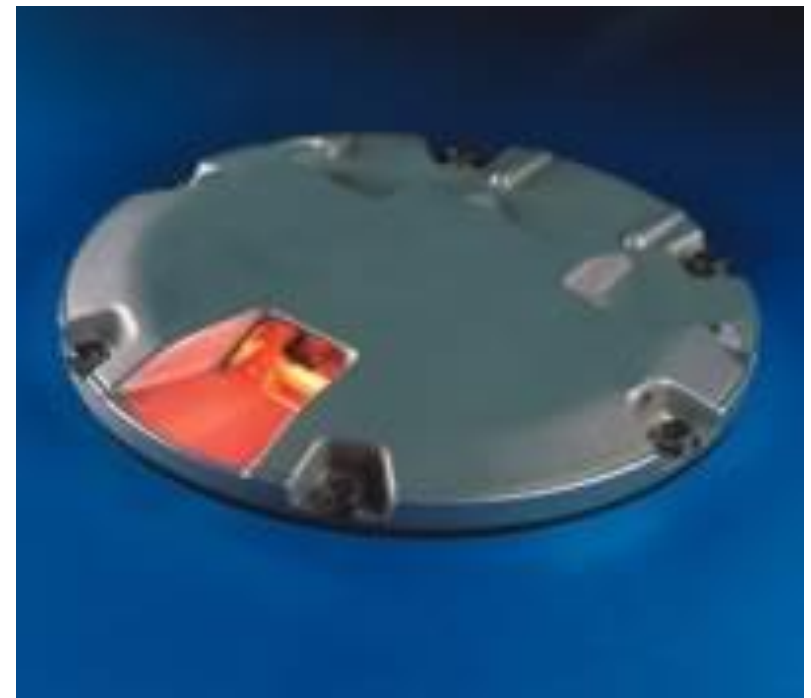
# Ayudas Visuales Luminosas



- **Balizas de Extremo o Fin de pista**



**Elevada**



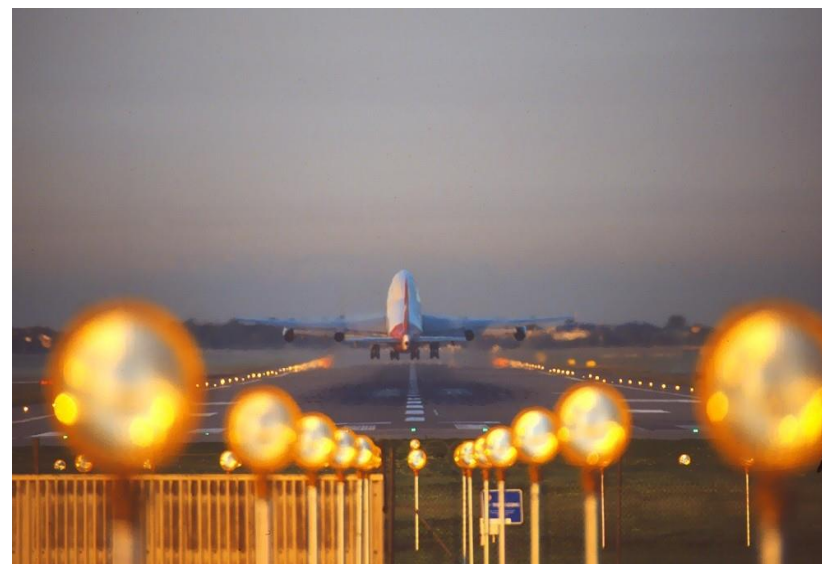
**Empotrada**

# Ayudas Visuales ALS y PAPI

**ALS** (Approach Landing System): Compuesto por una serie de **balizas alineadas con el eje** de la pista que se extienden desde el umbral.

**ALS = 900m**

**SALS = 420m**



**PAPI** (Precision Approach Path Indicator): Sistema de aproximacion visual compuesto de **4 luces rojas y blancas** que le otorga al piloto el **angulo correcto de planeo**.

# Ayudas Visuales

## Sistemas de Aproximación



- **Montaje en Estructura**



- **Montaje sobre tubo**

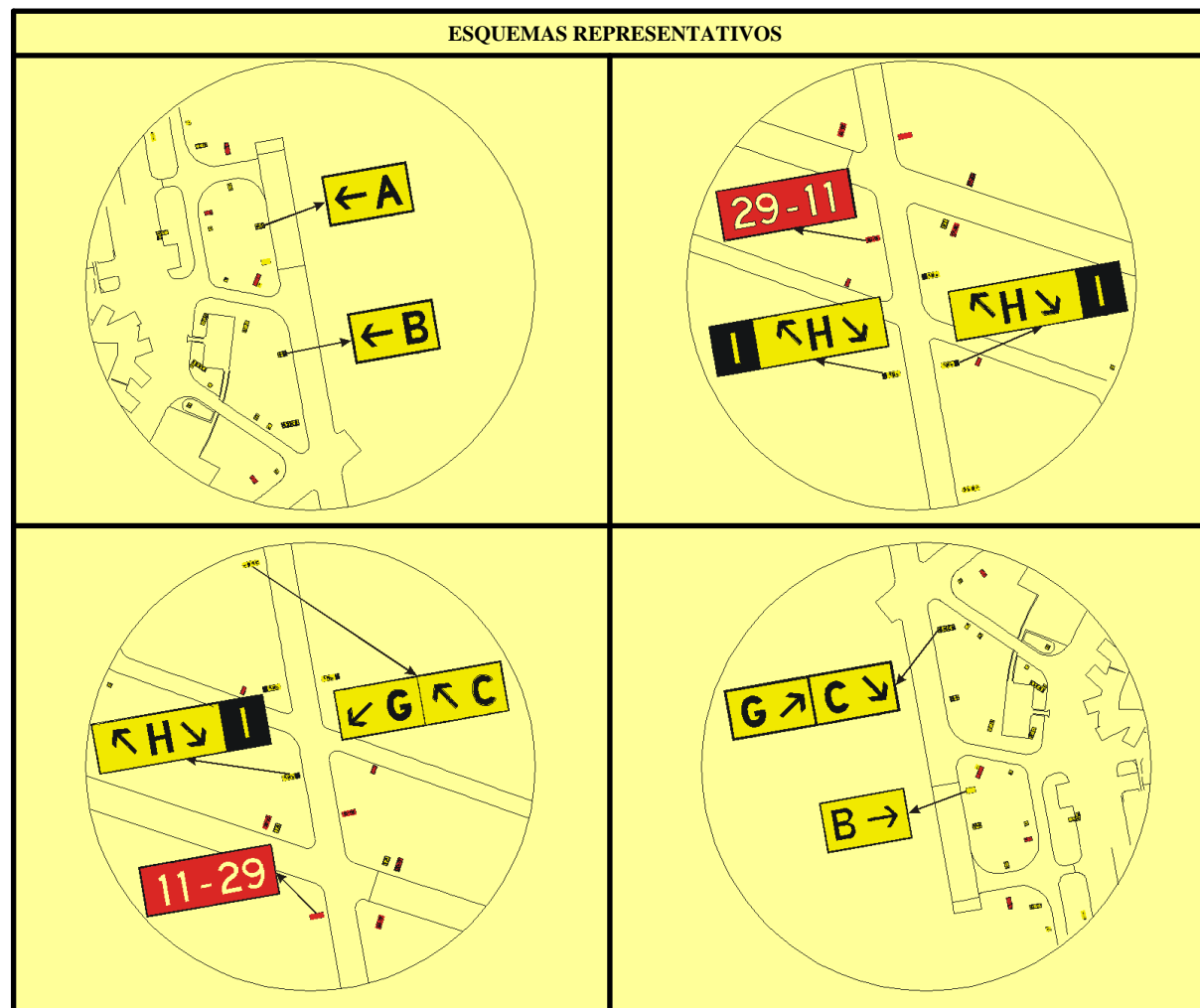
# Ayudas Visuales

# PAPI (Precision Approach Path Indicator)



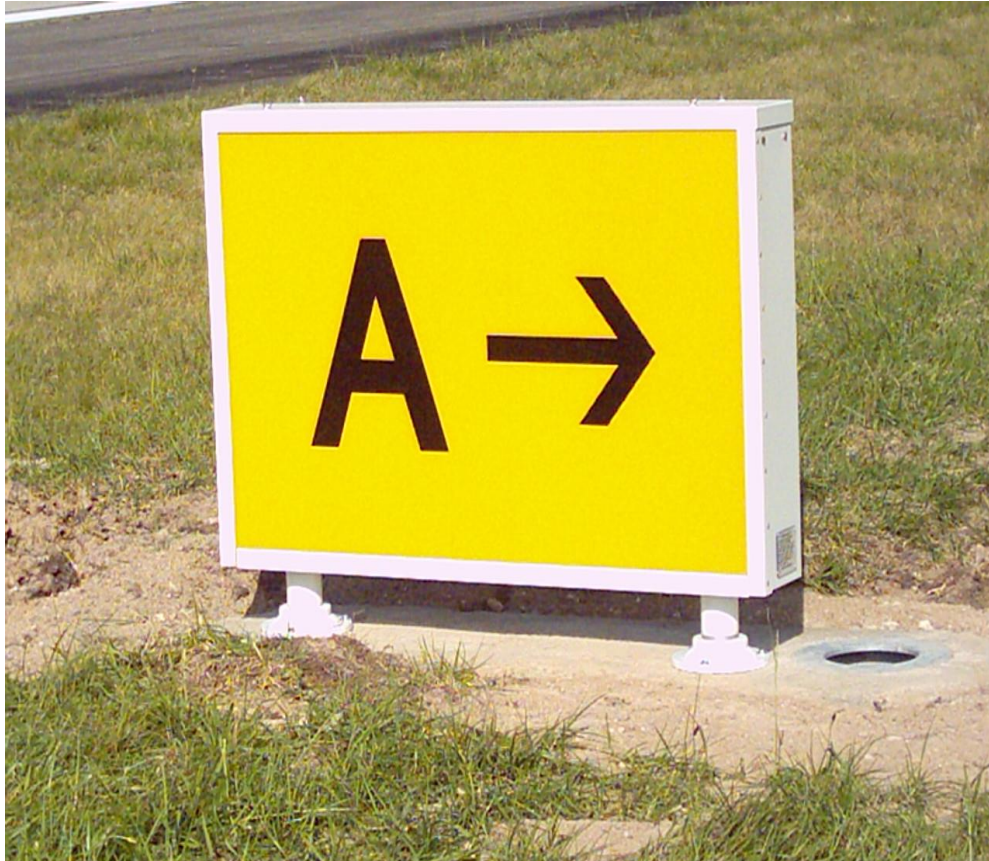
### LETREROS

- INFORMACION
- UBICACION
- OBLIGATORIOS



# Ayudas Visuales

## Señales Verticales, sitúan, informan, obligan



Señal Informativa Dirección



Señal Obligatoria Barra de parada

# Ayudas Visuales

## Balizas de eje de pista y zona de Toque (centerline and TDZ)



**Eje de pista**



**Zona de toque**

# Ayudas Visuales Aterrizaje ALS

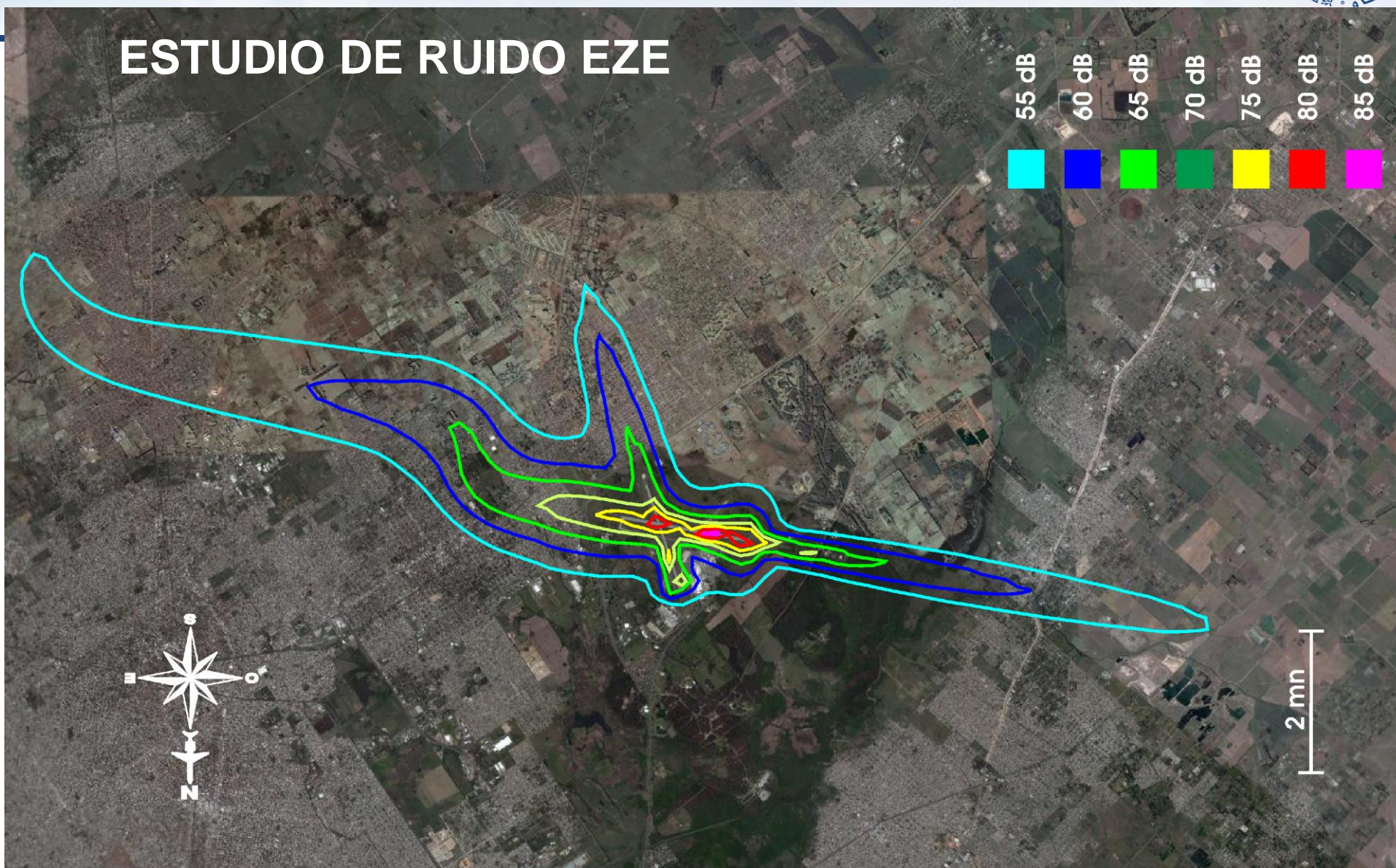


# ESTUDIO DE RUIDO



W/m <sup>2</sup>		db
10	Motor a reacción	130
1	Nivel de dolor	120
10 <sup>-1</sup>	Banco de prube de motores	110
10 <sup>-5</sup>	Tráfico gran ciudad	70
10 <sup>-6</sup>	Conversación ordinaria	60
10 <sup>-9</sup>	Oficina privada	30
10 <sup>-11</sup>	Murmullo de hojas	10
10 <sup>-12</sup>	Umbral de audición de un joven 1000 hz	0

# ESTUDIO DE RUIDO EZE



# Superficies Limitadoras de Obstáculos



## SUPERFICIES LIMITADORAS DE OBSTACULOS

- FINALIDAD
- TIPOS (ESQUEMA GENERAL)
- TABLA EN FUNCION DE LETRA CLAVE Y CATEGORIA OPERATIVA

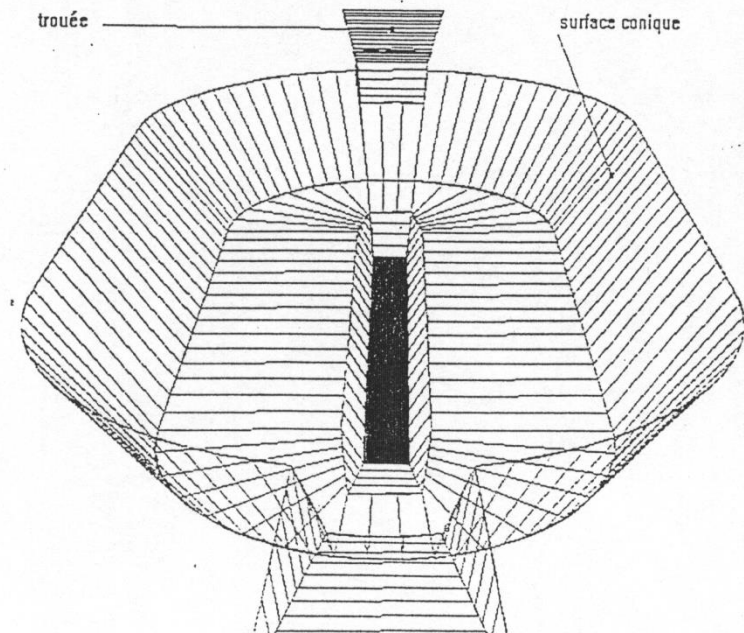
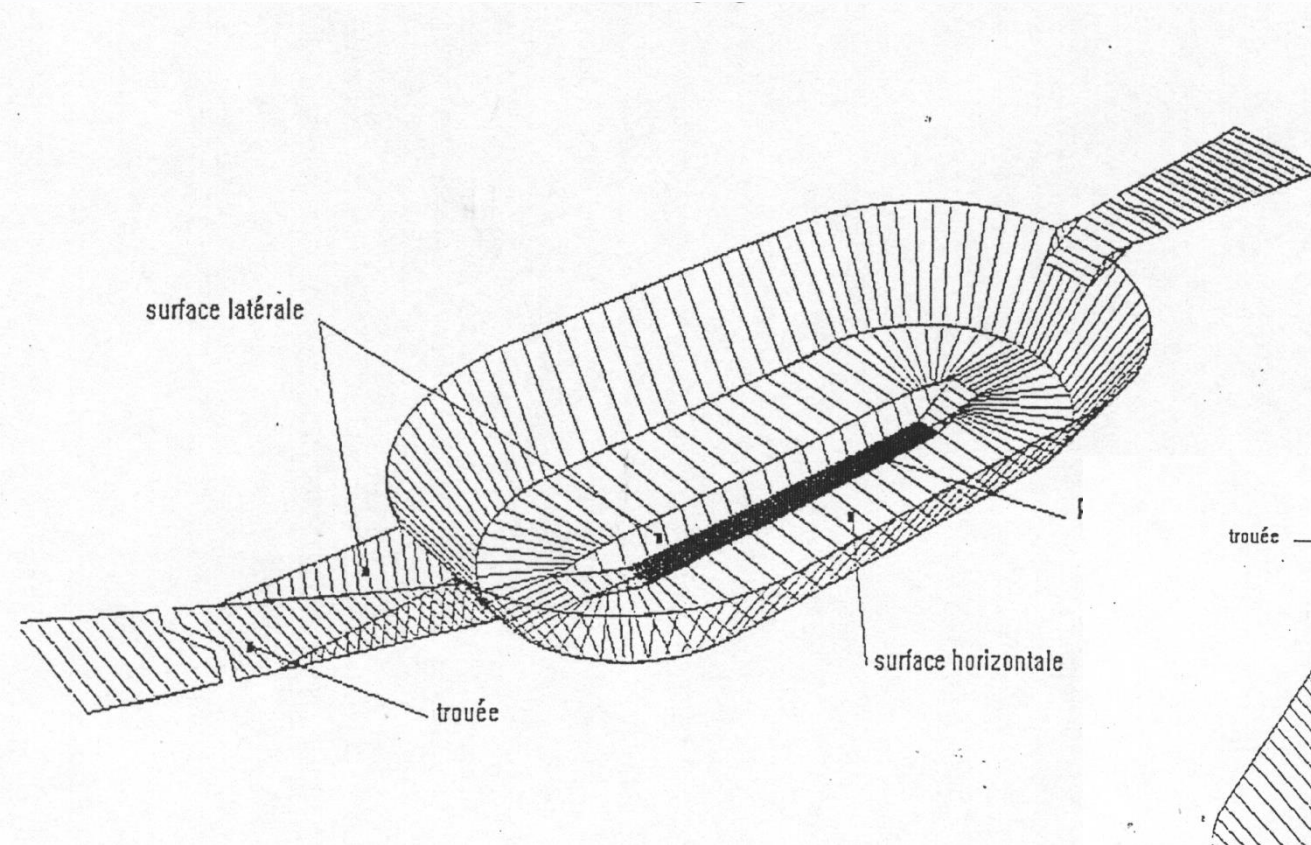
Tabla 4-1. Dimensiones y pendientes de las superficies limitadoras de obstáculos

PISTAS DE ATERRIZAJE



Superficies y dimensiones <sup>a</sup>	CLASIFICACIÓN DE LAS PISTAS									
	Aproximación visual				Aproximación que no sea de precisión			Aproximación de precisión		
	Número de clave				Número de clave			Categoría I		Categoría II o III
(1)	1 (2)	2 (3)	3 (4)	4 (5)	1,2 (6)	3 (7)	4 (8)	1,2 (9)	3,4 (10)	3,4 (11)
<b>CÓNICA</b>										
Pendiente	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
Altura	35 m	55 m	75 m	100 m	60 m	75 m	100 m	60 m	100 m	100 m
<b>HORIZONTAL INTERNA</b>										
Altura	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m
Radio	2 000 m	2 500 m	4 000 m	4 000 m	3 500 m	4 000 m	4 000 m	3 500 m	4 000 m	4 000 m
<b>APROXIMACIÓN INTERNA</b>										
Anchura	—	—	—	—	—	—	—	90 m	120 m <sup>c</sup>	120 m <sup>c</sup>
Distancia desde el umbral	—	—	—	—	—	—	—	60 m	60 m	60 m
Longitud	—	—	—	—	—	—	—	900 m	900 m	900 m
Pendiente	—	—	—	—	—	—	—	2,5%	2%	2%
<b>APROXIMACIÓN</b>										
Longitud del borde interior	60 m	80 m	150 m	150 m	150 m	300 m	300 m	150 m	300 m	300 m
Distancia desde el umbral	30 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m
Divergencia (a cada lado)	10%	10%	10%	10%	15%	15%	15%	15%	15%	15%
<b>Primera sección</b>										
Longitud	1 600 m	2 500 m	3 000 m	3 000 m	2 500 m	3 000 m	3 000 m	3 000 m	3 000 m	3 000 m
Pendiente	5%	4%	3,33%	2,5%	3,33%	2%	2%	2,5%	2%	2%
<b>Segunda sección</b>										
Longitud	—	—	—	—	—	3 600 m <sup>b</sup>	3 600 m <sup>b</sup>	12 000 m	3 600 m <sup>b</sup>	3 600 m <sup>b</sup>
Pendiente	—	—	—	—	—	2,5%	2,5%	3%	2,5%	2,5%
<b>Sección horizontal</b>										
Longitud	—	—	—	—	—	8 400 m <sup>b</sup>	8 400 m <sup>b</sup>	—	8 400 m <sup>b</sup>	8 400 m <sup>b</sup>
Longitud total	—	—	—	—	—	15 000 m	15 000 m	15 000 m	15 000 m	15 000 m
<b>DE TRANSICIÓN</b>										
Pendiente	20%	20%	14,3%	14,3%	20%	14,3%	14,3%	14,3%	14,3%	14,3%
<b>DE TRANSICIÓN INTERNA</b>										
Pendiente	—	—	—	—	—	—	—	40%	33,3%	33,3%
<b>SUPERFICIE DE ATERRIZAJE INTERRUPTIDO</b>										
Longitud del borde interior	—	—	—	—	—	—	—	90 m	120 m <sup>c</sup>	120 m <sup>c</sup>
Distancia desde el umbral	—	—	—	—	—	—	—	—	1 800 m <sup>d</sup>	800 m <sup>d</sup>
Divergencia (a cada lado)	—	—	—	—	—	—	—	10%	10%	10%
Pendiente	—	—	—	—	—	—	—	4%	3,33%	3,33%

# Superficies Limitadoras Esquema General





North American  
Central American  
and Caribbean  
(NACC) Office  
Mexico City

South American  
(SAM) Office  
Lima

**ICAO  
Headquarters  
Montreal**

Western and  
Central African  
(WACAF) Office  
Dakar

European and  
North Atlantic  
(EUR/NAT) Office  
Paris

Middle East  
(MID) Office  
Cairo

Eastern and  
Southern African  
(ESAF) Office  
Nairobi

Asia and Pacific  
(APAC) Office  
Bangkok

**Gracias**

[www.lima.icao.int](http://www.lima.icao.int)

[icaosam@icao.int](mailto:icaosam@icao.int)