



SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

SERVICIOS A LA NAVEGACION EN EL ESPACIO AEREO MEXICANO
DIRECCION GENERAL ADJUNTA DE TRANSITO AEREO
DIRECCION DE METEOROLOGIA Y TELECOMUNICACIONES AERONAUTICAS

Información Meteorológica en la Cartografía Aeronáutica – Mínimos Meteorológicos

Seminario CAR-SAM de Cartas Aeronáuticas Electrónicas de la Navegación basada en la Performance (PBN), Procedimientos Terminales y Cartografía de Aeródromos

Enrique Camarillo Cruz

- **El aumento constante de las operaciones aéreas :**
- **Demanda la optimización del espacio aéreo y los aeródromos; las operaciones de aproximación PBN contribuyen a este fin**
- **Incrementará el número de operaciones aéreas con techos bajos y visibilidad reducida; de tal manera que las tablas de mínimos también se incluirán en las cartas de aproximación PBN**



ICAO UNITING AVIATION

NO COUNTRY LEFT BEHIND



New Approach Classification						
Domain	Document	Aspect				
Approach Operations	Annex 6	Classification	Type A ($\geq 250'$)		Type B	
					CAT I ($\geq 200'$)	CAT II ($\geq 100'$)
		Method	2D	3D		
Minima	MDA/H	DA/H*				
Approach Runways	Annex 14	M(DA/H) \geq VMC	Non Instrument RWY			
		M(DA/H) $\geq 250'$ Visibility $\geq 1000m$	Non Precision Approach RWY			
		DA/H $\geq 200'$ Visibility $\geq 800m$ or RVR $\geq 550m$	Precision Approach RWY, Category I			
		DA/H $\geq 100'$ RVR $\geq 300m$	Precision Approach RWY, Category II			
		DA/H $\geq 0'$ RVR $\geq 0m$	Precision Approach RWY, Category III (A, B & C)			
System Performance Procedures	Annex 10 PANS-OPS Vol. II	NPA	NDB, Lctr, LOC, VOR, Azimuth, GNSS			
		APV		GNSS/Baro/SBAS		
		PA			ILS, MLS, SBAS, GBAS	


* For guidance on applying a continuous descent final approach (CDFA) flight technique on a non-precision approach procedures refer to PANS-OPS (Doc. 8168) Vol. I Section 1.7

- **Techo.** Altura sobre el suelo o sobre el agua de la base de la capa más baja de nubes por debajo de 6000 m (20 000 ft) que cubre más de la mitad del cielo
- **Visibilidad.** Para fines aeronáuticos es la mayor de:
 - a) la distancia más grande a la cual un objeto obscuro de tamaño conveniente , situado cerca del suelo, puede ser visto e identificado contra un fondo brillante
 - b) la distancia más grande a la cual una luz de aproximadamente 1000 candelas puede ser vista e identificada contra un fondo obscuro
- **Nota.** La distancia en a) representa el alcance óptico meteorológico
- Fuentes: OACI, Anexo 3 y Doc. 4444

REGLAS DE VUELO	TECHO (ft) CEILING (CIG)	VISIBILIDAD (SM)
LOWER INSTRUMENT FLIGHT RULES (LIFR)	CIG < 500	VIS < 1 SM
INSTRUMENT FLIGHT RULES (IFR)	500 ≤ CIG < 1000	1 ≤ VIS < 3 SM
MARGIVAL VISUAL FLIGHT RULES (MVFR)	1000 ≤ CIG ≤ 3000	3 ≤ VIS < 5 SM
VISUAL FLIGHT RULES (VFR)	CIG > 3000	VIS > 5 SM



RVR: ALCANCE VISUAL DE LA PISTA .- es la distancia hasta la cual el piloto de una aeronave que se encuentra sobre el eje de la pista puede ver las señales de la superficie de la pista o las luces que la delimitan o señalan su eje.



En condiciones de visibilidad reducida, por debajo de 1500 m, las luces de borde o del eje de la pista, ajustadas en alta intensidad (settings 4 ó 5) permiten incrementar el alcance visual en la pista hasta un valor varias veces (típicamente en 2 y 3) superior al del alcance óptico meteorológico.


4.6.3.1 Se evaluará el alcance visual en la pista en todas las pistas destinadas a operaciones de aproximación y aterrizaje por instrumentos de las Categorías II y III.

4.6.3.2 Recomendación.— Debería evaluarse el alcance visual en la pista en todas las pistas que se prevea utilizar durante períodos de visibilidad reducida, incluyendo:

- a) las pistas para aproximaciones de precisión destinadas a operaciones de aproximación y aterrizaje por instrumentos de Categoría I; y**
- b) las pistas utilizadas para despegue y dotadas de luces de borde o de eje de pista de alta intensidad**

Fuente: OACI. Anexo 3 “Servicio Meteorológico para la Navegación Aérea Internacional”



A large commercial airplane is shown from a low angle, flying towards the viewer. The background features a town and a range of snow-capped mountains under a clear sky. The text is overlaid on the image in a yellow font.

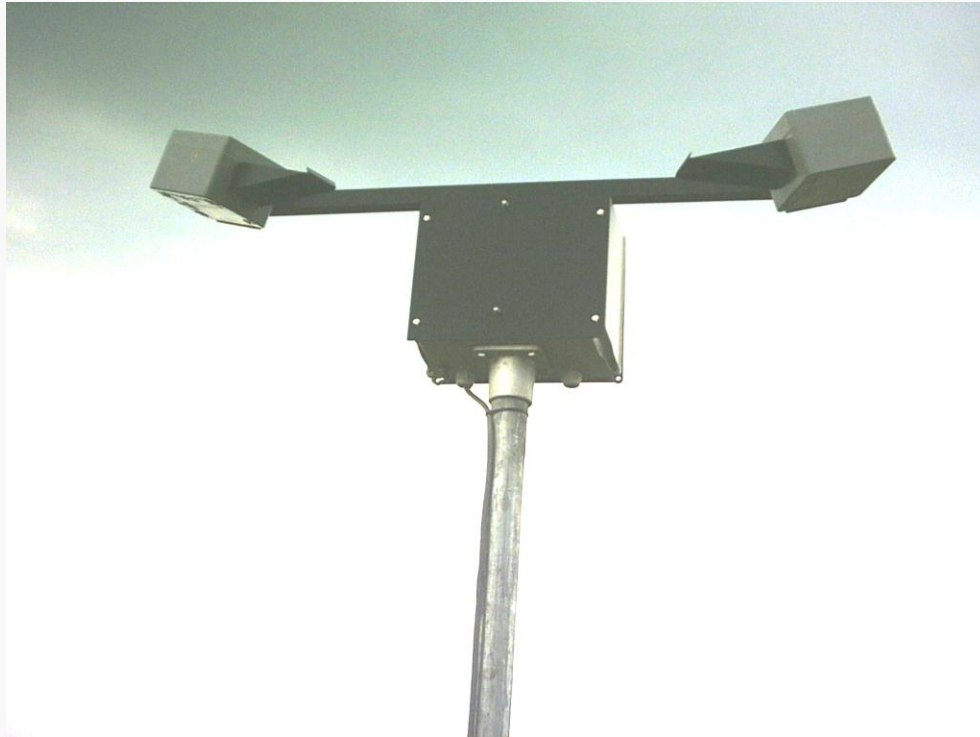
Por limitaciones practicas, el alcance visual en la pista RVR normalmente no puede determinarse en la misma pista.

El valor del RVR se determina instrumentalmente empleando sensores localizados a un lado de las pistas y para su calculo se consideran 3 parámetros, la visibilidad (Alcance Optico Meteorológico), el nivel de iluminación (luminancia de fondo) y la intensidad de las luces del eje y/o borde de las pistas.

- **El alcance visual en la pista se evalúa empleando datos de el alcance óptico meteorológico (MOR), la intensidad de las luces de la pista (I) y de la luminancia de fondo (B)**
- **Sí I y B permanecen constantes, el alcance visual en la pista (RVR) aumenta si el alcance óptico meteorológico (MOR) aumenta**
- **Sí el MOR e la I permanecen constantes, el alcance visual en la pista (RVR) aumenta sí la luminancia de fondo disminuye; es decir que el piloto podrá ver mejor las luces de pista en la obscuridad**
- **Si el MOR y la B permanecen constantes; el alcance visual en la pista (RVR) aumenta sí aumenta la intensidad de las luces de la pista (I)**

Intensidad de las luces de pista *de las luces de pista*

	LUCES DE BORDE DE PISTA	LUCES DE EJE DE PISTA
Posición / Setting 5	10 000 candelas	5 000 candelas
Posición / Setting 4	Aprox. 2500 candelas	Aprox. 1250 candelas
En condiciones de visibilidad reducida, $VIS < 1 SM$, las luces de pista se utilizarán en la posición 5 durante el día y en posición 4 durante la noche		



- Medidor de dispersión frontal

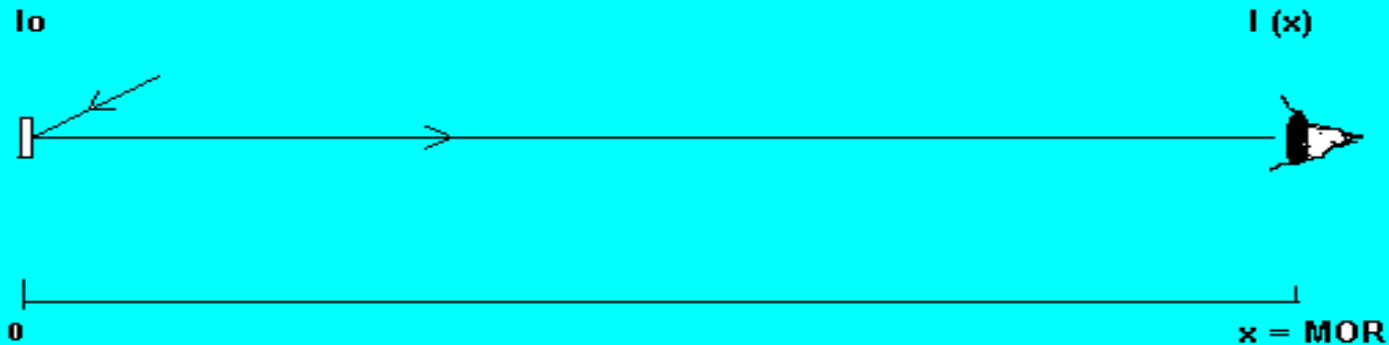


Los visibilímetros tipo medidor de dispersión frontal o tipo transmisómetro miden el coeficiente de extinción de la atmósfera (k). Este coeficiente es alto si hay niebla densa o muchas partículas sólidas en la atmósfera. El coeficiente de extinción permite calcular el alcance óptico meteorológico (MOR) empleando la Ley de Koschmieder

LEY DE KOSCHMIEDER Y EL ALCANCE OPTICO METEOROLOGICO (MOR)

$$I(x) = I_0 e^{-K x}$$

$$\text{MOR} = 3 / K$$



I_0 .- Energía luminosa reflejada por el objeto (en $x = 0$) en dirección hacia el observador

Alcance Optico Meteorológico (MOR). Distancia hasta la cual llegará el 5% de la energía luminosa reflejada por el objeto en $x = 0$. Es decir, donde $I(x) = 0.05 I_0$.

K .- Coeficiente de extinción

Relación entre el alcance óptico meteorológico (MOR) y el coeficiente de extinción
Fuente: OACI, Doc. 9328 "Manual de métodos para la observación y la información del alcance visual en la pista"



Sensor de luminancia de fondo

Valores

Valores típicos de la luminancia de fondo (B) candelas / metro cuadrado *de las luces de pi*

Obscuridad de la noche	< 5 cd/m**2
Crepúsculo / Penumbra 30 a 15 minutos antes de la salida del sol 15 a 30 minutos después de la puesta del sol	10 – 100 cd / m**2
Crepúsculo / Penumbra 15 a 0 minutos antes de la salida del sol 0 a 15 minutos después de la puesta del sol	100 -700 cd / m**2
Puesta o salida del sol (cielo despejado)	750 – 950 cd / m**2
Entre las 8 y las 12 hrs	1000 – 10 000 cd / m**2
Mediodía 12 a 14 hrs en día muy brillante	15 000 cd / m**2



XA-172

Interjet

Interjet



7 14:29

Para operaciones de aproximación y aterrizaje:
ILS Categoría I se requiere evaluar el RVR en la
TDZ

ILS Categoría II se requieren evaluar el RVR en
la TDZ y en MID

ILS Categoría III se requiere evaluar el RVR en la
TDZ, MID y END

7 14:29

Altura de decisión (DH)

Altura especificada en la aproximación de precisión con respecto a la elevación del umbral ,a la cual debe iniciarse una maniobra de aproximación fallida si no se ha establecido la referencia visual requerida para continuar la aproximación y el aterrizaje.

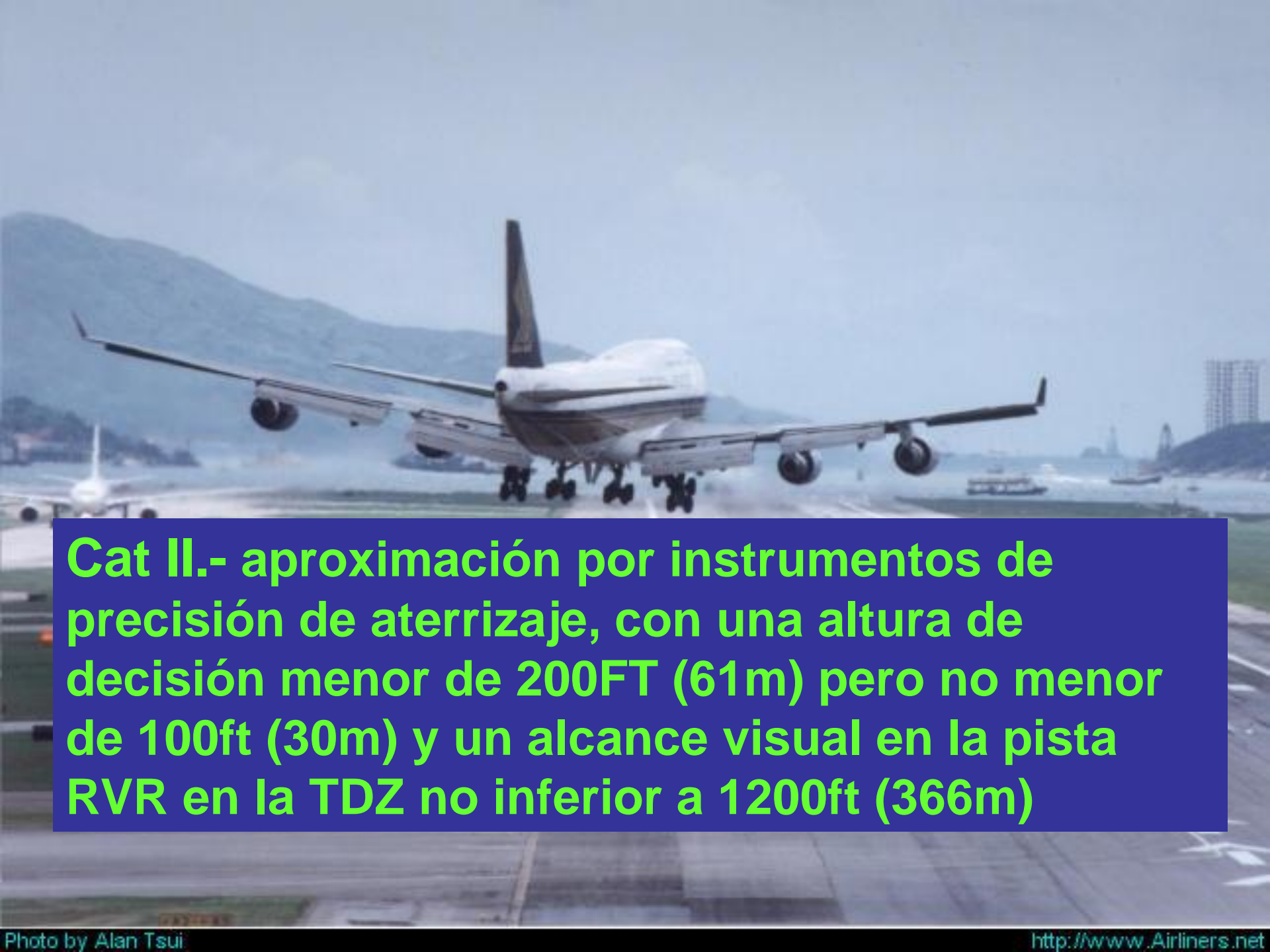
Zona de toque de Pista (TDZ)

Parte de la pista situada a 310 m después del umbral, destinada para que las aeronaves que aterrizan hagan el primer contacto con la misma.

Categorías de las operaciones de aproximación y aterrizaje por instrumentos



Operación de aproximación y aterrizaje por instrumentos ILS Cat I .- aproximación por instrumentos de precisión y aterrizaje con una altura de decisión (DH) no inferior a 200FT (61m) y con una visibilidad no inferior a 1/2SM (800m) o un alcance visual de pista RVR en la TDZ no inferior a 1800FT (549m)




Cat II.- aproximación por instrumentos de precisión de aterrizaje, con una altura de decisión menor de 200FT (61m) pero no menor de 100ft (30m) y un alcance visual en la pista RVR en la TDZ no inferior a 1200ft (366m)

Cat IIIA.- Aproximación por instrumentos de precisión y aterrizaje sin altura de decisión o con una altura de decisión menor de 100FT (30m) y con un alcance visual de pista RVR en la TDZ no inferior a 700FT (213m).



Cat IIIB.- Aproximación por instrumentos de precisión y aterrizaje sin altura de decisión o con una altura de decisión menor de 50FT (15m) y con un alcance visual de pista RVR **calificador** menor de 600FT (180m) pero no inferior a 150FT (45m).



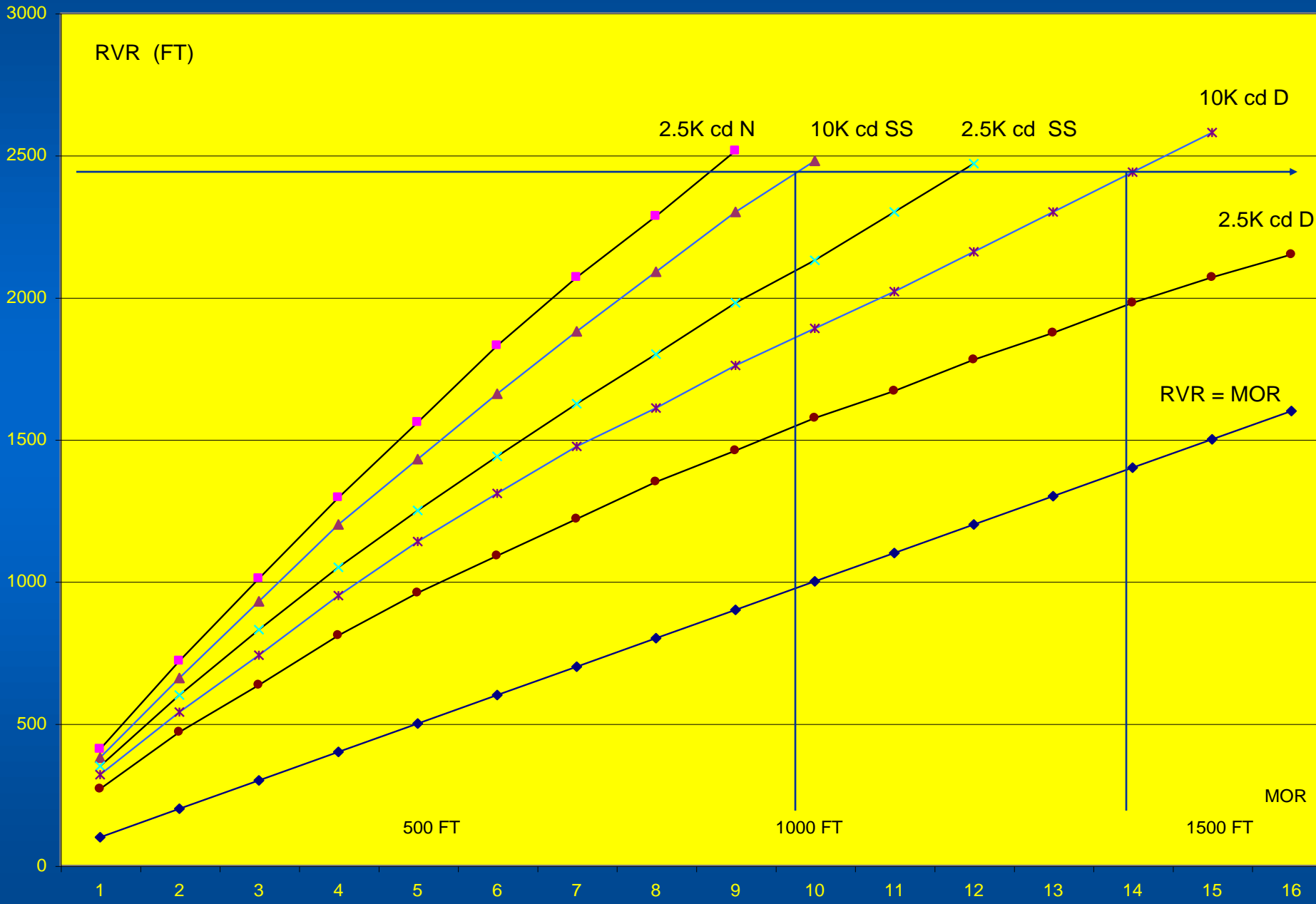
Cat IIIC.- Aproximación por instrumentos de precisión y aterrizaje sin altura de decisión y con un alcance visual de pista RVR **calificador** inferior a 150FT (45m).

El alcance visual de pista **calificador** es el RVR más bajo notificado en cualquier parte de la pista que se utilice durante el aterrizaje y la carrera de aterrizaje.

El objetivo principal del RVR, es proporcionar información sobre las condiciones de visibilidad en la pista durante los periodos de escasa visibilidad. En particular el RVR se necesita para evaluar si las condiciones están por encima o por debajo de las mínimas operacionales especificadas para el despegue o el aterrizaje.



RVR VS MOR



Resumen: En condiciones de visibilidad reducida por niebla o lluvia, las luces de borde y/o del eje de la pista permiten incrementar el alcance visual en la pista



HORA	TDZ	MID	TDZ
UTC	R/15		R/33

1245Z 85FT 90FT 80FT

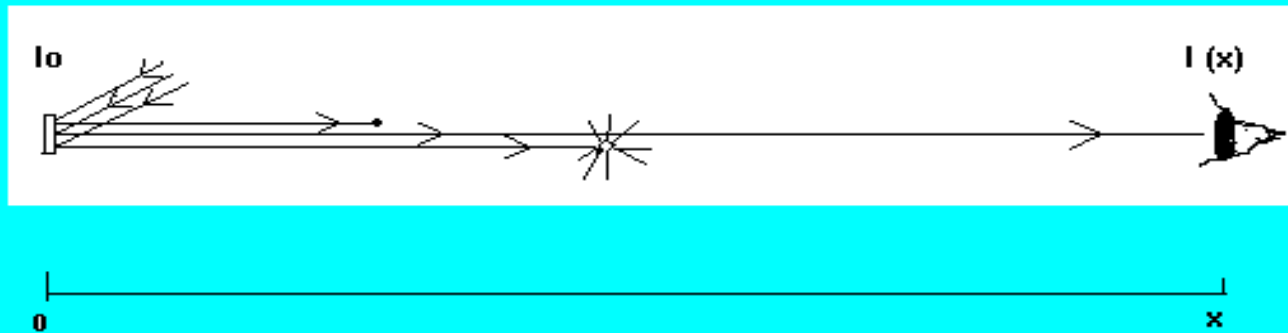
METAR MMT0 151245Z 00000KT
0SM R15/M100FTN FG VV001
02/02 A3029 RMK 8/5//=-



GRACIAS

LEY DE KOSCHMIEDER

$$I(x) = I_0 e^{-Kx}$$



I₀ .- Energía luminosa reflejada por el objeto (en $x = 0$) en dirección hacia el observador

I(x) .- Energía luminosa que llega al Observador (en x)

K.- Coeficiente de extinción de la atmósfera

Se asume que la energía luminosa que se dirige desde el objeto hacia el observador se "extingue" por los fenómenos de absorción y dispersión

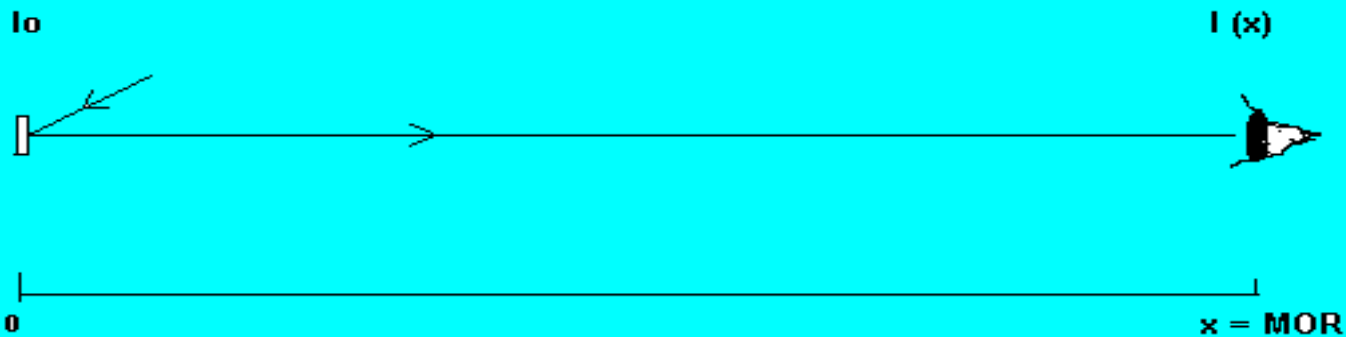
Ley de Koschmieder

Fuente: OACI, Doc. 9328 "Manual de métodos para la observación y la información del alcance visual en la pista"

LEY DE KOSCHMIEDER Y EL ALCANCE OPTICO METEOROLOGICO (MOR)

$$I(x) = I_0 e^{-K x}$$

$$0.05 I_0 = I_0 e^{-K (MOR)}$$



I_0 .- Energía luminosa reflejada por el objeto (en $x = 0$) en dirección hacia el observador

Alcance Optico Meteorológico (MOR). Distancia hasta la cual llegará el 5% de la energía luminosa reflejada por el objeto en $x = 0$. Es decir, donde $I(x) = 0.05 I_0$.

Ley de Koschmieder y el calculo del alcance óptico meteorológico (Paso 1)

Fuente: OACI, Doc. 9328 “Manual de métodos para la observación y la información del alcance visual en la pista”

LEY DE KOSCHMIEDER Y EL ALCANCE OPTICO METEOROLOGICO (MOR)

$$I(x) = I_0 e^{-Kx}$$

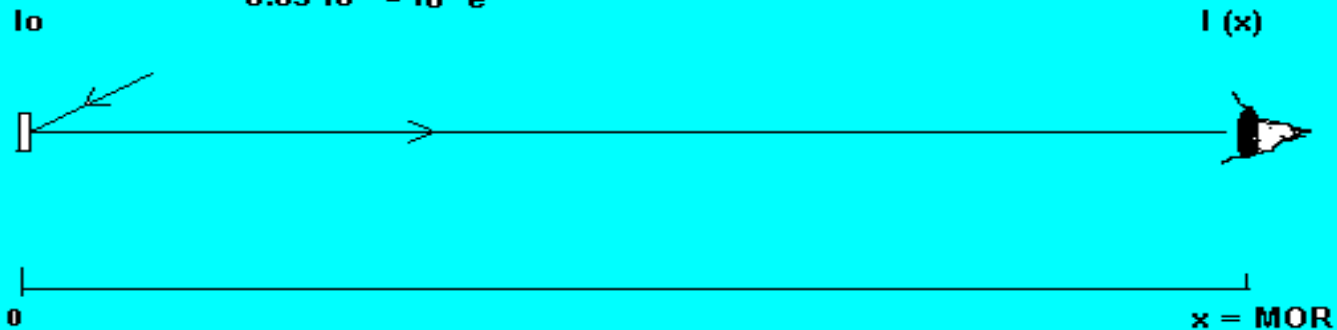
$$0.05 I_0 = I_0 e^{-K(MOR)}$$

$$\ln(0.05) = -K(MOR)$$

$$-3 = -K(MOR)$$

$$K = 3 / MOR$$

$$MOR = 3 / K$$



I_0 .- Energía luminosa reflejada por el objeto (en $x = 0$) en dirección hacia el observador

Alcance Optico Meteorológico (MOR). Distancia hasta la cual llegará el 5% de la energía luminosa reflejada por el objeto en $x = 0$. Es decir, donde $I(x) = 0.05 I_0$.

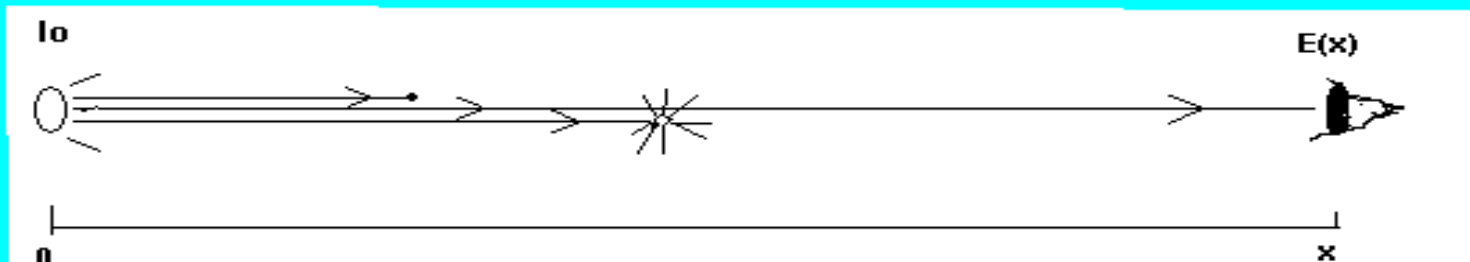
K.- Coeficiente de extinción

Ley de Koschmieder y el calculo del alcance óptico meteorológico (Paso 2)

Fuente: OACI, Doc. 9328 "Manual de métodos para la observación y la información del alcance visual en la pista"

LEY DE ALLARD

$$E(x) = I_0 \frac{e^{-Kx}}{x^2}$$



I_0 .- Intensidad de una fuente luminosa puntual (Luz de borde o eje de pista)

$E(x)$.- Intensidad de la energía luminosa por unidad de área que llega a un observador (el piloto) localizado a una distancia x de la fuente luminosa puntual

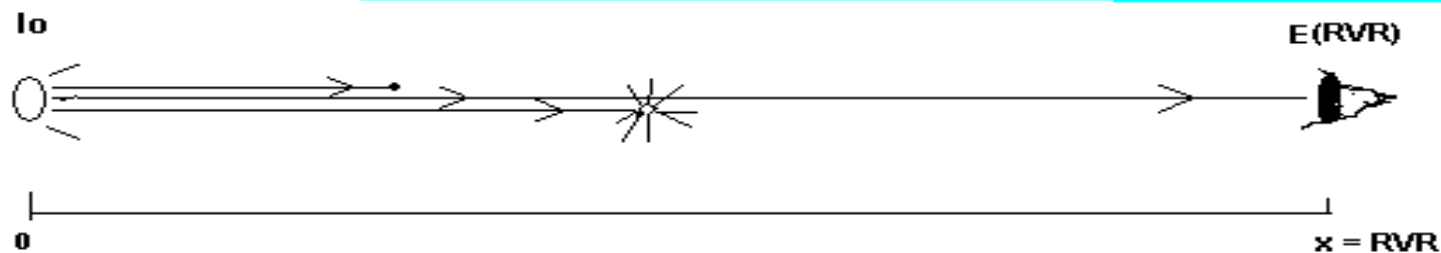
K .- Coeficiente de extinción de la atmósfera. (La energía luminosa "se extingue" en su trayecto entre la fuente y el observador debido a los fenómenos de absorción y dispersión debidos a las partículas sólidas y a las gotas de agua en la atmósfera)

Ley de Allard

Fuente: OACI, Doc. 9328 "Manual de métodos para la observación y la información del alcance visual en la pista"

LEY DE ALLARD

$$E_t = E(\text{RVR}) = I_0 \frac{e^{-K(\text{RVR})}}{\text{RVR}^2}$$



I_0 .- Intensidad de una fuente luminosa puntual (Luz de borde o eje de pista)

E_t (Umbral visual de iluminación).- Valor mínimo de la intensidad de la energía luminosa por unidad de área que se requiere para que la fuente luminosa puntual sea visible al observador (el piloto) que se localiza a una distancia $x = \text{RVR}$

K .- Coeficiente de extinción de la atmósfera. (La energía luminosa "se extingue" en su trayecto entre la fuente y el observador debido a los fenómenos de absorción y dispersión debidos a las partículas sólidas y a las gotas de agua en la atmósfera)

Ley de Allard. Relación entre el alcance visual en la pista (RVR) y el umbral visual de iluminación (E_t)

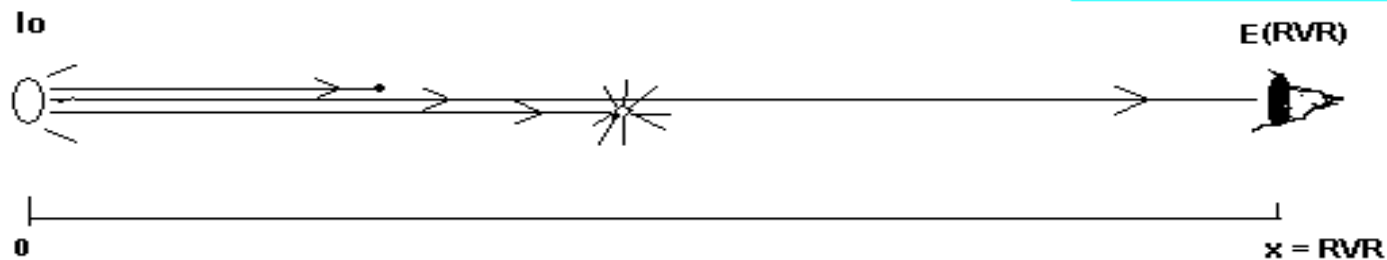
Fuente: OACI, Doc. 9328 "Manual de métodos para la observación y la información del alcance visual en la pista"

LEY DE ALLARD

$$E_t = E(RVR) = I_0 \frac{e^{-K(RVR)}}{RVR^2}$$

$$K = \frac{MOR}{3}$$

$$E_t = E(RVR) = I_0 \frac{e^{-\frac{3RVR}{MOR}}}{RVR^2}$$



I_0 .- Intensidad de una fuente luminosa puntual (Luz de borde o eje de pista)

E_t (Umbral visual de iluminación).- Valor mínimo de la intensidad de la energía luminosa por unidad de área que se requiere para que la fuente luminosa puntual sea visible al observador (el piloto) que se localiza a una distancia $x = RVR$

K .- Coeficiente de extinción de la atmósfera. (La energía luminosa "se extingue" en su trayecto entre la fuente y el observador debido a los fenómenos de absorción y dispersión debidos a las partículas sólidas y a las gotas de agua en la atmósfera)

Ley de Allard. Relación entre el alcance visual en la pista (RVR), el alcance óptico meteorológico (MOR) y el umbral visual de iluminación (E_t)

Fuente: OACI, Doc. 9328 "Manual de métodos para la observación y la información del alcance visual en la pista"

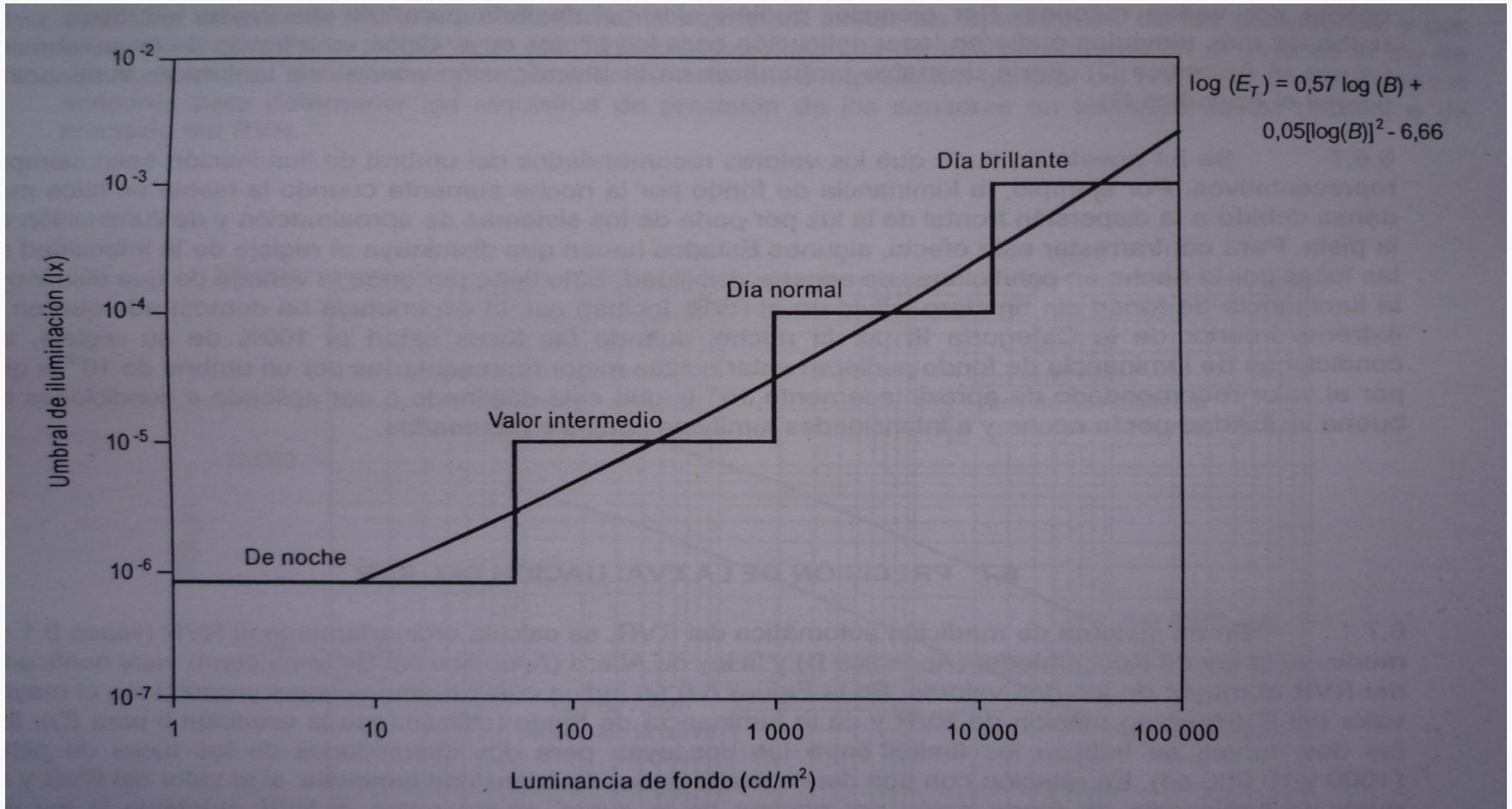


Figura 6-8. Relación entre el umbral de iluminación E_T (lx) y la luminancia de fondo B (cd/m²)

5.3.9.1 Se dotarán luces de borde de pista a:

- a) Las pista destinadas para uso nocturno; y**
- b) las pistas destinadas para operaciones de aproximación por instrumentos durante el día o la noche**

5.3.12.1 Se deberán dotar de luces de eje (línea central) de pista a las pistas destinadas para operaciones de aproximación por instrumentos Categorías II y III.

5.3.12.2 Se deberán dotar de luces de eje de pista a las pista destinadas para operaciones de aproximación por instrumentos Categoría I, particularmente cuando la pista sea utilizadas por aeronaves veloces o donde en ancho de la pista sea mayor que 50m.

5.3.12.3 Se deberán dotar de luces de eje de pista a las pistas destinadas para despegues con un mínimo operacional del RVR del orden de 400m.

5.3.12.4 Se deberán dotar de luces de eje de pista a las pistas destinadas para despegues con un mínimo operacional del RVR del orden de 400m o mayor cuando sean utilizadas por aeronaves veloces, particularmente cuando el ancho entre los bordes de la pista sea mayor que 50m.

La distancia entre luces de eje de borde de pista debería ser 60 m (aprox. 200 ft) y de las luces de eje de pista 15m (aprox. 50ft)

Fuente: OACI. Anexo 14 “Aeródromos” Ed. 2004.