

**Organización de Aviación Civil Internacional  
Oficina Regional Norte América, Centro América y el  
Caribe (NACC)**



**TALLER SOBRE DISEÑO DE PROCEDIMIENTOS DE  
APROXIMACION DE NAVEGACION BASADA EN  
LA PERFORMANCE (PBN)**



**TALLER NAM/CAR/SAM SOBRE DISEÑO DE PROCEDIMIENTOS DE APROXIMACION  
DE NAVEGACION BASADA EN LA PERFORMANCE (PBN)**



**APROXIMACIONES**  
**RNP BARO-VNAV (LNAV/VNAV).**

**INSTRUCTORES: ARMANDO HERNANDEZ  
TOMAS MACEDO  
RUDDY ROMO**



### Objetivos.

Conocer las características generales de los procedimientos APV/Baro-VNAV.

### Temario

- Generalidades.
- Tramo APV.
- Superficie de Evaluación de Obstáculos.
- Corrección de Temperatura.
- Evaluación de Obstáculos.
- Calculo de la OCH.



### Generalidades.

- Los procedimientos Baro-Vnav se clasifican como procedimientos APV en apoyo a operaciones de aproximación 3D de tipo A.
- El segmento vertical está basado en altitudes barométricas.
- Los procedimientos Baro-Vnav se utilizan conjuntamente con los procedimientos LNAV, los FAF y Mapt de estos procedimientos únicamente se utilizan para definir las áreas laterales y para apoyar la guía lateral solamente.
- En su lugar se utilizan el FAP y la DA/H (no se utiliza una MDA/H).
- No se autorizan procedimientos Baro-VNAV con reglaje del altímetro de instalaciones a distancia o remotas.
- Se utilizan superficies de evaluación de obstáculos similares a las del ILS, pero basadas en el sistema específico de guía lateral.



### Tramo APV.

- El tramo APV contiene el tramo final de descenso para el aterrizaje, así como los tramos iniciales e intermedio de aproximación frustrada, debería alinearse con la prolongación del eje de la pista, y se permite un viraje máximo en el FAP de 15°.
- El VPA optimo será de 3°, no será inferior a 2.5° ni superior a 3.5° para las temperaturas imperantes mas bajas o altas respectivamente.
- La OAS comienza en el punto de aproximación final (FAP), y no debería encontrarse a mas de 10 nm del umbral.



### Superficie de Evaluación de Obstáculos.

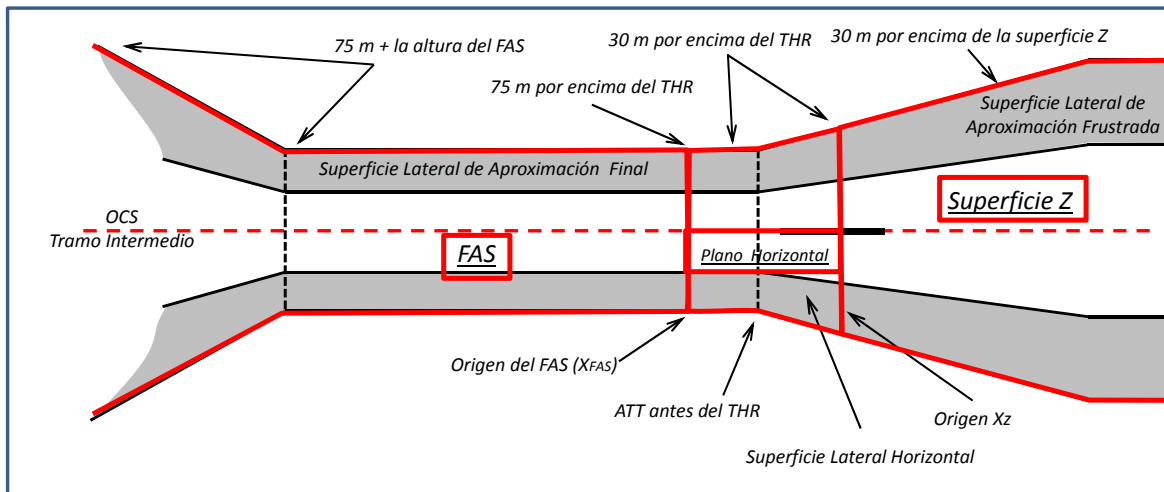
Las OAS se utilizan para identificar obstáculos que han de tenerse en cuenta y consta de las siguientes superficies:

- a) Superficies de aproximación final (FAS);
- b) Plano horizontal;
- c) Superficies de aproximación frustrada (Z).

La superficie de aproximación final esta limitada lateralmente por los bordes del área primaria LNAV. Los bordes superiores/exteriores de las superficies APV-OAS asociadas coinciden lateralmente con los bordes externos de las áreas secundarias LNAV.

## Superficies APV.

### Vista en Planta



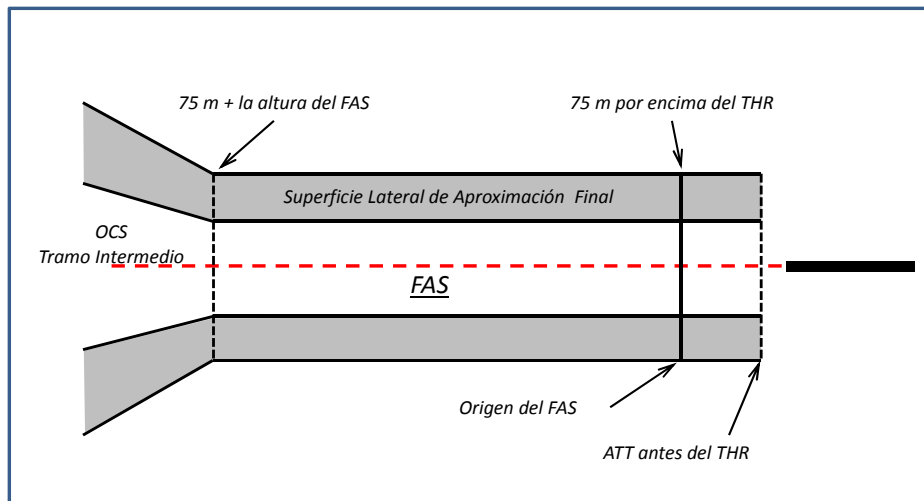
## Superficie de Evaluación de Obstáculos.

Superficie de aproximación final (FAS): el origen de esta superficie se encuentra a nivel del umbral y a una distancia ATT antes del punto en que la trayectoria vertical promulgada alcanza una altura especificada ( $H_i$ ) por encima del umbral y se amplia hasta la intersección con la OCS horizontal del tramo intermedio.

Donde el valor de  $H_i$  será:

- $H_0 = 75$  m por debajo de 5000' AMSL
- $H_{5000} = 105$  m entre 5000' y 10 000' AMSL
- $H_{10000} = 120$  m por encima de 10 000' AMSL

## Superficies de Aproximación Final (FAS)

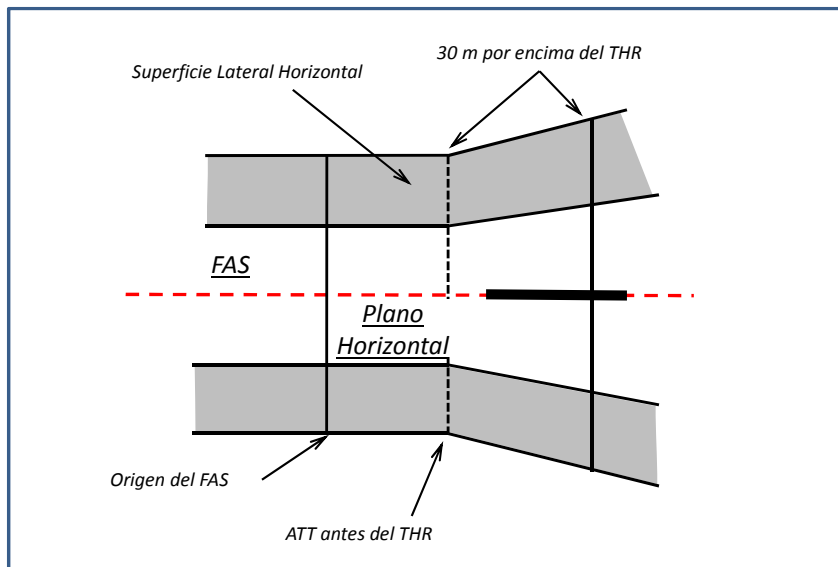


## Superficie de Evaluación de Obstáculos.

**Plano Horizontal:** El plano horizontal se define mediante una superficie al nivel del umbral limitada por el área primaria LNAV entre el origen del FAS y el origen de la superficie de aproximación frustrada Z ( $X_z$ ).

- Los bordes inferiores/interiores se definen mediante los bordes del área primaria LNAV al nivel del umbral
- Los bordes superiores/exteriores se definen mediante los bordes externos de las áreas secundarias LNAV a la altura  $H_i$  por encima del umbral en el origen de  $X_{FAS}$  y los bordes externos del área LNAV, con reducción a 30 m por encima del umbral antes del ATT y continuación a 30 m por encima del umbral hasta  $X_z$ .

### Plano Horizontal

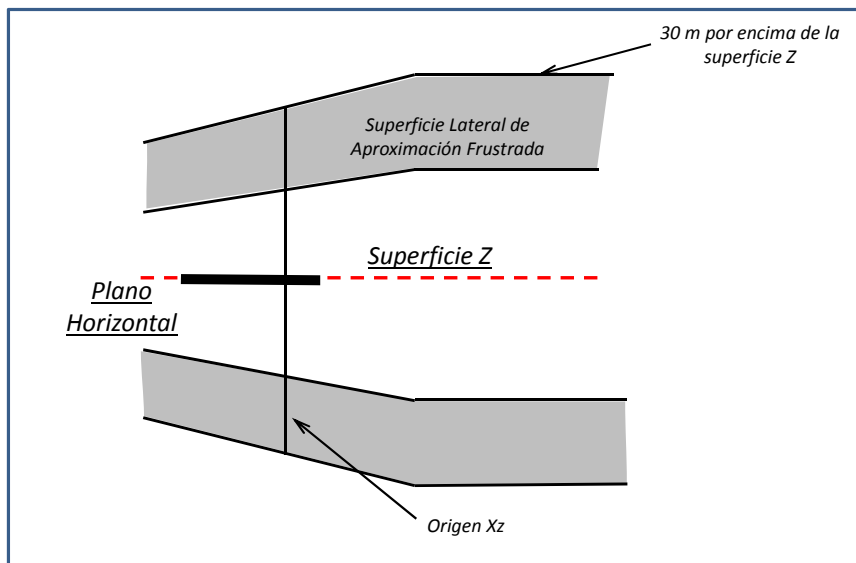


### Superficie de Evaluación de Obstáculos.

Superficies de Aproximación Frustrada ( $X_2$ ): Esta al nivel del umbral entre -900(Cat AB), -1100(Cat C) y -1400(Cat D) mts con respecto al umbral. Tiene una pendiente de 2.5% y esta limitada lateralmente por el área primaria LNAV.

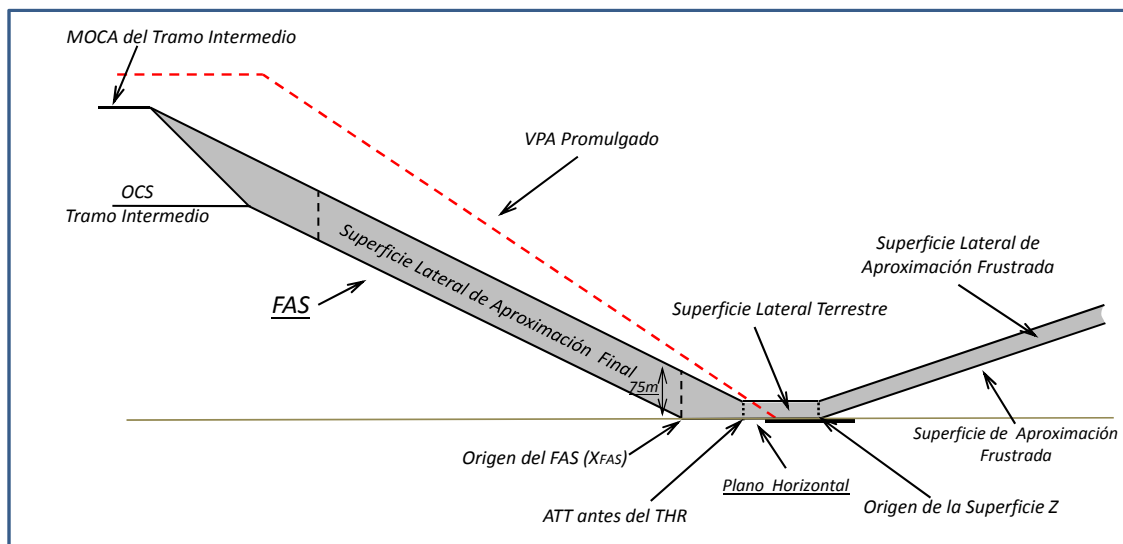
- Los bordes inferiores/interiores se definen mediante los bordes del área primaria en aproximación frustrada LNAV.
- Los bordes externos se definen mediante los bordes externos de las áreas secundarias LNAV a 30 mts por encima de la superficie de aproximación frustrada.

### Superficies de Aproximación Frustrada (Z).



### Superficies APV.

#### Vista en Perfil



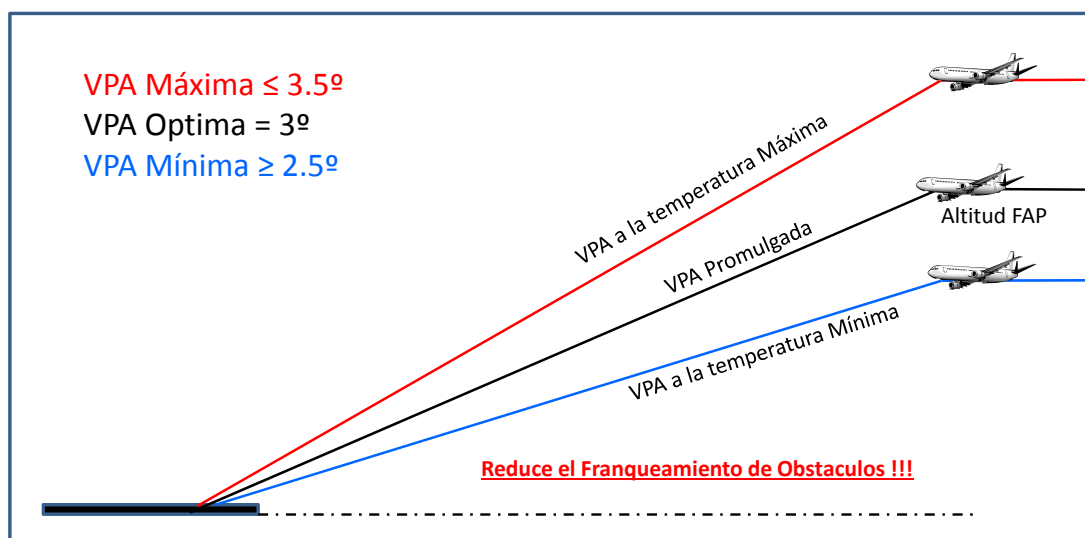


### Corrección de Temperatura.

- APV/Baro-VNAV se basa en guía vertical barométrica por lo que depende de la temperatura.
- El procedimiento debe tener en cuenta el efecto de la temperatura en el ángulo de la trayectoria vertical.
- Las altitudes/alturas mínimas deben ajustarse cuando la temperatura en la superficie sea considerablemente inferior a la prevista por la atmosfera normalizada.
- Se calculara el VPA mínimo para la temperatura mínima promulgada propuesta, si el VPA es inferior a 2.5°, se aumentara el VPA del procedimiento para garantizar que el mínimo sea igual o superior a 2.5°.



### Corrección de Temperatura.







### Corrección de Temperatura.

La corrección de temperatura se calcula mediante la formula:

$$\Delta h = -H * ((15 - t_0) / (273.15 + t_0 - 0.5 * L_0 * (H + H_{ss})))$$

Donde:

H= Altura del FAP.

HSS= Altura de la fuente altimétrica (normalmente el Ad.)

L<sub>0</sub>= 0.00198°C/ft (gradiente vertical de la temperatura.)

t<sub>0</sub>= Temperatura de referencia al nivel medio del mar.

$$t_0 = t_{ad} + L_0 * L_{ad}$$

t<sub>ad</sub>= Temperatura mínima propuesta del aeródromo.

L<sub>ad</sub>= Altitud del Aeródromo



### Cálculos del Procedimiento.

Tangente mínima del VPA:

$$\tan_{\text{MIN/VPA}} = (H - \Delta h - \text{RDH}) / D_{\text{FAP-THR}}$$

Donde:

H= Altura del FAP.

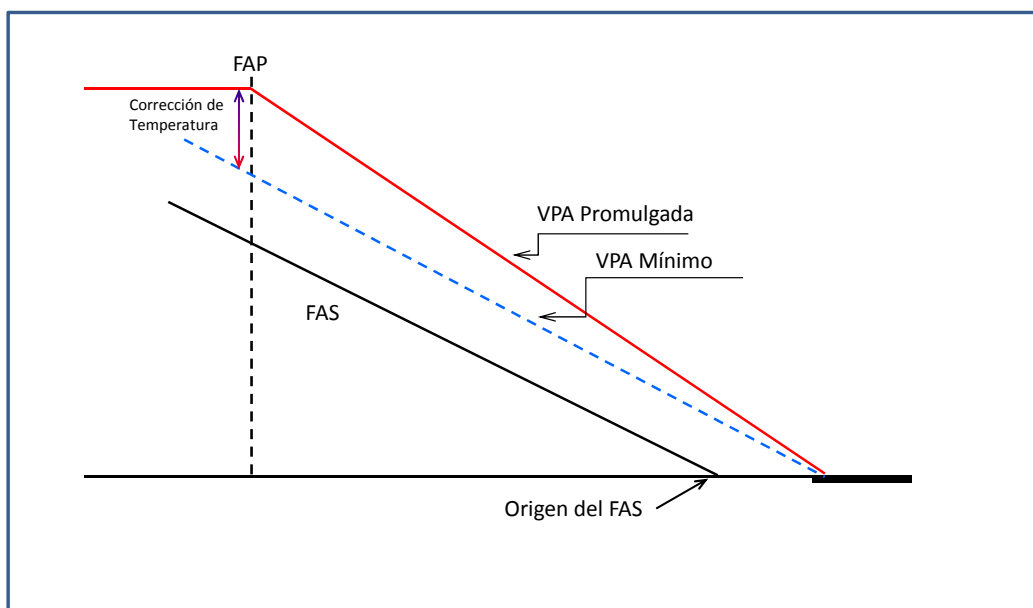
Δh= corrección de temperatura

RDH= Altura de referencia sobre el THR.

VPA= Angulo de descenso vertical promulgado

**Nota:** si el VPA es inferior a 2.5°, se aumentara el VPA del procedimiento para garantizar que el mínimo sea igual o superior a 2.5°.

### Tangente mínima del VPA:



### Cálculos del Procedimiento.

El origen de la superficie FAS se calcula mediante la formula:

$$X_{FAS} = [(H_i - RDH) / \tan VPA] + ATT$$

Para la Tangente del ángulo del FAS se utiliza la formula:

$$\tan \alpha_{FAS} = (H - \Delta h - H_i) * \tan VPA / H - H_i$$

Donde:

H= Altura del FAP.

$\Delta h$ = corrección de temperatura

$H_i$ = Altura especificada

VPA= Angulo de descenso vertical promulgado

RDH= Altura de referencia sobre el THR.

ATT= Tolerancia Longitudinal en el Mapt.

### Cálculos del Procedimiento.

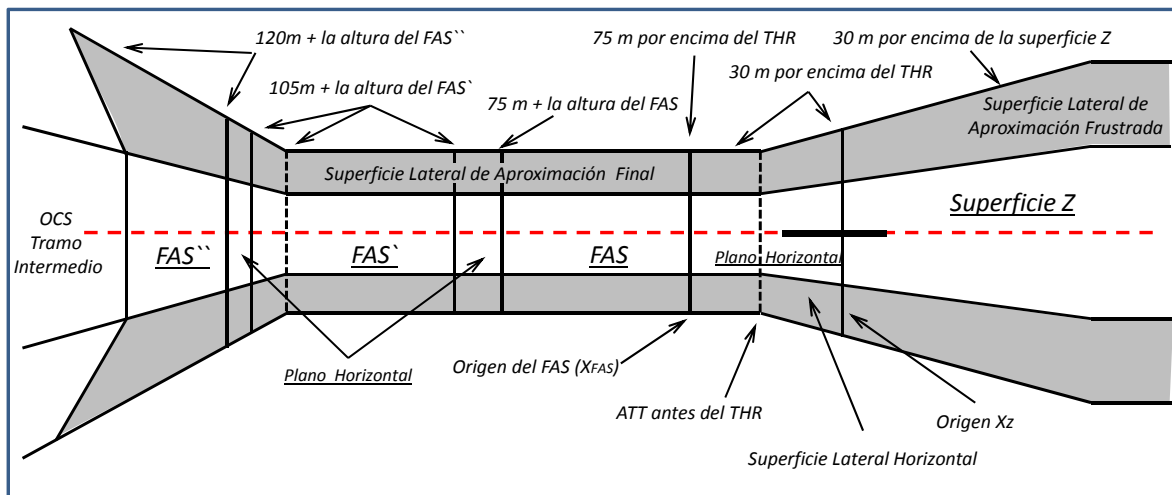
La altura del FAS ( $h_{FAS}$ ) a una distancia  $x$  con respecto al umbral se calcula del modo siguiente:

$$h_{FAS} = (x - x_{FAS}) * \tan \alpha_{FAS}$$

Cuando la elevación del FAS sea por encima de 5000 ft, a partir de la coordenada  $x$  se sustituirá la  $H_0$  de 75 mts por 105 mts, y en ese caso se volverá a calcular la  $\tan \alpha_{FAS'}$ ,  $x_{FAS'}$  y  $h_{FAS'}$  y el nuevo valor calculado fuera diera una elevación del FAS superior a 10 000ft en ese punto se sustituiría 105 por 120 mts y se recalcularían todos los valores del FAS.

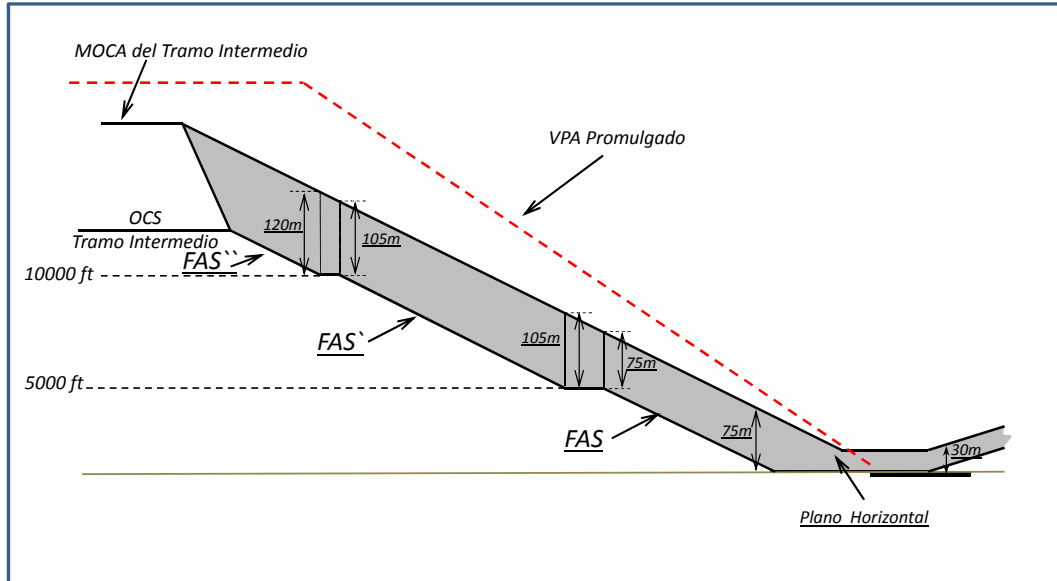
### Superficies APV por encima de 5000 ft.

#### Vista en Planta



### Superficies APV por encima de 5000 ft.

#### Vista en Perfil



#### Calculo de la OCH.

Los obstáculos que han de tenerse en cuenta se dividen en obstáculos en aproximación y en aproximación frustrada;

- a) Los obstáculos en aproximación son los situados entre el comienzo del tramo de aproximación final y el comienzo de la superficie Z.
- b) Los obstáculos en aproximación frustrada son los situados en el resto del tramo de aproximación frustrada.



### Calculo de la OCH.

#### Obstáculos en Aproximación

Para los obstáculos en aproximación final que penetren en el FAS o el plano Horizontal, la OCH en aproximación Final se determinara añadiendo el margen de perdida de altura relativo a la categoría de aeronave a la altura del obstáculo.

Categoría de Aeronave (V <sub>at</sub> )	Margen Utilizando Baro altímetro	
	Metros	Pies
A – 169 Km/h (90 Kt)	40	130
B – 223 Km/h (120 Kt)	43	142
C – 260 Km/h (140 Kt)	46	150
D– 306 Km/h (165 Kt)	49	161



### Calculo de la OCH.

#### Obstáculos en Aproximación

Para los obstáculos en aproximación final que penetren en la superficie lateral de aproximación final o el plano horizontal, la OCH se determinara añadiendo a la altura del obstáculo un valor obtenido reduciendo linealmente desde el valor total de perdida de altura en el borde interior de la superficie lateral, hasta cero en el borde exterior.

$$HL_{(red)} = 2 * HL * (1 - ABS_{(Y)} / SW_t)$$

Donde:

*HL* = Margen de Perdida de Altura de acuerdo a la Cat de Acft.

*ABS<sub>(Y)</sub>* = Valor absoluto de la distancia del obstáculo a la trayectoria de aproximación.

*SW<sub>t</sub>* = Semianchura total del área.

### Calculo de la OCH.

#### Obstáculos en la superficie lateral del plano Horizontal.

Para conocer si los obstáculos penetran la superficie lateral de el plano horizontal antes del ATT se utiliza la siguientes formula:

$$H_{(GND)} = \left[ \left\{ \frac{X_{\text{obst}} - \text{ATT}}{X_{\text{FAS}} - \text{ATT}} \right\} * 45 \right] + 30 * (\text{ABS}(Y_{\text{obst}}) - Sw/Sw)$$

Donde:

$X_{\text{obst}}$  = Coordenada X del obstáculos.

$X_{\text{FAS}}$  = Coordenada inicio de la superficie de aproximación final.

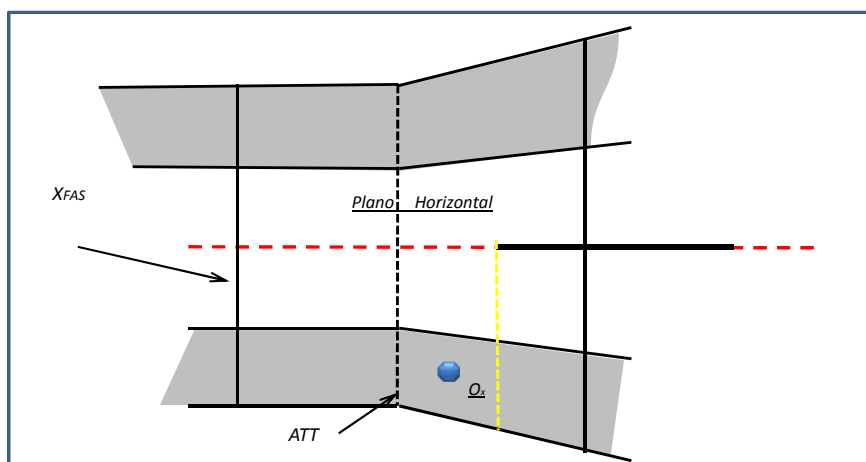
ATT = Tolerancia longitudinal del Mapt.

$Y_{\text{obst}}$  = Coordenada Y del obstáculos.

Sw = Anchura del área secundaria.

### Calculo de la OCH.

#### *Obstáculos después de ATT*





### Calculo de la OCH.

#### Obstáculos en la superficie lateral del plano Horizontal.

Para conocer si los obstáculos penetran la superficie lateral de el plano horizontal después del ATT se utiliza la siguientes formula:

$$H_{(GND)} = 30 * (ABS(Y_{obst}) - Sw) / Sw$$

Donde:

$X_{obst}$  = Coordenada X del obstáculos.

ATT = Tolerancia longitudinal del Mapt.

$Y_{obst}$  = Coordenada Y del obstáculos.

Sw = Anch. del área secundaria =  $(ATT - X_{obst}) * \tan 15^\circ + Sw_t / 2$

$Sw_t$  = Semianchura total del área en el ATT.

*Nota: Si SW es  $\geq 3704$  mt (2 nm) se utiliza este ultimo valor que corresponde a la semi anchura del área dentro de 15 nm del ARP.*



### Calculo de la OCH.

La altura de la superficie de aproximación frustrada a una distancia x con respecto al umbral se calculara del modo siguiente:

$$h_{xz} = (X_{(Obst)} - X_z) * \tan Z$$

Donde:

$X_{(obst)}$  = Valor absoluto de la distancia del obstáculo al umbral.

TanZ = Tangente del ángulo de aproximación frustrada.

$X_z$  = Valor absoluto coordenada x de la superficie de aproximación frustrada.



### Calculo de la OCH.

#### Obstáculos en Aproximación Frustrada

Para los obstáculos en aproximación frustrada que penetren la superficie Z, se calculara la altura equivalente de aproximación mediante la formula:

$$h_a = \frac{h_{ma} * \text{Cot}Z + (x - x_z)}{\text{Cot}Z + \text{Cot}\phi}$$

Donde:

$h_{ma}$  = Altura del obstáculo en aproximación Frustrada.

$\text{Cot}Z$  = Cotangente del ángulo de aproximación frustrada.

$\text{Cot}\phi$  = Cotangente del ángulo del VPA

$x_z$  = Coordenada x de la superficie de aproximación frustrada.



### Calculo de la OCH.

#### Obstáculos en Aproximación Frustrada

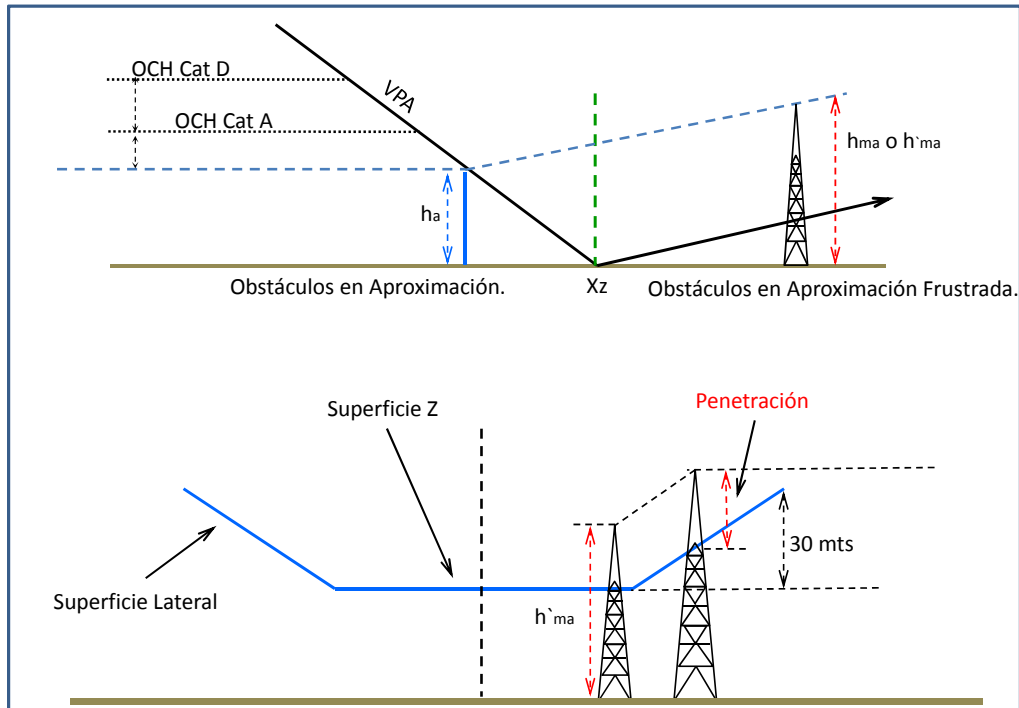
Para los obstáculos en aproximación frustrada que penetren una superficie lateral, la altura del obstáculo de aproximación equivalente se calculara mediante la formula:

$$h_a = \frac{h_{ma} * \text{Cot}Z + (x - x_z)}{\text{Cot}Z + \text{Cot}\phi}$$

Donde:

$h_{ma}$  = es el nivel de penetración mas la altura del borde interior de la superficie lateral a la distancia a lo largo de la derrota.





### Calculo de la OCH.

#### Obstáculos en la superficie lateral de aproximación frustrada.

Para conocer si los obstáculos penetran la superficie lateral de la aproximación frustrada se utiliza la siguientes formula:

$$H_{(zsec)} = 30 * (ABS(Y_{obst}) - Sw / Sw) + H_{supz}$$

Donde:

$X_{obst}$  = Coordenada X del obstáculos.

$Xz$  = Coordenada inicio de la superficie de aproximación frustrada.

$Y_{obst}$  = Coordenada Y del obstáculos.

$Sw$  = Anch. del área secundaria =  $(ATT - X_{obst}) * \tan 15^\circ + Swt / 2$

$H_{supz}$  =  $(X_{obst} - Xz) * \tan Z$

$Swt$  = Semianchura total del área.

*Nota: Si SW es  $\geq 3704$  mt (2 nm) se utiliza este ultimo valor que corresponde a la semi anchura del área dentro de 30 nm del ARP.*