

# Escenarios de evaluación de obstáculos en entornos aeroportuarios según SLOs, OAS e ILS básicas

Sergio Pitrelli <sup>1</sup>, Rogelio Faut <sup>1</sup>, Federico Pinto <sup>1</sup>, Gabriel Ramírez Días <sup>1</sup>, Alejandro Di Bernardi <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Aeronáutica, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata, Buenos Aires, Argentina

---

**Resumen**— En general, los aeropuertos presentan en su entorno inmediato elementos naturales o antrópicos que pueden constituirse como obstáculos según la altura a la que se proyecten en el espacio sobre el terreno en el cual se encuentren emplazados.

Para su análisis resulta necesario conocer, entre otros, la mezcla de tráfico que opera en dicho emplazamiento y los procedimientos de aproximación y despegue.

Si bien la limitación de altura en el entorno a una pista está considerada en las normas y métodos recomendados en los anexos al convenio de Chicago como una simple limitación física (a través de las superficies limitadoras de obstáculos) resulta necesario contemplar aspectos operacionales que se encuentran reflejados en los PANS-OPS a través de las Superficies de Evaluación de Obstáculos (OAS), y las Superficies ILS básicas.

El presente trabajo refleja, según diferentes escenarios, una prelación comparativa de dichas superficies en relación a un mismo punto, y muestra como en determinadas áreas, dependiendo de las características tanto físicas como operacionales, la altura de los elementos puede tener mayor importancia para unas superficies u otras.

El análisis está realizado sobre la base de la experiencia de los trabajos desarrollados en la UIDET GTA-GIAI y de la normativa de aplicación dada por la Organización de Aviación Civil Internacional.

**Palabras clave**— Aeropuerto, Seguridad Operacional, Obstáculos, Superficies, Evaluación.

---

**Abstract**— In general airports have in their nearest environment (natural or anthropic) elements that could be obstacles according to their height and location. To analyze these obstacles, it is necessary to know the aircrafts that operate in the runway and the approach and take-off procedures, among others.

The height limitation around the runway is considered in the ICAO's annexes like standards and recommended practices as a simple physical limitation (through obstacle limitation surfaces) but it is necessary to consider operational aspects that can be found in the PANS-OPS through the Obstacle Assessment Surfaces (OAS), and the ILS basic Surfaces.

This work presents, for different cases, a comparative relationship between surfaces previously mentioned in relation to the same point, and shows how in certain areas, depending on the physical and operational characteristics, the height of the elements can be more important for some surfaces or other.

The analysis was made on the basis of the experience of the work developed in the UIDET GTA-GIAI and of the application regulations given by the International Civil Aviation Organization.

**Keywords**— Airport, Operational Safety, Obstacle, Surfaces, Assessment

---

## INTRODUCCIÓN

En relación a publicaciones anteriores y continuando con la temática relacionada con el análisis de obstáculos en entornos aeroportuarios, en el presente trabajo, se propone un análisis del entorno de forma más integral, estudiando otras superficies además de las Superficies Limitadoras de Obstáculos (SLOs) del Anexo 14 de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI).

Es de conocimiento general que las SLOs son las superficies que limitan la proyección de obstáculos en el espacio en el entorno aeroportuario y su importancia radica en que las mismas están determinadas en el Anexo 14 de OACI, el cual por el Convenio Internacional de Chicago (Doc 7300/9) es de cumplimiento para los países que suscriben el convenio, este carácter le da una importancia de relevancia a las mismas.

No obstante, la obligación del cumplimiento de los anexos al convenio de Chicago que ello implica, existe más documentación emitida por OACI cuya importancia es de

Dirección de contacto:

Sergio Pitrelli, Calle 116 e/ 47 y 48 - La Plata (1900) - Buenos Aires - Argentina, Tel: +54 (221) 423 6679 int 147/ [spitrelli@gmail.com](mailto:spitrelli@gmail.com)

relevancia y debería ser tomada en cuenta para el análisis de las operaciones en un aeródromo, acorde al tipo de operación que se realice.

En este contexto, sería deseable que los aeródromos tengan las SLOs libres, es decir, que no sean vulneradas por ningún elemento, los que penetran estas superficies se transforman en obstáculos. Si bien esto es un objetivo propuesto y es hacia donde debemos apuntar en pos de la seguridad operacional, la realidad es que existen multiplicidad de situaciones por las cuales estas premisas no se cumplen, ello no implica que las operaciones no se lleven a cabo con seguridad.

La finalidad de mantener las SLOs libres es doble, por una parte, garantizar que las operaciones sean seguras y por la otra, evitar que las pistas y por consiguiente los aeródromos queden inutilizados o bien penalizados por multiplicidad de obstáculos. Cuando dichas superficies no están libres es necesario analizar la posibilidad de procedimientos que salven y garanticen la seguridad, muchas veces esto se logra con altitud o altura de franqueamiento de obstáculos (OCA/H) mayores que aseguren los márgenes mínimos de franqueamientos (MOC) establecidos según la localización y el tipo de operación.

En el presente analizaremos con un ejemplo concreto, como para una pista de aproximación de precisión de categoría I cuyas SLOs son vulneradas, se pueden buscar soluciones operativas. Para ello es necesario recurrir a los Procedimientos para los servicios de navegación aérea (PANS-OPS) que describen los procedimientos operacionales recomendados y sirven de guía para la elaboración de los mismos. En este sentido es que necesitamos determinar la OCA/H y para ello tendremos que determinar las superficies ILS básicas y las superficies de evaluación de obstáculos (OAS).

## MÉTODO

El método de análisis propuesto está referido a la operación de una pista y sus obstáculos reales para la operación de una aeronave B-737-800 con procedimientos convencionales. En este sentido es que se han realizado el análisis con modelos gráficos 3D en CAD.

El desarrollo se basa en el análisis obstáculos de una pista sobre la base de la operación de aproximación y aterrizaje y su posibilidad de interrumpir el mismo con una maniobra de aproximación frustrada, para ello se analizan los obstáculos-superficies en el siguiente orden:

1. Según superficies SLOs
2. Según superficies ILS básicas
3. Según superficies OAS
4. Superposición de resultados

El orden expresado anteriormente se ve reflejado en las siguientes figuras

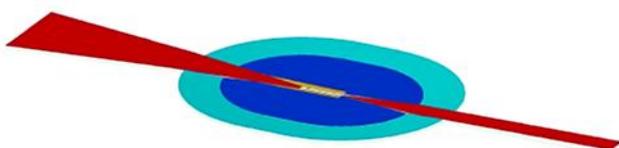


Fig. 1: SLOs para pista 01

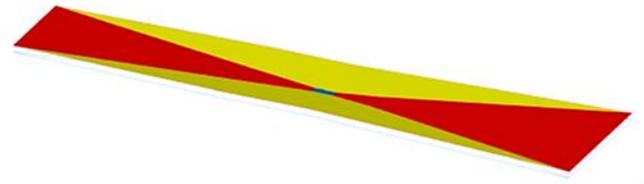


Fig. 2: Sup. ILS básicas pista 01

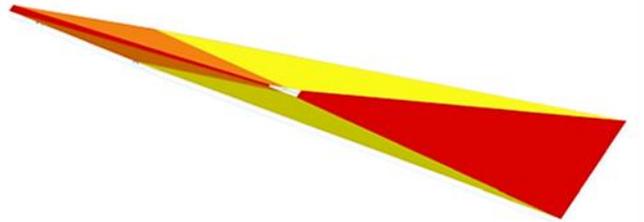


Fig. 3: Sup. OAS pista 01

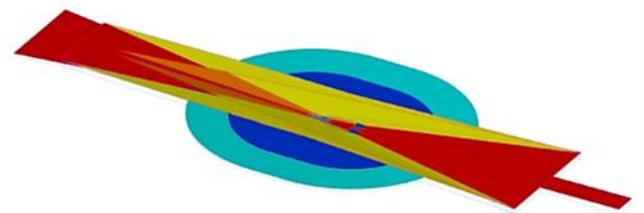


Fig. 4: Superposición de SLOs, ILS básicas y OAS pista 01

## Desarrollo- hipótesis

En el presente desarrollaremos con un ejemplo concreto lo expresado anteriormente. El análisis está referido a la operación de una pista cuya orientación es 01-19.

Si bien se han realizado modelos 3D de todos los obstáculos, para simplificar el análisis y para su desarrollo solo se presentan los perfiles longitudinales con algunos de los obstáculos próximos a la proyección del eje de pista por ser los que presentan una importancia de relevancia.

Se consideran las siguientes hipótesis:

1. Pista 01 de aproximación de precisión de Cat I
2. Pista 19 de aproximación visual
3. Solo se analiza el aterrizaje por pista de precisión Cat I
4. Los procedimientos de aproximación son convencionales (según PANS-OPS) con aproximación frustrada en línea recta paralela al eje de pista
5. Los obstáculos son los considerados en plano OACI tipo A, es decir los que superan una pendiente de 1,2% ascendente.
6. La aeronave considerada es B-737-800NG.
7. Categoría de aeronave corresponde a clave 4C y categoría según velocidad de aproximación tipo C (Velocidad indicada en el umbral  $224 \leq V_{at} < 261$ )
8. El cálculo de las superficies OAS está basado en el software de OACI de PANS-OPS-OAS

Es necesario aclarar que todos los gráficos que se muestren tanto en 3D como las perfiles en 2D poseen la cabecera 01 a izquierda y la 19 a la derecha de cada imagen.

### Obstáculos según plano OACI tipo A

Los obstáculos de análisis propuestos son un conjunto de los que presenta el plano OACI tipo A para esta pista, se han seleccionado algunos de los mismos para poder visualizar mejor la situación, se han tenido en cuenta 11 elementos próximos a cabecera 01 y 8 elementos próximos a cabecera 19. Los mismos con considerados simplemente como obstáculos sin tener en cuenta la naturaleza de los mismos, es decir si son edificios, postes, arboles, etc

La pista tiene una longitud de 2100 metros y no tiene umbrales desplazados, zonas de parada ni zonas libre de obstáculos por tanto sus distancias declaradas son todas iguales a 2100m.

La diferencia de cota entre umbrales es de 5,5 metros (umbral 01 está a 10,5 metros de cota y el 19 a 16 metros).

En la siguiente figura se observan los obstáculos en el entorno a pista en 3D.

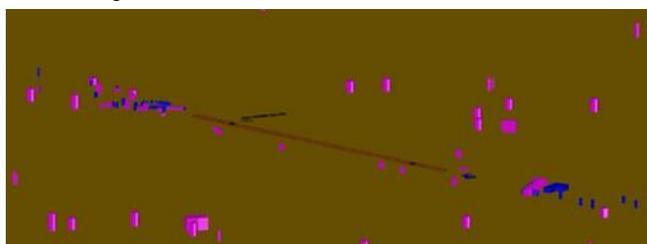


Fig. 5: Obstáculos próximos a cabeceras

En las siguientes figuras (7 y 8) se observan los perfiles y los elementos seleccionados que se consideran en cada una de las áreas próximas a cabeceras, la escala vertical representa 10 veces la escala horizontal.

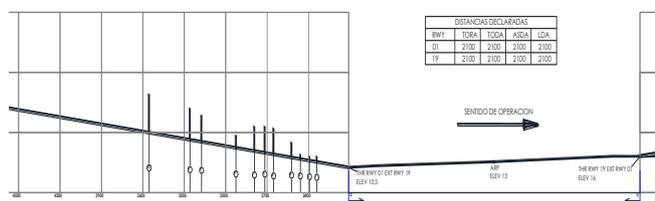


Fig. 6: Obstáculos próximos a cabecera 01 (Plano OACI tipo A)

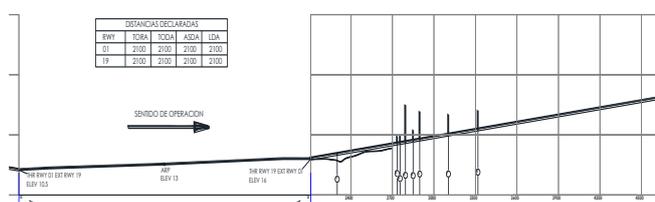


Fig. 7: Obstáculos próximos a cabecera 19(Plano OACI tipo A)

### Análisis según superficies SLOs

Para el análisis de la pista 01, se tiene en cuenta el número de clave (4), y el tipo de aproximación (instrumental Cat. I), con ello se han modelizado las superficies SLOs y que luego se superpone con los obstáculos, la situación se observa en la siguiente figura 7.

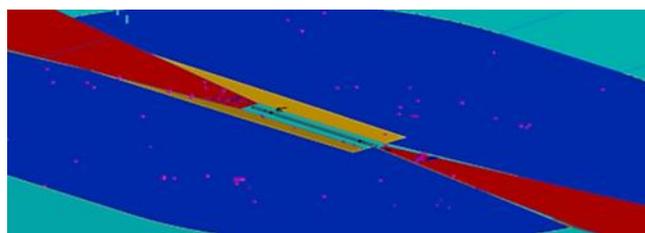


Fig. 7: Obstáculos y superficies SLOs

Para los mismos obstáculos mostrados en los perfiles anteriores se trazan las proyecciones de las superficies SLOs que corresponden a dichos perfiles en la proyección del eje de pista, las mismas se ven reflejadas en las siguientes figuras.

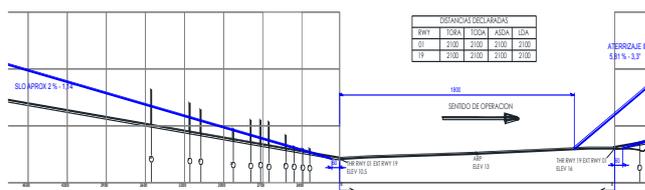


Fig. 8: Sup Aproximación (SLO) RWY 01

En el perfil de la figura 8 puede observarse que los 11 elementos seleccionados vulneran en mayor o menor medida la superficie de aproximación, siendo 7 de ellos de mayor importancia.

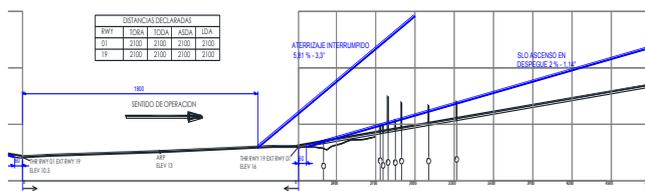


Fig. 9: Aterrizaje Interrumpido y Ascenso en despegue (SLO) RWY 01

En el perfil de la figura 9 puede observarse que la superficie de aterrizaje interrumpido no presenta vulneraciones, pero la de ascenso en despegue presenta 4 elementos que vulneran la misma siendo uno de ellos predominante sobre el resto por ser el de mayor altura y estar más cerca al extremo de pista, no obstante lo anterior, este trabajo no tiene por objeto analizar la operación de despegue por pista 01.

### Análisis según superficies ILS básicas

Las superficies ILS básicas son esencialmente un subconjunto ampliado de las SLOs con algunas particularidades, como por ejemplo que se elevan hasta los 300 m respecto del punto de referencia, o que, además consideran a la franja de pista como una superficie más al igual que la aproximación, aproximación frustrada y transición.

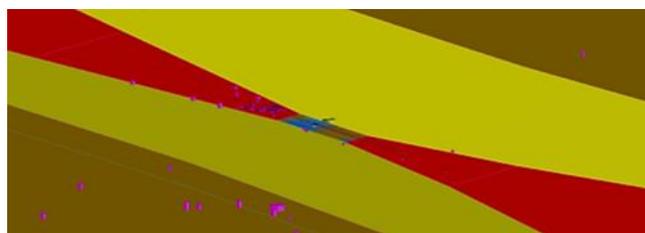


Fig. 10: Obstáculos y superficies ILS básicas

En la figura 10 se muestra las superficies ILS básicas y los obstáculos.

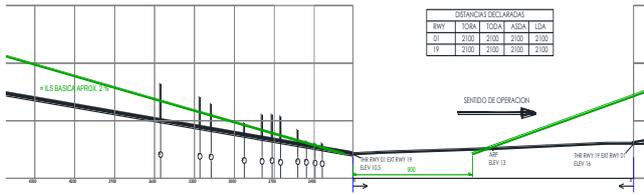


Fig. 11: Sup Aproximación (ILS básica) RWY 01

En la figura 11 se observa que la aproximación de la superficie ILS básica los elementos que la vulneran son los mismos que los analizados para las SLOs correspondiente.

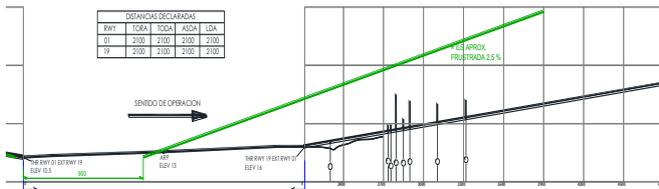


Fig. 12: Sup Aproximación frustrada (SLO) RWY 01

En el perfil de la figura 12 puede observarse que la superficie de aproximación frustrada no presenta vulneraciones.

**Análisis según superficies OAS**

Las superficies OAS son superficies menos restrictivas que las ILS básicas y establecen una parte del espacio aéreo dentro de las cuales estas contenidas con altas probabilidades las trayectorias de aproximaciones y aproximaciones frustradas.

Las superficies OAS son 4 superficies definidas por ecuaciones del tipo “ $z = Ax + By + C$ ”, donde “ $z$ ” representa la cota en altura para un punto de coordenadas “ $x$ ” e “ $y$ ” con referencia al umbral de pista, las mismas se ven reflejadas en la figura 13.

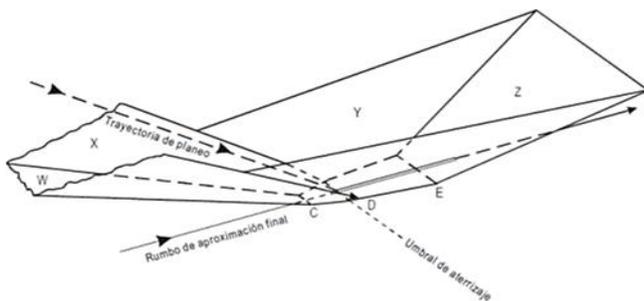


Fig. 13: Superficies OAS

Para la determinación de los coeficientes de cada una de las superficies se ha utilizado el software PANS-OPS OAS de OACI disponible en su página. Como puede observarse en la figura 14 las superficies dependen de:

1. Categoría de aproximación
2. Distancia del localizados al umbral
3. Angulo de la trayectoria de planeo
4. Punto de referencia de la trayectoria de planeo (RDH)

5. Categoría de la aeronave (según velocidad de aproximación)

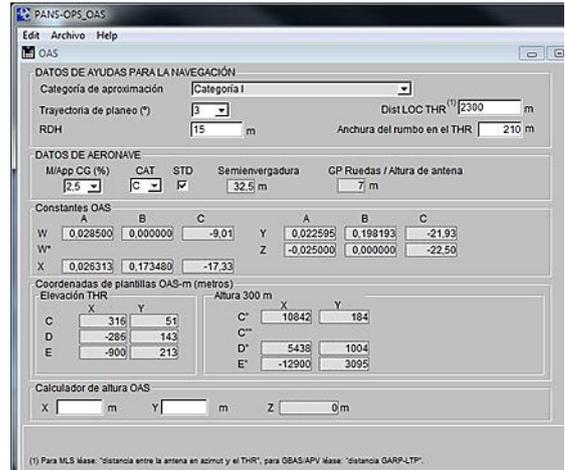


Fig. 14: Software de cálculo de constantes OAS

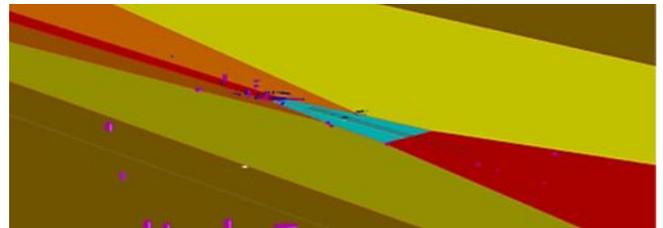


Fig. 15: Obstáculos y superficies OAS

En la figura 15 se observan las superficies OAS para la pista en cuestión y los obstáculos en 3D.

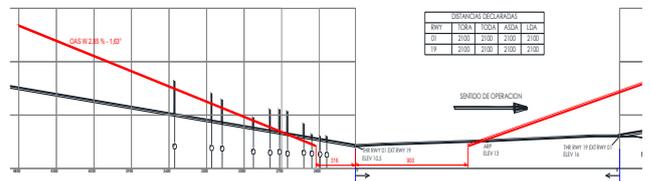


Fig. 16: Superficie W (OAS) RWY 01

En la figura 16 se observan que hay 9 elementos en la aproximación que están sobre las superficies “W” del conjunto OAS.

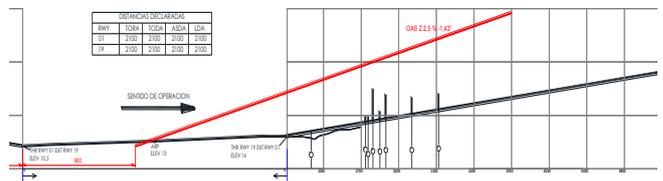


Fig. 17: Superficie Z (SLO) RWY 01

En la figura 17 se puede observar que la superficie “Z” de las OAS no tiene ningún elemento que la vulnera.

**Superposición de superficies SLO, ILS y OAS**

Los análisis realizados anteriormente, por separado, ahora se muestran todos juntos en los siguientes gráficos. En los mismos se mantienen los colores que tenían cada uno por separado para claridad de entendimiento. En este caso las SLOs son azules, las superficies ILS básicas son verdes y las superficies OAS rojas.

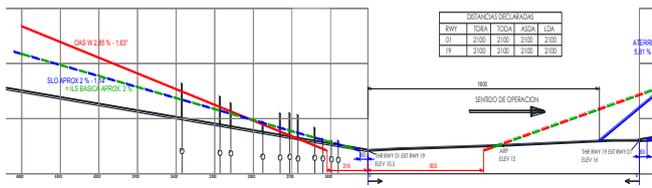


Fig. 18: Superficies próximas Cab 01

En la figura 18 se puede ver que, en la aproximación, si bien existen varios obstáculos que invaden las superficies mencionadas en diferentes grados, el quinto es relevante para la senda de aproximación. Este elemento está localizado a unos 540 m del umbral y vulnera en unos 9 m las SLO e ILS y en unos 13 m la OAS.

Adicionalmente a lo anterior, se puede observar que, existe un punto antes del umbral 01, situado a unos 920 m, donde la superficie W de OAS se cruza con la superficie de aproximación de las SLO o ILS básicas. Antes de ese punto la superficie W está por encima de la aproximación, pero después del mismo la superficie W está por debajo de la misma.

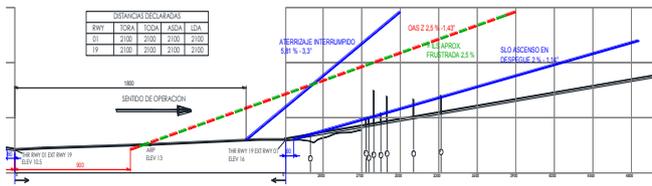


Fig. 19: Superficies próximas Cab 19

En la figura 19 se puede observar que, ningún elemento de los analizados vulnera las superficies que tienen en cuenta la aproximación frustrada es decir que, ni la superficie de aterrizaje interrumpido ni la de aproximación frustrada presentan vulneraciones. Aunque hay elementos que, invaden la superficie de ascenso en despegue, no se tienen en cuenta ya que en el presente documento no estudiamos la operación de despegue por pista 01.

## RESULTADOS

Los resultados de este tipo de análisis podríamos categorizarlos en dos niveles.

Por una parte, resultados parciales, los cuales ya han sido reflejados anteriormente en los puntos correspondientes respecto de cada situación.

Por otra parte, caben mencionar resultados más generales e integrales que los anteriores y a ellos nos referimos en este punto, es este sentido se puede decir que:

Cuando se tiene en cuenta la aproximación a una pista es condición necesaria analizar no solo los obstáculos antes del umbral (aproximación) sino también más allá del extremo de pista que consideren el escape en caso de una operación de aproximación frustrada.

La operación de aproximación no está exenta de obstáculos, no así el caso de la aproximación frustrada en la que no se observan obstáculos en la maniobra de escape.

De los perfiles se observa la necesidad de evaluar salvar los obstáculos con desplazamiento de umbral o con procedimiento en el que se evalúe el franqueamiento y la altura de decisión.

## DISCUSIÓN

Observando los resultados anteriores cabe comentar y discutir cuales serían las posibles soluciones para la situación presentada.

En principio, lo deseable sería poder eliminar los obstáculos o bien bajar la altura de los mismos (primera solución). La realidad nos muestra que esta opción no siempre es posible, es por ello que profundizando un poco más allá podríamos pensar en salvar dichos obstáculos. Es en este punto donde caben dos tipos de soluciones.

En segunda instancia, podríamos pensar en el desplazamiento del umbral 01 de forma tal que, la superficie de aproximación salve el obstáculo crítico, en este caso la pista resultante queda con una distancia de aterrizaje de 1.670 m, dicha distancia para la aeronave utilizada no es suficiente ya que necesita unos 1.800 m para pista seca y unos 2.050 para pista húmeda con máxima carga de aterrizaje. Esta situación se observa en la figura 20.

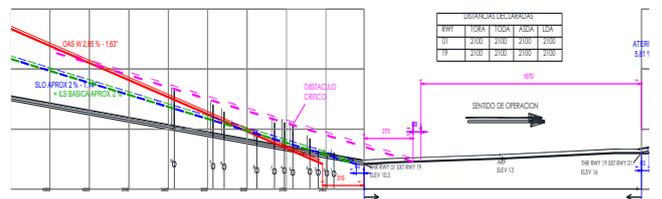


Fig. 20: Desplazamiento de umbral 430m RWY 01

En tercera instancia, podemos pensar en evitar desplazar el umbral y salvar los obstáculos con procedimiento, analizando los márgenes de franqueamiento de obstáculos y determinando la OCA/H por medio de las superficies OAS.

Según los resultados obtenidos utilizando las superficies OAS y según recomendaciones de los PANS-OPS podemos tener márgenes de franqueamiento sobre los obstáculos de 22 m si la aproximación es con radioaltímetro o de 46 m si utiliza baroaltímetro. En este caso aproximando con una senda de planeo de 3° de pendiente y pasando a 15 metros de altura sobre el umbral, si se utiliza radioaltímetro es factible, mientras que si se utiliza un baroaltímetro para lograr los márgenes de franqueamiento establecidos pasando a 15 metros sobre el umbral la aproximación debería ser a un ángulo de 5,3° el cual no es practicable. Esta situación se muestra en la figura 21.

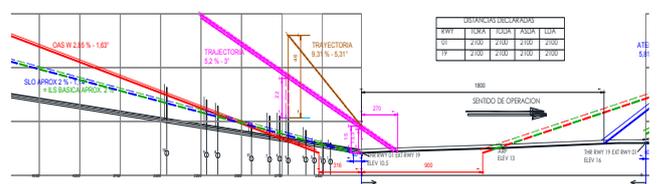


Fig. 21: Situación próxima a cab. 01 RWY 01

Además de lo anterior se puede observar que existe un punto antes del umbral donde la superficie W de OAS se cruza con la superficie de aproximación. Antes de ese punto la superficie W está por encima de la aproximación, pero después del mismo la superficie W está por debajo de la misma. Lo anterior indica la importancia de la localización de los elementos que se analizan y como se deben tener en cuenta las diferentes superficies con sus respectivos criterios de análisis.

## CONCLUSIONES

Se puede concluir que, no existe un único método o criterio de análisis de obstáculos, y que, si bien es de suma importancia el tipo de operación, el tipo de procedimiento y el tipo de infraestructura existente, también es de suma importancia la localización particular de los elementos analizados. La diversidad de factores y la variabilidad de los mismos a tener en consideración puede llevar a la existencia de multiplicidad de soluciones.

En la medida de lo posible es necesario obtener diferentes soluciones para lograr elegir una de ellas mediante un proceso de selección adecuada.

## REFERENCIAS

- [1] Pitrelli, Faut, Di Bernardi. (2016), Situación de las Superficies Limitadoras de Obstáculos en Aeropuertos del SNA, *Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Aeronáutica*
- [2] Pitrelli, Puebla, Faut, Monteagudo, Herrón. (2013), Superficies limitadoras de obstáculos en aeropuertos del SNA su relación con sus entornos (s.d) [online], *Cuarto Congreso de Red Iberoamericana de Investigación de Transporte Aéreo (RIDITA)*
- [3] Pitrelli, Di Bernardi, Chapela, Pinto. (2017), Relación entre las superficies limitadoras de obstáculos y el coeficiente de utilización de pistas en aeropuertos del sistema nacional de aeropuertos, *Cuartas Jornadas de Investigación, Transferencia y Extensión, Facultad de Ingeniería, UNLP*
- [4] Pitrelli, Pesarini, Di Bernardi, Bechara, Puebla. (2015), Relación entre aeropuertos y aeródromos del ámbito metropolitano de la ciudad de buenos aires a través de las superficies limitadoras de obstáculos, *Terceras Jornadas de Investigación, Transferencia y Extensión, Facultad de Ingeniería, UNLP*
- [5] Administración Nacional de Aviación Civil. (2016), *RAAC 154 Diseño de aeródromos*, Argentina
- [6] Administración Nacional de Aviación Civil. (2016), *RAAC 153 Operación de aeródromos*, Argentina
- [7] Organización Aviación Civil Internacional. (2006), *Procedimiento para los Servicios de Navegación Aérea doc 8168 Operación de Aeronaves Volumen II*
- [8] Organización Aviación Civil Internacional. (2016), *Anexo 14 Volumen I Diseño y operaciones de aeródromos*
- [9] OACI, software PANS OPS OAS, (2018), <https://www.icao.int/safety/airnavigation/OPS/Pages/PANS-OPS-OAS-Software.aspx>