

Altitudes mínimas

Introducción

Una de las peculiaridades del vuelo IFR es que, a diferencia del VFR, donde nuestras principales referencias son visuales, es que podemos volar en condiciones meteorológicas desfavorables, así como de noche con menos restricciones.

Con la finalidad de poder operar de forma segura en un entorno IFR, se hace necesario definir varios conceptos, entre los cuales se encuentran las altitudes mínimas objeto de este training.

Normalmente, estamos acostumbrados a ver en las cartas de salida, llegada, o aproximación, una serie de altitudes mínimas que debemos cumplir para estar protegidos.

No obstante, existen otras situaciones en las que no volaremos los procedimientos instrumentales publicados en el AIP. Con la finalidad de seguir operando de forma segura, existen unas altitudes mínimas adicionales, cuya comprensión es vital por parte del piloto IFR.

Dichas altitudes mínimas tienen como fin el cumplimiento de uno o varios de los siguientes objetivos:

- **Protección con obstáculos:** Normalmente, se define un margen de protección frente a obstáculos de 1000 ft. En caso de haber terreno montañoso, podría ser de 1500 ft o 2000 ft. Cuando se define un procedimiento en un área montañosa, se ha de tener en cuenta que, en caso de fuerte viento, se pueden inducir errores en el altímetro y problemas de controlabilidad en el avión.
- **Aseguramiento de la cobertura CNS:** A bajas altitudes, pueden existir problemas de recepción de comunicaciones Piloto-ATC, de las diferentes ayudas a la navegación, o de los sistemas de vigilancia, como el radar.
- **Compatibilidad con la estructura de espacio aéreo:** En ocasiones, se requiere una altitud mínima debido al espacio aéreo existente.

Altitud mínima de espera (Minimum Holding Altitude, MHA)

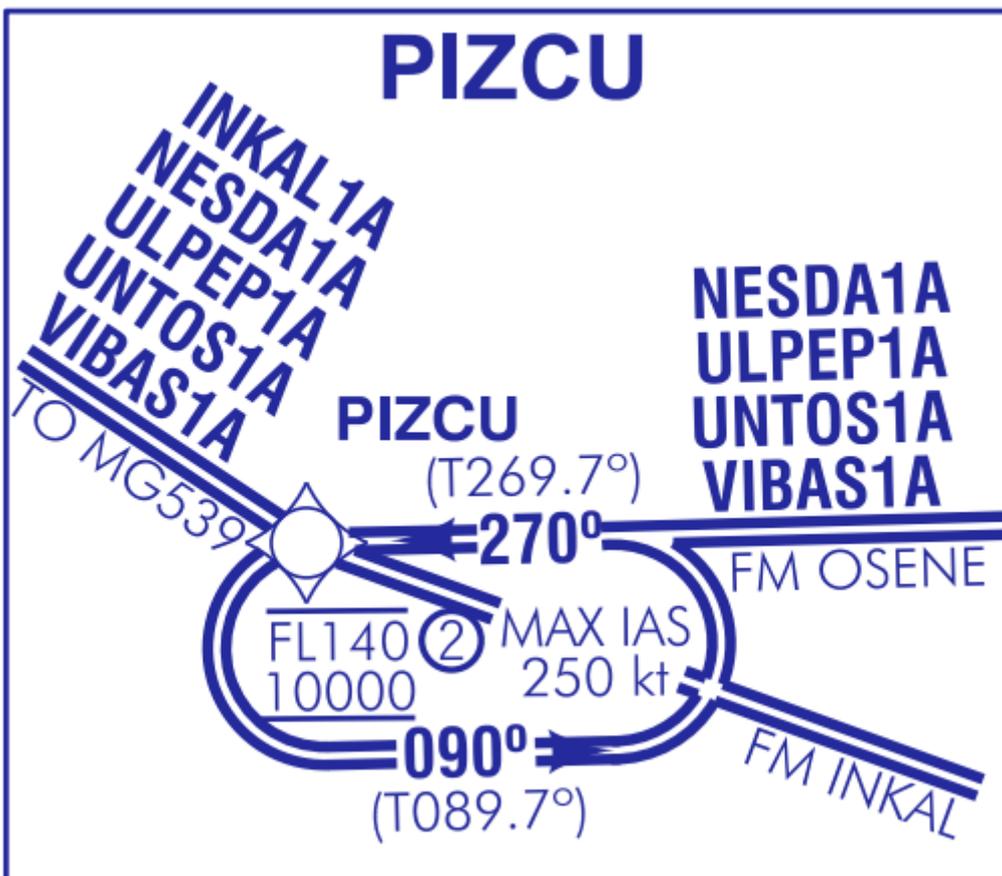


La Altitud Mínima de Espera, denominada MHA, es la altitud más baja prescrita para un patrón de espera que asegura la cobertura de la señal de navegación, las comunicaciones y cumple con los requisitos de franqueamiento de obstáculos y compatibilidad con el espacio aéreo.

Los pilotos deben ser conscientes en todo momento de la MHA al entrar o iniciar un procedimiento de espera, con el fin de cumplir con los requisitos de seguridad.

En la preparación del descenso y aproximación debemos anticiparnos y contemplar una posible entrada en espera.

En la siguiente imagen se muestra un ejemplo de MHA. Además, se pueden indicar altitudes máximas para la espera. En este caso, la MHA sería de 10000 ft, y está limitada a máximo FL140.



Fuente: AIP España

Para saber más sobre las esperas, ver el siguiente artículo de la Wiki: [Esperas e hipódromos IFR](#)

Altitudes mínimas del sector (Minimum Sector Altitudes, MSA)

La Altitud Mínima del Sector (MSA) es la altitud más baja que puede utilizarse y que proporcionará protección frente a todos los obstáculos situados en el área contenida dentro de un sector de un círculo de 46 km (25 NM) centrado en una ayuda a la radionavegación o punto de referencia.

Hay textos que denominan a la MSA como Altitud Mínima de Seguridad. No obstante, dicha expresión es genérica, utilizada en varios casos para denotar una altitud por debajo de la cual no es seguro volar debido a la presencia de obstáculos. No existe una definición OACI del término "altitud mínima de seguridad" como tal.

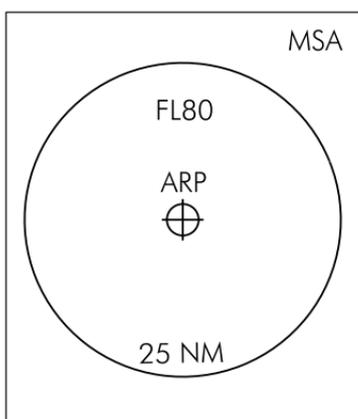
Los pilotos deben ser conscientes en todo momento de su posición relativa a la MSA.

La MSA se define en los aeropuertos que cuentan con procedimientos de aproximación instrumental. La construcción básica de esta consiste en un círculo de 46 km (25 NM) de radio centrado en alguno de los siguientes puntos:

- Radioayuda de referencia que de soporte a la aproximación. Este es el caso más extendido actualmente.
- Aerodrome/Heliport Reference Point (ARP/HRP), aplicable principalmente en aproximaciones RNP.

A dicho círculo se le añade un margen adicional (buffer) de 5 NM y se aplica el margen de protección frente a obstáculos, ya explicado en la introducción del documento.

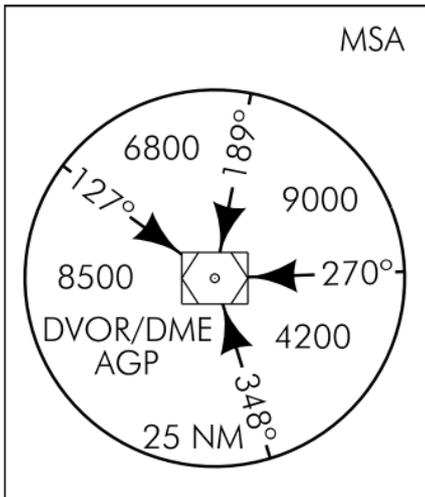
En la siguiente imagen se puede observar un ejemplo básico de MSA. En este caso, está asociada a una aproximación RNP, centrada en el ARP y sólo cuenta con un único sector.



Fuente: AIP España

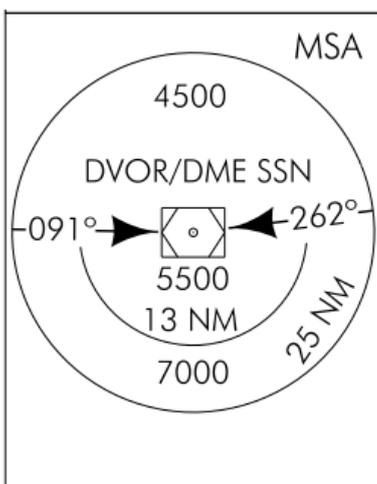
En caso de que el terreno sea variable, puede ser interesante la definición de varios subsectores para obtener altitudes más bajas. En este ejemplo, basado en el uso del DVOR/DME AGP, se observa que se definen cuatro sectores ya que, en caso de definir sólo uno, la MSA completa sería de 9000 ft, existiendo zonas donde podría ser de hasta 4200 ft.

Para dividir los diferentes sectores se indica el curso magnético de acercamiento al punto de referencia.



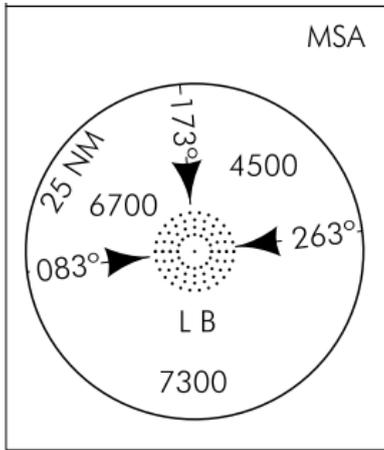
Fuente: AIP España

A continuación, se muestra un ejemplo más complejo en el que, además de definir subsectores basados en radiales, también se delimitan por distancias al DME.



Fuente: AIP España

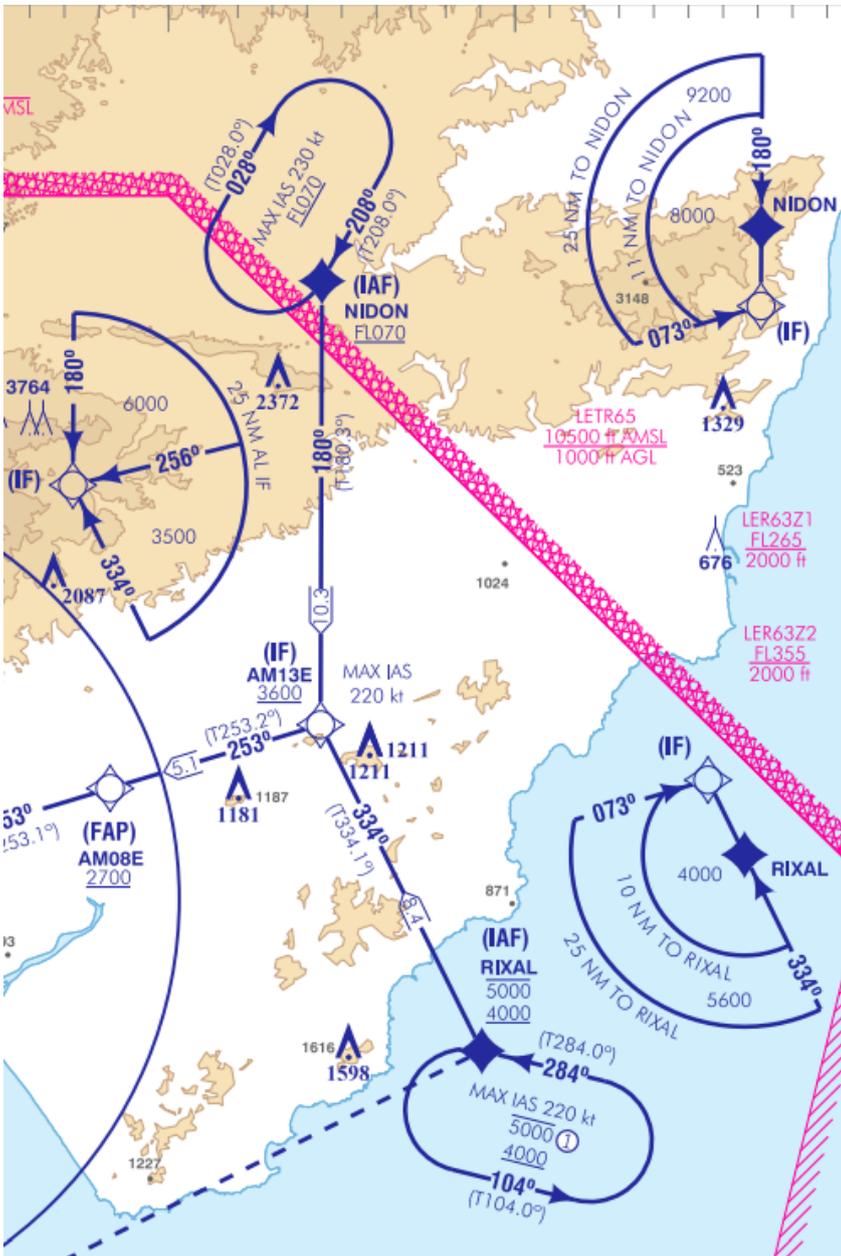
También se puede definir una MSA centrada en un NDB.



Fuente: AIP España

Aunque no forma parte del temario evaluable para el rango SPP, a modo informativo se muestra una Terminal Arrival Altitude (TAA), que aplica en aproximaciones RNP.

La flexibilidad de dichos procedimientos permite establecer varios puntos de referencia, sin depender de radioayudas. Como se observa en la imagen, existen tres puntos de referencia, dos IAF y un IF. Dependiendo del punto al que volemos, aplicaríamos unos sectores u otros.



Fuente: AIP España (LEAM RNP Z 25)

La aplicación de la MSA es fundamental en caso de volar fuera de un procedimiento y sin otras altitudes de apoyo, como la MRVA (ver más adelante) si hay servicio ATC con radar.

Como piloto, si se vuela en IFR en un área terminal próximo al aeropuerto, excepto cuando se siga las instrucciones de vectorización del ATC, o cuando se siga un procedimiento publicado, se debe utilizar la MSA para garantizar el franqueamiento de obstáculos.

Un ATC que controle una aeronave fuera de una ruta publicada en un área terminal, debe tener en cuenta la MSA, excepto si se publican las MRVA (altitud mínima de vectorización por radar).

Una aeronave puede estar por debajo de la altitud MSA sólo si sigue las restricciones de altitud publicadas en las cartas para la ruta utilizada o, si el ATC da una altitud inferior compatible con las MRVA publicadas para el sector donde se está volando.

Altitud Mínima de Vectorización (Minimum Vectoring Altitude, MVA)

La Altitud Mínima de Vectorización (Radar), denominada MVA (MRVA), es la altitud más baja a la que un ATC que suministre servicio de control radar puede emitir autorizaciones de altitud cuando vectoriza o recorta la ruta de una aeronave, excepto si se autoriza lo contrario para las aproximaciones, salidas y frustradas por radar.

Las cartas MVA pueden tener un aspecto diferente de un país a otro y sus denominaciones pueden variar.

Esta altitud también se denomina Altitud mínima de vuelo (Minimum Flight Altitude, MFA), Altitud mínima de vectorización por radar (Minimum Radar Vectoring Altitude, MRVA) o Altitud mínima de vigilancia ATC (ATC Surveillance Minimum Altitude, ASMA).

Estas cartas MVA deberían estar disponibles cuando se establezcan procedimientos de vectorización.

La vectorización es la provisión de guía de navegación a las aeronaves en forma de rumbos específicos, basada en el uso de un sistema de vigilancia ATS.

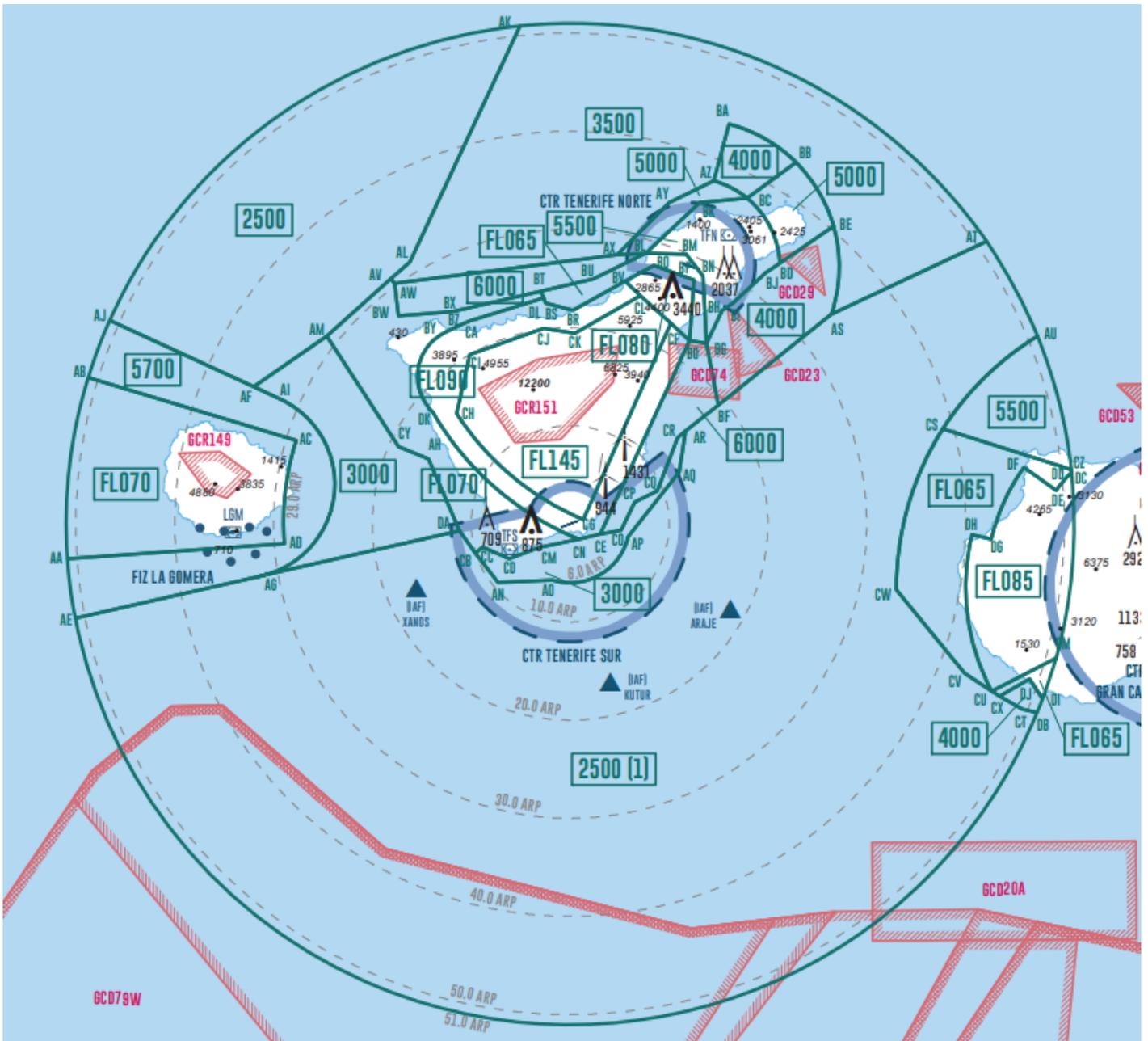
Las mínimas radar han de tener en cuenta los requisitos de franqueamiento frente a obstáculos, incluyendo aumentos de margen por terreno montañoso. Al igual que en la MSA, se tienen en cuenta los obstáculos ubicados en un margen lateral de mínimo 3 NM para cada sector, pudiendo ser mayor si el sector se encuentra lejos del radar.

Además, las mínimas deben asegurar cobertura radar y de comunicaciones. En caso contrario, se podrían dar situaciones en las que la aeronave desaparece del radar, o sería imposible contactar con el piloto.

Las altitudes mínimas de vectorización se corregirán en función de la temperatura, ya que, con bajas temperaturas, la altitud real de la aeronave es inferior a la indicada. La corrección de la temperatura se basará en los registros anuales de temperatura mínima.

En España, las mínimas se publican en el AIP, dentro de las *Cartas de altitud mínima de vigilancia de control de tránsito aéreo* (Air Traffic Control Surveillance Minimum Altitude chart, ATCSMAC).

A continuación se muestra un ejemplo de ATCSMAC en Tenerife. Se puede observar cómo las altitudes mínimas son más altas en función del terreno.



Fuente: AIP España

Responsabilidades del piloto

El piloto al mando es responsable de la seguridad de la operación de la aeronave y sus ocupantes durante el vuelo. Esto incluye la responsabilidad del franqueamiento de obstáculos, excepto cuando un vuelo IFR está siendo vectorizado o se le está dando una ruta directa asistida por radar.

Cuando el ATC no está proporcionando un servicio de vigilancia o vectorización por radar, y un piloto acepta una ruta directa lejos de la ruta publicada, el piloto es responsable de mantenerse libre de obstáculos y la MSA debe ser respetada en estas circunstancias.

Es común que la MVA tenga un valor inferior a la MSA.

El piloto al mando deberá vigilar continuamente la posición de la aeronave utilizando las ayudas a la navegación y los sistemas de a bordo para mitigar las consecuencias derivadas de un fallo del radar. También supervisará continuamente la comunicación con el ATC mientras se vectoriza por radar y ascenderá inmediatamente a la MSA:

- Si el controlador de tráfico aéreo no da más instrucciones en un intervalo adecuado.
- En caso de un fallo de comunicación.

Si la tripulación de vuelo cree que una altitud autorizada pondrá a la aeronave en riesgo de colisión con el terreno, debe informar al ATC inmediatamente.

Responsabilidades del ATC

Los objetivos del servicio de control del tráfico aéreo no incluyen la prevención de la colisión con el terreno. Los procedimientos no eximen a los pilotos de su responsabilidad de garantizar que las autorizaciones emitidas por las dependencias de control de tránsito aéreo sean seguras en este sentido.

Cuando se vectorice una aeronave fuera de una ruta ATS o de una llegada de procedimiento, el controlador emitirá autorizaciones de tal manera que el franqueamiento con obstáculos exista en todo momento hasta que la aeronave alcance el punto en el que el piloto reanude su propia navegación.

Cuando un vuelo IFR está siendo vectorizado por radar, el control de tráfico aéreo (ATC) puede asignar altitudes mínimas de vectorización que estén por debajo de la altitud mínima del sector.

Las MVA proporcionan el franqueamiento frente obstáculos en todo momento hasta que la aeronave alcance el punto en el que el piloto reanude su propia navegación.

Altitud Mínima Libre de Obstáculos (Minimum Obstacle Clearance Altitude, MOCA)

La altitud mínima libre de obstáculos, denominada MOCA, es la altitud mínima para un segmento definido que proporciona el franqueamiento de obstáculos requerido.

La MOCA se determina y publica para cada segmento de la ruta. Las cartas proporcionarán la separación horizontal y vertical adecuada en aquellas zonas en las que la existencia de obstáculos pueda ser un factor para la seguridad de los vuelos.

La MOCA únicamente asegura una separación vertical mínima de 1000 pies o 300 m, superior en caso de zonas montañosas, con los obstáculos. La MOCA puede situar a una aeronave por debajo de la cobertura del radar ATC (MRVA) y/o por debajo de la altitud mínima de recepción (MRA).

Existen excepciones a lo descrito anteriormente. En el caso de los Estados Unidos, la MOCA asegura también un rango de recepción VOR de 22 NM.

La MOCA siempre está relacionada con una altitud mínima en ruta (Minimum Enroute Altitude, MEA).

En la siguiente imagen, extraída del [Instrument Procedures Handbook de la FAA](#) se muestra un ejemplo de MOCA. La publicación o no en las cartas depende del país.



Figure 2-58. Minimum obstacle clearance altitude (MOCA).

Fuente: [Instrument Procedures Handbook \(FAA\)](#)

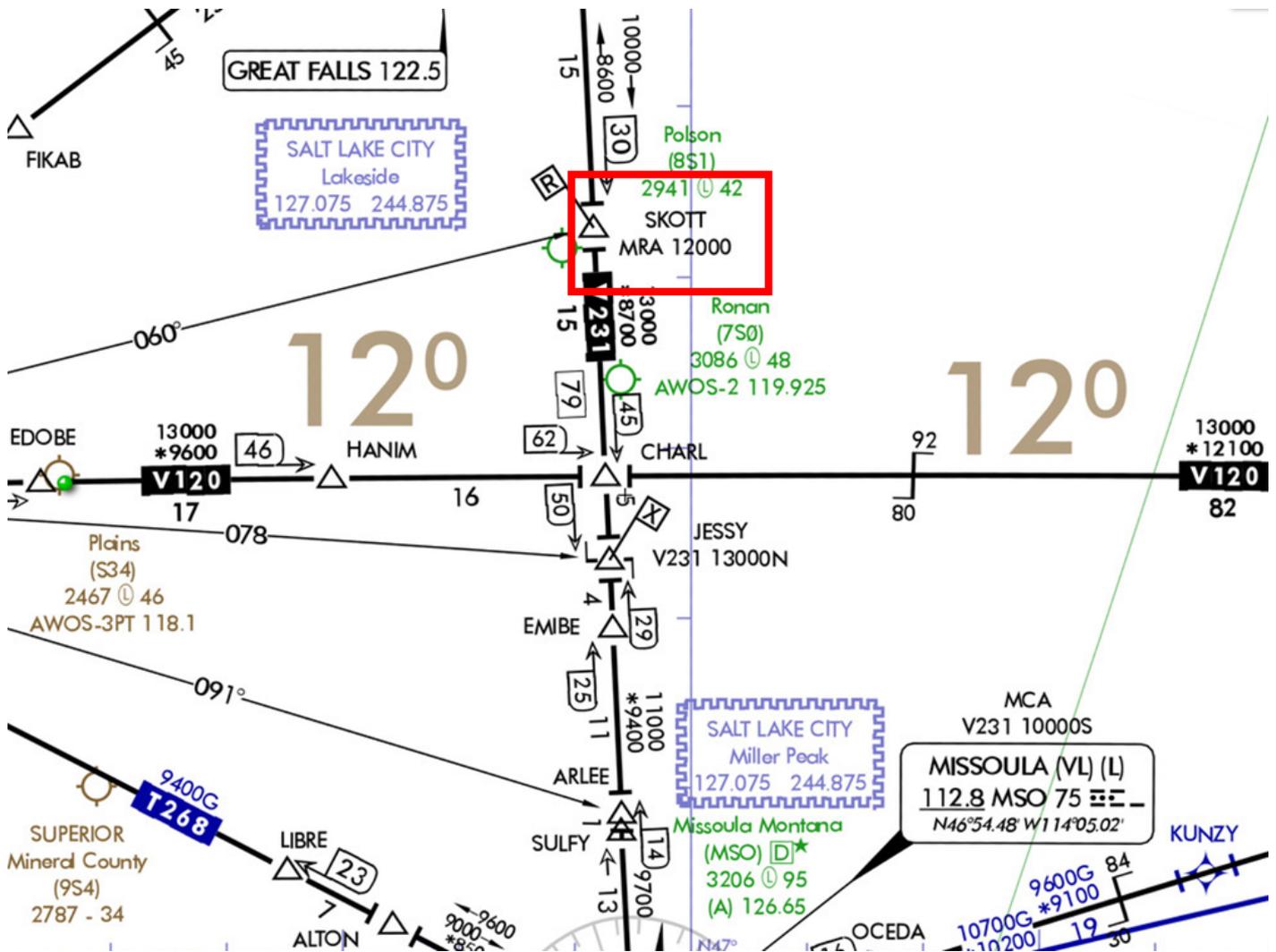
Altitud mínima de recepción (Minimum Reception Altitude, MRA)

La Altitud Mínima de Recepción, denominada MRA, es la altitud más baja en un segmento de aerovía que asegura la recepción de las señales de las ayudas a la navegación, como VOR o NDB.

Normalmente, cuanto mayor sea la distancia entre las ayudas a la navegación, mayor será la MRA.

No todos los países publican la MRA en los AIPs.

En la siguiente imagen, extraída de Skyvector se muestra un ejemplo de MRA en Estados Unidos.



Fuente: Skyvector

Altitud mínima en ruta (Minimum Enroute Altitude, MEA)

La altitud mínima en ruta, denominada MEA, se determina en coordinación con los servicios ATS y se publican para cada segmento de la ruta. La MEA es la altitud más alta entre las siguientes:

La MOCA.

La altitud mínima para la recepción de las ayudas a la navegación implicadas.

La altitud mínima para la recepción de las comunicaciones.

La altitud mínima que cumple con la estructura ATS.

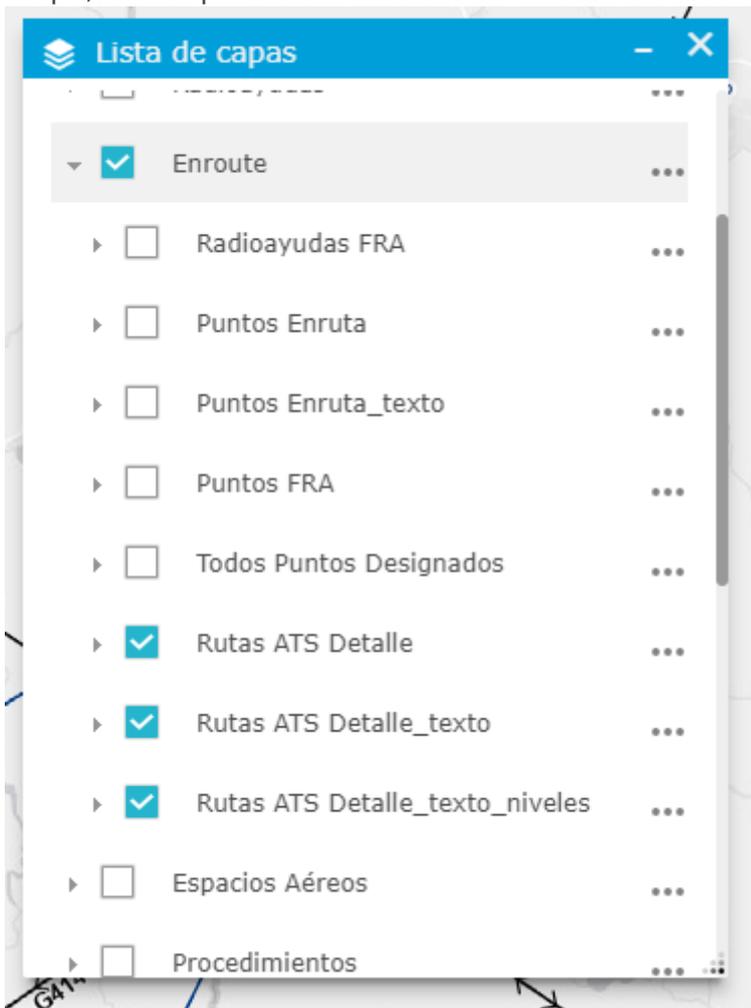
El piloto debe considerarla como obligatoria, ya que asegura la correcta operación del vuelo en diferentes espacios aéreos o rutas ATS. La MEA asegura la correcta recepción de las comunicaciones, ayudas a la navegación, franqueamiento de obstáculos, y adecuación con el espacio aéreo, así como los procedimientos ATC o locales.

La MEA se puede encontrar en las cartas de *En Ruta* de los diferentes AIP. En el caso de España, además de estar publicadas en el AIP, también se encuentran disponibles en Insignia, junto con más información relevante para el usuario. Para cargarlas, seguiremos estos pasos:

1. Entrar en la página de [INSIGNIA](#) de Enaire, se nos abrirá un mapa.
2. En este mapa, encontraremos una lista de capas en la parte izquierda.



3. Dentro de las capas operacionales, una de ellas está nombrada como Enroute, dentro de esta opción, encontraremos Rutas ATS. Seleccionando estas, se nos aplicará las capas al mapa, donde podremos interactuar con las aerovías.



Si queremos visualizar las aerovías en formato de tabla. Podemos encontrarla en el [AIP](#) de Enaire, PARTE 2 - En RUTA (ENR), ENR 3 [Rutas ATS](#)

Hasta ahora, normalmente han existido dos listados en el AIP donde se recogen las aerovías en función del modo de navegación. En el caso de las aerovías convencionales, se encuentran en el ENR 3.1. En el caso de las basadas en PBN, en el ENR 3.2. No obstante, varios países, como España, están eliminando las aerovías convencionales para hacer una transición a la navegación PBN. Es posible que, según el país, existan aerovías en ambos listados, o sólo tengan aerovías RNAV 5.

Altitud mínima fuera de ruta (Minimum Off-Route Altitude, MORA)

Existen varias altitudes asociadas a la MORA, que pueden estar presentes o no dependiendo de las cartas que usemos.

La MORA es una altitud calculada por Jeppesen, uno de los principales proveedores de cartas aeronáuticas. La MORA asegura el franqueamiento de obstáculos a 10 NM a cada lado de la aerovía, incluyendo un radio de 10 NM más allá de los puntos que la definen. No confundir con la Grid MORA que veremos a continuación.

La Grid MORA es una altitud calculada por Jeppesen o suministrada por los Estados. Dicha altitud permite el franqueamiento de obstáculos dentro de una zona delimitada por paralelos y meridianos. No asegura cobertura de comunicaciones o navegación.

Existen AIPs, como el de España, donde se usa la denominación *Altitud Mínima de Área* (Area Minimum Altitude, AMA) en vez de Grid MORA. También se puede encontrar en los documentos de la OACI.

La OACI define la AMA como la altitud mínima a mantener bajo condiciones IMC que cumple franqueamiento frente a obstáculos dentro de un área especificada, normalmente delimitada por paralelos y meridianos.

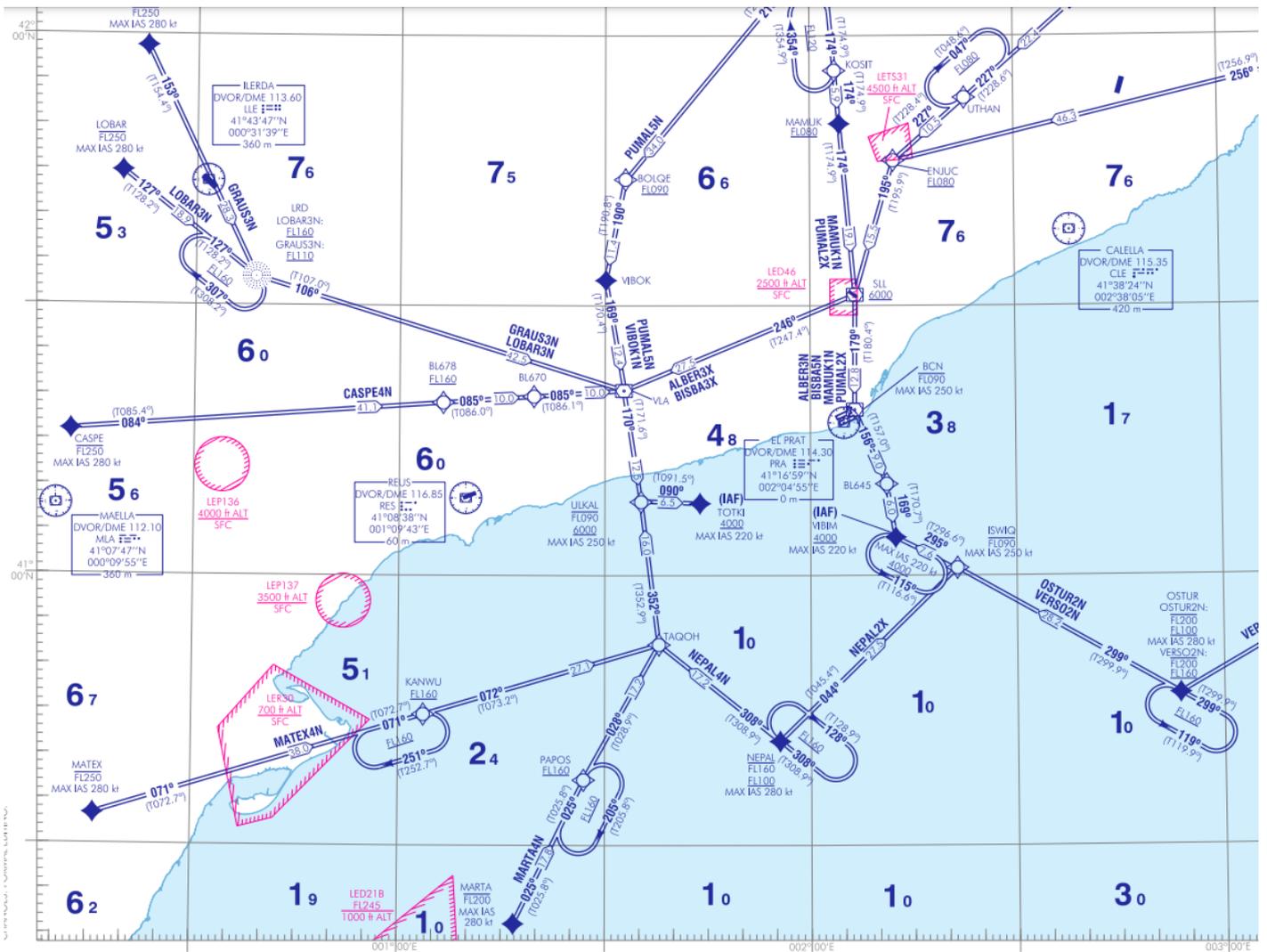
La AMA/Grid MORA es una altitud útil para asegurar franqueamiento frente a obstáculos, si el piloto desea o debe salir de la aerovía.

Unos ejemplos de motivos para salirse de la aerovía serían un descenso de emergencia en caso de despresurización, o volar directos a un punto alejado de la aerovía.

En la planificación del vuelo, el piloto debería comprobar qué AMA/Grid MORA le puede afectar.

A continuación se muestran unos ejemplos de AMA/Grid MORA. Es importante conocer el formato que se usa en cada tipo de cartas, ya que la presentación de dichos valores puede variar. En este caso, se expone un ejemplo del AIP España y de Jeppesen.

En el caso del AIP, la AMA se puede encontrar principalmente en las cartas SID/STAR y en ruta. Las cuadrículas de las AMAs se dividen con un paso de medio grado.



Fuente: AIP España

También se pueden visualizar en Insignia activando la capa correspondiente.

En ambos casos, la altitud se indica en cientos de pies omitiendo los dos últimos dígitos. Por ejemplo, 76 indica 7600 ft.

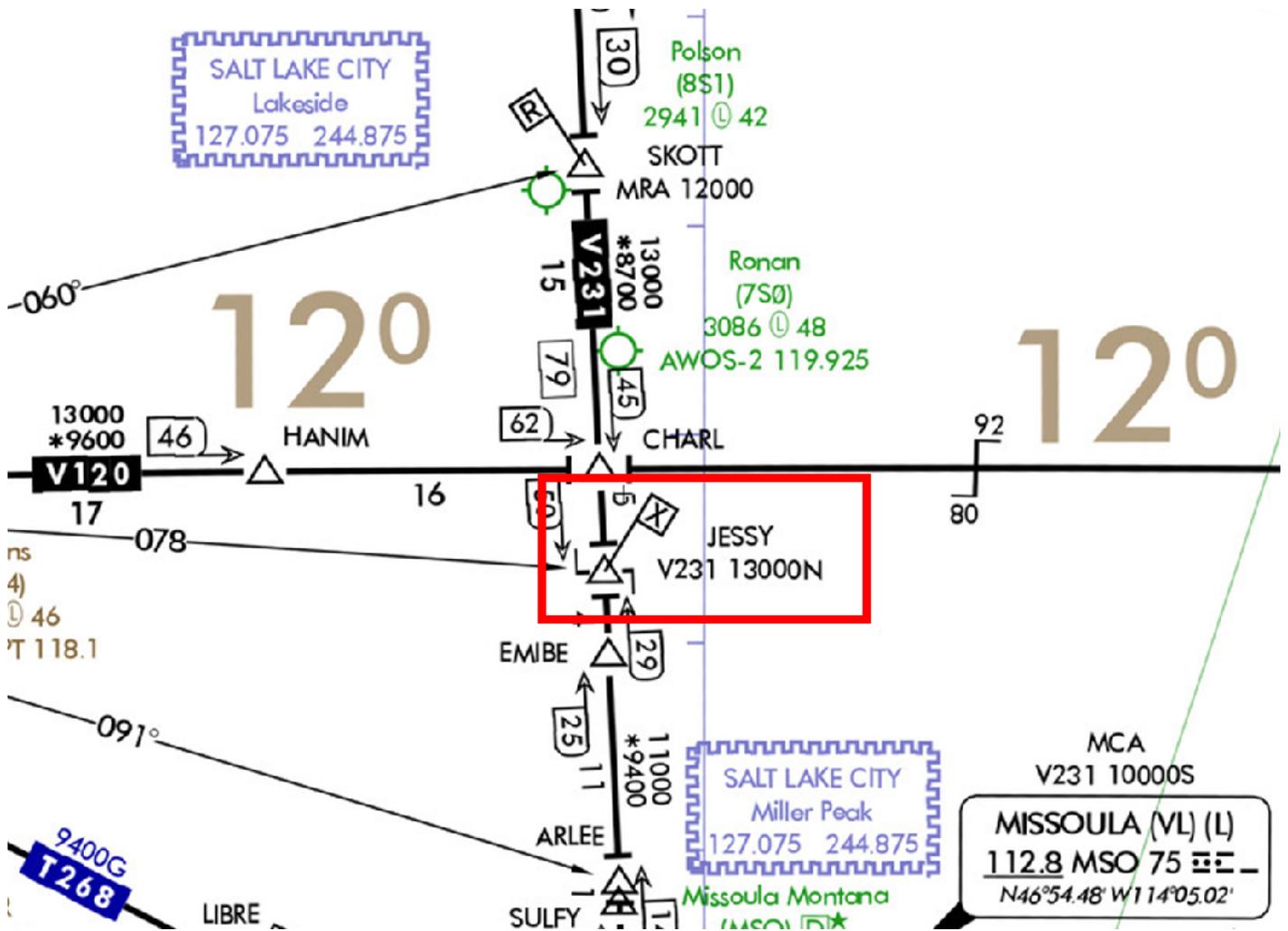
Altitud mínima de cruce (Minimum Crossing Altitude, MCA)

La Altitud Mínima de Cruce, denominada MCA, es la altitud más baja a la que se puede cruzar un punto de navegación al entrar o continuar por una aerovía, permitiendo el franqueamiento de obstáculos mientras realiza un ascenso normal a la altitud mínima IFR en ruta (MEA) requerida de la aerovía más allá del punto.

No todos los países publican la MCA en los AIPs.

La MCA está relacionada con la recepción de la señal y franqueamiento de obstáculos. En este ejemplo, extraído de las cartas FAA, se indica con una [X], junto con el punto, aerovía, y MCA aplicable. El piloto debe ascender a la MCA antes de llegar a la intersección.

Ejemplo: JESSY V231 13000N significa que, en el punto JESSY de la aerovía V231, la MCA es de 13000 cuando se vuela hacia el norte.



Fuente: Skyvector