

REPÚBLICA ARGENTINA
ESCUELA DE CIENCIAS DEL MAR
CURSO DE CAPACITACIÓN PARA OFICIALES EN
METEOROLOGÍA



TRABAJO FINAL INTEGRADOR
CONDICIONES METEOROLÓGICAS PROPICIAS
PARA EL VUELO A VELA.

Autor: Alférez Mariano Fabrizio Massara.

Tutor: Teniente Juan Martin Del Oso

FUERZA AÉREA ARGENTINA
2015

ÍNDICE

ÍNDICE	I
INTRODUCCIÓN	III
OBJETIVOS	IV
TITULO I	5
1.1 PLANEADORES	5
1.2 CONDICIONES METEOROLÓGICAS PARA EL VUELO A VELA	6
TITULO II	7
2.1 VUELO A VELA EN TÉRMICAS	7
2.1.1 Polvo y humo	9
2.1.2 Torbellino de polvo	9
2.1.3 Nubes cumuliformes.	12
2.1.4 Cúmulos en torre o cumulonimbos	13
2.1.5 Viento y cortante de viento	14
2.1.6 Calles térmicas.....	15
2.1.7 Índice térmico	16
2.2 VUELO A VELA EN ZONAS FRONTALES	19
2.3 VUELO A VELA EN BRISAS DE MAR	20
2.4 VUELO A VELA EN SIERRAS Y COLINAS	23
2.5 VUELO A VELA EN ONDAS DE MONTAÑA.....	25
TITULO III	29

3.1 LA PREDICCIÓN DE ONDA Y DE SUS CARACTERÍSTICAS: FACTORES ATMOSFÉRICOS A TENER EN CUENTA	29
3.2 SONDEO METEOROLÓGICO.....	30
3.3 RADIO SONDEO MODO TEXTO	31
3.4 SONDEO TERMODINÁMICO MODO GRÁFICO.	32
CONCLUSIÓN	35
BIBLIOGRAFÍA	36

INTRODUCCIÓN

El vuelo a vela es posiblemente hoy, el deporte que más estrechamente está relacionado con la meteorología. Para el piloto de vuelo a vela conocer la meteorología es fundamental, ya que, es el motor impulsor de su aeroplano.

En el vuelo a vela podemos aprovechar cualquier condición climatológica en la que nos encontremos para practicar nuestro deporte: en verano el sol calienta el suelo y nuestro vuelo es fundamentalmente a térmica. En otoño e invierno, el calor no es suficiente para producir térmicas que permitan ascender demasiado alto, pero las condiciones son muy buenas para aprovechar el viento en las laderas.

Realizar un estudio de la meteorología para el día de vuelo es la actividad con más relevancia. Los días anteriores se pueden hacer predicciones, pero ese día en concreto es cuando se estudia con más detenimiento y fiabilidad cual va a ser la evolución de la atmósfera durante nuestro vuelo. Hay que estudiar aspectos muy importantes, como la humedad, temperatura máxima prevista, tipos de nubes que se van a formar y su evolución, velocidad y dirección del viento, observar las isobaras para estudiar posibles frentes, las variantes del viento, etc. Y lo más importante, se realiza y analiza, un sondeo. Son conceptos fundamentales que hay que conocer para realizar un vuelo seguro y efectivo.

OBJETIVOS

Teniendo en cuenta que todos los años una promoción de cadetes de la Escuela de Aviación Militar de la Fuerza Aérea Argentina realiza el curso de adaptación al vuelo en planeadores con pocos conocimientos de meteorología y a partir de la relevancia que ocupa esta ciencia dentro de esta actividad aérea, el objetivo del presente trabajo es brindar apoyo informativo al curso de introducción al vuelo a vela y poder demostrar dicha importancia, exponiendo las principales alternativas meteorológicas posibles para llevar a cabo un vuelo y dar conocimiento de los aspectos a tener en cuenta para efectuar la actividad de la forma más segura para el piloto.

TITULO I

1.1 PLANEADORES

Un planeador, es un aerodino (una aeronave más pesada que el aire), de notable superficie alar, carente de motor (no motorizado). Sus fuerzas de sustentación y traslación provienen únicamente de la resultante general aerodinámica, al igual que las de los demás planeadores como parapentes y alas delta. Compartiendo con ellos la práctica del vuelo libre, este tipo de aeronaves se emplea en el deporte del vuelo a vela, aunque también ha sido usado para otros propósitos, ej. Militares o de investigación.



Planeadores Grob G102 Astir CS.-Club de Planeadores Rafaela. (Regionhoy, 2010)

Una característica es su elevada relación de distancia recorrida frente a la altura perdida (relación de planeo). Dicha característica hace de esta familia de aeronaves la forma más eficiente de volar. Esto se logra oponiendo resistencia mínima ante una fuerza de sustentación dada; es por ello que poseen alas largas y delgadas, y un fuselaje estrecho y aerodinámico. Estas propiedades facilitan el ascenso gracias a corrientes de aire ascendentes (térmicas o dinámicas).

Los hay tripulados y no tripulados o radio controlados; de tamaño real y aeromodelos a escala; los hay de ala flexible de tela (parapente) o alas de

estructuras rígidas o semiflexibles (velero planeador y ala delta). Se utilizan para la práctica del vuelo libre. (Fieque, 2007)

1.2 CONDICIONES METEOROLÓGICAS PARA EL VUELO A VELA

Este deporte aprovecha la permanente energía de la atmósfera para navegar en el aire. Se utiliza el viento "vertical", cuya fuerza ascensional permite ganar altura, pese a no tener motor y realizar rápidos y extensos planeos hasta la próxima corriente ascendente.

Para un volovelista el término "ascenso" significa velocidad de trepada que puede alcanzar en una corriente ascendente, mientras que "descenso", expresa la velocidad de descenso en una ráfaga descendente. Descenso "cero" significa que las corrientes ascendentes son lo suficientemente fuertes para mantener altura pero no para trepar.

Las corrientes verticales tienen su origen en varias fuentes, las que permiten establecer cinco categorías de vuelo a vela:

- en térmicas.
- en zonas frontales.
- en brisas de mar.
- en sierras y colinas.
- en ondas de montaña.

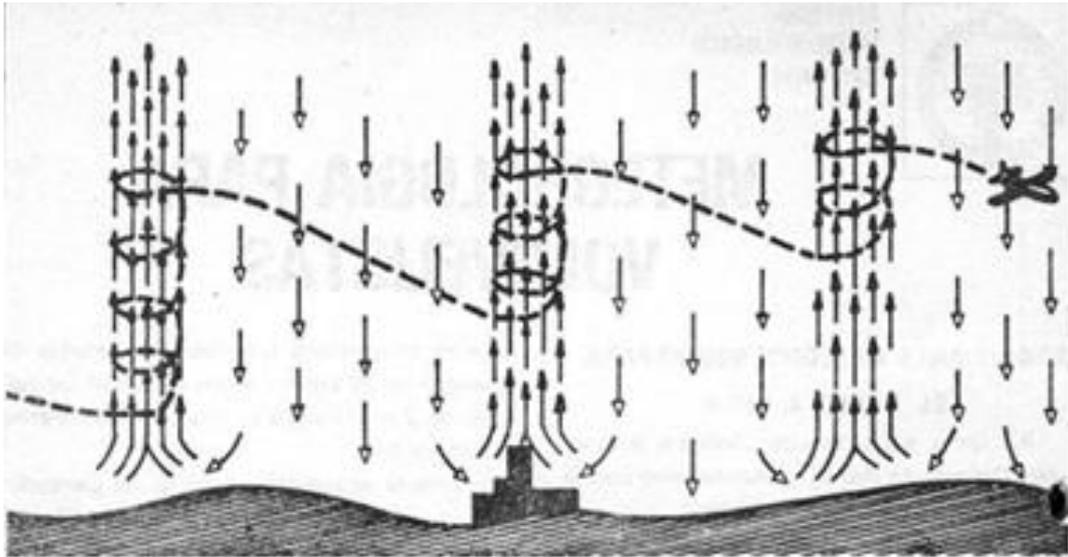


Vista aérea desde planeador

TITULO II

2.1 VUELO A VELA EN TÉRMICAS

El 80% de los vuelos a vela dependen del ascenso en "térmicas". ¿Qué es una térmica?, simplemente es una corriente convectiva ascendente de pequeña escala.



Representación gráfica de ascendentes térmicas

Los volovelistas deberán, ganar altura en las células convectivas locales y permanecer en ellas suficiente tiempo como para vencer el descenso normal, así como también, para recuperar la altura perdida en las corrientes de descenso. Los pilotos realizan, generalmente círculos a baja velocidad relativa dentro de la térmica y luego se lanzan como una flecha en línea recta hacia la próxima térmica.

El calentamiento en capas bajas de la superficie terrestre es un requisito para el desarrollo de las térmicas; ese calentamiento proviene del sol, aún cuando puede argumentarse que existen también otras fuentes de calor creadas por el hombre tales como: chimeneas, fábricas y ciudades. El aire frío desciende desplazando hacia arriba al aire caliente de las térmicas.

Por lo tanto, en una convección de pequeña escala, las térmicas y las corrientes descendentes se hallan muy próximas entre sí.

Las térmicas de rápido ascenso cubren, generalmente, un pequeño porcentaje del área convectiva, mientras que las corrientes descendentes más lentas predominan sobre la parte restante del área.

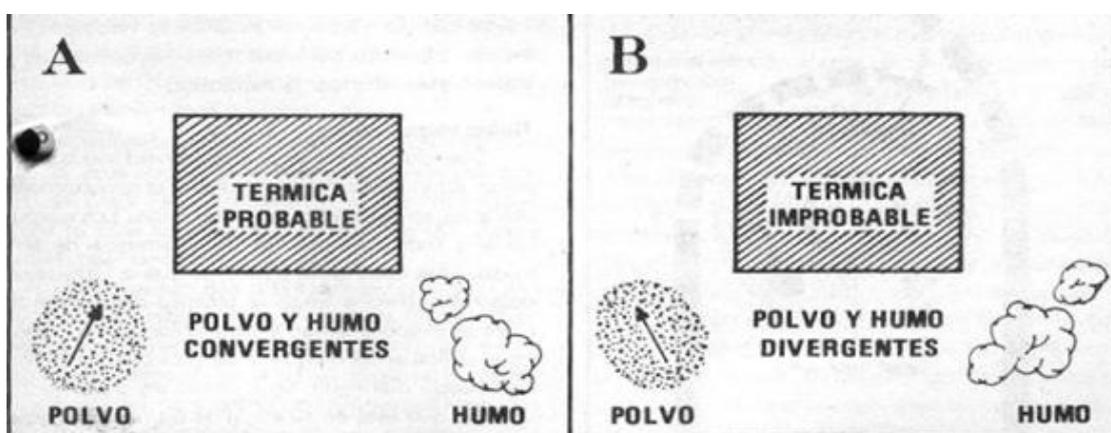
Como las térmicas dependen del calentamiento del sol, el vuelo a vela en térmicas está virtualmente limitado a las horas en que hay luz solar y en especial en aquéllas de máxima insolación. El aire tiende a estabilizarse durante la noche, debido al enfriamiento producido en capas bajas por la radiación terrestre que produce a menudo una inversión de temperatura cercana a la superficie. El aire estable impide la convección y las térmicas no se forman hasta que esa inversión se destruya o se eleve lo suficiente como para permitir el vuelo a vela debajo de la misma.

Como las térmicas convectivas se gestan y desarrollan como consecuencia del desigual calentamiento del suelo, el lugar más probable para su formación es por encima de las superficies que se calientan más rápidamente.

Cuando el cielo está despejado, el piloto deberá buscar aquellas superficies que se calientan más rápidamente. Los terrenos rocosos o arenosos, los campos no arados rodeados de verde vegetación, las ciudades, las fábricas. También es muy importante, además de las características del terreno, la hora del día. La inclinación de los rayos solares afecta la localización de las térmicas sobre los terrenos montañosos. Antes del mediodía el sol afecta más directamente a las estribaciones orientales que a las demás. Durante el mediodía esas áreas favorables tienden a desplazarse hacia las pendientes orientadas al norte en latitudes medias del hemisferio sur (en latitudes medias del hemisferio norte, hacia el sur y en el área tropical, depende de la época del año). Por la tarde las térmicas se mueven hacia las pendientes que miran al oeste antes de que comiencen a debilitarse cuando el sol del atardecer comienza a ocultarse en el horizonte. (Cabrera, 2005)

2.1.1 Polvo y humo

Para alimentar las térmicas, los vientos en superficie deben converger. Cuando se identifica un lugar probable para la formación de térmicas, hay que tratar de ubicar el movimiento del polvo o humo cerca de la superficie. Si se ven corrientes de polvo o humo proveniente de dos o más fuentes que convergen en el lugar, se ha elegido el lugar adecuado. Si por el contrario las corrientes de humo o polvo divergen, una corriente descendente se originará probablemente, sobre el lugar, neutralizando la formación de térmicas. (Cabrera, 2005)



Representación gráfica de polvo y humo en convergencia y divergencia

2.1.2 Torbellino de polvo

Un **torbellino** es un fenómeno meteorológico que consiste en un vórtice de viento (una columna de aire que rota en posición vertical) que presenta un rápido movimiento giratorio en torno a un eje que permanece relativamente estable. Los torbellinos se forman cuando en una masa de aire en movimiento surge una diferencia de velocidad entre dos regiones generando turbulencias. Este fenómeno ocurre en todas partes del planeta y en cualquier estación del año.



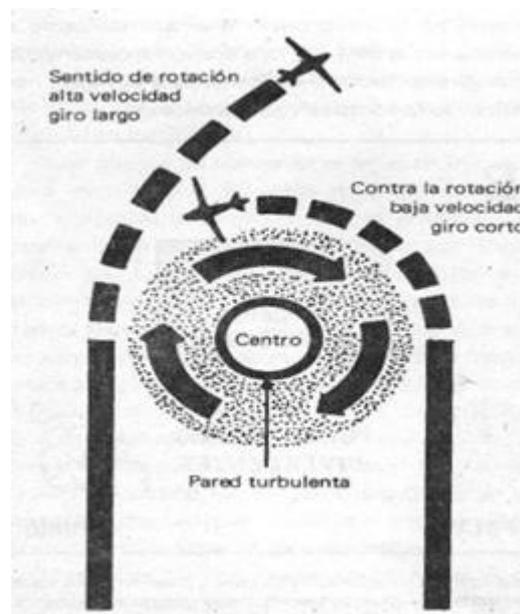
Torbellino de arena de tamaño medio

El frotamiento del aire con el suelo o la perturbación de éste por pequeños obstáculos engendran numerosos remolinos cuyo diámetro puede ser de unos decímetros solamente. Esos torbellinos se hacen visibles sobre un suelo terroso, pues levantan polvo que revela el movimiento giratorio del aire y la existencia de una zona axial en la cual éste no tiene fuerza suficiente para arrastrar las partículas sólidas. En las trombas y tornados, el remolino mide unas decenas de metros de diámetro y la violenta ascendencia que los provoca les permite elevar a mucha altura una columna líquida. Los ciclones tropicales tienen un diámetro del orden de 100 km; en torno de un ojo (parte central relativamente calma) el viento gira con velocidades de 100 a 200 km/h. De este modo, las grandes perturbaciones ciclónicas son gigantescos torbellinos que llegan a medir millares de km de diámetro.

Los torbellinos de polvo ocurren con cielo despejado en terrenos arenosos o polvorientos y son indicios seguros de fuertes ascendentes térmicas. Pero para asegurarse esta excelente fuente de sustentación habrá que tomar ciertas precauciones. En esos torbellinos las térmicas son generalmente fuertes y turbulentas y están rodeadas de áreas de sustentación débiles o de descenso.

Cuando un planeador se aproxima a un torbellino a una altura demasiado baja, puede ocurrir que aquél se encuentre en una situación crítica para poder recuperarse. Un procedimiento recomendado es aproximarse al vórtice giratorio a una altura de 160 metros o más por encima del terreno. A esa altura se dispone de suficiente espacio aéreo para maniobrar en el caso de entrar en una corriente descendente o en una zona turbulenta demasiado fuerte como para mantener el confort.

Un remolino puede girar tanto en sentido horario como en sentido anti-horario. Antes de acercarse a la columna polvorienta trate de determinar el sentido de rotación observando el polvo y las partículas de desechos cerca de la superficie terrestre. Si usted entra en el sentido de rotación del torbellino, la velocidad del viento se suma a la velocidad relativa del planeador adquiriendo una velocidad circular mayor, la que será demasiado elevada para mantenerse dentro de la térmica. Si entra en sentido contrario al de la rotación, la velocidad del viento se resta de la velocidad relativa proporcionando una velocidad circular menor, la que favorecerá su permanencia en el torbellino. (Cabrerá, 2005)



Representación gráfica del giro de un torbellino de polvo

2.1.3 Nubes cumuliformes.

Los cúmulos son un tipo de nube que exhibe considerable desarrollo vertical, tiene bordes claramente definidos y un aspecto que a menudo se describe como algodonoso. Los cúmulos pueden formarse solos, en filas o en grupos. Dependiendo de los efectos de otros factores atmosféricos, como la inestabilidad, la humedad y el gradiente térmico, los cúmulos son precursores de otros tipos de nubes y pertenecen a la categoría general de nubes cumuliformes, la cual incluye también cúmulos, congestus y cumulonimbus. Los cúmulos y cumulonimbus más intensos están asociados con fenómenos de tiempo severo tales como granizo, trombas o mangas de agua y tornados.



Cúmulos agrupados

Cuando se generan nubes convectivas, las térmicas están en pleno desarrollo y el problema de ubicarlas se simplifica enormemente. Los cúmulos son indicios positivos de ocurrencia de térmicas. Una nube crece a medida que la térmica se desarrolla; pero cuando la térmica desaparece la nube se evapora lentamente. Debido a que la nube se disipa después de que la térmica cesa, el piloto debe distinguir un cúmulo en crecimiento de otro que está en disipación. A medida que los cúmulos crecen, proyectan sombras sobre el terreno que los ha originado. La superficie se enfría y el desarrollo de las térmicas se suspende momentáneamente. A medida que las nubes se disipan o son desplazadas por el viento, la superficie se calienta y las térmicas se desarrollan nuevamente.

A medida que se intensifica el calentamiento, la capa nubosa aumenta hasta cubrir gran parte del cielo. El calentamiento se suprime una vez más lo cual hace que las térmicas se debiliten o cesen por completo.

No obstante cuando una cobertura extensa de nubes convectivas reduce la actividad de las térmicas, no es posible establecer cuál es la cantidad de nubes para determinar si las térmicas serán demasiado débiles para la práctica del vuelo a vela. Sin embargo, se puede aceptar que 4 octavos de cielo cubierto es buen promedio para la realización de esas actividades. En esos casos el vuelo debe realizarse cerca de las nubes. (Cabrera, 2005)

2.1.4 Cúmulos en torre o cumulonimbos

Los **cumulonimbos** son nubes de gran desarrollo vertical, internamente formadas por una columna de aire cálido y húmedo que se eleva en forma de espiral rotatorio. Su base suele encontrarse a menos de 2 km de altura mientras que la cima puede alcanzar unos 15 a 20 km de altitud. Cuando están plenamente desarrollados adoptan una forma de yunque con la punta hacia atrás con respecto a la dirección del desplazamiento de la tormenta, es decir, a sotavento.



Nubosidad con desarrollo vertical (cumulonimbos)

Estas nubes suelen producir lluvias intensas y tormentas eléctricas, especialmente cuando ya están plenamente desarrolladas.

Se forman cuando el aire es muy inestable, pueden crecer en forma de torres y están en un diferente estado de crecimiento. La energía liberada por la copiosa condensación aumenta el empuje hasta que la térmica se hace violenta. Los cumulonimbos son la nube típica de tormenta y producen lluvia, granizo, engelamiento y turbulencia. Los pilotos de vuelo a vela con poca experiencia deberán evitar las nubes en torre y los cumulonimbos precipitantes.

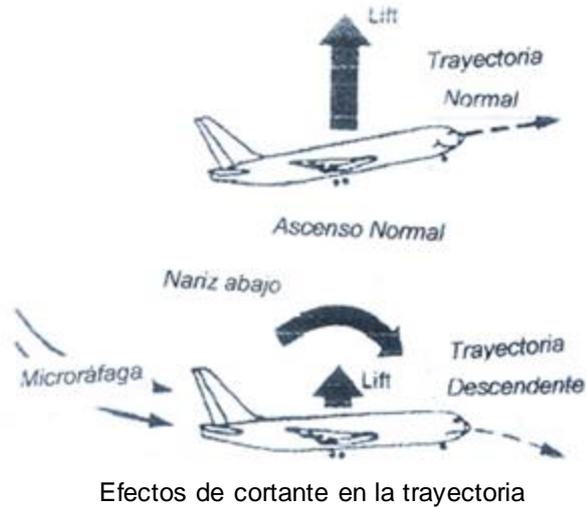
Las térmicas debajo de esas nubes altamente desarrolladas suelen ser tan fuertes que pueden continuar transportando hacia arriba al planeador aún con la nariz dirigida hacia abajo. (Cabrera, 2005)

2.1.5 Viento y cortante de viento

Las térmicas se desarrollan con vientos débiles o calma. Sin embargo, un viento en superficie de 9 a 18 km/h favorece la formación de térmicas mejor organizadas.

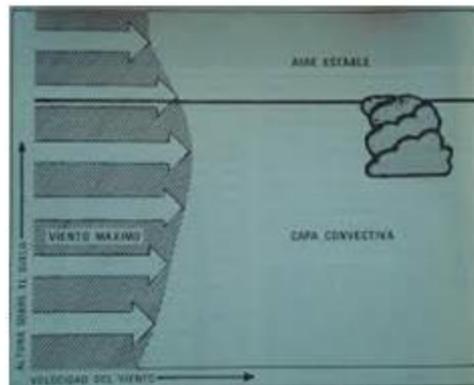
Si el viento en superficie excede los 18 km/h significa, a menudo, un aumento del viento con la altura que suele dar origen a una cortante vertical del viento, que hace que las térmicas se inclinen notablemente con la altura.

Las térmicas intensas pueden permanecer bien organizadas con una fuerte cortante del viento, pero las débiles en cambio se presentan muy distorsionadas o rotas cuando la cortante vertical del viento es fuerte. Una cortante que exceda los 5 km/h por 330 metros distorsiona las térmicas de tal manera que es muy difícil poder usarlas. No hay viento en superficie que pueda indicarnos una cortante de ese valor. Sin embargo, la acción de la cortante es visible en las nubes de tipo cúmulos que aparecen inclinados y desgarrados. No se debe dejar pasar un efecto vital de la cortante vertical del viento en capas bajas. En la aproximación final para el aterrizaje, el velero desciende con un viento de frente decreciente que produce una disminución de la velocidad relativa, la cual puede dar origen a una pérdida de control y/o sustentación del planeador. (Cabrera, 2005)



2.1.6 Calles térmicas

Las calles térmicas se forman cuando la dirección del viento cambia muy poco a través de la capa convectiva que tiene por encima una estratificación estable. Generalmente las calles térmicas son paralelas al viento; pero se han observado ocasionalmente, en ángulos rectos con respecto al viento.



Representación gráfica de calles térmicas

La formación de calles térmicas se ve realizada cuando la velocidad del viento alcanza un máximo dentro de la capa convectiva. Dicha formación puede ocurrir con cielo despejado o con nubes convectivas. Las calles térmicas de cúmulos se dan frecuentemente detrás de los frentes, en el aire

frío de una irrupción polar en la cual se forman cúmulos achatados. Un piloto que vuela en una calle de nubes puede mantener un vuelo continuo y rara vez tendrá que efectuar círculos para mantenerse en el aire.

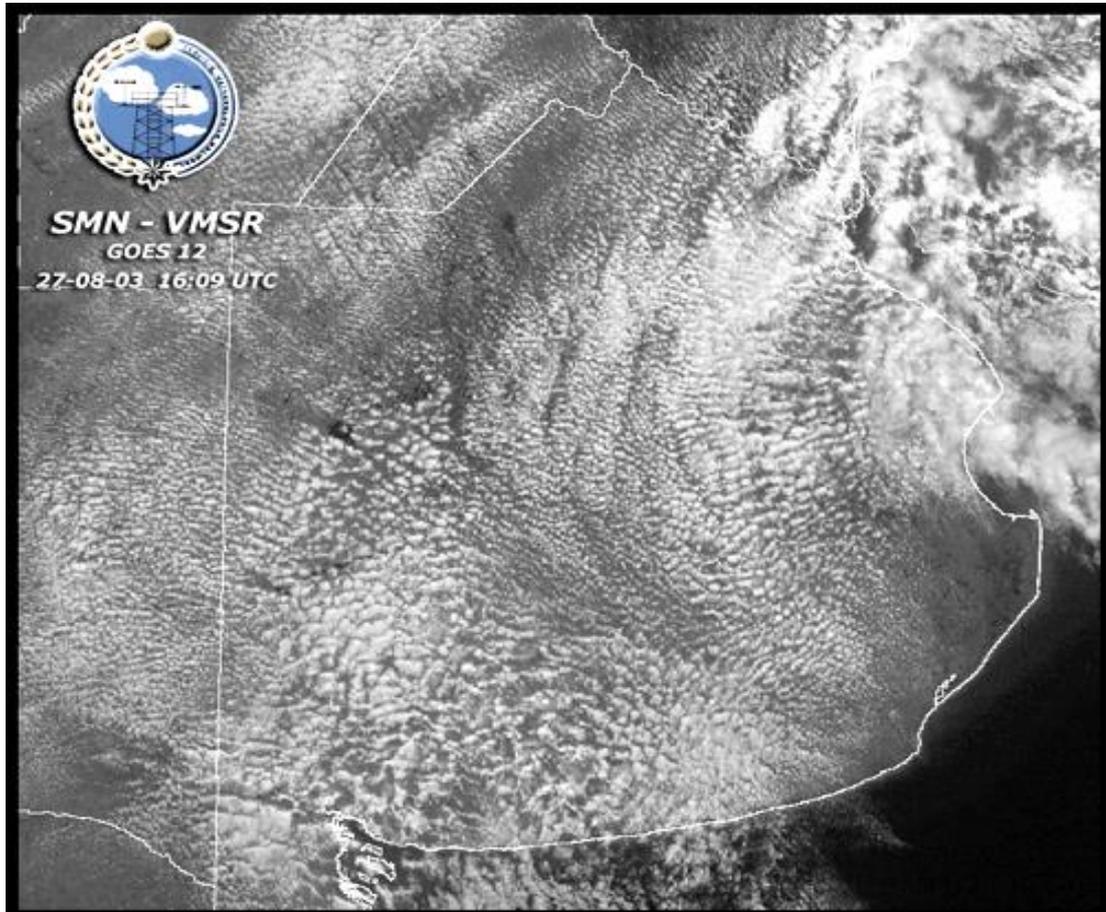


Imagen en canal visible del satélite GOES 12, de la provincia de Buenos Aires, con nubosidad tipo cumuliforme organizada en forma de calles orientadas sudeste-noroeste debido al viento que circula en esa dirección

2.1.7 Índice térmico

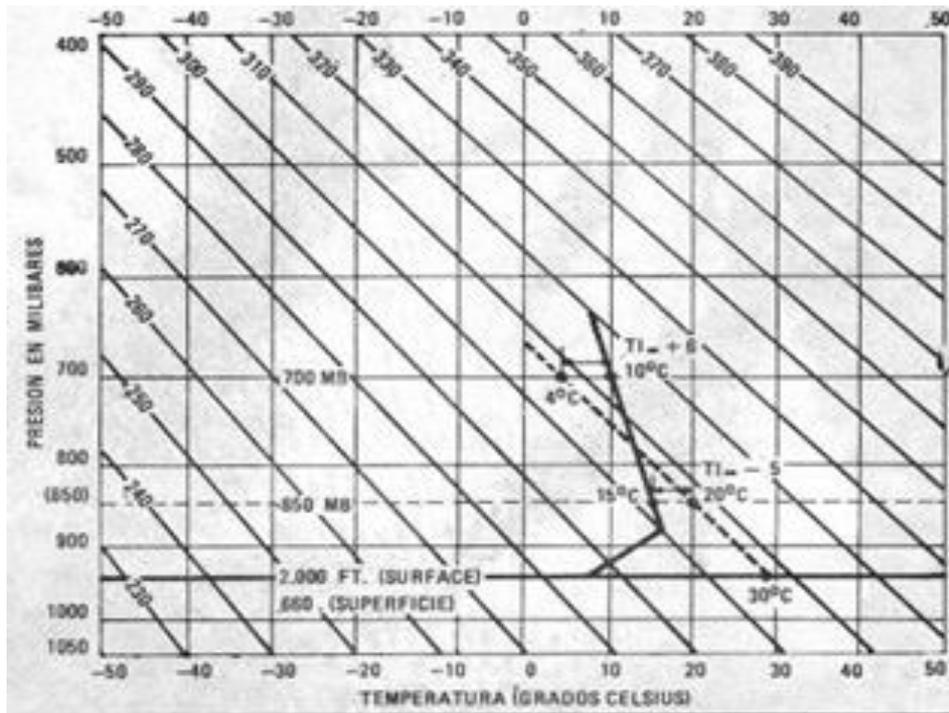
Como las térmicas dependen del descenso de aire frío que empuja hacia arriba al aire cálido, la intensidad de la misma dependerá de la diferencia de temperaturas entre la del aire ascendente y la del aire descendente. Cuanto mayor sea esa diferencia, más fuerte será la térmica. Para calcular esa diferencia en forma aproximada los pronosticadores aplican el Índice Térmico (IT).

El IT puede calcularse para cualquier nivel de la atmósfera; pero generalmente se lo determina para los niveles de 850 y 700 Hpa. (Altitudes más frecuentadas por los volovelistas, y con datos normalmente disponibles).

Para efectuar el cálculo se necesitan tres datos de temperatura: temperaturas observadas en 700 y 850 Hpa y la temperatura máxima pronosticada (a nivel de la estación).

Se traza, pasando por la temperatura máxima, una línea discontinua paralela a las adiabáticas secas (perfil de temperatura de la columna de aire ascendente). Se intercepta el nivel de 850 y luego el de 700. Se obtienen sendos valores de temperatura y se restan esos valores de los valores que corresponden al sondeo actual. Para IT de -8 a -10 buen indicio de formación de térmicas y perspectiva de día bueno y largo para la práctica del vuelo a vela. Un valor de -3 indica una chance muy buena para que el planeador pueda alcanzar la altitud indicada por esa diferencia de temperatura. Un índice de -2 a 0 deja muchas dudas. Valores positivos del índice ofrecen menos esperanzas de que las térmicas alcancen la altitud indicada. Recuerde que el IT es un valor pronosticado y un cambio en la temperatura máxima, así como en las temperaturas del sondeo original pueden alterar ese cuadro de forma considerable

En el diagrama seudo-adiabático se ha ploteado un sondeo aerológico con una temperatura de 15°C en 850 Mb., una temperatura de 10°C en 700 mb., y una temperatura máxima pronosticada de 30°C.



Representación gráfica de Índice Térmico

La temperatura máxima se deberá calcular siempre a nivel de la estación (en este caso 660 m). A continuación se trazará a través de la temperatura máxima, una línea discontinua paralela a la adiabática seca. Esta adiabática seca discontinua es el perfil de la temperatura es el perfil de la temperatura de la columna de aire ascendente. Se podrá observar que la misma intercepta el nivel de 850 mb., en donde la temperatura es de 20°C y el nivel de 700 mb., donde la temperatura es de 4°C. Si restamos esas dos temperaturas de aquellas obtenidas del sondeo actual para esos mismo niveles, se podrá comprobar que la diferencia en el nivel de 850 mb., es -5°C y en el nivel de 700 mb., +6°C. Esos valores corresponden a los índices térmicos de esos dos niveles de la atmósfera.

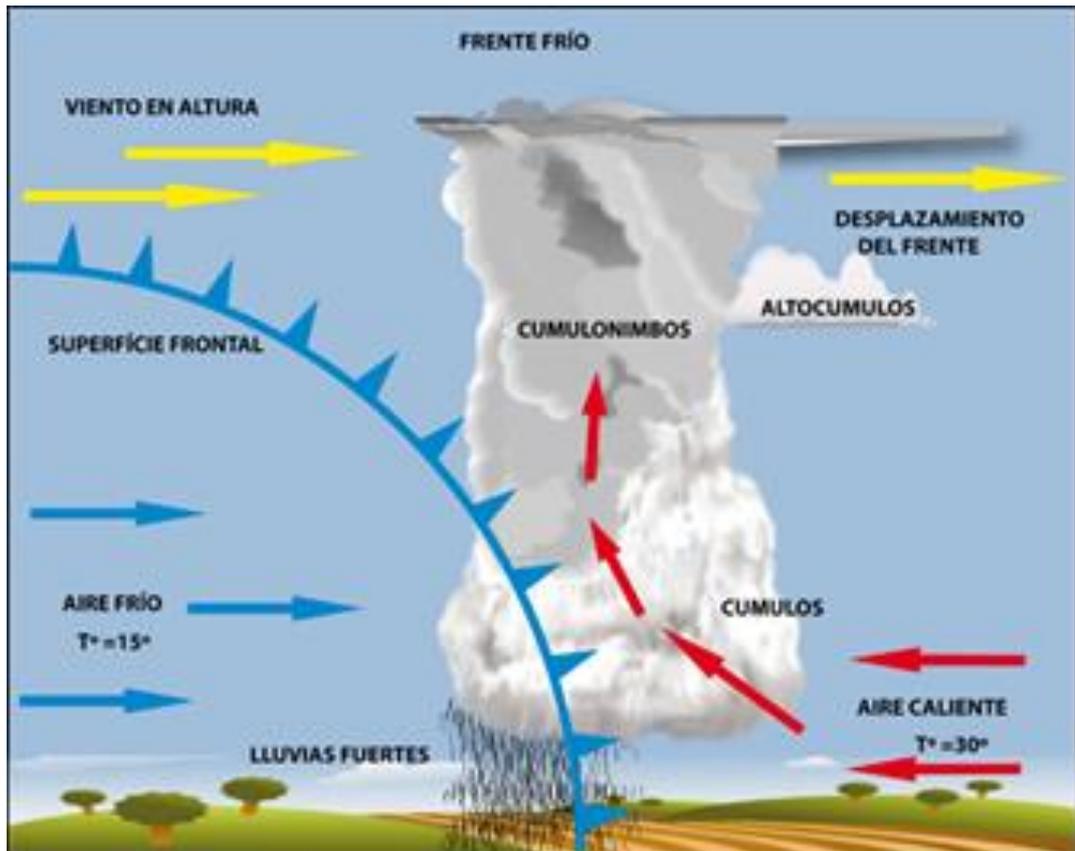
La intensidad de las térmicas es directamente proporcional a la magnitud de los valores negativos de IT. Un valor IT -8 o -10 es un muy buen indicio para la formación de térmicas y ofrece asimismo, la perspectiva de un día bueno y largo para la práctica del vuelo a vela. Las térmicas que se gestan con valores negativos tan altos son lo suficientemente fuerte para mantenerse próximas aún en días de vientos fuertes. Un valor IT -3 indica

una chance muy buena para que un planeador pueda alcanzar la altitud indicada por esta diferencia de temperatura. Un IT de -2 a 0 deja muchas dudas; y un IT positivo ofrece aún menos esperanzas de que las térmicas alcancen la altitud indicada. (Fieque, 2007)

2.2 VUELO A VELA EN ZONAS FRONTALES

El aire cálido forzado a ascender sobre el aire frío de una superficie frontal puede proporcionar un empuje y la sustentación necesarios para la práctica del vuelo a vela. Un buen ascenso frontal suele ser, sin embargo, transitorio y solo puede utilizarse en una pequeña parte del vuelo sin motor. Rara vez el frente se presentará paralelo a la ruta que se intente volar y sólo en ocasiones se mantendrá en posición el tiempo necesario para completar el vuelo. Los frentes que se desplazan lentamente, proporcionan un ascenso relativamente débil en tanto que los que se mueven rápidamente, aún cuando proporcione un ascenso mucho mayor, presentan a los pilotos problemas de nubosidad y turbulencia que, en general, los desalientan en la búsqueda de un frente para obtener la sustentación necesaria para la realización del vuelo.

La actividad frontal tiene un efecto directo sobre los sistemas de onda. Cuando un frente se acerca cambian las características de la masa de aire en la región, alterando la capa estable y las condiciones del viento, ambos factores son clave para el nacimiento y desarrollo de las ondas. Cuando la perturbación se encuentra cerca, o atraviesa la región de onda, el incremento de la nubosidad asociado al frente suele complicar las condiciones para el vuelo.



Influencia de la aproximación de frentes, el incremento de la nubosidad puede impedir el vuelo, aunque la onda siga activa

2.3 VUELO A VELA EN BRISAS DE MAR

En muchas zonas costeras durante los meses calurosos tiene lugar, casi diariamente, una agradable brisa proveniente del mar. La brisa de mar, producida por el calentamiento del suelo en días soleados y calurosos se inicia generalmente un poco antes del mediodía y desaparece cuando comienza a oscurecer (cuando la tierra comienza a enfriarse). El borde delantero de la brisa de mar, obliga al aire caliente que está sobre la tierra a ascender. El aire ascendente que se encuentra sobre la tierra retorna al mar en altura completando así la célula convectiva.

Un volovelista puede encontrar a menudo, el empuje necesario para ascender producido por esa célula convectiva. La zona de transición entre el aire fresco y húmedo del mar y el aire caliente y seco de la tierra, es generalmente angosta y chata y forma una especie de pseudo frente frío efímero (porque empieza y termina en el día). Si la humedad es suficiente,

se forma una línea de nubes cumuliformes sobre el borde de la costa que identifica a este tipo de frente. Entre el frente de brisa de mar y el océano, el aire es generalmente estable y no debe esperarse empuje alguno en los niveles inferiores. No obstante una vez que han sido aerotransportados, ocasionalmente los pilotos han encontrado corrientes ascendentes en el nivel de flujo de retorno.

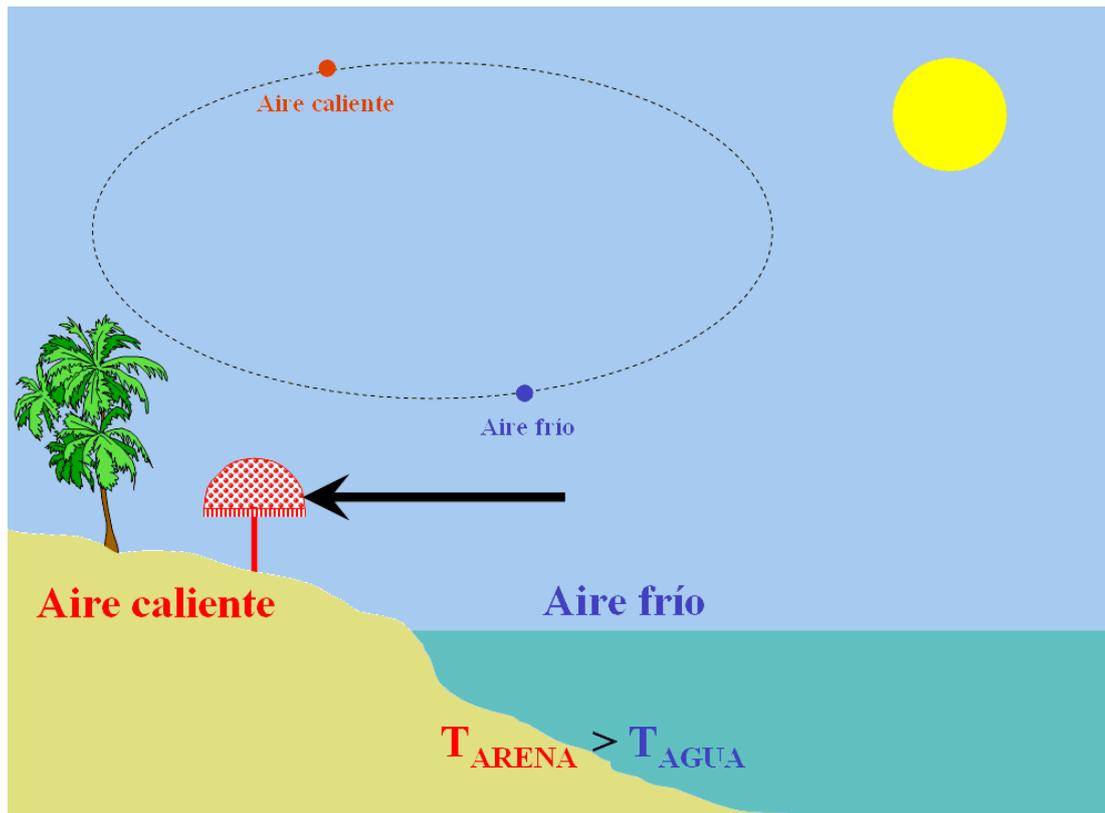
Las características del frente de brisa de mar dependen de la diferencia de temperatura entre el mar y la tierra, del flujo general del viento, de la humedad y de la topografía del terreno. Una gran diferencia entre la temperatura del mar y la de la tierra intensifica la célula convectiva que genera a su vez la brisa de mar. Un sol intenso y aguas costeras frescas favorecen en forma apreciable el desarrollo de esta brisa. La gestación de la brisa de mar será más probable cuando el gradiente de presión sea débil y los vientos suaves y variables.

La topografía irregular puede intensificar el frente de brisa de mar. En zonas con colinas o montañas el vuelo a vela en brisa de mar se ve favorecido por el empuje adicional del ascenso orográfico. Cuando el terreno es muy llano la brisa de mar puede penetrar hasta grandes distancias pero el ascenso será siempre débil (en latitudes medias la penetración será de 50 km y las velocidades de los vientos varían entre los 30 y 45 km/h).

Las observaciones visuales a tener en cuenta cuando se desarrolla brisa de mar son las siguientes.

Espere poco o ningún ascenso sobre el lado del mar del frente cuando el aire marino esté desprovisto de nubes convectivas o cuando la brisa marina arrastre una capa de estratos bajos sobre la costa.

Espere poco o ningún ascenso sobre el lado del mar del frente cuando la visibilidad disminuya en forma notable en el aire que arrastra la brisa

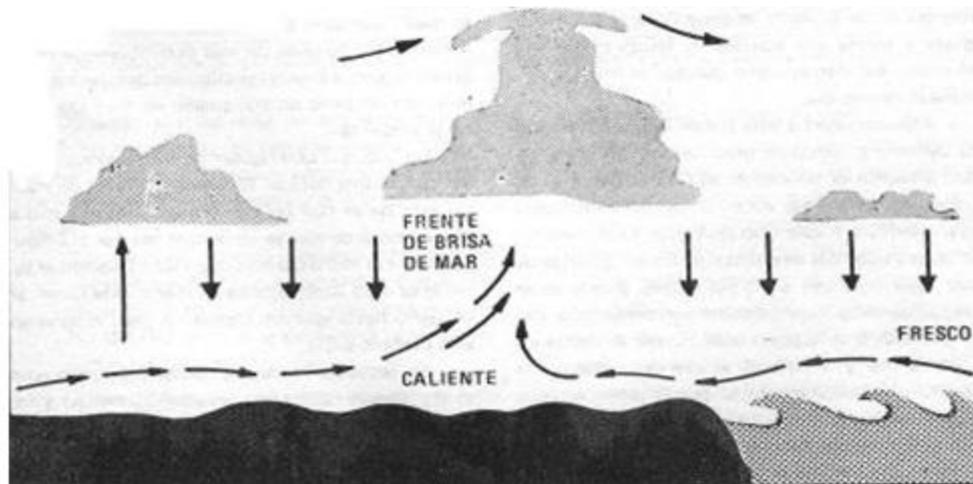


Representación gráfica de brisas de mar

Una indicación visual sobre la ocurrencia del frente de brisa de mar es una línea de cúmulos. Los cúmulos entre el frente y el océano indican un posible ascenso dentro del aire de la brisa, especialmente en altos niveles.

Cuando el frente de brisa de mar esté desprovisto de cúmulos y se observen corrientes convergentes de polvo o humo se deberá esperar convección y ascenso a lo largo del frente.

Una diferencia de visibilidad entre el aire del mar y el de la tierra es frecuentemente un indicio visual del borde delantero de la brisa de mar, la visibilidad en el aire del mar puede estar reducida por neblina o bruma, en tanto que en la tierra puede llegar a ser ilimitada.



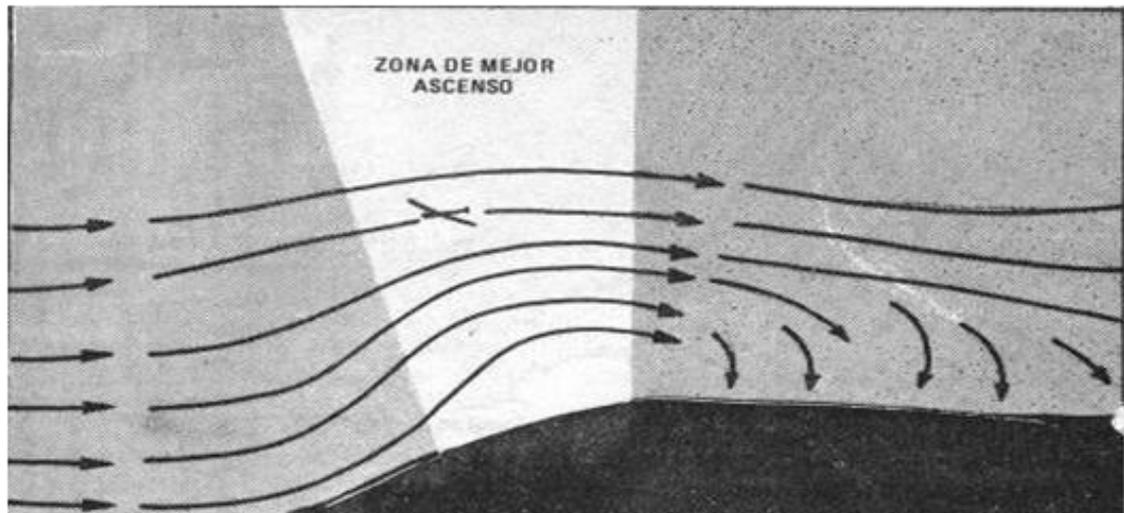
Representación de brisas de mar

2.4 VUELO A VELA EN SIERRAS Y COLINAS

El viento que sopla pendiente arriba sobre sierras y colinas da origen a un empuje que a veces es excelente para el vuelo a vela.

Para crear y mantener el ascenso sobre sierras y colinas la dirección del viento deberá estar dentro de los 30 y 40 grados normal a la línea de las colinas. Un viento constante de 30 km/h o más puede originar un empuje lo suficientemente fuerte como para mantener en vuelo al planeador. La altura a la que puede llegar ese empuje es de dos o tres veces la altura que va desde el fondo del valle hasta la cresta de la sierra. Los vientos fuertes tienden a aumentar la turbulencia y los remolinos en capas bajas sin que ello signifique un aumento apreciable del ascenso con la altura.

Un piloto experimenta poca o ninguna turbulencia en el flujo continuo y uniforme en el área de mayor ascenso que se muestra en la figura, dado que el aire estable tiende a regresar a su nivel original, el aire que se derrama sobre la cresta y se desplaza pendiente abajo es agitado formando remolinos a sotavento.



Representación grafica de térmicas en colinas

Cuando la corriente de aire es húmeda e inestable, el ascenso sobre las pendientes puede liberar la inestabilidad dando lugar a fuertes corrientes convectivas y nubes cúmulos sobre las pendientes y crestas de las sierras. El flujo inicialmente laminar se quiebra dando origen a células convectivas. Mientras las ráfagas ascendentes producen un buen ascenso, las fuertes descendentes pueden comprometer el vuelo a baja altura sobre las sierras y colinas.

Las pendientes suaves producen un empuje débil. Una pendiente ideal es aquella de alrededor de 1 a 4 en la cual un viento de 30 km/h puede originar un ascenso de 2m por segundo.

Las pendientes muy escarpadas e irregulares producen torbellinos turbulentos. Los fuertes vientos pueden llevar a estos remolinos a alturas considerables produciendo una disrupción sobre cualquier ascenso potencial.

Cuando el aire es inestable no se aproxime a las pendientes. Usted puede identificar el aire inestable ya sea por las ráfagas ascendentes o descendentes en las térmicas secas, o por la presencia de cúmulos sobre las sierras o colinas. Cuando los vientos son fuertes, la fricción en superficie puede crear remolinos a baja altura sobre pendientes relativamente suaves. La fricción puede también reducir drásticamente la velocidad del viento cerca

de la superficie. Cuando se trepa una pendiente a baja altura, esté preparado para girar rápidamente hacia el valle en la eventualidad de perder altura.

Si los vientos son débiles usted encontrará el empuje muy cerca de la pendiente.

A sotavento de las sierras o colinas se encuentra un área donde el viento es bloqueado por la obstrucción. Entre el círculo de los volovelistas, a esta área se la conoce como "sombra del viento". En la sombra del viento predominan las ráfagas descendentes. Si usted vuela en una zona de la sombra del viento a una altura próxima o por debajo de la cresta de la colina, usted estará desconcertado por tener que realizar un aterrizaje no programado y posiblemente muy difícil.

2.5 VUELO A VELA EN ONDAS DE MONTAÑA

El mayor atractivo del vuelo a vela en ondas de montaña surge como consecuencia del continuo ascenso del planeador hasta grandes alturas. Los volovelistas han alcanzado frecuentemente alturas superiores a los 11.500 metros. Una vez que el volovelista ha alcanzado el aire ascendente de una onda de montaña tiene muchas perspectivas de mantenerse en vuelo durante varias horas.

Aun cuando el vuelo en ondas de montaña se relaciona, en cierta medida con el vuelo en sierras y colinas, el ascenso en ondas de montaña es en gran escala y menos transitorio que el empuje en los pequeños ascensos del terreno.

Una onda de montaña se puede comparar con las ondas que se forman en una corriente debajo de una roca semi sumergida en un río cuyas aguas fluyen rápidamente.

Para la formación de onda de montaña se necesita:

1. Marcada estabilidad en la corriente de aire perturbada por la montaña. El rápido crecimiento de cúmulos constituye el indicio visual de una masa de aire inestable. Esta convección tiende a impedir la formación de una onda.
2. La velocidad del viento a nivel de la cima de la montaña debe exceder un mínimo que varía entre 30 y 45 km/h, dependiendo ello de la altura de la montaña. Los vientos deberán aumentar con la altura o por lo menos permanecer constantes hasta alcanzar la tropopausa.
3. La dirección del viento deberá estar dentro de los 30 grados con respecto a la normal a la cadena de montañas. El ascenso disminuye a medida que el viento se pone casi paralelo a la cadena montañosa.

La longitud de onda es la distancia entre las crestas de ondas sucesivas y es, generalmente, de 4 a 45 km. La longitud de onda es directamente proporcional a la velocidad del viento e inversamente proporcional a la estabilidad. La amplitud vertical de la onda varía con la altura sobre el terreno. Es menor cerca de la superficie y cerca de la tropopausa y mayor aproximadamente entre los 1000 y 2000 metros por encima de la cadena montañosa.

Las ondas que ofrecen los más fuertes y constantes ascensos son las de gran amplitud y corta longitud de onda.

Si el aire es lo suficientemente húmedo se forman nubes lenticulares sobre las crestas de las ondas. El enfriamiento del aire que asciende hasta la cresta de la onda, satura el aire formando nubes. El calentamiento del aire que desciende más allá de la cresta de la onda evapora las nubes. Así, la condensación continua del aire que asciende hasta la cresta y la evaporación del aire que desciende de la cresta hacen aparecer nubes como estacionarias, aun cuando el viento puede estar soplando a través de la

onda a una velocidad de 90 km/h o más. Las nubes lenticulares en bandas sucesivas a sotavento de las montañas, marcan las crestas de las ondas.



Nubes lenticulares aisladas

Veamos un par de videos de las nubes lenticulares. Presten atención como la nube crece y muere en forma cíclica dando la impresión de que la nube está quieta.

El espaciamiento de las nubes lenticulares marca la longitud de onda. Las nubes lenticulares claramente identificables sugieren una amplitud de onda mayor que las de aquéllas que tienen una forma lenticular no muy bien definida. Estos tipos de nubes, conjuntamente con nubes estratiformes a barlovento y a lo largo de las crestas de las montañas, indican una estabilidad favorable para el vuelo a vela. Si las nubes lenticulares tienen sus bordes deformados, como con flecos, no se aconseja volar por fuerte turbulencia.

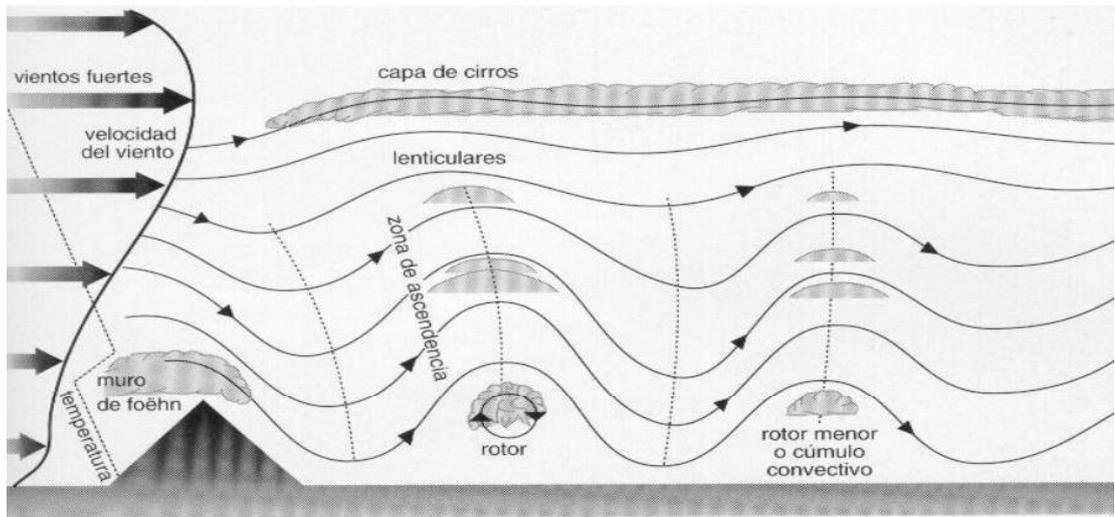
Si usted observa gran cantidad de nubes de inestabilidad (cúmulos) espere otro día para realizar el vuelo a vela en ondas de montañas.

A medida que el aire se vuelca sobre la cresta de la montaña, como una catarata, origina fuertes ráfagas descendentes. Este vuelco violento del aire forma una serie de rotores en la sombra del viento que pueden ser muy peligrosos. Estas nubes de "rotor" permanecen estacionarias en forma

paralela a la cadena montañosa y se las encuentra a unos pocos kilómetros a sotavento de las mismas.

La turbulencia es más severa en "rotores" estacionarios que se originan debajo de las crestas de las ondas en el nivel de las cimas de las montañas, o por debajo de las mismas.

Si bien, los rotores que se generan en montañas más bajas son mucho menos severos, siempre suelen estar presentes.



Representación de ráfagas ascendentes y descendentes, rotores y nubes lenticulares

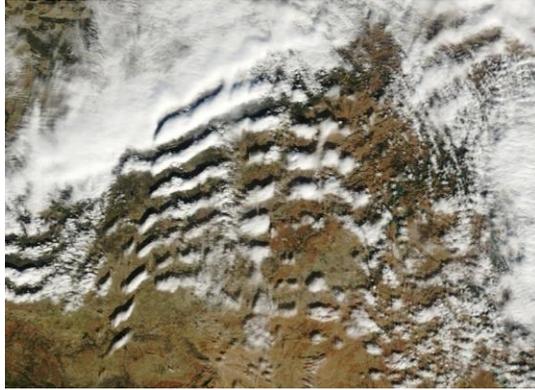
TITULO III

3.1 LA PREDICCIÓN DE ONDA Y DE SUS CARACTERÍSTICAS: FACTORES ATMOSFÉRICOS A TENER EN CUENTA

Teniendo en cuenta las condiciones que deben darse para que se produzcan Ondas, los datos que necesitamos recoger para poder llevar a cabo su predicción y establecer las condiciones para su aprovechamiento serían los siguientes:

1. Vientos: Dirección e Intensidad: tanto a nivel del suelo como en altura
2. Presencia de Capas de Inversión: intensidad y profundidad de las mismas
3. Localización de los sistemas de Bajas y Altas presiones: evolución prevista
4. Localización de posible Frentes aproximándose
5. Situación de las Corrientes en Chorro (Jetstream)
6. Hora local para el Ocaso
7. Gradiente de Temperatura en altura
8. Previsión de Lluvia y Nubosidad

Toda esta información puede hallarse a partir de 3 fuentes fundamentales: Mapas Isobáricos de la zona, Sondeos, y Meteogramas.



Vista satelital de formación de ondas

El Meteograma es muy útil para completar la predicción de onda. Tan solo con meter las coordenadas del punto, nos proporciona numerosos datos de interés: Viento por horas en intensidad, Gradiente, Temperatura en superficie, y más importante aún en altura. Además podemos saber si va a llover, la Temperatura en superficie y la cantidad de nubes que va a cubrir el cielo tantos por ciento, etc.

3.2 SONDEO METEOROLÓGICO

La temperatura de la atmósfera disminuye con la altura, ahora bien, si se quiere tener una idea de cómo se produce esta variación en un lugar y hora determinado hay que realizar un “sondeo meteorológico”. Estos sondeos pueden realizarse utilizando un avión en el que se van tomando medidas o bien emplear la información suministrada por las estaciones de radio sondeos.

Un sondeo es un estudio de la atmósfera local, en el que se toman datos de la presión, temperatura, punto rocío, dirección y velocidad de viento a diferentes altitudes. En general un sondeo muestra que la variación de la temperatura con la altura no se adecua a ninguna ley, sino que es bastante irregular debido a las distintas capas de aire.



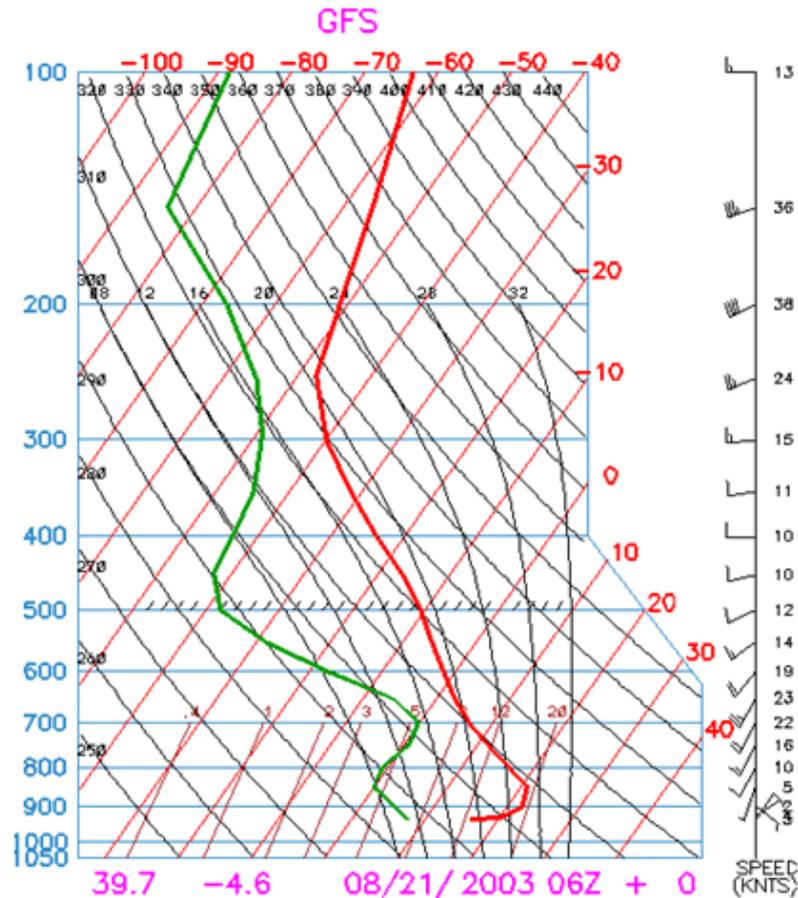
Lanzamiento de radio-sondeo meteorológico

3.3 RADIO SONDEO MODO TEXTO

A partir de ese sondeo podemos crear un diagrama termodinámico, que es una representación gráfica del comportamiento de la atmósfera en una red mallada. Nos permite determinar estabilidad de la atmósfera, la formación de nubes convectivas o de desarrollo vertical, la energía de la atmósfera, formación nieblas, paso de frentes y posibilidad de fenómenos de turbulencia y engelamiento.

Existen diferentes tipos de diagramas termodinámicos, los dos más empleados son el Diagrama de Steve y el Diagrama Oblicuo. La diferencia entre ambos está en la cuadrícula cartesiana que utilizan. En el de Steve, en el eje de ordenadas se representan los valores de la presión/altura y en el de las abscisas la temperatura. En el oblicuo, los ejes cartesianos se cruzan en un ángulo de 45° , indicando igualmente presión/altura y temperatura.

En un diagrama oblicuo podemos estudiar líneas muy importantes como isobaras, isotermas, adiabáticas secas, adiabáticas saturadas, razón de mezcla saturada, etc.



Representación gráfica del comportamiento de la atmósfera con la altura

3.4 SONDEO TERMODINÁMICO MODO GRÁFICO.

Los sondeos se suelen realizar a primera hora de la mañana, pero en general, se puede afirmar que salvo en capas muy próximas al suelo (200-300 metros), la temperatura de las distintas capas no varía mayormente a lo largo del día. El aire es muy transparente a las radiaciones solares y al ser atravesado por ellas no altera substancialmente su temperatura, y la variación de esta se mantendrá a lo largo de todo el día.

Mediante este diagrama podemos realizar una interpretación, en la que deberemos analizar dos curvas fundamentalmente: curva de estado húmeda y seca. A partir de aquí se van a ir obteniendo una serie de puntos fundamentales para poder dar una “previsión meteorológica fiable”:

- NCA (Nivel de condensación por Ascenso).
- NCC (Nivel de condensación por Convección).
- NLC (Nivel de Libre Condensación).
- NE (Nivel de Equilibrio).
- Td (Temperatura de Roció)

Al final obtenemos un diagrama como se muestra a continuación:

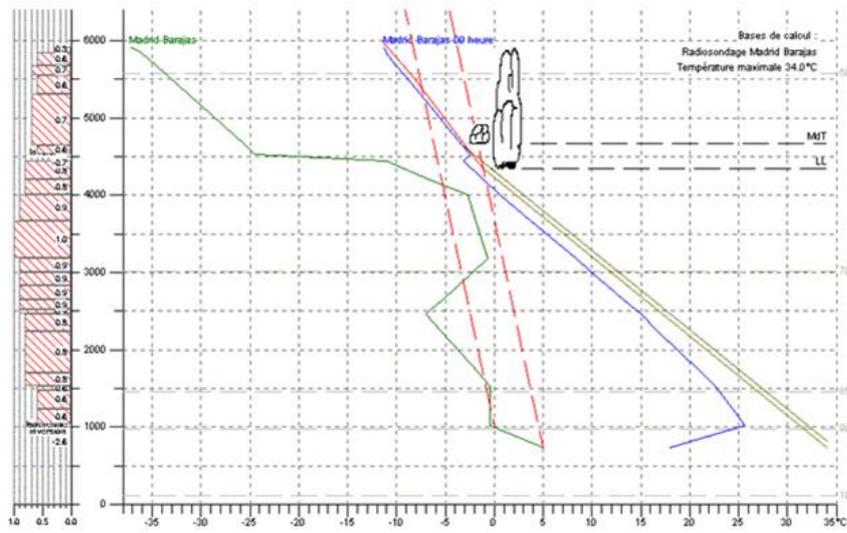
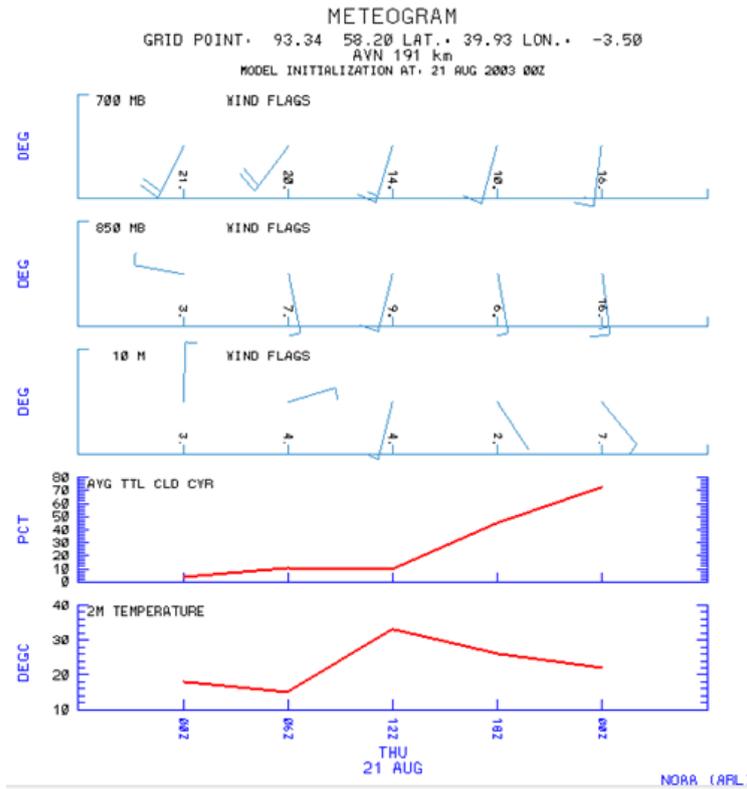


Diagrama de curvas de estado húmeda y seca

En el que podemos calcular la altura del techo de nubes, fuerza de ascensión de las masas de aire, temperatura de disparo, etc.

También podemos realizar otra serie de cálculos, como la previsión del viento en la zona y la posibilidad de precipitaciones. El servicio del NOAA otra vez, nos proporciona un Meteograma que nos indica la dirección e intensidad del viento a diferentes presiones y la posibilidad de precipitaciones.

Toda esta información es la suministrada a los pilotos para que puedan planificar sus vuelos con la mayor precisión posible



Meteorogramas con dirección e intensidad del viento.

CONCLUSIÓN

El clima es algo complejo formado por varios factores y elementos que interactúan entre sí.

El clima por ende tiene que mantener un equilibrio entre sus elementos y factores, por lo general si uno de los factores es modificado el clima se altera y no sigue su curso normal, lo cual puede llegar a generar complicaciones en un vuelo.

Para poder minimizar este impacto es necesario que el personal de pilotos este consiente de como interactúa el clima en las diferentes regiones de la tierra, para poder prevenir.

El estudio del clima no es solo pensar en la lluvia o en el verano, es algo más dinámico, desde los movimientos de la tierra, del aire, ciclo del agua, sus factores y elementos. Todo esto anterior genera una actividad combinada que si se altera más de una, provoca el llamado desequilibrio en el clima. Esta información es la suministrada a los pilotos para que puedan planificar sus vuelos con la mayor precisión posible

Bibliografía

Cabrera, J. G. (2005). La meteorología en el vuelo a vela.

Cepadues. (2009). *Piloto Manual de Vuelo Vela*. Francia.

CLASES E.A.M. CURSO DE VUELO A VELA 2014. (9 de Mayo de 2014).
Córdoba, Córdoba, Argentina.

Fieque, J. P. (7 de Enero de 2007). *Vuelo de Vela tiempo y Vuelo Libre*.
Francia: Cepadues. Obtenido de <http://www.srh.noaa.gov/>

Guzman, M. (. (2007). *Vuelo a vela en sierras de Córdoba*. Córdoba.

Regionhoy. (26 de Abril de 2010).