

## Factores Humanos

### Gestión de riesgos relacionados a vuelos en planeador a gran altura

Por Miguel Laso, instructor de vuelo.

***“Hace ya dos horas que nos bañamos en una presión exterior reducida al tercio de la presión normal. Lentamente la tripulación se desgasta. Apenas nos hablamos. Con prudencia intenté una o dos veces una nueva acción sobre el balancín. No insistí, pues cada vez me sentí penetrado por la misma sensación de agotadora dulzura...”***

***“...Todo rastro de vida se ha embotado en nosotros a causa de este lento desgaste. Envejecemos. La misión envejece. ¿Cuál es el precio de la gran altura? Una hora vivida a diez mil metros, ¿equivale a una semana, tres semanas, un mes de vida orgánica, de trabajo del corazón, de los pulmones, de las arterias?...”***

**Antoine de Saint Exupéri**  
**Piloto de Guerra**

Se puede decir que durante la Segunda Guerra mundial comienzan a realizarse como nunca antes se había hecho en forma masiva, vuelos a gran altura en cabinas no presurizadas, dependiendo del equipo de oxígeno como única protección ante la gran altitud. Los males causados al hombre expuesto a gran altura eran conocidos desde mucho tiempo atrás, podemos remontarnos hasta 1590 y leer en los reportes del jesuita José Acosta sobre los males que afectaban a los conquistadores españoles en el altiplano. Con las ascensiones en globos aerostáticos la medicina comienza a estudiar el fenómeno, dando lugar a las primeras manifestaciones de la medicina aeronáutica. A las preguntas que se hacía Exuperí en Piloto de Guerra, hoy encontramos respuesta en numerosos trabajos sobre el tema, anticipándonos diremos que una hora vivida a diez mil metros no es desgastante como él lo especulaba.

Con el advenimiento de las cabinas presurizadas estos problemas desaparecieron y hoy los aviones llevan instalados sistemas de oxígeno únicamente ante la eventualidad de una despresurización por una emergencia. Aunque en determinado tipo de operaciones el piloto sigue expuesto a presiones exteriores muy bajas, como lo son los vuelos de los aviones espías de vuelo a alta cota y las misiones extravehiculares espaciales y por supuesto nuestros vuelos cercanos a la tropopausa en la onda de Chos Malal. Por lo tanto fue en la actividad bélica y espacial de donde se obtuvo el mayor caudal de información referida a estos problemas de Factores Humanos.

## Factores Humanos y Gestión de Riesgos

Los factores humanos se refieren a las personas en sus situaciones de vida y de trabajo. A su relación con las máquinas (planeadores), con los procedimientos, con el ambiente que lo rodean y también se refieren a sus relaciones con las demás personas.

En la aviación, los factores humanos involucran una serie de consideraciones personales, médicas y biológicas para llegar a operaciones óptimas en el manejo de las aeronaves.

Para decirlo de una forma simple, *son aquellos factores que afectan el normal desempeño de las personas en la concreción de una tarea compleja.*

En este apunte únicamente abordaremos al hombre en relación con el ambiente y específicamente trataremos las amenazas y los riesgos debido al vuelo a gran altura en una cabina no presurizada: la cabina del planeador en la onda de Chos Malal.

Recordemos que cuando hablamos de *Riesgo* debemos considerar dos dimensiones: *Probabilidad* de que ocurra un incidente o accidente derivado del riesgo y *Consecuencias* en caso de que llegue a ocurrir.

Por ejemplo: la probabilidad de sufrir de Mal de Descompresión Hipobárica volando a alturas por debajo de 6.000 m en la cabina despresurizada de un planeador es media a baja, pero las consecuencias en caso de que se manifieste son graves.

En cambio si consideramos el riesgo de la Hipóxia, las probabilidades son altas y las consecuencias también son graves.

¿Qué debería considerar el piloto de planeador previamente a realizar vuelos a gran altura?:

- Identificar los riesgos
- Analizar la probabilidad y la consecuencia de ocurrencia
- Establecer algún tipo de barrera defensiva para evitar la ocurrencia y en caso de que ocurran que tengan el mínimo impacto.

Aquí se describen algunos de los riesgos con las probabilidades y consecuencias asociadas. Así mismo se sugieren las medidas defensivas; *tal vez la primera medida defensiva sea leer estas líneas.*

Algunos de estos riesgos están asociados a:

- **Hipoxia**
- **Mal de descompresión hipobárica (embolia gaseosa)**
- **Exposición al frío**
- **Stress**
- **Hiperventilación**
- **Deshidratación**

## •Insolación

### Hipoxia

La composición del aire se mantiene prácticamente idéntica con una proporción del 21% de oxígeno hasta los 20.000 metros, pero no así la presión atmosférica que a los 5.000 metros se ha reducido aproximadamente a la mitad y a los 10.000 metros a alrededor de un tercio de la presión a nivel del mar.

A nivel del mar a 760 mm Hg., se produce un intercambio gaseoso en nuestros pulmones con una *presión parcial efectiva* de oxígeno de 149 mm Hg., me adelantaré diciendo que esta *presión parcial efectiva* es posible lograrla hasta los 10.000 metros utilizando un adecuado equipo de oxígeno.

Si durante un ascenso no dispusiéramos de un equipo de suministro de oxígeno o si éste no fuera adecuado, se producirá un déficit de oxígeno en nuestra sangre y los tejidos que ésta alimenta, debido a la disminución con la altura de la *presión parcial efectiva* en nuestros pulmones. A modo de ejemplo, a 9.000 metros sin suministro de equipo de oxígeno, la *presión parcial efectiva* en nuestros pulmones disminuye por debajo de la presión parcial de oxígeno de nuestra sangre, por lo tanto el intercambio se invierte! Es decir que en cada exhalación estaríamos entregando nuestro oxígeno.

<p><b>PORCENTAJE DE OXIGENO POR VOLUMEN DE AIRE</b> <b>20.9 % HASTA 20.000 m</b></p> <p><b>PRESIÓN PARCIAL DE O<sub>2</sub></b> <b>NIVEL DEL MAR (760 mm Hg) 159 mm Hg</b> <b>Reducción por evaporación de agua 47 mm Hg</b></p> <p><b>PRESIÓN PARCIAL EFECTIVA 149 mm Hg</b> <b>Esta presión efectiva se puede lograr con equipo de oxígeno al 100% hasta los 10.000 m</b></p>
---

Fig 1

Si no se compensa este déficit de oxígeno dará lugar a lo que se conoce como *hipoxia hipoxica*. Existen varios tipos de hipoxia (hipoxia anémica, hipoxia histotóxica, hipoxia por embolia gaseosa) veremos el que nos puede afectar en nuestros vuelos en onda: la *hipoxia hipoxica*.

**Los síntomas de la hipoxia no son iguales en todos los individuos, cada piloto debería ser capaz de conocer sus propios síntomas.**

De acuerdo a los síntomas podemos clasificar a la hipoxia hipoxica en:

#### **Hipoxia moderada**

- Reducción de las facultades mentales.
- Fatiga, somnolencia, indiferencia.

Con estos síntomas el piloto tiene afectada la capacidad de toma de decisiones que lo llevarán a cometer errores.

#### **Hipoxia manifiesta (prolongada)**

- Euforia.
- Menor resistencia al frío y a los esfuerzos.
- Adormecimiento de las extremidades, eventualmente espasmos musculares de las extremidades.
- Taquicardia.
- Aceleración del ritmo respiratorio.
- Náuseas, vómitos, dolor de cabeza.

#### **Hipoxia aguda**

- Pérdida de la conciencia.
- Daños cerebrales serios.

Los enumerados son solo algunos de los síntomas más comunes en la mayoría de los individuos pero se pueden presentar otros.

#### **Existen individuos asintomáticos y ante un déficit de oxígeno llegan a la pérdida de conciencia sin advertir que están en riesgo.**

¿Cuáles son las barreras que podemos anteponer a la exigencia del vuelo a gran altura y reducir los riesgos, de la hipoxia y otros males asociados con la altura?

- Es recomendable haber recibido entrenamiento para reconocer los síntomas de hipoxia en una cámara hipobárica.
- Utilizar correctamente un adecuado equipo de suministro de oxígeno.
- Observar atentamente las reacciones de nuestro organismo, ante posibles síntomas de hipoxia tomar **inmediatamente** la acción correctiva.
- Mantener un buen estado físico. No sufrir de otitis, sinusitis, ni caries. Haber tenido un chequeo médico y no tener problemas cardiovasculares.
- No consumir alcohol.
- Evitar una alimentación rica en grasas.
- Evitar el stress, fatiga y déficit de sueño.
- Seleccionar las tareas por orden de importancia, evitar realizar esfuerzos físicos dentro de la cabina.
- Mantener una respiración amplia y profunda,
- Evitar, cuando sea posible, tomar altura rápidamente.
- Es recomendable el uso de un oxímetro (medidor de dilución de oxígeno en sangre).
- Si bien no somos todos iguales, los superhombres no existen.

## Gestión del oxígeno

Debemos estar perfectamente familiarizados con nuestro equipo de suministro de oxígeno y el mismo debe ser confiable. Cada vez que intentemos volar por sobre los 7.000 metros deberemos llevar un equipo de emergencia. Debemos utilizar el equipo de oxígeno para vuelos de más de 30 minutos por sobre los 3.800 metros y por sobre 4.500 metros cualquiera sea la duración del vuelo.

Existe una tendencia común entre los pilotos de planeador a demorar la utilización del equipo de oxígeno, probablemente por dos razones: al tratar de “estirar” la autonomía del mismo demorando su uso y por la incapacidad de reconocer los primeros síntomas de la hipoxia.

**Demorar el uso del equipo de oxígeno además de no tener sentido es muy peligroso.**

La utilización del equipo de oxígeno como se prescribe además de prevenir la hipoxia, podría contribuir a disminuir la posibilidad del mal de descompresión hipobárica, ya que la inhalación anticipada de oxígeno disminuye el contenido de Nitrógeno de nuestros tejidos.

FISIOLOGÍA	TIEMPO DE SUPERVIVENCIA SIN O2	ALTITUD	REQUERIMIENTOS
AEROEMBOLIA			
	30 seg	12.500	TRAJE PRESURIZADO
	1 min. 30 seg	9.000	EQUIPO ESPECIAL
	5 min	7.500	
ANOXIA pérdida de la conciencia		5.950	TOPE DE VFR
HIPOXIA AGUDA		4.420	} EQUIPO DE OXÍGENO
HIPOXIA MANIFIESTA	1 hora	3.800	
HIPOXIA MODERADA	3 horas	3.000	
HIPOXIA LIGERA	4 a 5 horas	1.500	

Fig 2 Adaptado de Les Pyrenees en Planeur de Alain Blanchard

### **Mal de descompresión hipobárica**

La descompresión hipobárica puede producir distintos males. Ante la disminución de la presión externa, todos los gases atrapados en el interior del cuerpo aumentan de volumen (Disbarismo), pudiendo en algunos casos, producir dolor muy intenso. También es posible que se produzca la difusión de gases, como el Nitrógeno, disuelto en sangre y los tejidos. Esta difusión dará lugar a la formación de pequeñas burbujas de gas que pueden producir desde dolor muy intenso en las articulaciones, hasta daño neurológico a nivel de la médula dorsal y cerebral. Cuando estas burbujas de gas se encuentran en el torrente sanguíneo pueden interrumpir el flujo de la sangre en el sistema y ante la falta de oxigenación pueden producir daños irreversibles.

En 1659 el investigador Robert Boyle, inventor de la “bomba de vacío”, experimentó con animales de sangre fría exponiéndolos al vacío. En uno de sus experimentos relata la observación de: una burbuja moviéndose en el humor del ojo de un reptil. (1)

La ciencia prontamente desarrolló la teoría para este tipo de fenómenos.

La aparición de estos males en los humanos comenzó a experimentarse con los trabajadores en “campanas de inmersión” en el siglo 19 que se sumergían para trabajar en la fijación de pilotes de puentes. Más tarde el fenómeno fue observado y muy estudiado a partir de las inmersiones de los buzos.

La investigación de este mal en la aviación se hace intensiva a partir de la II Guerra Mundial, ya sea por pilotos que sufrieron el mal de la descompresión en vuelo a grandes alturas en cabinas no presurizadas o casos que se dieron durante el entrenamiento en tierra en cabinas hipobáricas y en la actividad espacial.

¿Qué deberíamos saber nosotros, pilotos de planeador subiendo en la onda?

- a) entender básicamente porque se produce el mal
- b) comprender la gravedad del mismo
- c) muy importante reconocer los síntomas y saber tomar la acción correctiva.**
- d) Conocer la profilaxis y el tratamiento que deberíamos recibir en el caso de estar afectados por el mal.

Decíamos que el mal se produce por la formación de pequeñas burbujas de gas en distintas partes del cuerpo y que los síntomas que nosotros podemos identificar son dolores en las articulaciones, muñecas, codos, hombros.

**Una vez que aparecen los síntomas debemos iniciar inmediatamente el descenso.**

De acuerdo a la bibliografía consultada, en la mayoría de los casos documentados los síntomas desaparecen durante el descenso. Este mal por descompresión es menos frecuente en la aviación que en los actividades de inmersión submarina; tiene una incidencia muy baja, aún así, si pensamos realizar un ascenso que supere los 7.000 metros debemos estar en conocimiento de este problema. A modo de ejemplo citaré las estadísticas del

Civil Aeromedical Institute de la Agencia Federal de Aviación en Oklahoma, que entre 1973 y 1989 realizó 1.024 ascensos en la cámara hipobárica a 7.600 metros y de 9.725 alumnos entrenados, solo 8 manifestaron mal por descompresión (2). Solo hay 18 muertes documentadas en la historia aeronáutica de los Estados Unidos (3), de las cuales 17 son previas al desarrollo de técnicas de respiración de oxígeno por tiempo prolongado, **previamente** a la descompresión, como profilaxis al mal.

No sería práctico para un piloto de planeador aspirar oxígeno previo al despegue como lo hace un piloto de un U-2, que va a realizar una misión a gran altura y su traje presurizado solo es capaz de proporcionarle una presión de 4,46 p.s.i. o 230,6 mm Hg. equivalentes a 10.000 metros por un lapso de 8 horas. O como lo hacen los astronautas antes de una misión extravehicular, dado que su traje espacial también le provee una presión muy baja.

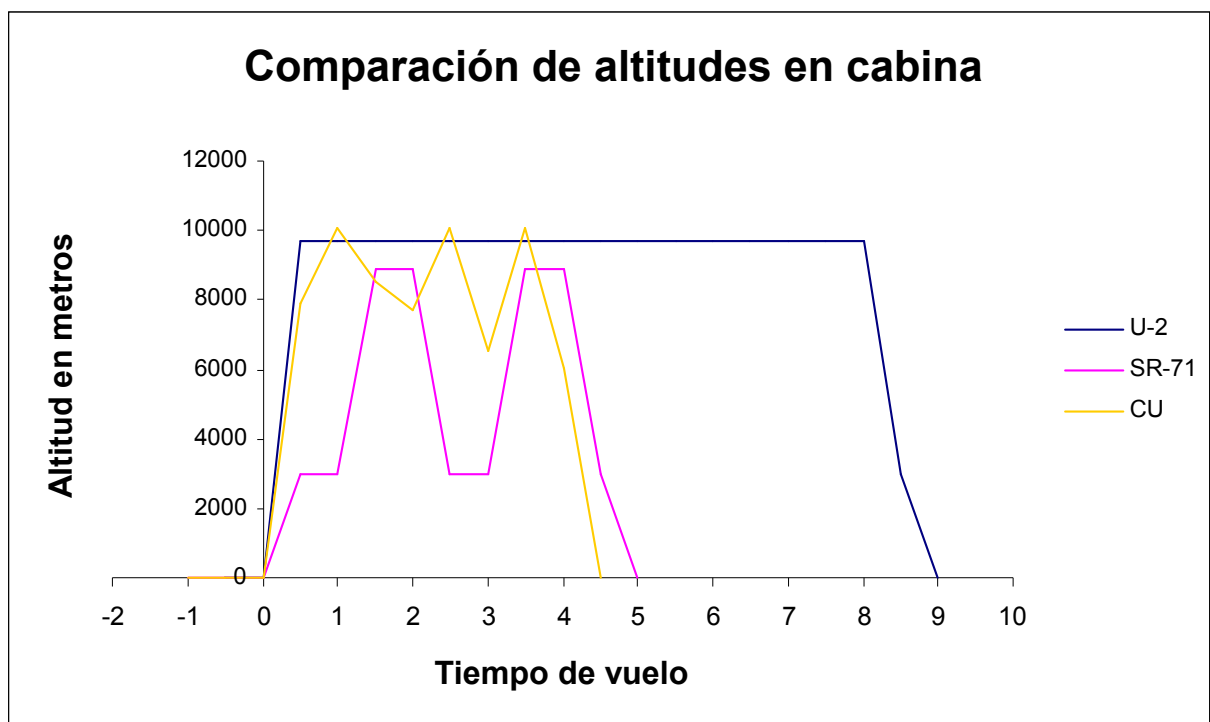


Fig 3 Se muestran las altitudes de cabina que soportan los pilotos del U-2 y SR-71 comparados con un vuelo efectuado el 14 de noviembre de 1999 por el piloto Miguel Laso en el planeador Jantar std. II matrícula deportiva CU, en la onda de la Cordillera del Viento en Chos Malal.

Lo que sí puede hacer un piloto de planeador con intenciones de ascender por encima de los 7.000 metros un día bueno de onda y sabiendo que el ascenso está asegurado, es colocarse la máscara de oxígeno lo antes posible, para lograr una desnitrógenización que disminuya las posibilidades de la dilución ante la descompresión.

Ante una manifestación de los síntomas de dolor en las articulaciones, el piloto debe descender en forma inmediata. En la mayoría de los casos el dolor desaparece durante el descenso.

En aquellos casos en que los dolores no desaparecen los médicos seguramente pondrán al paciente a respirar oxígeno al 100% durante un tiempo de observación, mientras tanto se realizan los preparativos para el traslado hasta un lugar que cuente con facilidades de cámara hiperbárica donde se le practicará un tratamiento de respiración de oxígeno y se lo coloca a una presión más alta que la del nivel del mar.

Existen distintas tablas desarrolladas para éste tratamiento, las más utilizadas son las tablas 5 y 6 de tratamientos de la Marina de los Estados Unidos (4). Si durante las dos primeras horas desaparecen los dolores, se retira el oxígeno y el paciente queda en observación.

La incidencia de este mal es mayor en las personas con problemas de sobrepeso y/o con valores altos de grasas en sangre. Un factor contribuyente es la deshidratación. En un vuelo típico de onda, nosotros despegaremos muy abrigados y con temperaturas altas en superficie, el aire de la Patagonia es muy seco, seguramente tendremos que luchar un buen rato para encontrar la ventana de la onda, durante este tiempo evaporaremos líquido y luego, ya en altura, respirando oxígeno seco continuaremos perdiendo líquido. Por lo tanto es importante ir reponiendo ésta pérdida a razón de un litro de agua cada 5 horas de vuelo. Se nos planteará otro problema: la orina, que en una cabina a 30° bajo cero, su manipulación es complicada y los vapores de la misma se congelarán en forma instantánea en el plexiglass.

La deshidratación también ha sido citada como factor contribuyente en numerosos accidentes de planeador no relacionados con el vuelo en altura en Estados Unidos. Nuestro cuerpo silenciosamente ha ido compensando el déficit de agua, pero simultáneamente se ha ido reduciendo nuestra percepción y afectando la capacidad para tomar decisiones.



## Exposición al frío

En un vuelo a 10.000 metros la temperatura del aire exterior, para una atmósfera ISA, está alrededor de 44° bajo cero y en la latitud de Chos Malal en primavera, probablemente sea menor, ya que estaremos muy cerca, sino, en la tropopausa. En el interior de la cabina, por el efecto invernadero, la situación es un poco más agradable. Hay planeadores con la particularidad de ser extremadamente fríos, otros como el Jantar no tanto, pero aún así el piloto deberá contar con la protección adecuada.

Cómo nos afectará el frío:

- Disminuirá nuestra capacidad combativa, nos aletargará.
- Aumentará nuestro consumo de oxígeno por las contracciones involuntarias de los músculos y aumentará el riesgo de la hipoxia.
- Disminuirá la precisión de nuestros movimientos.
- Será un factor de stress y de distracción.
- Por lo tanto afectará nuestra capacidad de percepción y nuestra toma de decisiones.
- Riesgo de congelamiento de las extremidades inferiores.

Hoy existen en las casas de deportes de montañismo ropa técnica apropiadas, construidas con fibras especiales. La ropa interior para baja temperatura tiene la capacidad de dejar pasar el vapor de la transpiración sin absorber humedad. Las telas del tipo Polar, resultan muy abrigadas y son livianas, por lo que no restan movimiento en la cabina. Aunque el efecto invernadero contribuya a mejorar el confort, sobre todo las partes del cuerpo que están expuestas al sol, no hay que dejar sin cubrir ninguna parte del cuerpo. La cabeza y el cuello son dos puntos de irradiación de calor del cuerpo muy importantes, ya que nuestro cerebro como gran consumidor de oxígeno que es, necesita de un gran volumen de irrigación.

## Referencias

1. Boyle, R. New Pneumatical Experiments about Respiration. Philosophical Transcripts, 5, 2011-2058 (1670) Citado por C. J. Lambertsen , MD del Institute for Enviromental Medicine Universite of Pennsylvania Medical Center, en Origins and Evolution of Pathophysiological Concept. Trabajo presentado en el Workshop sobre Hypobaric Decompression Sickness llevado a cabo en el Armstrong Laboratory de la Brooks Air Force Base, Texas. 16-18 octubre 1990.
2. The FAA Altitude Chamber Training Flight Profiles: A Survey of Altitude Reactions 1965-1989 Charles D. Valdez. Workshop mencionado
3. Fryer, D.I., Subatmospheric Decompression Sickness in Man. North Atlantic Treaty Organization. Advisory Group for Aerospace Research and Development. 1969. citado por Barbara J. Stegmann, MD en un trabajo del wokshop mencionado.

4.The Importance of Hyperbaric Oxygen Therapy in the Management of Altitude Decompression Sickness. Wilbur T. Workman, Lt Col, USAF BSC . Paul J. Sheffield, Col, USAF, BSC. Trabajo del workshop.