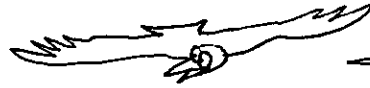
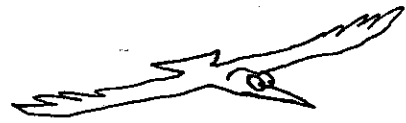
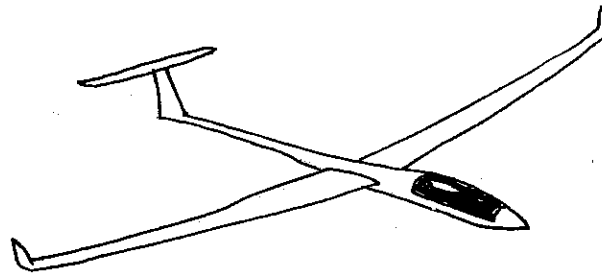


<http://savoir-sans-frontieres.com>



¿Qué es lo que entienden ellos exactamente por "pliegues"?



Jean-Pierre Petit

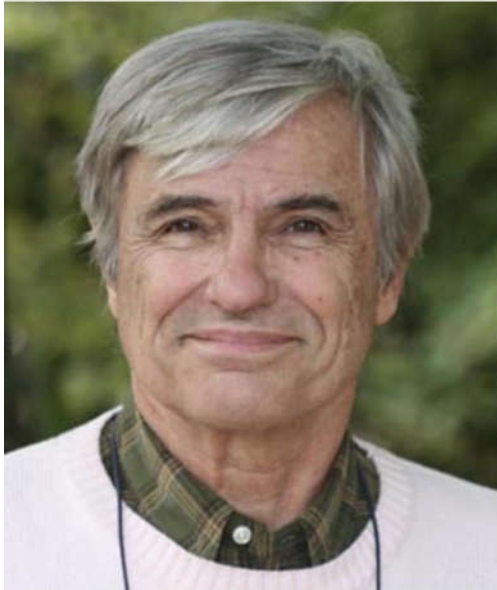
traducción :
Juan Carlos Anduckia

MECÁNICA DEL VUELO

2008

Saber sin Fronteras

Asociación sin ánimo de lucro creada en 2005 y administrada por dos científicos franceses. Su finalidad: difundir conocimientos científicos por medio de historietas en PDF descargables de manera gratuita. En 2020 hemos completado 565 traducciones en 40 lenguas. Y más de 500.000 descargas.



Jean-Pierre Petit



Gilles d'Agostini

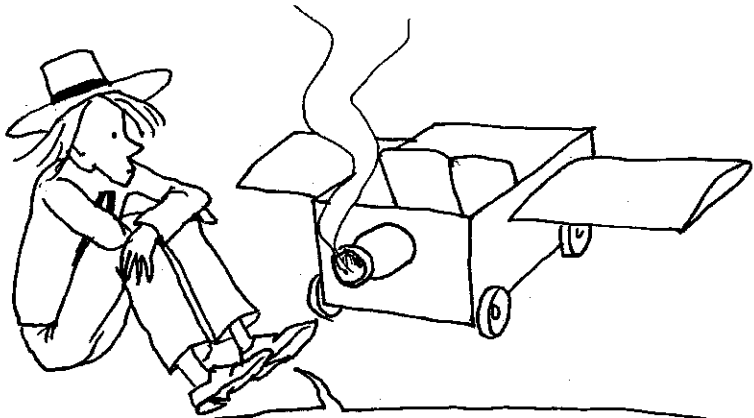
La asociación es completamente voluntaria. El dinero donado es usado en su totalidad para retribuir a los traductores.

Para hacer una donación, use el botón de PayPal en la página de inicio:

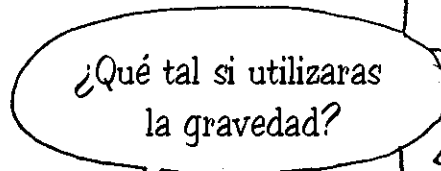
<http://www.savoir-sans-frontieres.com>



EL VUELO EN PLANEEO

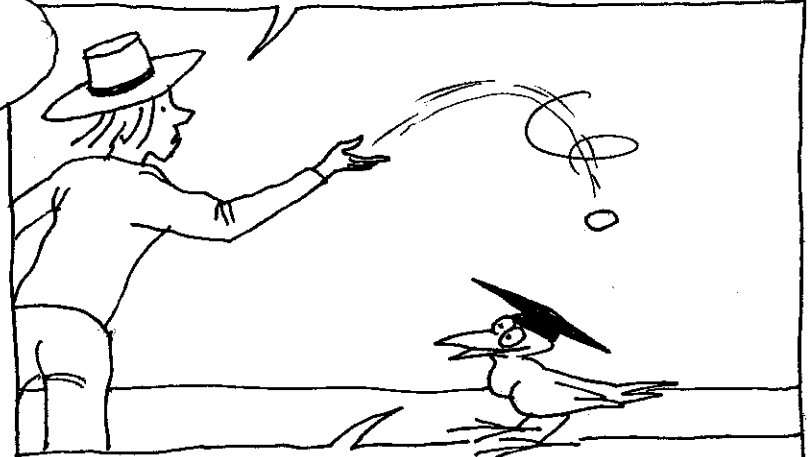


La propulsión mediante cohetes es compleja, además de contaminante. Mientras ideo otro sistema de motorización, ¿cómo podría mantenerme suspendido en el aire?

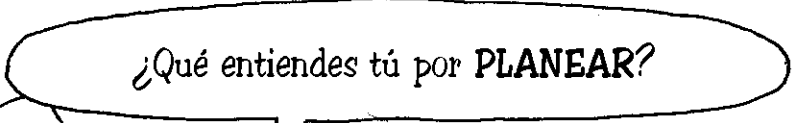


¿Qué tal si utilizaras la gravedad?

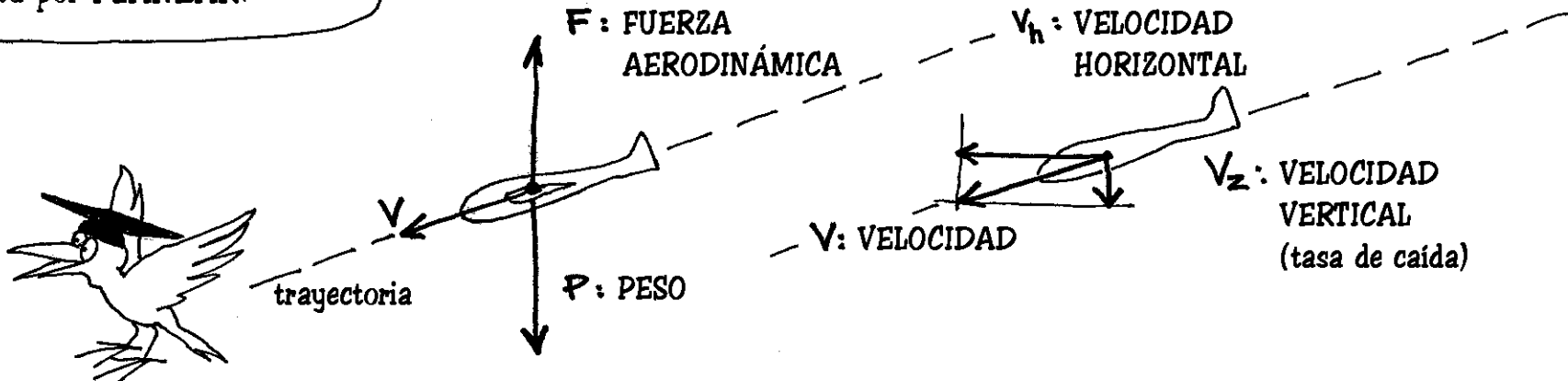
¿La fuerza de gravedad? ¿En qué se parece a un MOTOR? Cuando arrojo una piedra, esta cae y punto. No veo cómo llamarle a eso volar



No estás obligado a caer como una piedra. **PLANEANDO** puedes descender tomándote tu tiempo



¿Qué entiendes tú por **PLANEAR**?

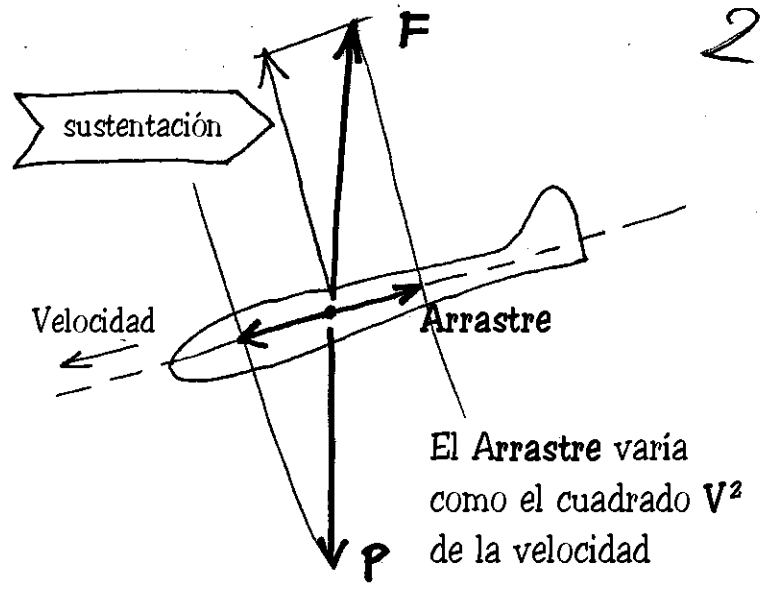


con la ayuda de **ALAS** puedes, si te desplazas a una velocidad V , crear una **FUERZA AERODINÁMICA F** proporcional al cuadrado V^2 de la velocidad.

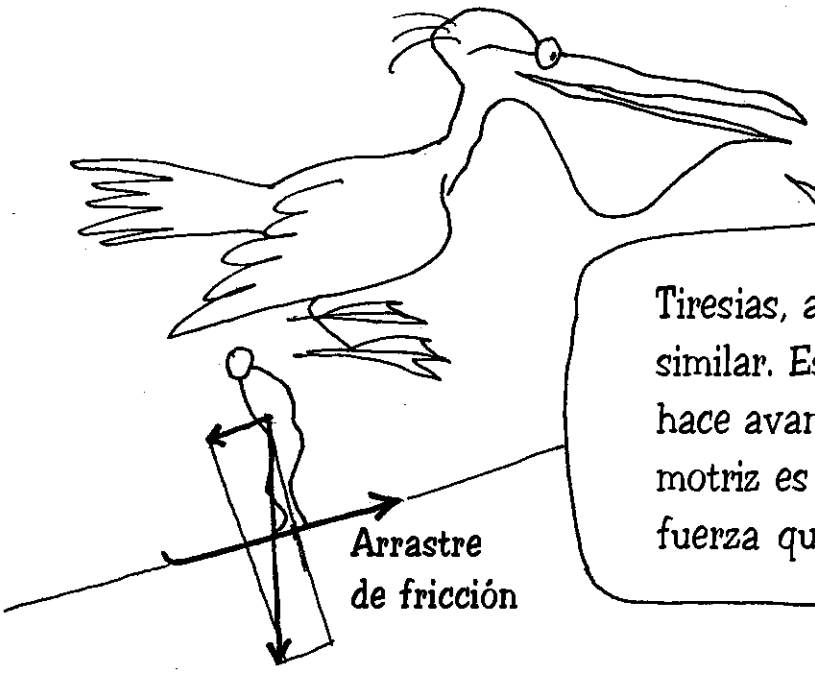
Si comprendo bien tu dibujo,
la fuerza **F** se opone directamente al peso **P**.
¿Pero en virtud de qué milagro ocurre eso?



Piénsalo: el dibujo corresponde a un **VUELO ESTABILIZADO**, a una velocidad constante **V** y con un **ÁNGULO DE DESCENSO α** . El movimiento de tu **PLANEADOR (*)** se acompaña de una fuerza de **ARRASTRE** que equilibra la componente propulsora del **PESO**



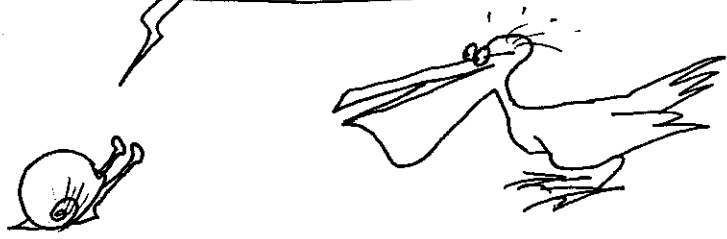
O sea que es el peso el que hace avanzar. Eso es verdaderamente milagroso



Tiresias, aunque sé que nunca has practicado el esquí, el principio es muy similar. Es la proyección del peso del esquiador sobre la **PENDIENTE** la que lo hace avanzar. En un descenso equilibrado, a velocidad constante, esta fuerza motriz es equilibrada por la fuerza de **FRICCIÓN** de los esquís sobre la nieve, fuerza que crece con la velocidad **V**

(*) Que los anglosajones llaman **GLIDER** o "deslizador".

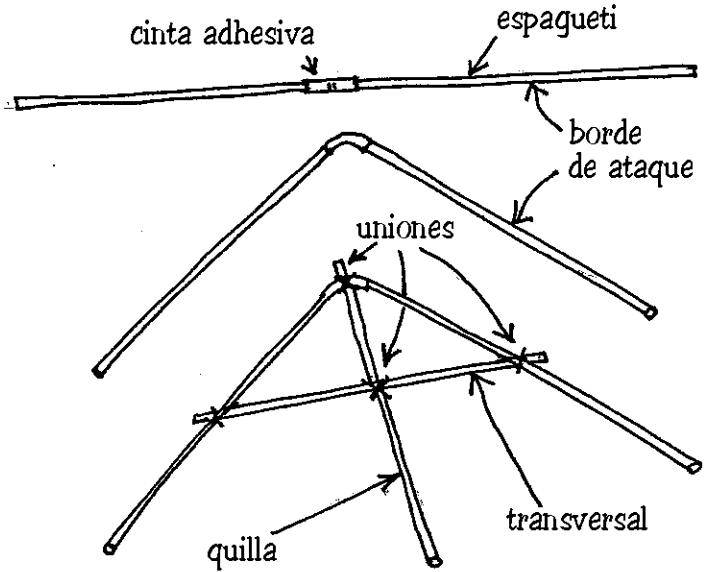
Espera un momento, León,
¿cuándo has practicado tú esquí?



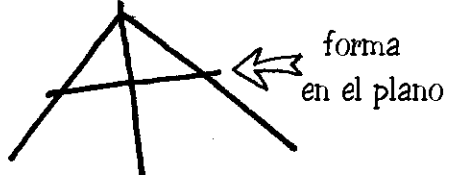
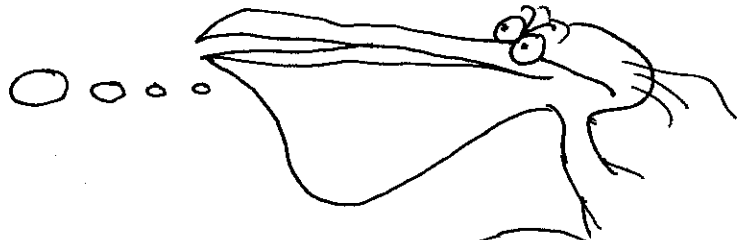
Observa, Anselmo, voy a fabricar una máquina voladora muy simple con ayuda de papel, cinta adhesiva, espaguetis, un gancho de ropa...



... Y un tubo de hilo

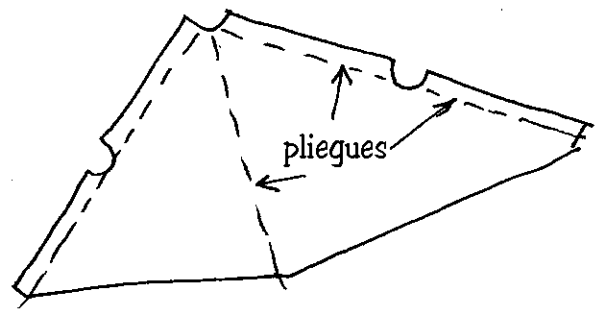


Trucos de mujeres...

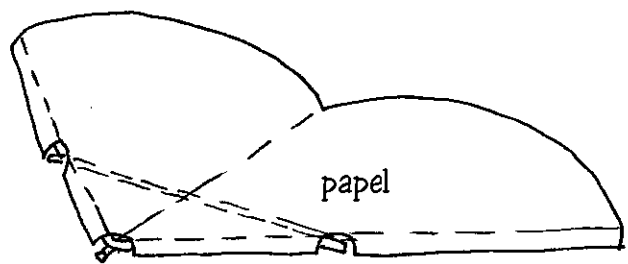


He fabricado esta armazón con espaguetis unidos con cinta adhesiva e hilo

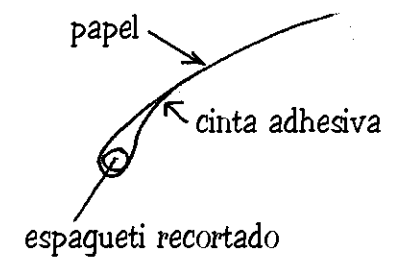




pliegues



papel

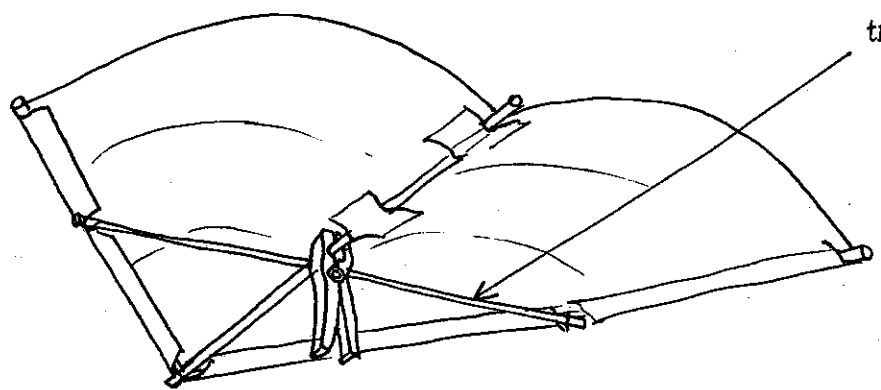


papel

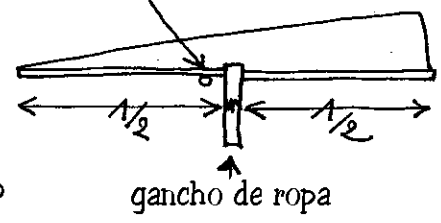
cinta adhesiva

espaguete recortado

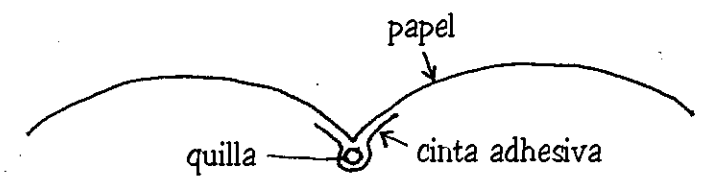
ensamble del "velamen" sobre la armazón tubular



transversal



gancho de ropa

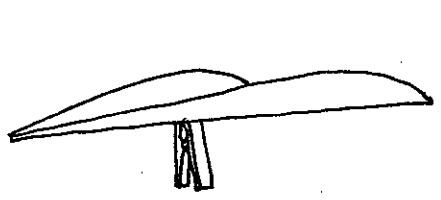


papel

quilla

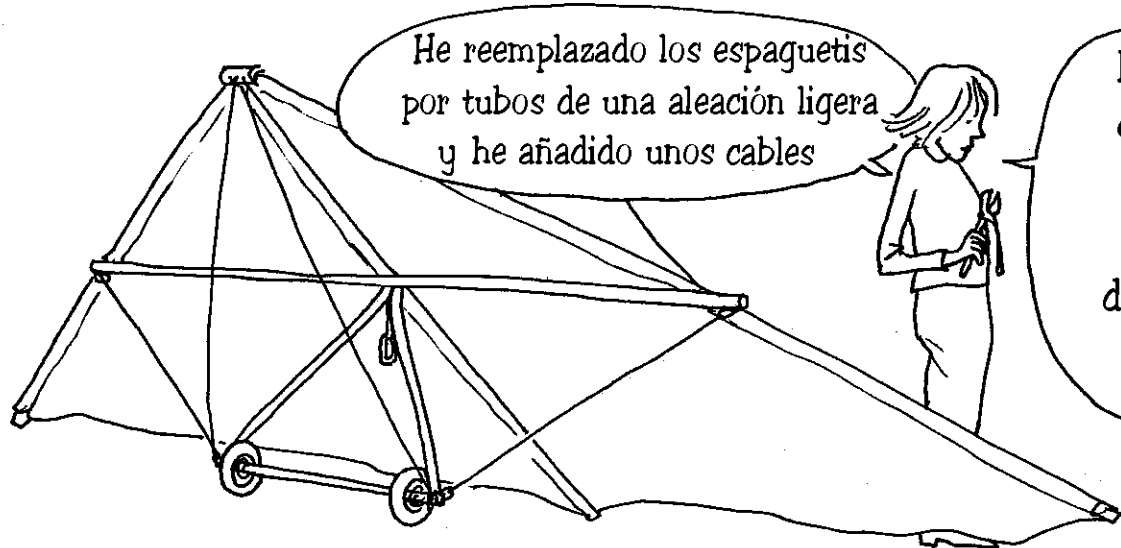
cinta adhesiva

¡Vuela!



Puedes acomodar el **CENTRAJE** corriendo hacia adelante o hacia atrás el gancho de ropa

EL ALA DELTA



Habiendo visto que la cosa funciona, sólo tengo que reemplazar el gancho de ropa. He fabricado una estructura tubular con un **TRAPECIO** que sostendré con las dos manos. Así podré desplazar el lastre, es decir mi propio peso, hacia adelante, hacia atrás, a derecha o a izquierda según me convenga

¿No sería mejor esperar a que Sofía diera su visto bueno?

Santo cielo, bien capaz si es de agarrarse de ese artefacto infernal



Pobre chico...

No hay problema. Es como con los espaguetis y el gancho de ropa

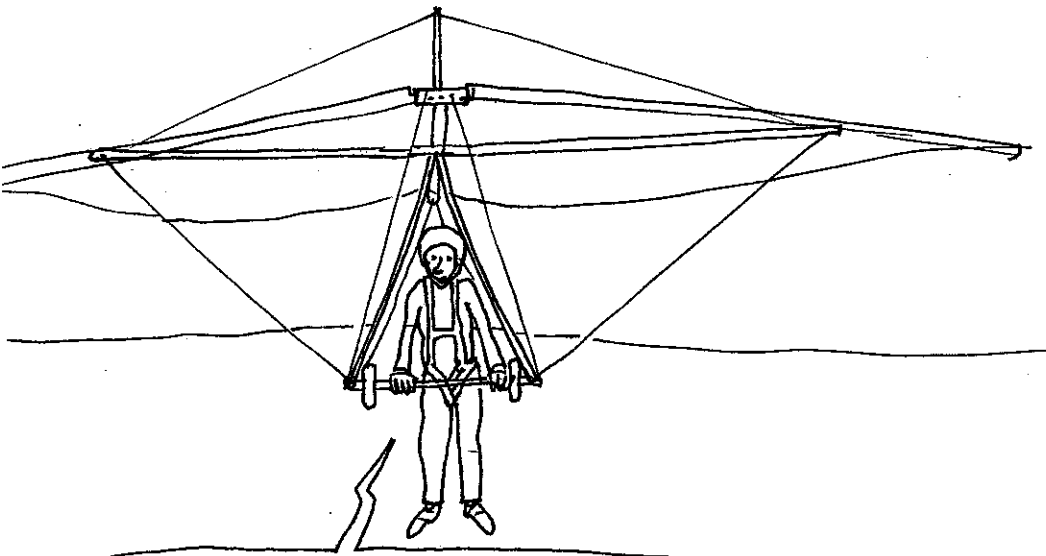
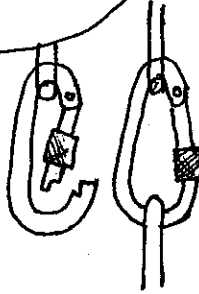


Sólo que ahora el gancho de ropa soy yo

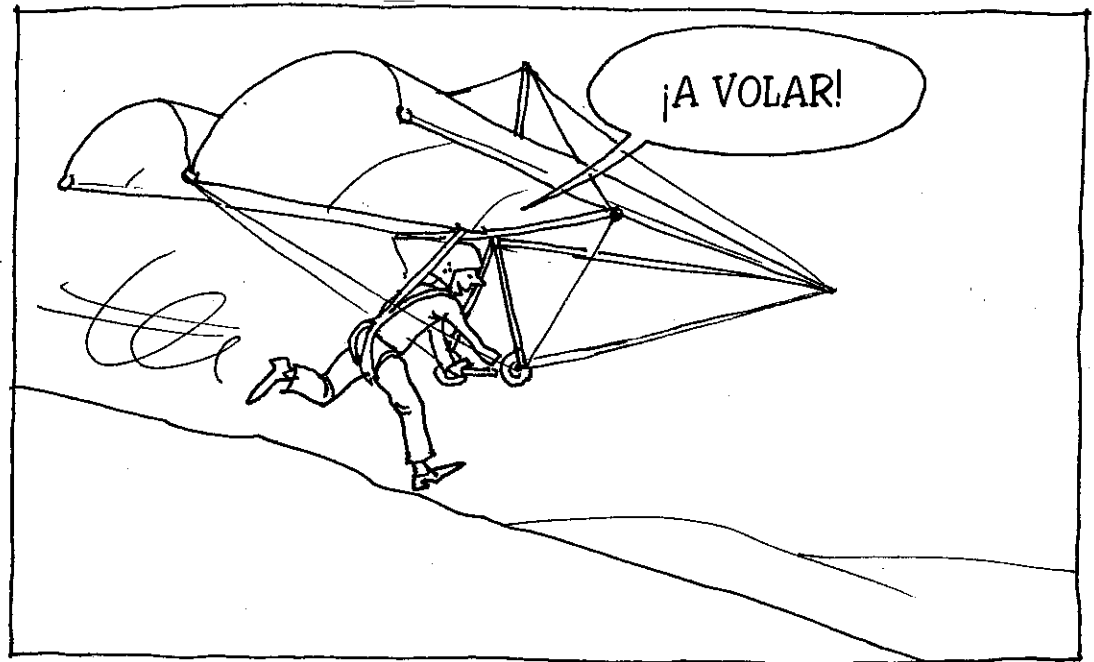


Me agarro a la quilla con este mosquetón

Para el aterrizaje he previsto estas ruedecillas

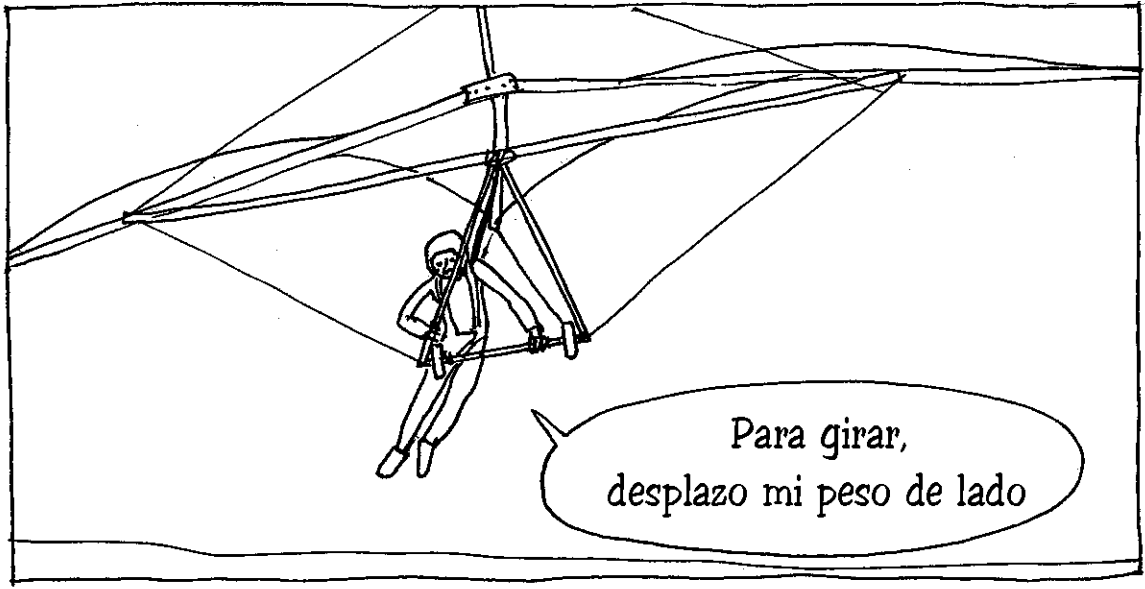
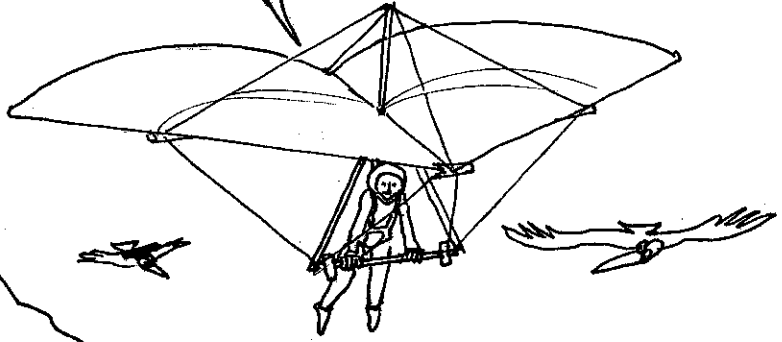


Bueno, esta cosa se ve bastante bien, así que no queda más que probar



¡A VOLAR!

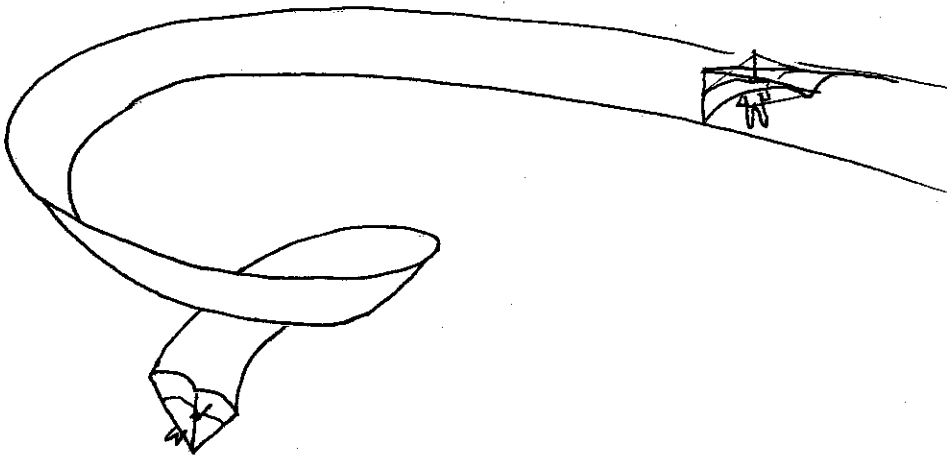
!!! Funciona !!!



Para girar,
desplazo mi peso de lado

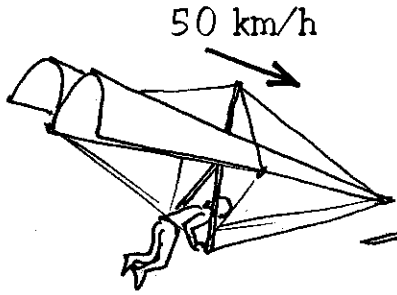


En línea recta, tasa de caída de
2,5 m/s. Al girar, fuerte derrape interior
y 3,5 m/s de velocidad de caída



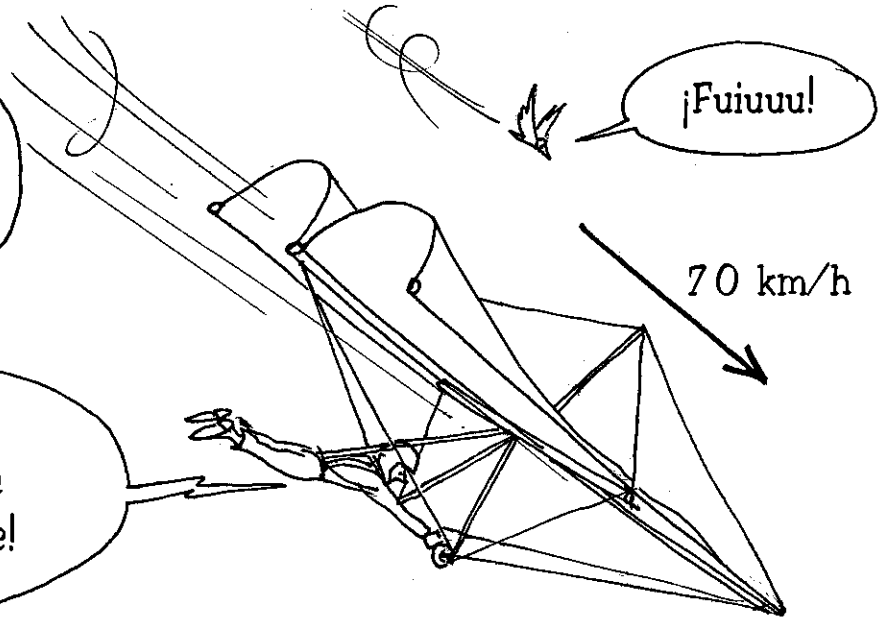
Fineza igual a 3. Justo por encima
de la caída en plancha

AUTOESTABILIDAD



50 km/h

Con el peso hacia adelante adquiero velocidad. ¡Vamos a ver cuánto puede dar esta máquina!



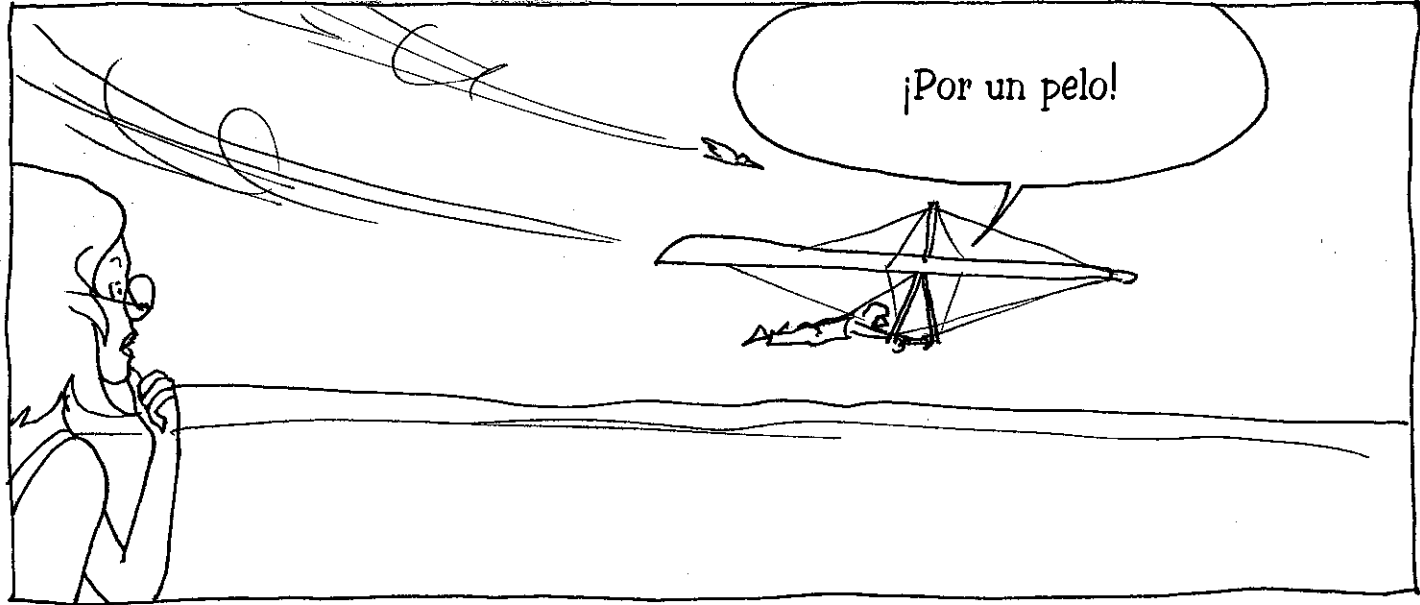
70 km/h

¡Fuiuuu!

¡RAYOS!
¡Mi velocidad aumenta y no logro enderezarme!

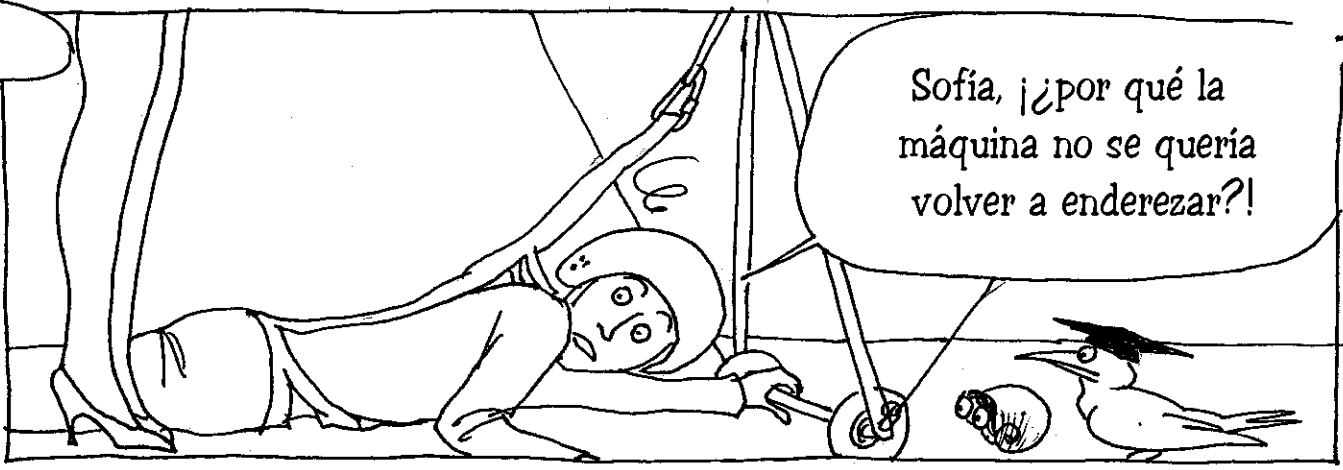
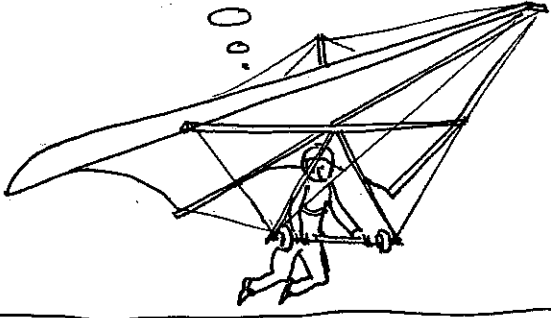


¡¡Desplazo todo mi peso hacia atrás, con los brazos extendidos, y no logro enderezarme!!

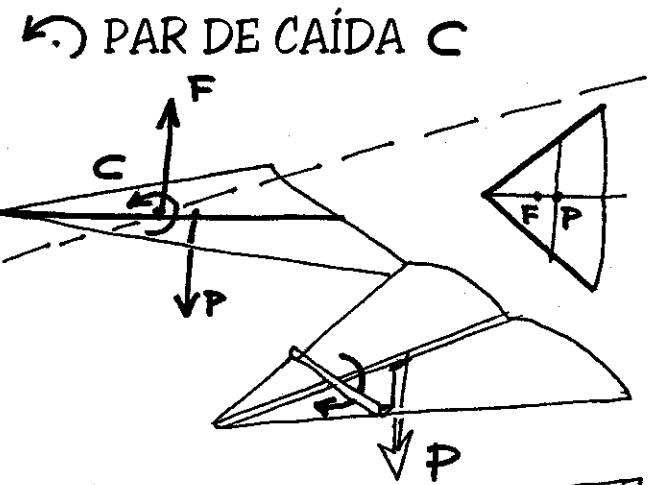


¡Por un pelo!

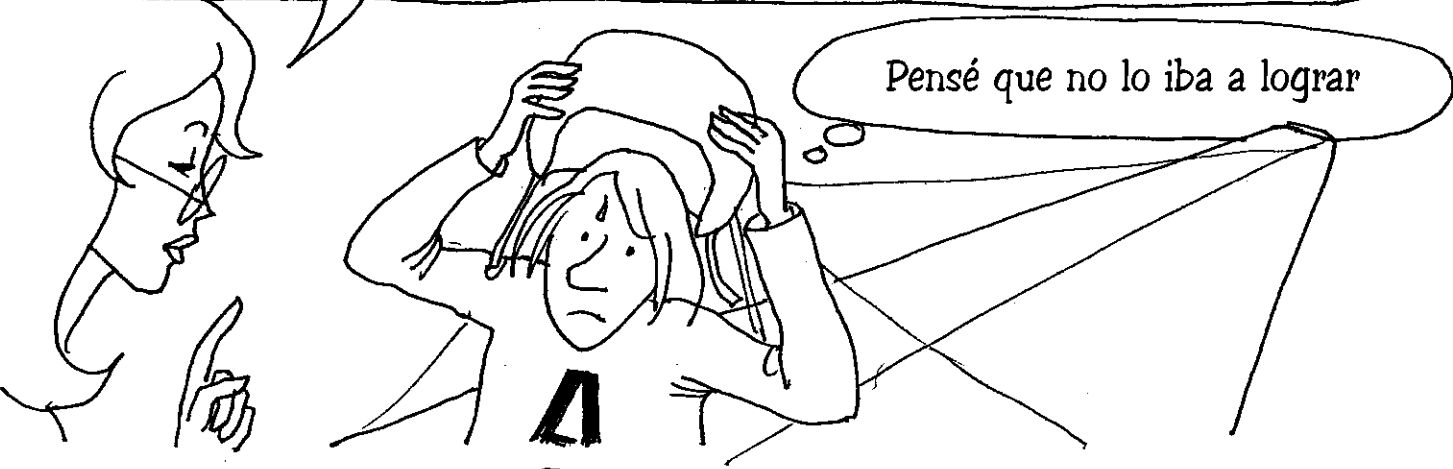
Inclinación para perder velocidad




Anselmo, recuerda el comienzo de esta historieta. La **SUSTENTACIÓN** no puede producirse sino al precio de un **PAR DE CAÍDA C**. Lo mismo ocurre con tu **ALA DELTA** o **DELTAPLANO**. Es tu peso **P** el que, en vuelo, equilibra el par de caída. Tú vas agarrado a la mitad de la quilla, es decir detrás del **FOCO** de tu ala, que en un ala delta está situado a un 40% de su **PERFIL** (*)



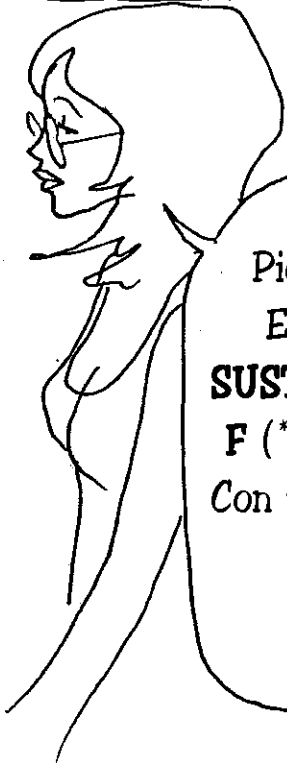
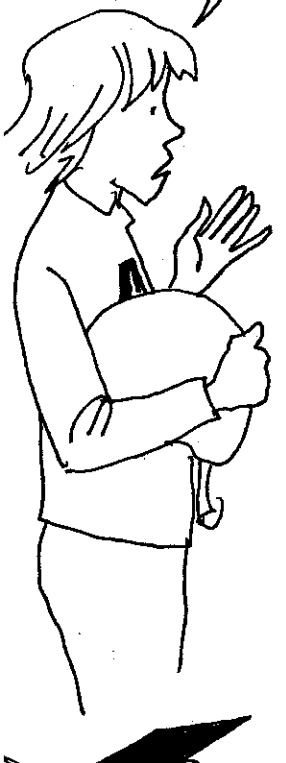
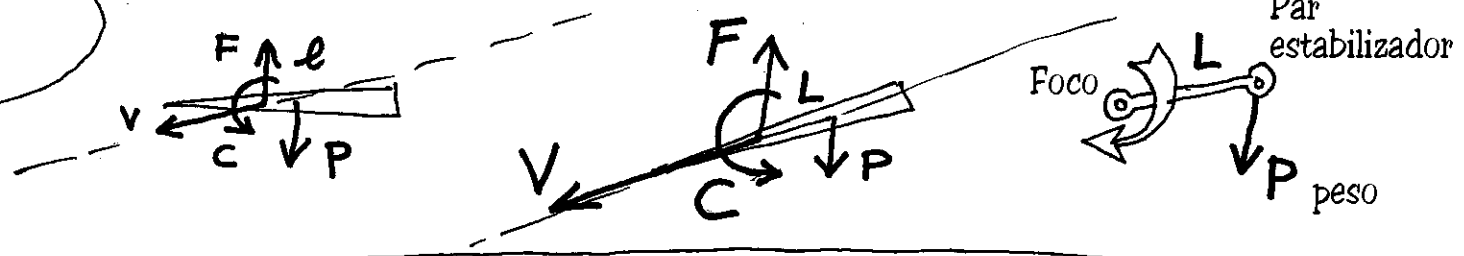
El desplazamiento hacia atrás del peso **P** crea un par estabilizador que se opone al par de caída de origen aerodinámico



(*) En un ala **RECTA**  la fuerza aerodinámica **F** se ejerce a un 25% del perfil.



¿Pero por qué mi máquina se resistía a enderezarse?



Piensa: el par estabilizador debido al desplazamiento de tu peso es igual a $P \times l$. Este equilibra el par de caída C que, como los demás elementos aerodinámicos: **SUSTENTACIÓN** y **ARRASTRE**, cuya suma constituye la **FUERZA AERODINÁMICA** $F (*)$ que se ejerce en el **FOCO** del ala, varían como el cuadrado V^2 de la velocidad. Con tu ala delta, si vas en picada y aumentas tu velocidad, tendrás un par de caída C que varía también él como V^2 , y que ya no podrás contrarrestar con tu **PAR ENDEREZADOR $P \times L (**)$**



¡Faltó muy poco para que Anselmo se saliera de su **DOMINIO DE VUELO** y su máquina se volviera inmanejable!

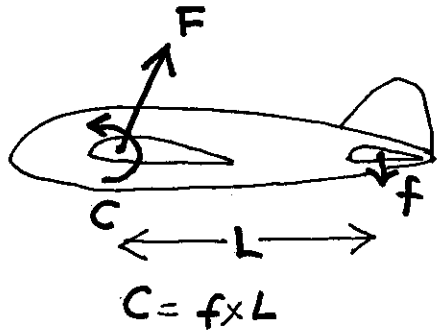
¡Eso es terrible! ¿Cuál es la solución?



(*) En los manuales se le denomina la **RESULTANTE DE LAS FUERZAS AERODINÁMICAS**, y se denota por **R**.

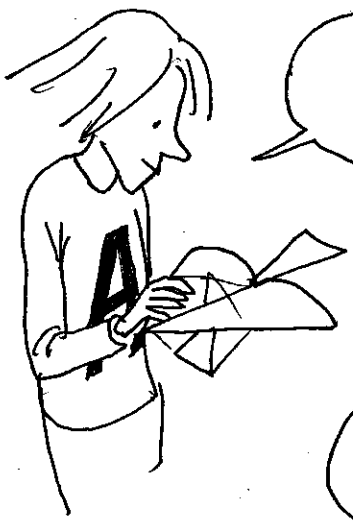
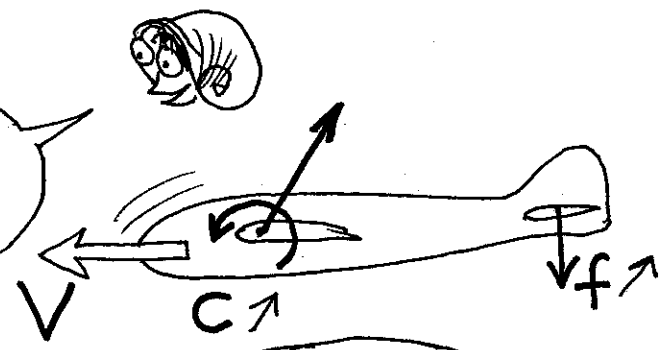
(**) El desconocimiento de este fenómeno fue la causa de numerosos accidentes mortales en los años 70s.

Un problema aerodinámico requiere una solución de naturaleza aerodinámica. Esto fue lo que Sofia sugirió a Anselmo con el **ESTABILIZADOR** en la primera parte de esta obra (*)



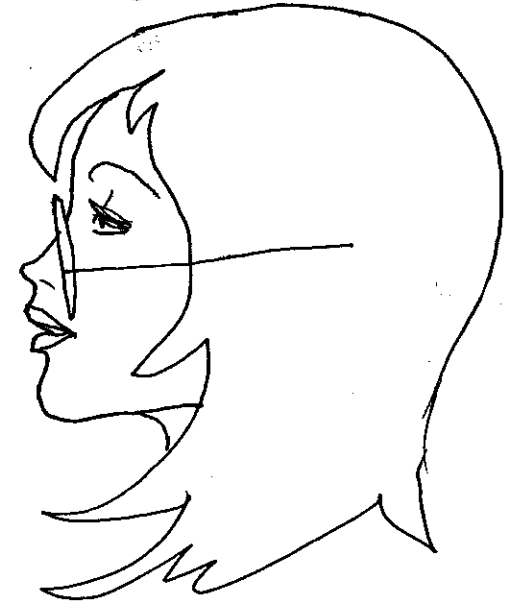
Un estabilizador horizontal de sustentación levemente negativa equilibra fácilmente el par de caída del ala gracias al largo brazo de palanca que constituye el fuselaje.

Además, este sistema es **AUTOESTABLE**. Si la velocidad aumenta, el artefacto tiende a inclinarse hacia adelante debido al aumento del par de caída **C**, que varía como V^2 . Pero éste es, así mismo, compensado por el incremento de la **SUSTENTACIÓN NEGATIVA f**

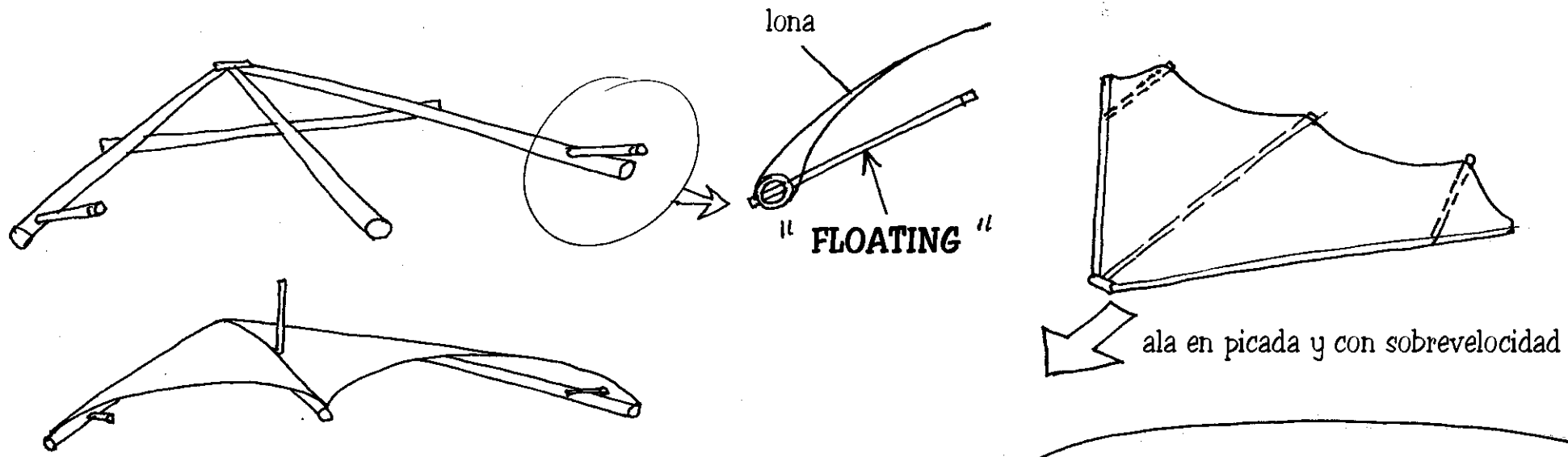


Entonces me basta con poner un estabilizador en mi ala delta...

Sí, puedes hacer eso. Pero hay formas más simples de garantizar tu seguridad

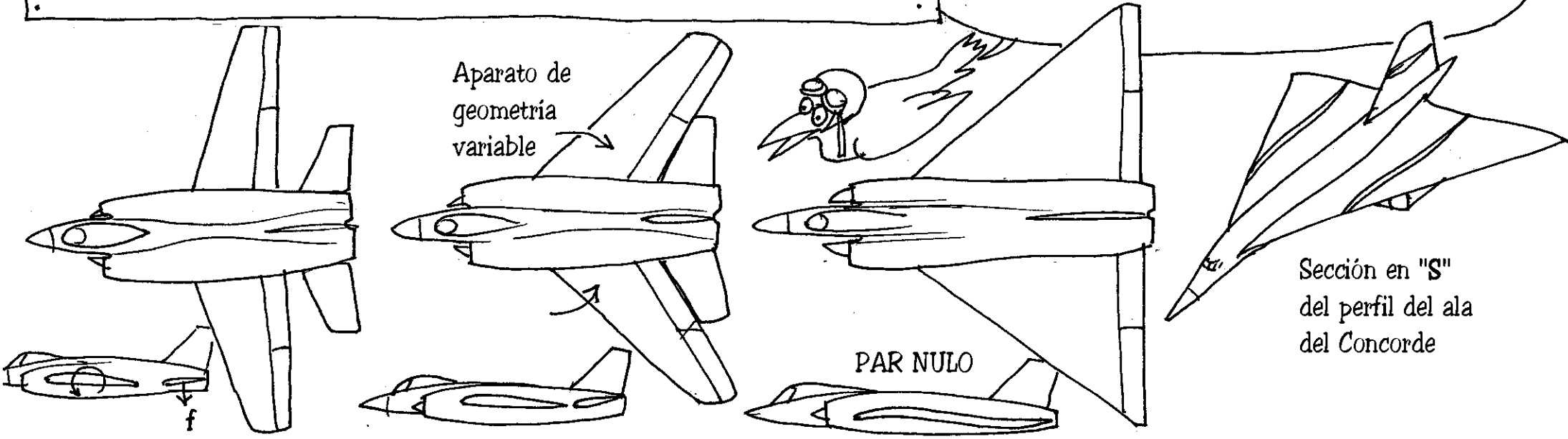


(*) Ver ¿Y si voláramos?, en esta misma serie y del mismo autor (NdT).



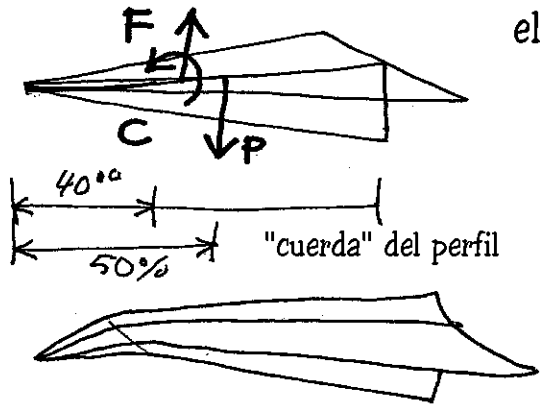
Los dispositivos denominados "FLOATINGS" no tocan la vela en vuelo normal sino sólo en caso de sobrevelocidad y de caída en picada peligrosas, cuando mantienen levantada la parte trasera del velamen y obligan al enderezamiento automático (*)

Los artefactos de alas delta rígidas se pueden volver autoestables (vuelo con par de caída nulo) incorporando el estabilizador al velamen y dando a su perfil una forma en S



(*) Estos simples dispositivos mostraron muy pronto ser bastante efectivos.

Un avión clásico de papel vuela como un ala delta. El centro de gravedad está evidentemente en la mitad, mientras que el FOCO está a un 40% de la CUERDA, del perfil. El par estabilizador, debido al peso, compensa el par de caída ligado a la sustentación. En una picada pronunciada difícilmente el avión vuelve a enderezarse.



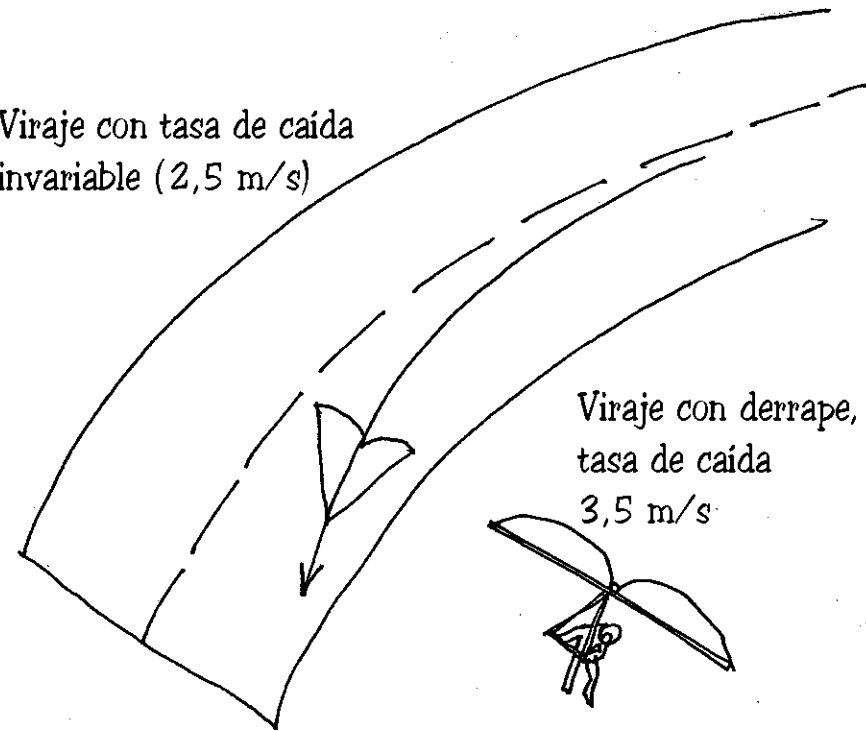
Se puede pasar a un perfil autoestable doblando ligeramente hacia abajo la nariz y doblando (también ligeramente) hacia arriba la parte trasera. Así se da al avión de papel un perfil en forma de **S** que le permite, entre otros, volar más lentamente.

La Dirección



Sin embargo, tu máquina tiene un gran defecto. Para girar, te hace falta poner tu peso hacia el interior del viraje, y éste experimenta un fuerte **DERRAPE INTERNO**. La **TASA DE CAÍDA** pasa a ser de 3,5 m/s

Viraje con tasa de caída invariable (2,5 m/s)



Viraje con derrape, tasa de caída 3,5 m/s

¿CÓMO HACEN LOS PÁJAROS PARA GIRAR?



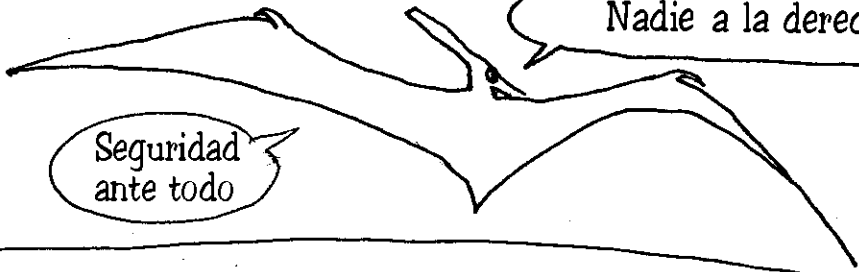
Podría poner un estabilizador vertical con un mando móvil.
Pero las aves y los murciélagos no lo tienen, y sin embargo pueden girar
sin ninguna dificultad. ¿Cómo lo hacen?

El pterodáctilo, el murciélago, el buitre
y el gorrión no necesitan de un estabilizador
vertical para hacer sus giros

Extendiendo un ala y replegando la otra se tienen dos efectos: las superficies de las alas se modifican, y el ala que está extendida ve cómo su borde de salida disminuye. Lo contrario ocurre con el ala que está replegada



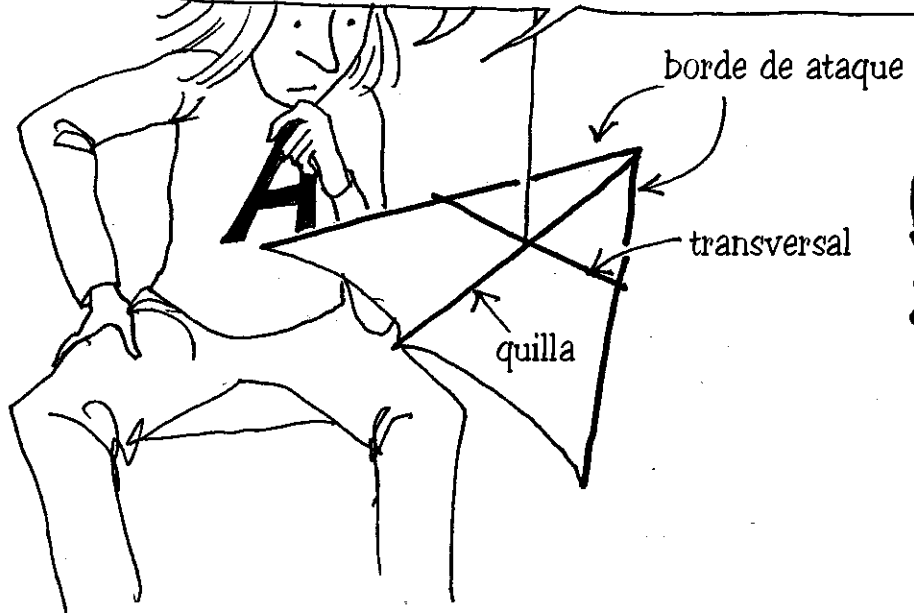
Pterodáctilo visto desde atrás volando en línea recta



Nadie a la derecha, giro

Seguridad ante todo

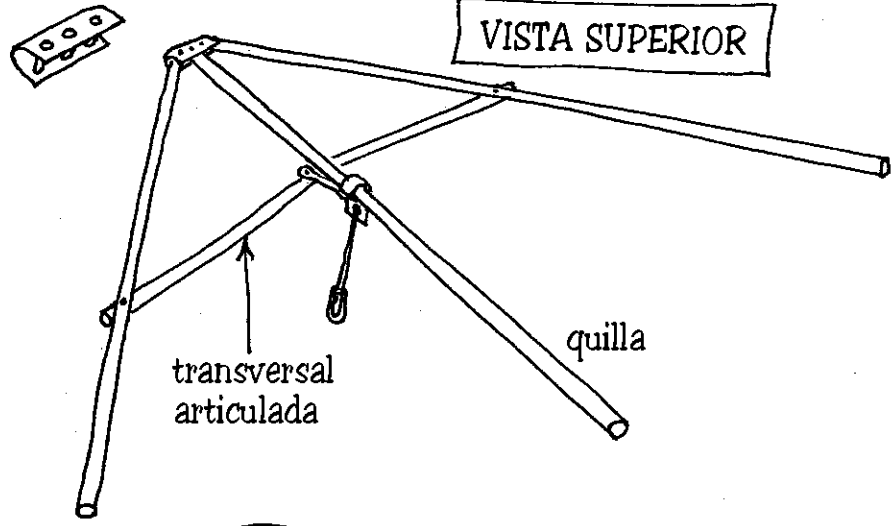
Muy bien... ¿pero cómo hacer para extender un ala y replegar la otra, aunque sea un poco?



Basta con que liberes la quilla de la transversal

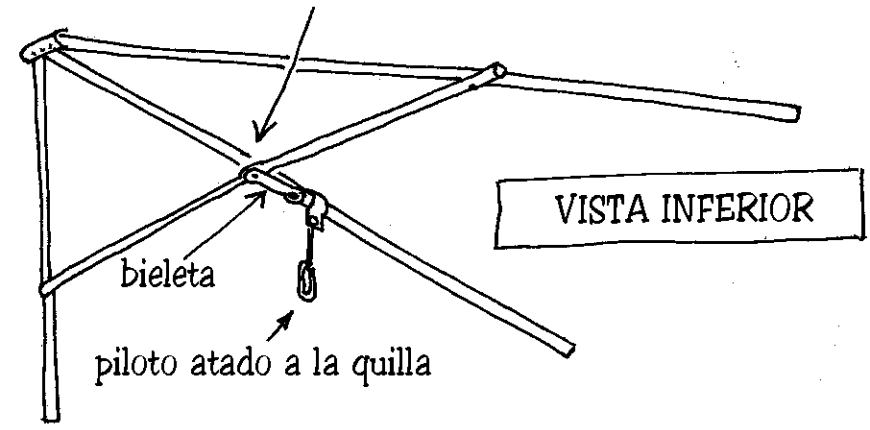
cierre en hierro de la nariz

VISTA SUPERIOR

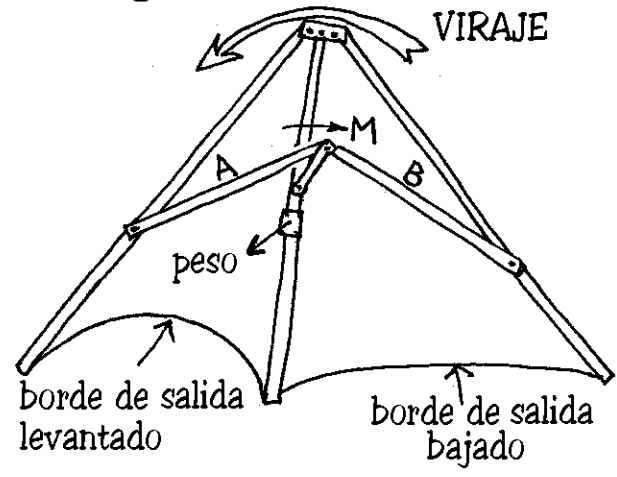


articulación de la transversal

VISTA INFERIOR

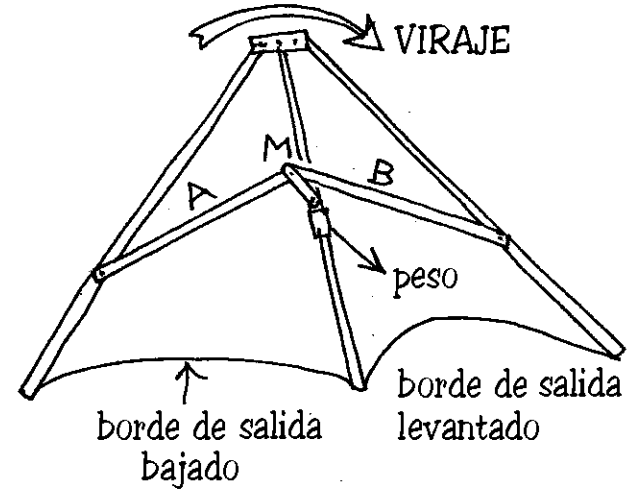


VIRAJE



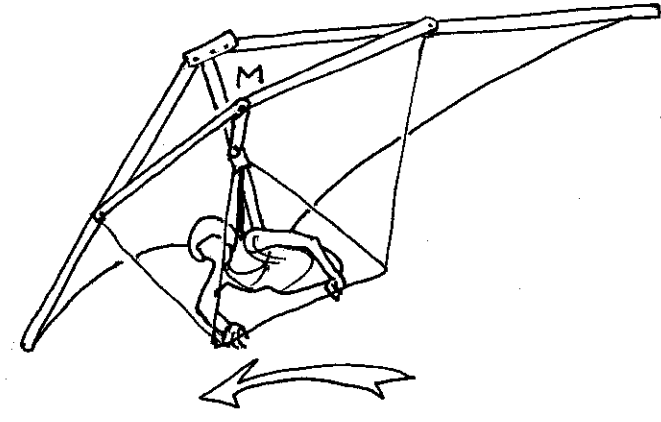
VISTA INFERIOR

VIRAJE



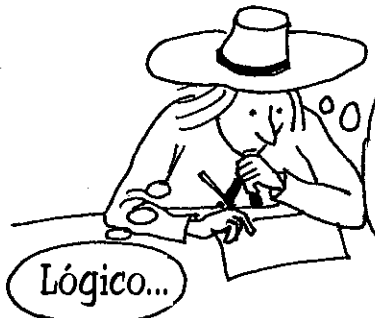
VISTA INFERIOR

VIRAJE A LA DERECHA



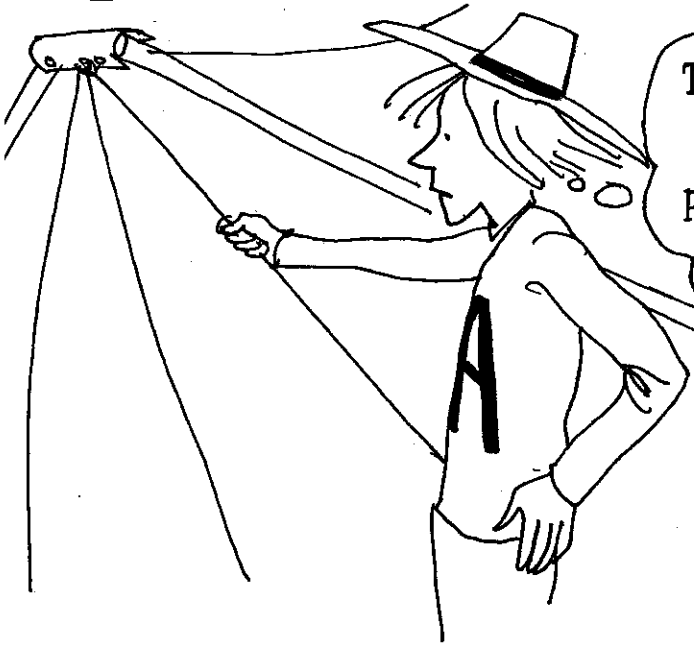
Este astuto sistema, denominado "de transversal flotante", le permite al piloto, desplazando su peso, descentrar la quilla con respecto a la articulación M de las dos semitransversales de igual longitud A y B. Desplazamientos de tan sólo unos cuantos centímetros permiten virajes cerrados.

La Dirección

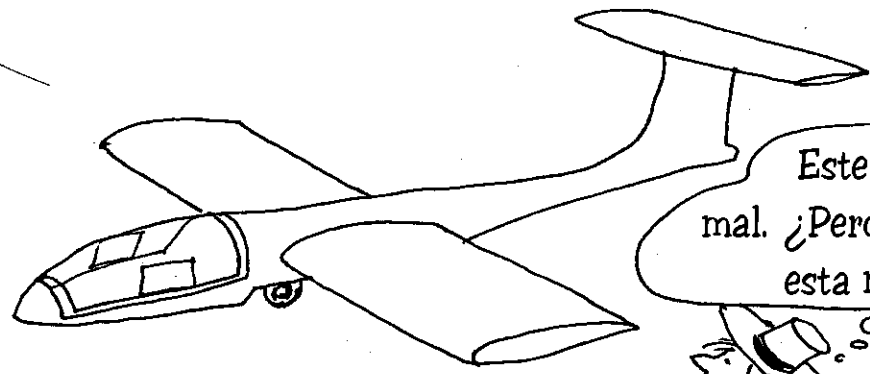


Lógico...

Si quiero de verdad concebir un **PLANEADOR** que funcione adecuadamente, me hará falta eliminar todo aquello que represente una fuente de pérdida de energía. En primer lugar, la **TURBULENCIA**. Si mi planeador deja tras de sí masas de aire en movimiento originadas a su paso, eso será energía desperdiciada



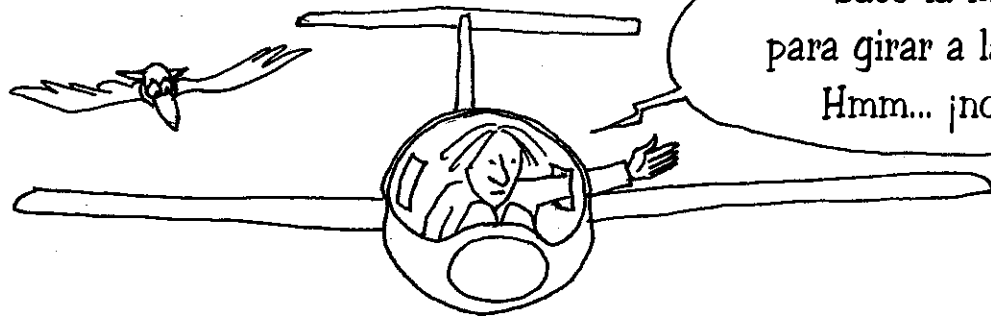
Todos estos cables son la causa de un **ARRASTRE** importante que hay que eliminar. Al igual que el piloto en el interior de la estructura. Paredes lisas, sin asperezas. Tengo que revisarlo todo...



Este no está nada mal. ¿Pero cómo pilotear esta máquina?



Puedo desplazarme de adelante hacia atrás en la cabina para inclinarlo hacia arriba o hacia abajo. Hay ventanas a cada lado, y sacar una mano me permitirá hacer el giro correspondiente. Pero la verdad es poco cómodo y eficaz, y crea la turbulencia que quiero evitar a toda costa

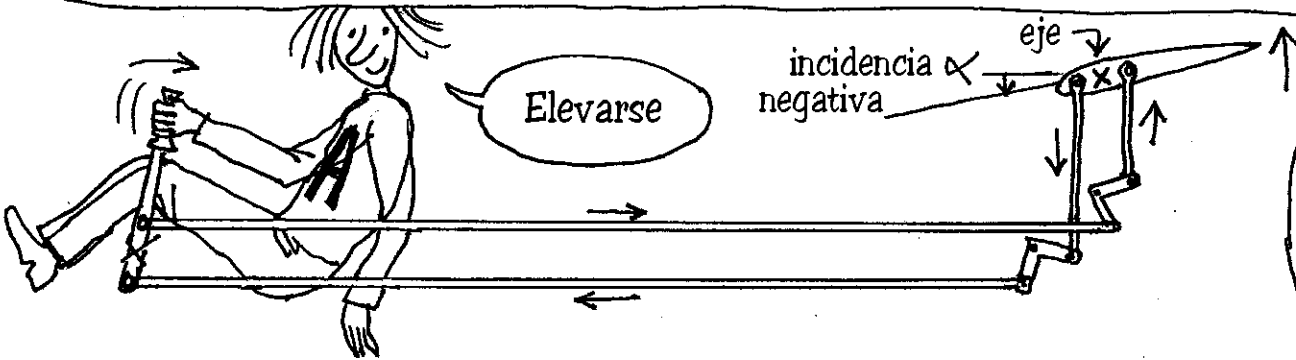


Saco la mano para girar a la izquierda.
Hmm... ¡no sirve!

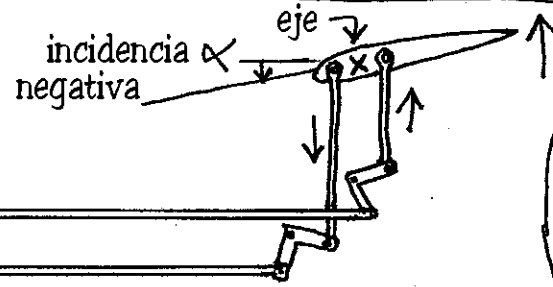
Accidentalmente...



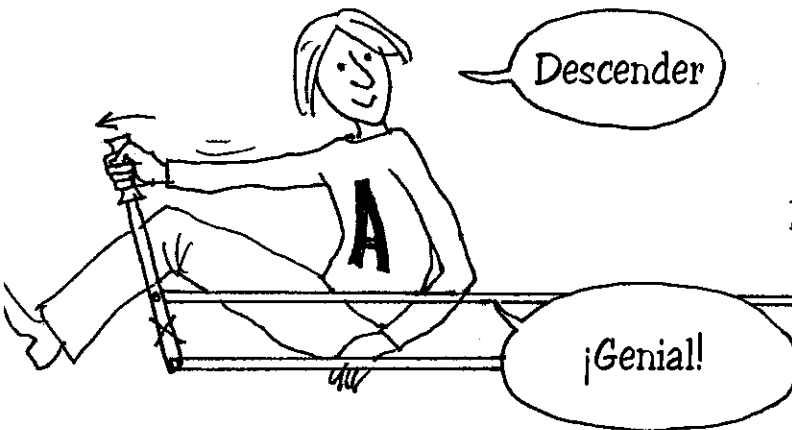
Vaya, un interesante truco. Cuando pongo la mano así, como una especie de ala, y cambio el ángulo de **INCIDENCIA α** , la fuerza varía proporcionalmente a aquél. Voy a probar con un estabilizador horizontal de incidencia α variable que podré modificar a voluntad



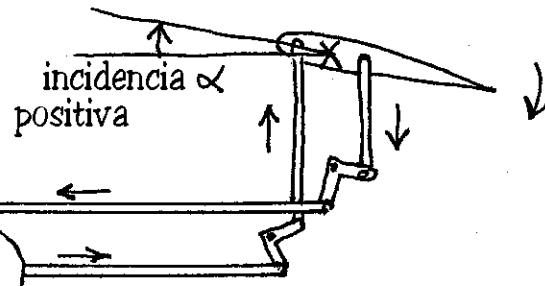
Elevarse



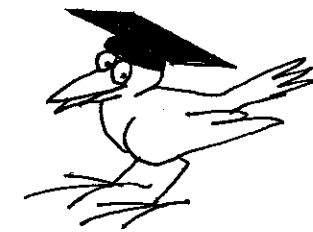
Gracias a este **VARILLAJE** Anselmo puede controlar a distancia el plano horizontal de su máquina voladora con una **PALANCA DE MANDO**



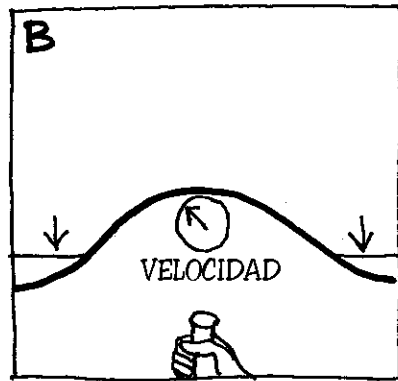
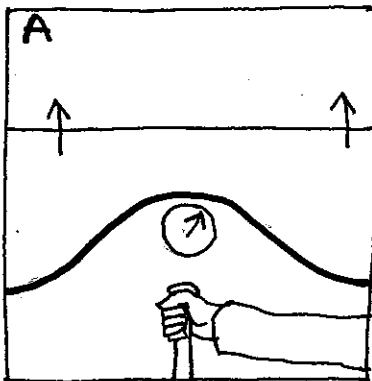
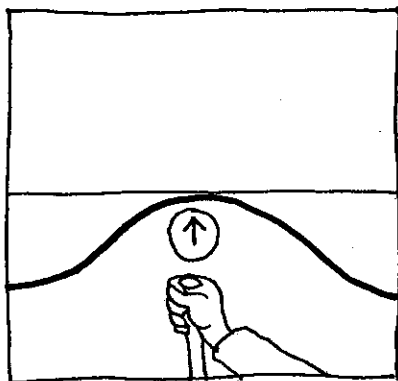
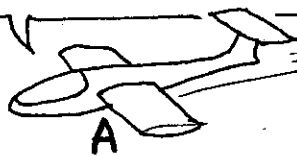
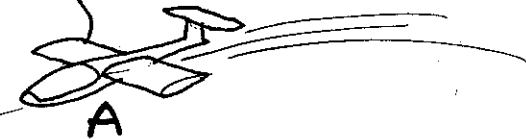
Descender



¡Genial!



¡Formidable! Puedo descender o elevarme a gusto actuando sobre el **MANDO**.
De esta manera puedo controlar rápidamente el **EQUILIBRIO** de mi planeador

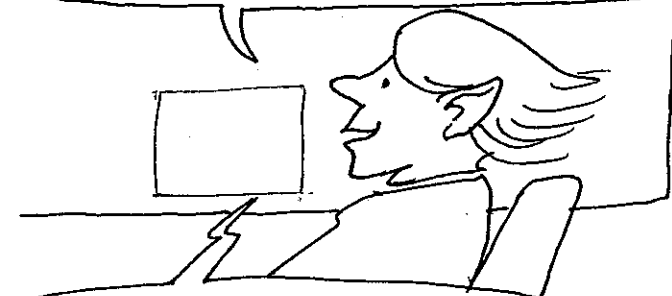


Descenso normal,
palanca "en neutro".
El estabilizador es de
sustentación levemente
negativa (*)

Anselmo desciende
empujando la palanca:
el horizonte "sube" y
la velocidad aumenta

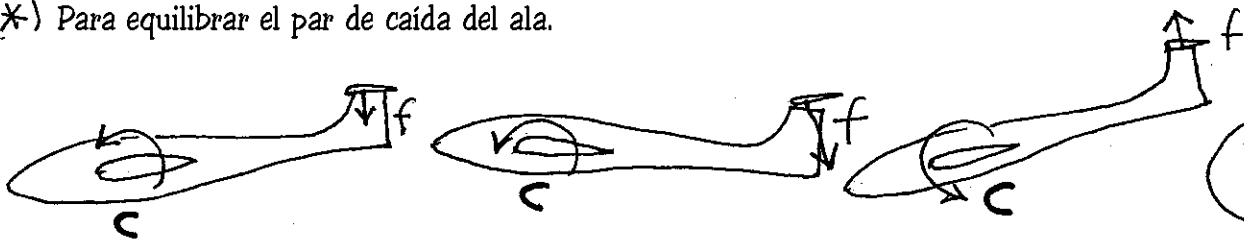
Anselmo asciende
halando la palanca:
el horizonte "desciende"
y la velocidad disminuye

Sólo tengo que servirme del panorámico
de mi planeador para controlar su **POSICIÓN**.
Si el horizonte sube es que tengo tendencia a
caer. Si el horizonte baja, entonces tiendo a
subir. La velocidad del planeador reacciona
en consecuencia. En picada, aumenta.
En elevación, disminuye



El **BORDE DEL PANORÁMICO**
es una referencia de lo más útil

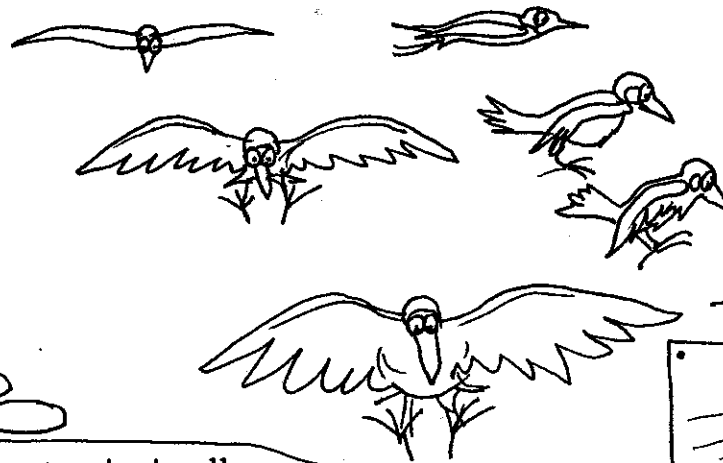
(*) Para equilibrar el par de caída del ala.



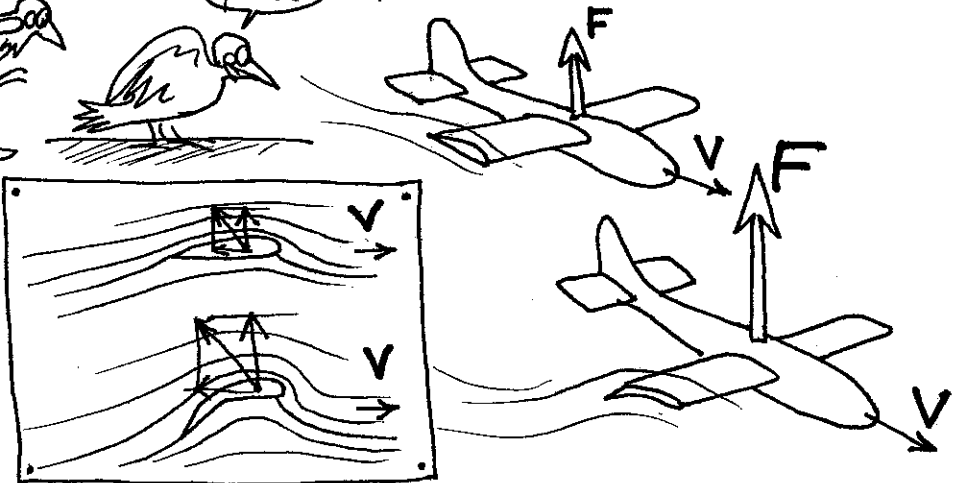
Entre más rápido va un planeador, mayor es el ruido producido por el roce del ala, hasta hacerse audible. Cuando los instrumentos de medida de la velocidad aún no habían sido inventados, los pilotos de planeador se reconocían por el largo de sus orejas, resultado de la adaptación al ruido.

Bien, eso funciona para controlar el **CABECEO**, pero no para el viraje. Voy a observar a los pájaros para ver cómo lo hacen

ALETAS CON CURVATURA



¡Listo!



Al momento de su aterrizaje ellos curvan sus alas, actuando sobre las plumas con la ayuda de músculos

Al aumentar la curvatura de mi **PERFIL DE ALA** se produce una fuerza aerodinámica mayor para una misma velocidad **V**. Recíprocamente, al poner sus alas de esa manera los pájaros pueden **PRESENTARSE** a menor velocidad

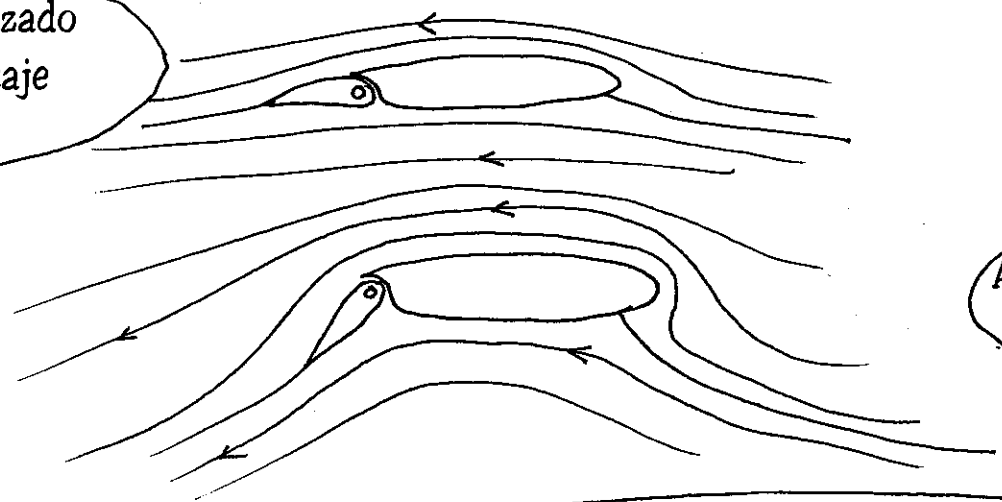


Pero no puedo plegar estas alas. En cambio, puedo hacer que su parte trasera se torne articulada

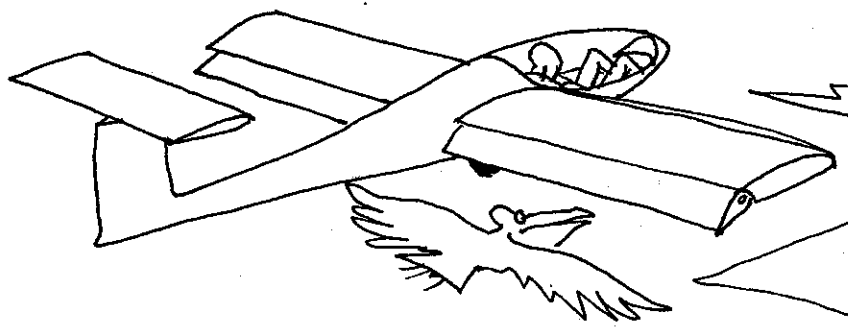
Alas... ¿articuladas?!



Vengan a ver. ¡Anselmo ha reemplazado las plumas de las alas por un montaje con una parte articulada!



Aquí pueden ver las líneas de corriente

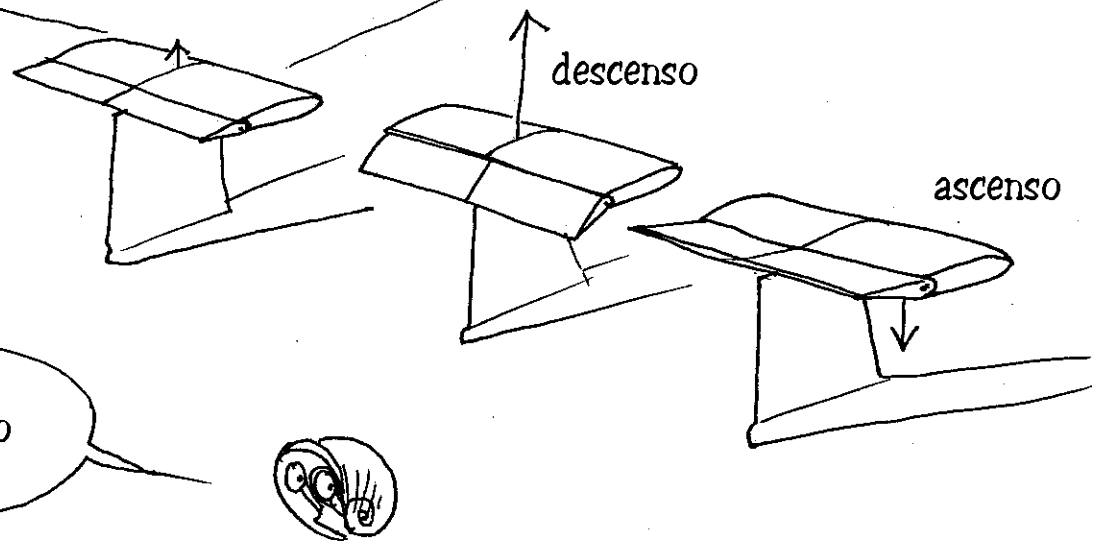


El aterrizaje, el descenso y la **APROXIMACIÓN A TIERRA** son ahora menos arriesgados

¿Por qué no generalizar este sistema de articulación a mi estabilizador horizontal?

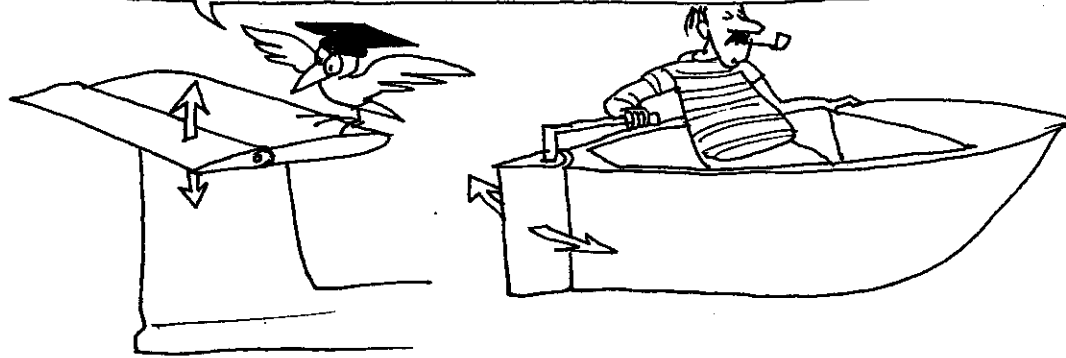


Dicho y hecho



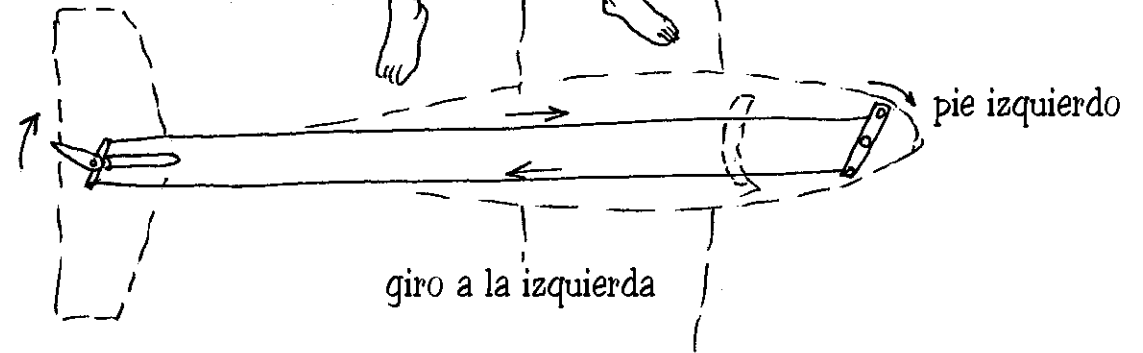
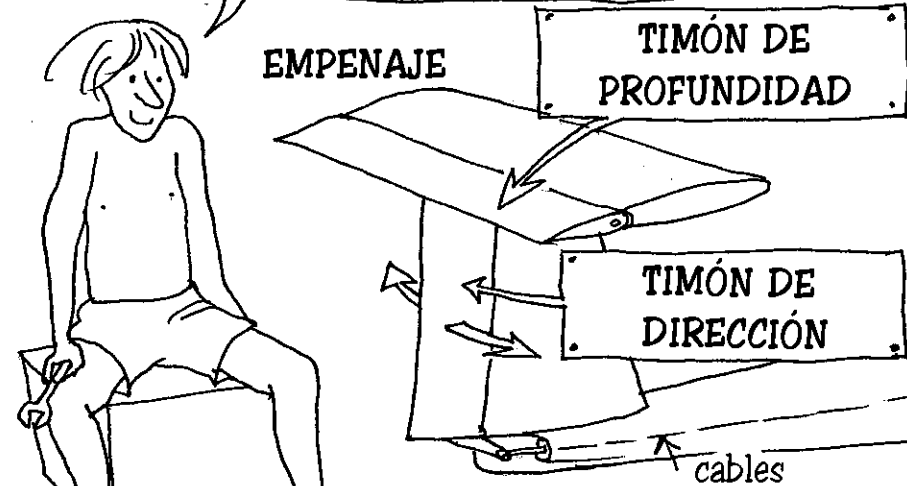
TIMONES

En resumen, esto funciona como un **TIMÓN** de embarcación, sólo que en lugar de maniobrar a derecha e izquierda se maniobra "hacia arriba y hacia abajo"



¡Pero si esa es la solución! He estado complicándome tratando de girar sacando la mano derecha o la izquierda, ¡cuando lo que debo hacer es dotar a mi planeador de un **TIMÓN DE DIRECCIÓN** !

Lo controlaré con los pies desde mi **PUESTO DE PILOTAJE**, uniéndolo mediante cables a un **PEDAL**



¿Cómo está mi hombre volador preferido?

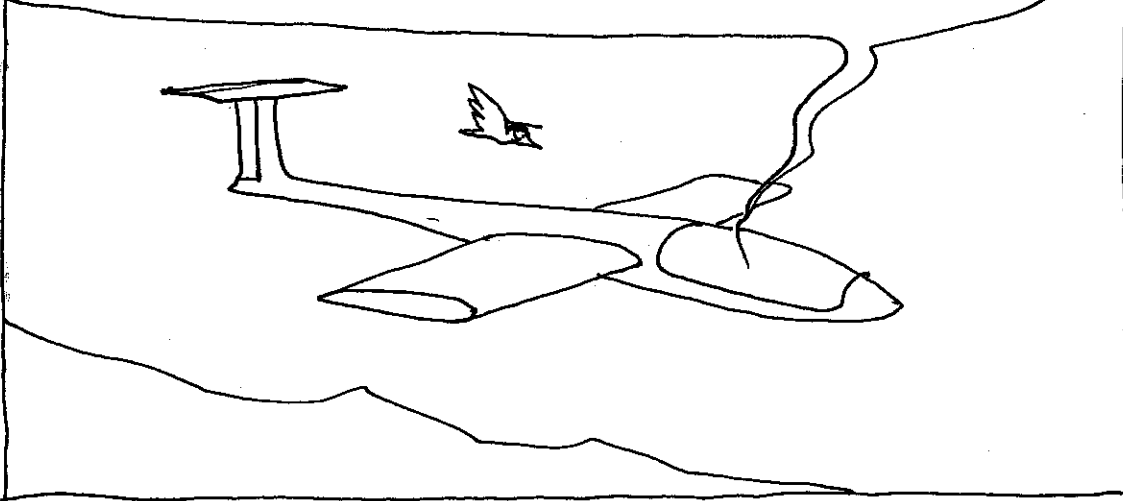
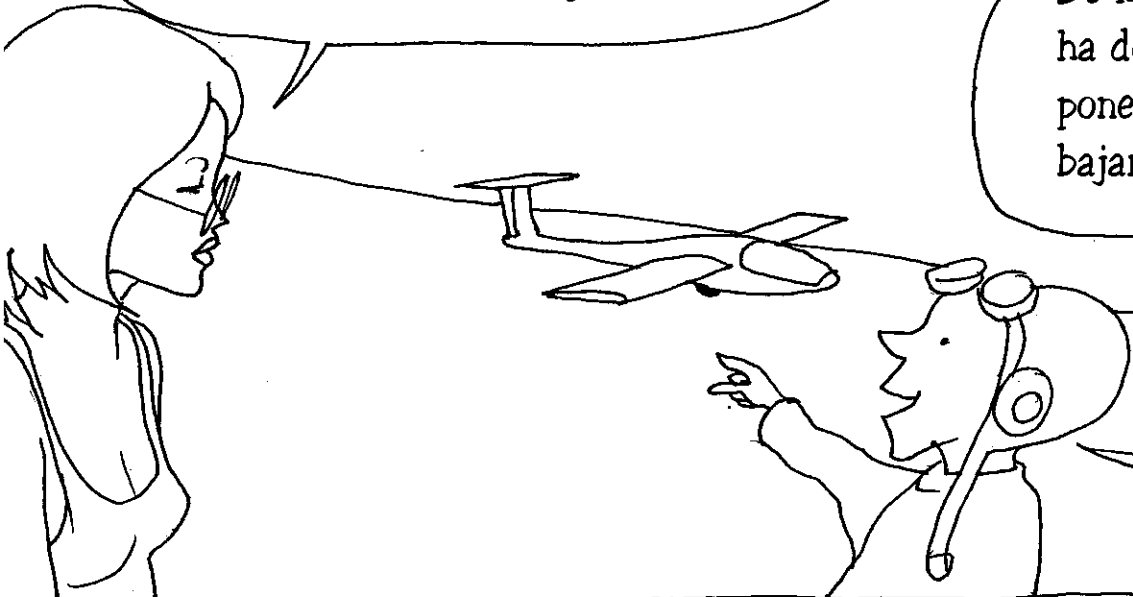
De maravilla, Sofia. La **MECÁNICA DEL VUELO** ha dejado de tener secretos para mí. Basta con poner timones en los lugares correctos para subir, bajar, o girar a la derecha o a la izquierda

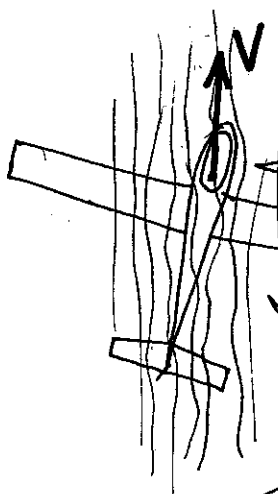
He construido incluso un planeador de dos plazas, y si quieres puedes venir conmigo

Ahí tienes, despegamos por una pendiente. Con esta palanca de mando puedo ascender o descender a gusto, y girar con suavidad gracias al pedal

¡Diablos, meto el pie a fondo y esta cosa no gira!
¡El planeador se va de lado, y nada más!

¡Qué chasco!





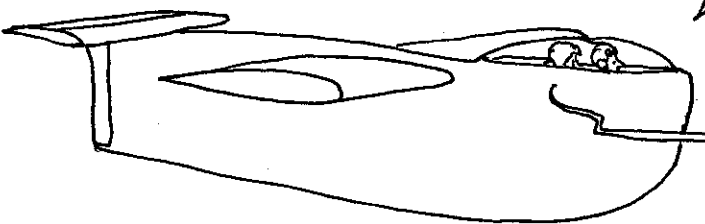
Piensa: con el timón simplemente has puesto el fuselaje atravesado. Y como no hay ninguna resistencia del viento, **AVANZAMOS DE LADO**, eso es todo...

No comprendo...

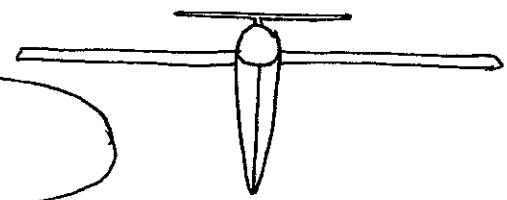


Ensayen manejando un bote de fondo plano con un simple timón: no va a funcionar

¿Será necesario dar al fuselaje del planeador la forma de un casco de barco para que se decida por fin a girar?!



Sí, de acuerdo, pero hay soluciones más simples

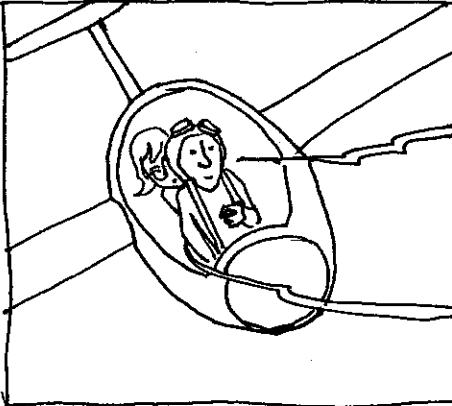


Muevo el timón...

...y... ¡nada!?



No hago más que **DERRAPAR** sobre el agua, a lo largo y a lo ancho. Me hace falta una **DERIVA**, una **QUILLA**



¡Eeps! ¡Hay una fuerte **TURBULENCIA**, una corriente de aire ascendente que empuja nuestra ala izquierda!

¿Y entonces?

Eso nos hace girar a la derecha, a pesar de que el pedal está en neutro

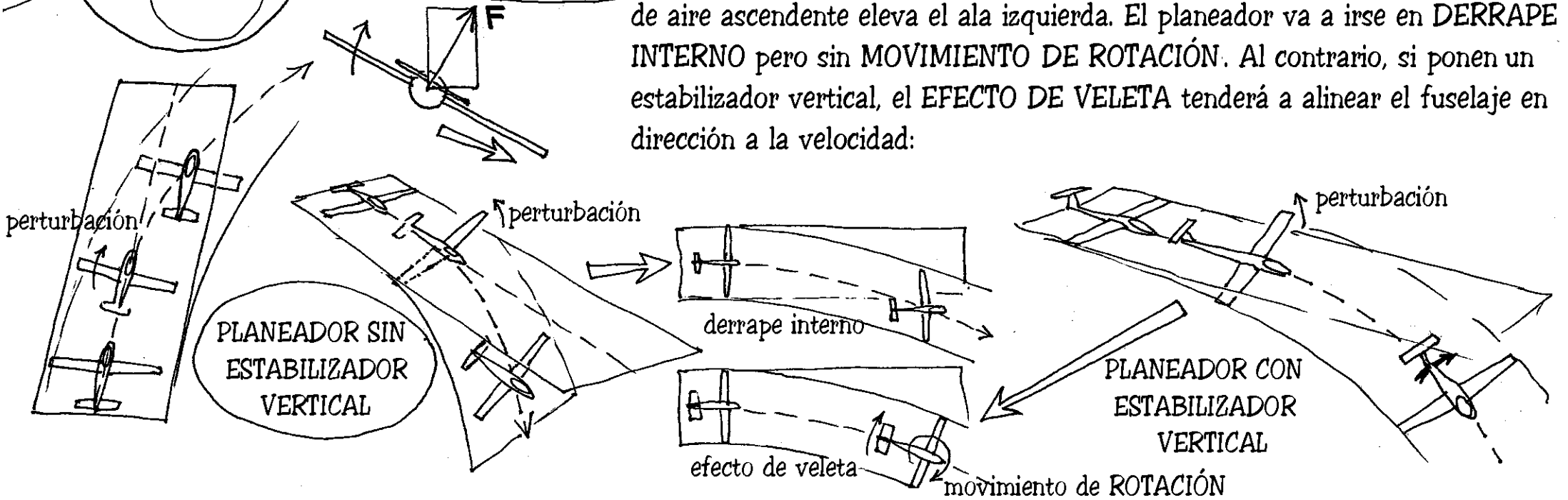
Todo eso requiere una explicación. ¡Pero comienza por halar ligeramente tu palanca para que no nos vayamos de nariz!

Es tu estabilizador vertical el que te hace girar

No comprendo, ¿acaso no está en el plano de simetría del aparato?

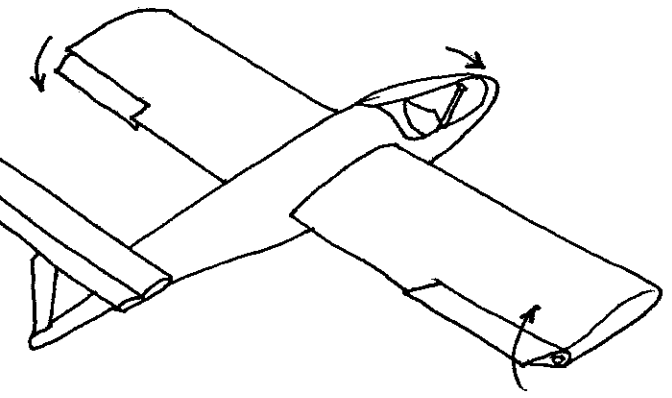
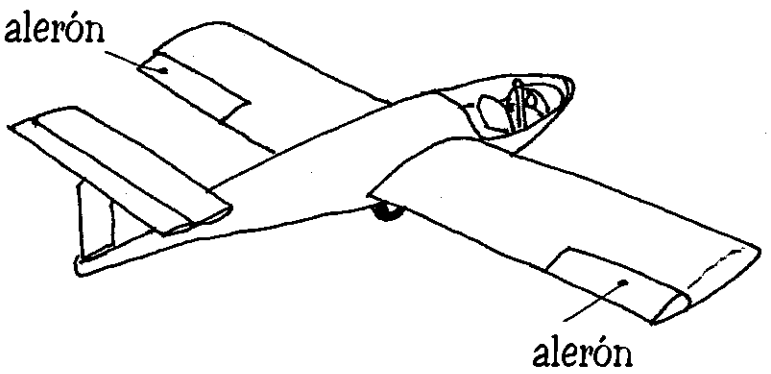
LA INCLINACIÓN

Imaginen que su planeador no tenga plano vertical. Una corriente de aire ascendente eleva el ala izquierda. El planeador va a irse en DERRAPE INTERNO pero sin MOVIMIENTO DE ROTACIÓN. Al contrario, si ponen un estabilizador vertical, el EFECTO DE VELETA tenderá a alinear el fuselaje en dirección a la velocidad:

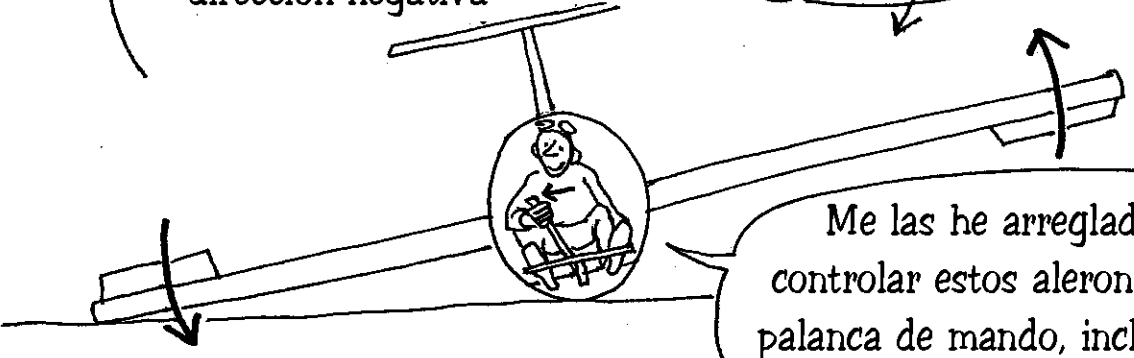
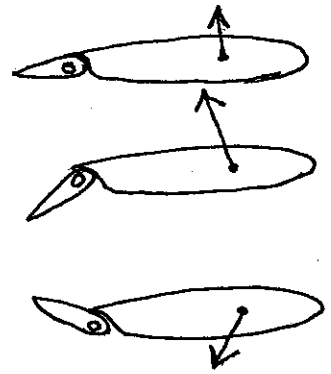


ALERONES

Si la **INCLINACIÓN** es lo que hace girar al planeador, entonces puedo provocarla modificando la curvatura del perfil del ala mediante **ALERONES**, fijados de manera diferencial



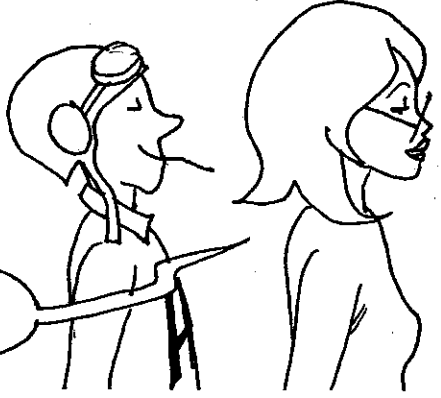
Sustentación, alerón alineado
Sustentación incrementada, dirección positiva
Sustentación negativa, dirección negativa



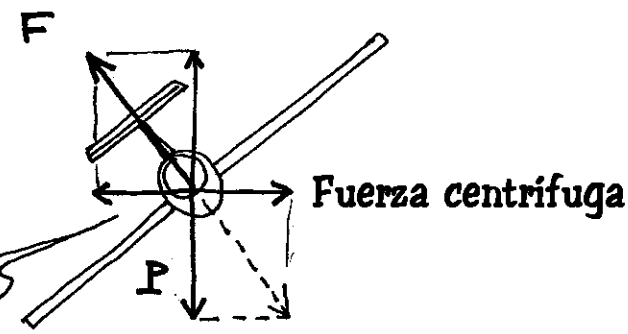
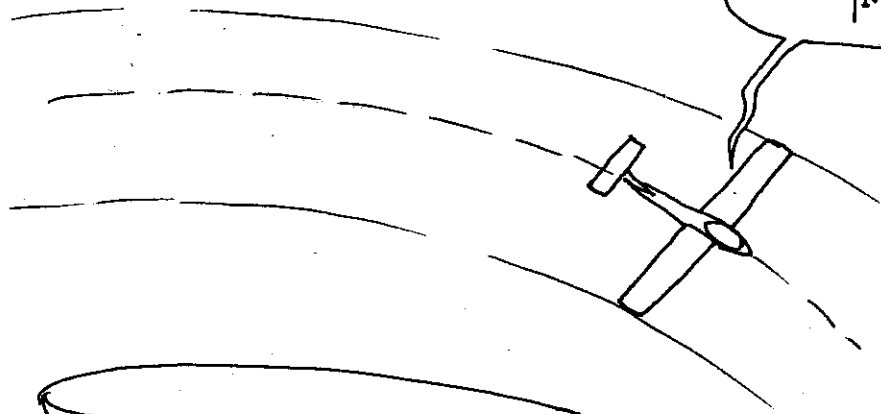
Me las he arreglado para controlar estos alerones con la palanca de mando, inclinándola a la derecha o a la izquierda

Muy bien, así voy a lograr inclinar mi ala maniobrando los alerones con la ayuda de la palanca de mando. Como resultado, debido al efecto de veleta, mi plano vertical va a iniciar el viraje, y halaré un tanto la palanca para conservar mi **POSICIÓN** e impedir que mi planeador se hunda y se vaya de nariz

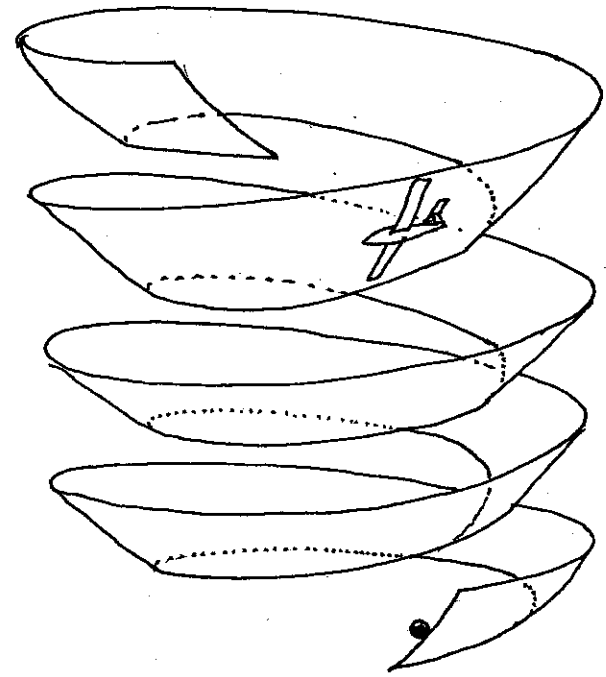
No olvides pisar un poco el pedal para amortiguar el viraje, eso ayudará



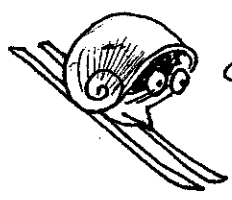
¡Muy bien! Funciona. Viraje iniciado



Puedes ver que tu planeador gira prácticamente solo. Tus comandos te ayudan a equilibrar el viraje



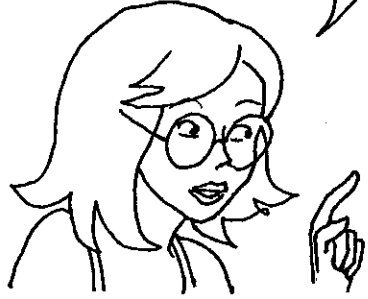
Si el viraje está bien equilibrado, el planeador deberá deslizarse como una bola rodando a lo largo de una canaleta enrollada en espiral, o como un luge sobre hielo, sin derrapar ni a derecha ni a izquierda



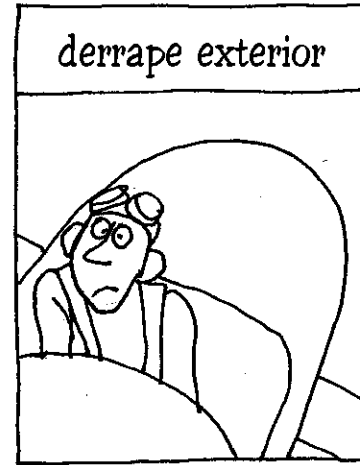
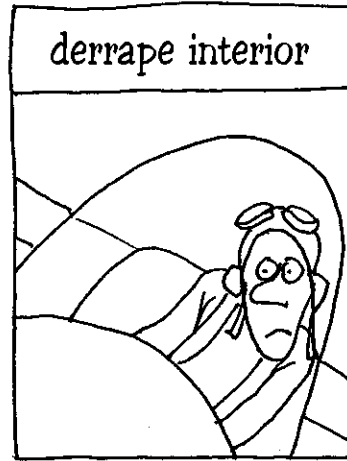
¿Pero cómo saber si se está en derrape hacia el exterior o hacia el interior puesto que el aire no se puede ver?

CONTROL DEL VIRAJE

Se puede intentar con el **CUERPO**, el cual percibe bastante bien el movimiento de **DERRAPE**



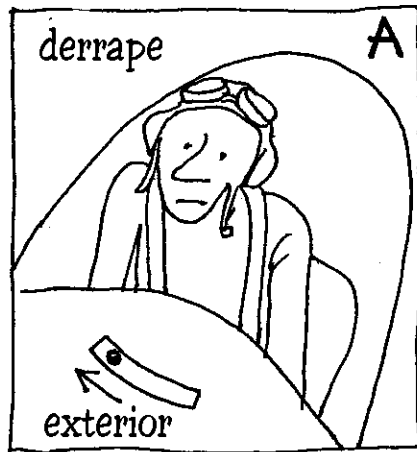
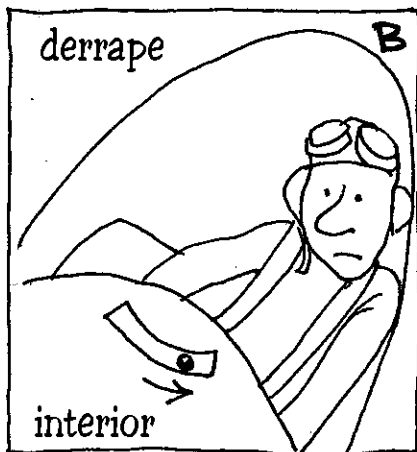
Primer instrumento: **LA BOLA**



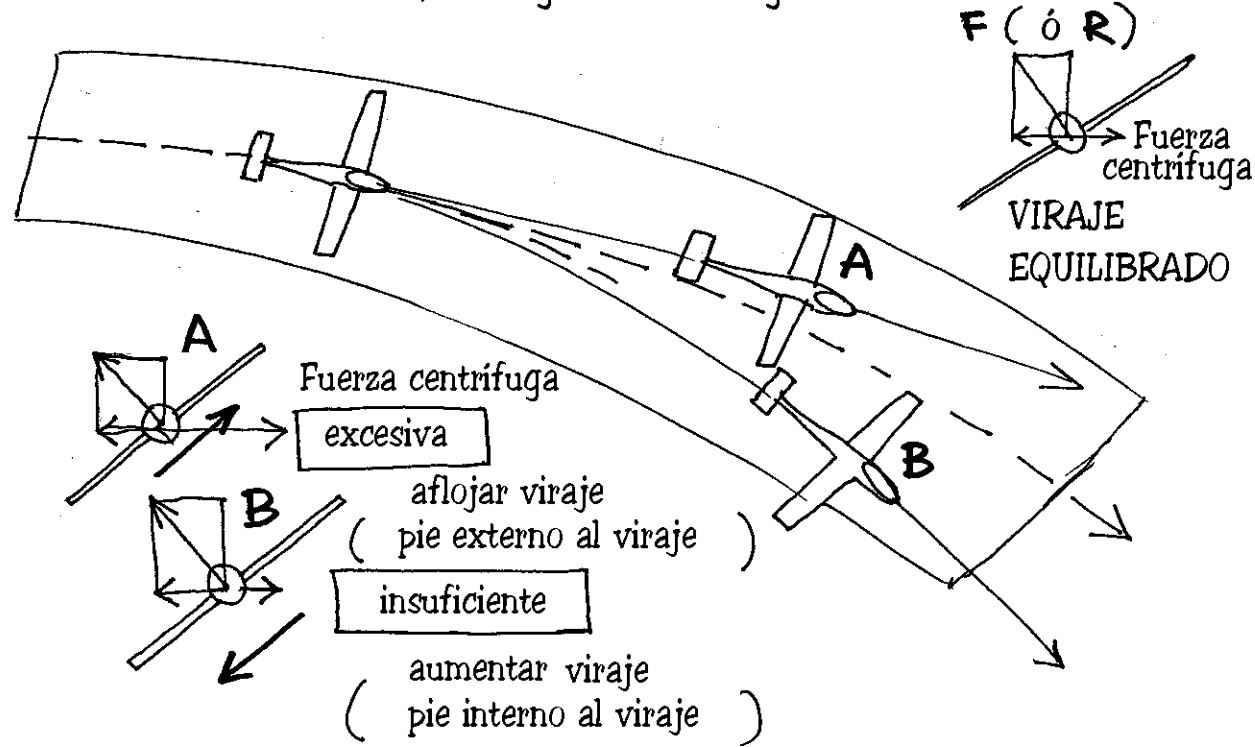
Pero para eso se requiere una cierta habilidad para **PILOTEAR CON EL TRASERO**



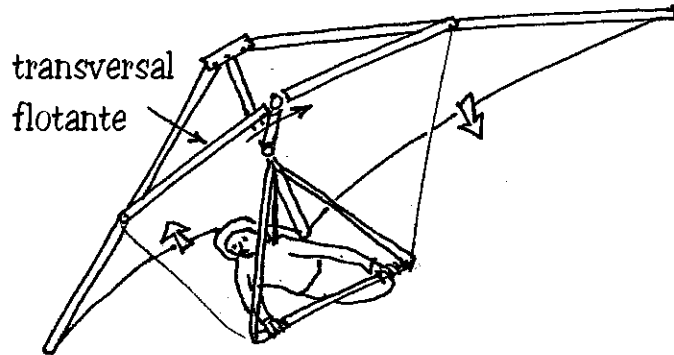
Se trata de un tubo curvo de vidrio, relleno de aceite, en cuyo interior hay una bola



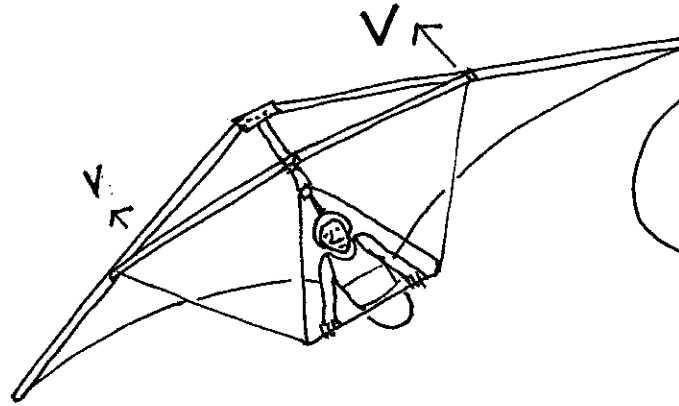
La bola se mueve en el sentido en que se produce el **DERRAPE**



PEQUEÑA DIGRESIÓN SOBRE LAS ALAS DELTA (ver pág. 16)



El piloto de ala delta desplaza su peso para emprender el viraje



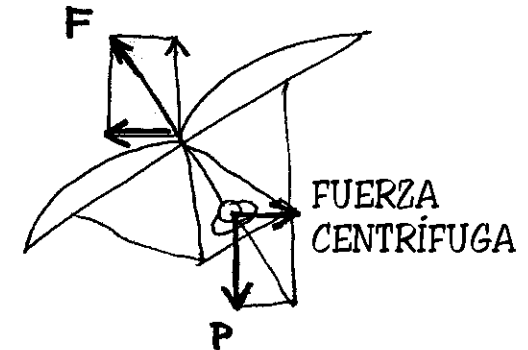
Una vez el viraje ha sido iniciado, la inclinación juega su papel, y se mantiene debido a que el ala exterior se desplaza un poco más rápido

¿Pero cómo controla el viraje?
¿Acaso tiene... una bolita?



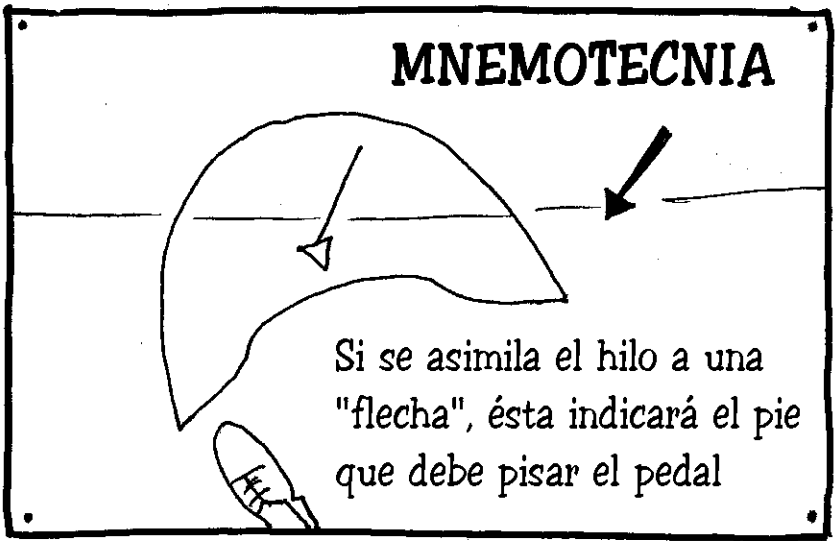
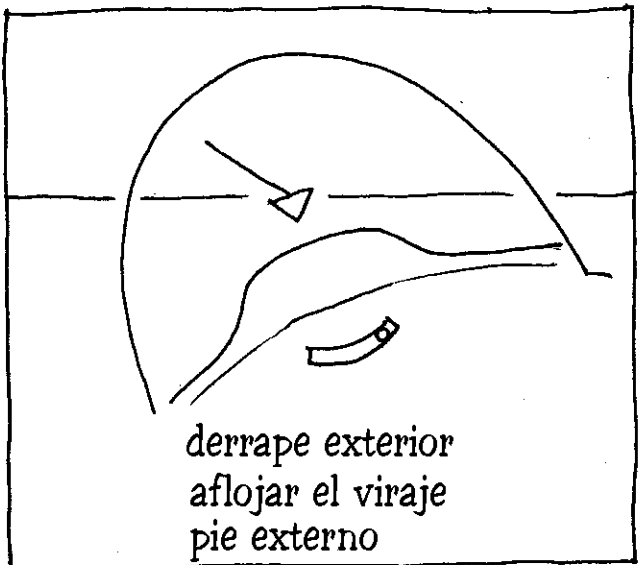
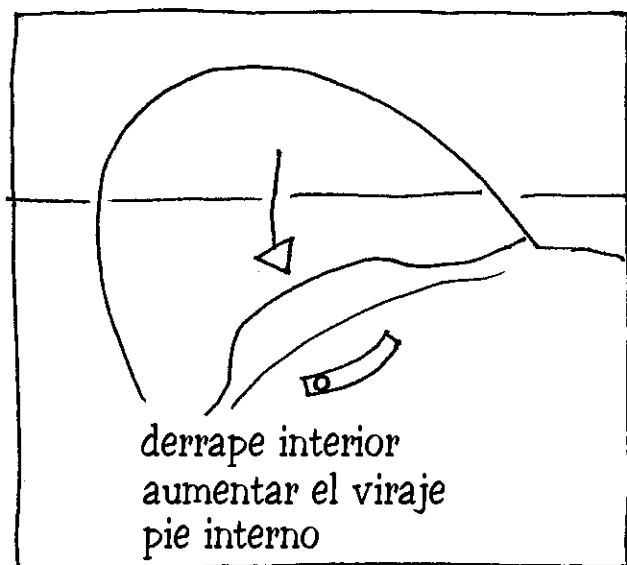
El piloto de ala delta no requiere de bola
PUESTO QUE LA BOLA... ¡ ES ÉL !

El viraje se acentúa hasta que la fuerza centrífuga pone el cuerpo del piloto en el plano de simetría de la máquina, en donde el sistema de la transversal flotante lo mantiene de forma automática



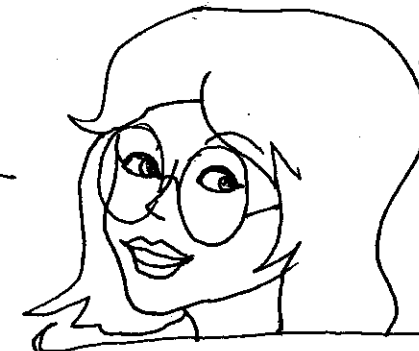
La fuerza centrífuga equilibra la componente radial de la fuerza aerodinámica

EL HILO DE LANA



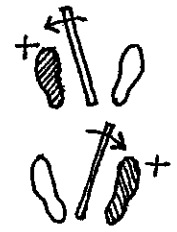
COMBINAR LOS COMANDOS

Cuando se hace un viraje, o se vuelve uno a poner en línea recta, o se afloja o se intensifica un viraje, es necesario actuar simultáneamente con el pie y con la palanca de mando



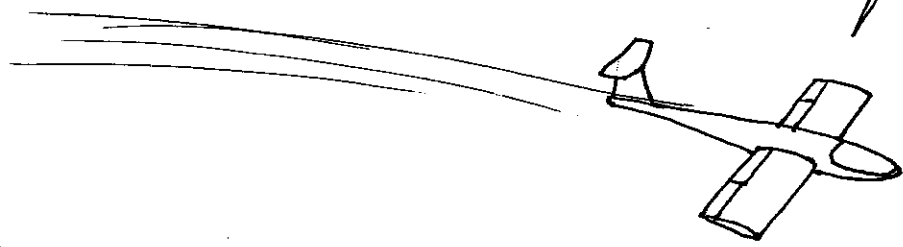
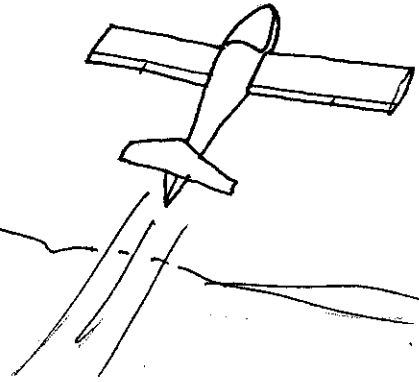
A eso le llamamos combinar los comandos

- * palanca a la izquierda, pie izquierdo
- * palanca a la derecha, pie derecho



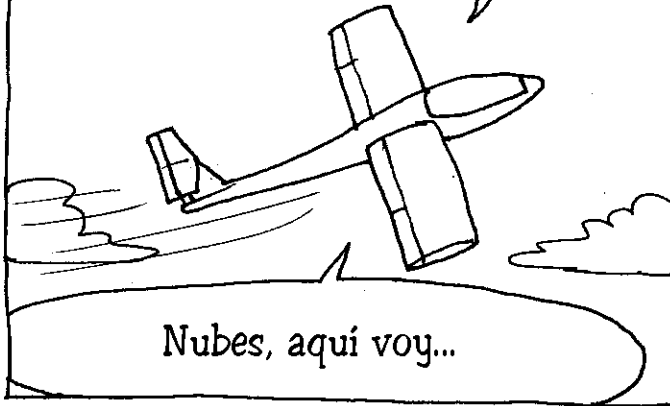
Gracias a estos comandos el planeador me obedece ahora a la perfección

Empujo la palanca, adquiero velocidad



DESCOLGADA

Tiro de la palanca
para inclinar el aparato



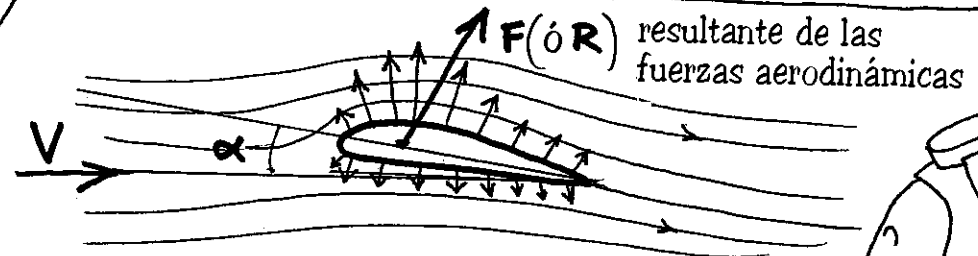
Nubes, aquí voy...

¡¡¡Sofía, estamos cayendo
como una piedra!!!



Y no he tocado nada.
¿Qué diablos pasa?!?

Te explico. Este es un dibujo del flujo de aire
alrededor de tu ala en condiciones normales

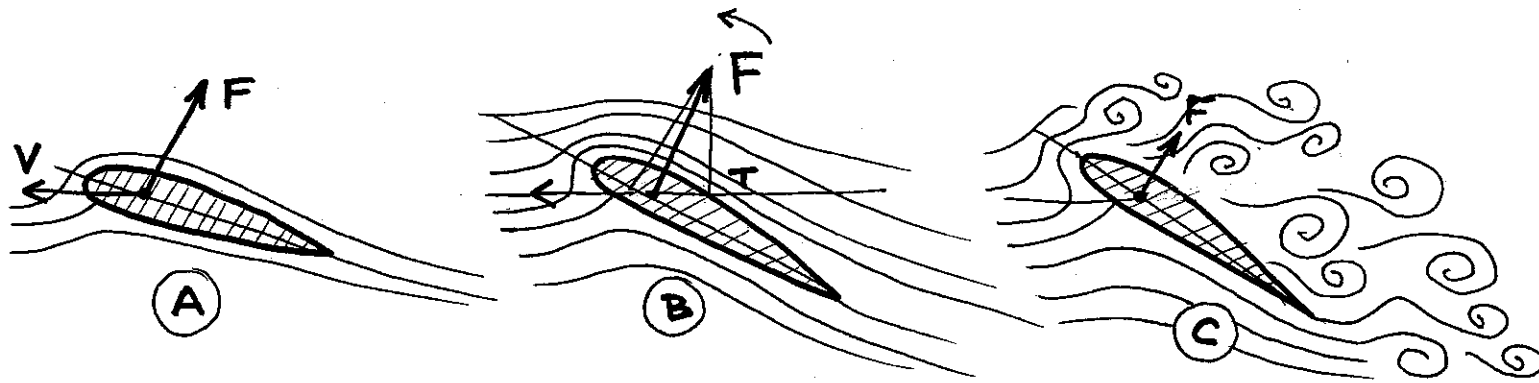


Querido, acabas de hacer
una soberbia descolgada

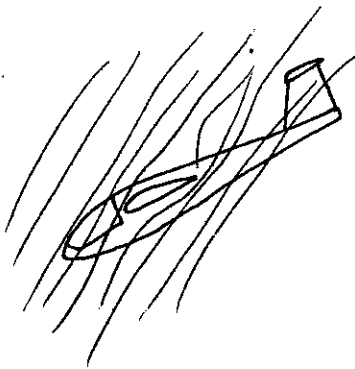
¿Hice QUÉE?

¿Cómo así, normales?

Sí, cuando la **INCIDENCIA** α , con la cual el ala es
atacada por el flujo de aire incidente a una velocidad
V, es moderada, digamos de 6° a 15°

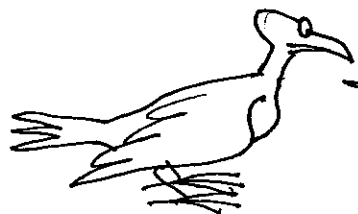


- En **A**, una configuración de vuelo normal.
- En **B**, vuelo con gran ángulo. La fuerza aerodinámica siempre se proyecta en dirección de la velocidad **V** originando un arrastre **T**, pero el movimiento hacia adelante de esta fuerza **F** hace que la proyección ocurra hacia la parte delantera del plano del ala.
- En **C**, el aire ya no rodea la parte anterior del perfil del ala. Por efecto de la fuerza centrífuga, el flujo se **ROMPE**. La sustentación se pierde y el planeador "saluda" y se va de nariz a pique.



Luego de un **ABATIMIENTO** el planeador readquiere naturalmente velocidad. El flujo vuelve a **ADHERIRSE** al perfil. La sustentación reaparece de manera brutal debido a la ganancia de velocidad **V**. Cuando el piloto percibe que su planeador se descuelga y se hunde, puede apresurar el retorno a una configuración normal yendo levemente a pique, empujando la palanca de mando con **PULSO FIRME**.

La Dirección



¿Tú ya has logrado descollarte?



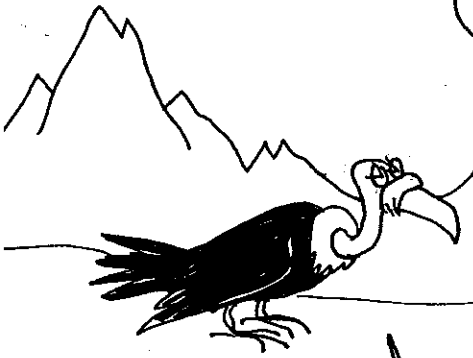
¡Claro que sí! Sobrevolando Los Andes, fui presa de una corriente ascendente de aire que provocó mi **DESCOLGADA DINÁMICA**

AUTORROTACIÓN



Daba vueltas tranquilamente en espiral, atraído por el agradable olor de una carroña, cuando de repente... ¡¡si te contara!!

¿Te descolgaste porque el **VIENTO RELATIVO** cambió, y eso aumentó el ángulo de incidencia?



Sip. Pero como el ala interior al viraje va más lenta, fue ella la que se descolgó. Entonces todo se movió y todo dio vueltas, ¡pobre de mí!



¿Tirar de la palanca? ¡NO, JAMÁS!



Tengo que hacer algo, ¿pero qué?

¡Se pierden 100 metros en cada vuelta!

el ala exterior va con grandes ángulos, la fuerza **F** la hala y mantiene la **AUTORROTACIÓN**

Contrarrestar enseguida con el pie a fondo e ir a pique para readquirir velocidad

demasiado inclinado
demasiado lento

inicio de la autorrotación

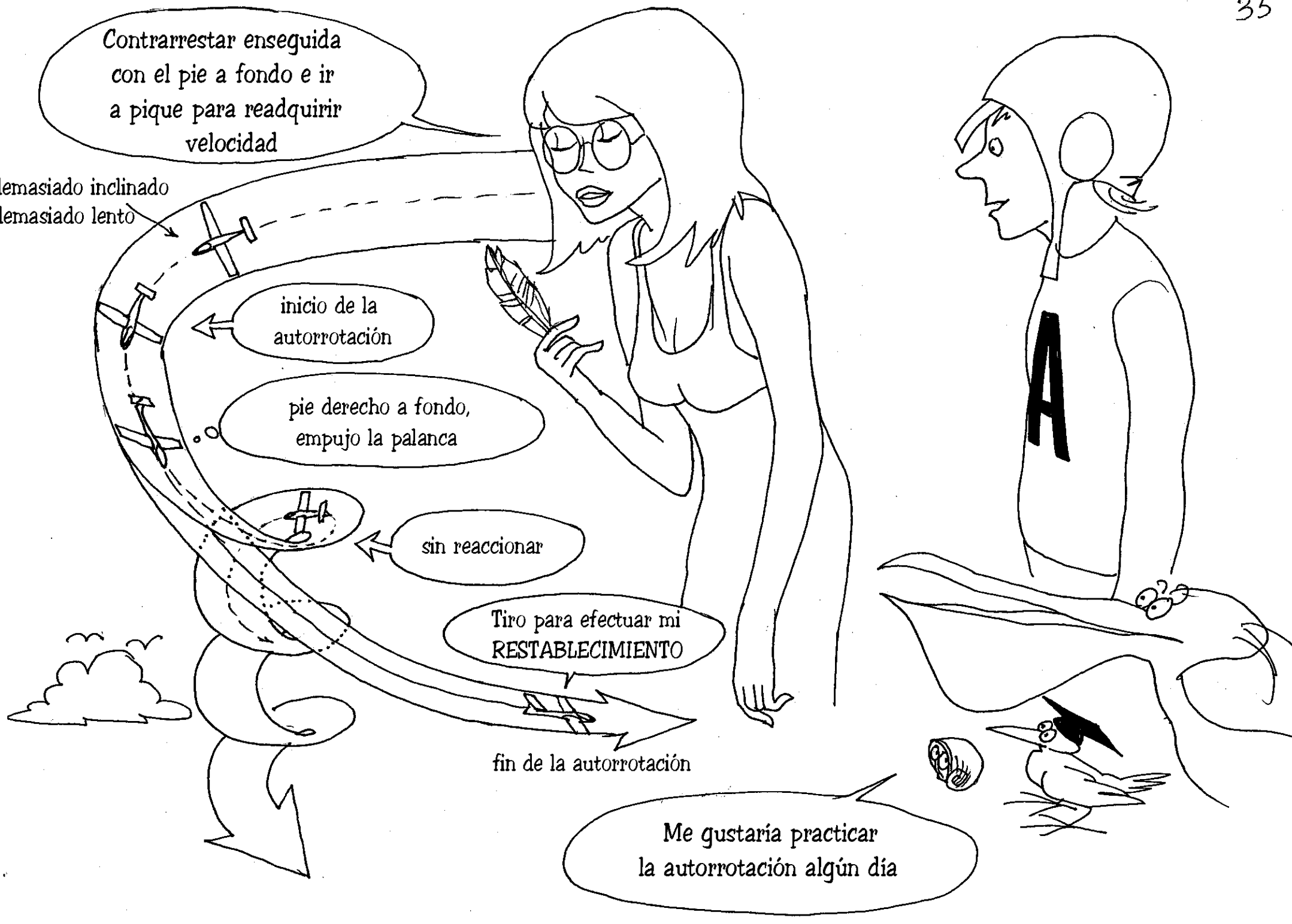
pie derecho a fondo, empujo la palanca

sin reaccionar

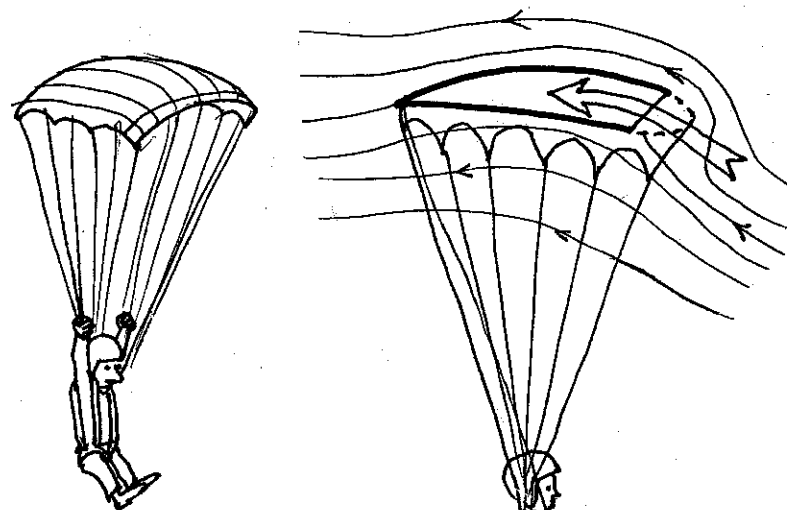
Tiro para efectuar mi RESTABLECIMIENTO

fin de la autorrotación

Me gustaría practicar la autorrotación algún día

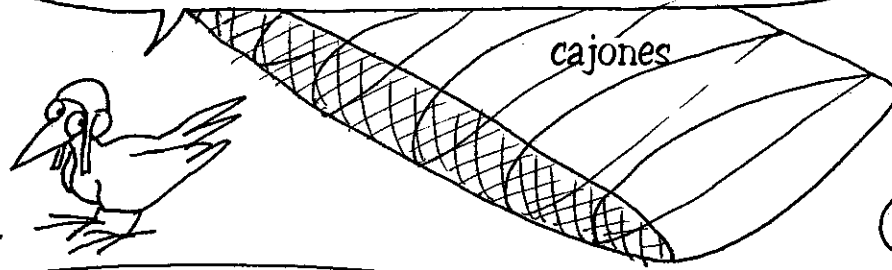


PARAPENTE: CUANDO LA VELA PUEDE VOLVERSE UNA MORTAJA

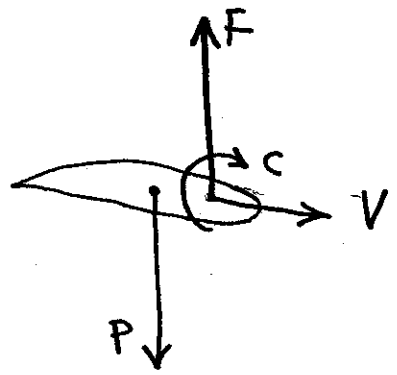


El parapente es una extrapolación del **PARACAÍDAS DE CAJONES** que reemplazó al antiguo paracaídas hemisférico (*), el cual no se usa hoy día más que como paracaídas de emergencia

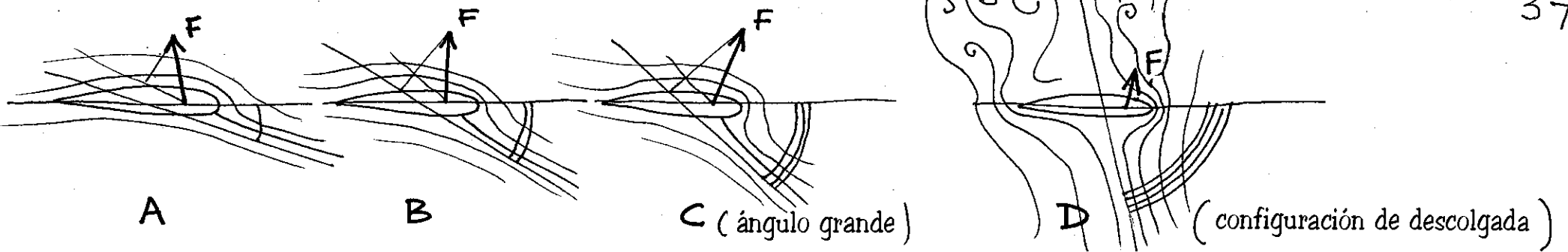
Es obligatorio llevar paracaídas en los planeadores, como en este caso de colisión entre dos de ellos:



Es el centraje medio del piloto el que equilibra el par de caída del ala. El inflado del perfil es asegurado gracias a la sobrepresión en la parte anterior del ala, hecha de un tejido de mallas alargadas



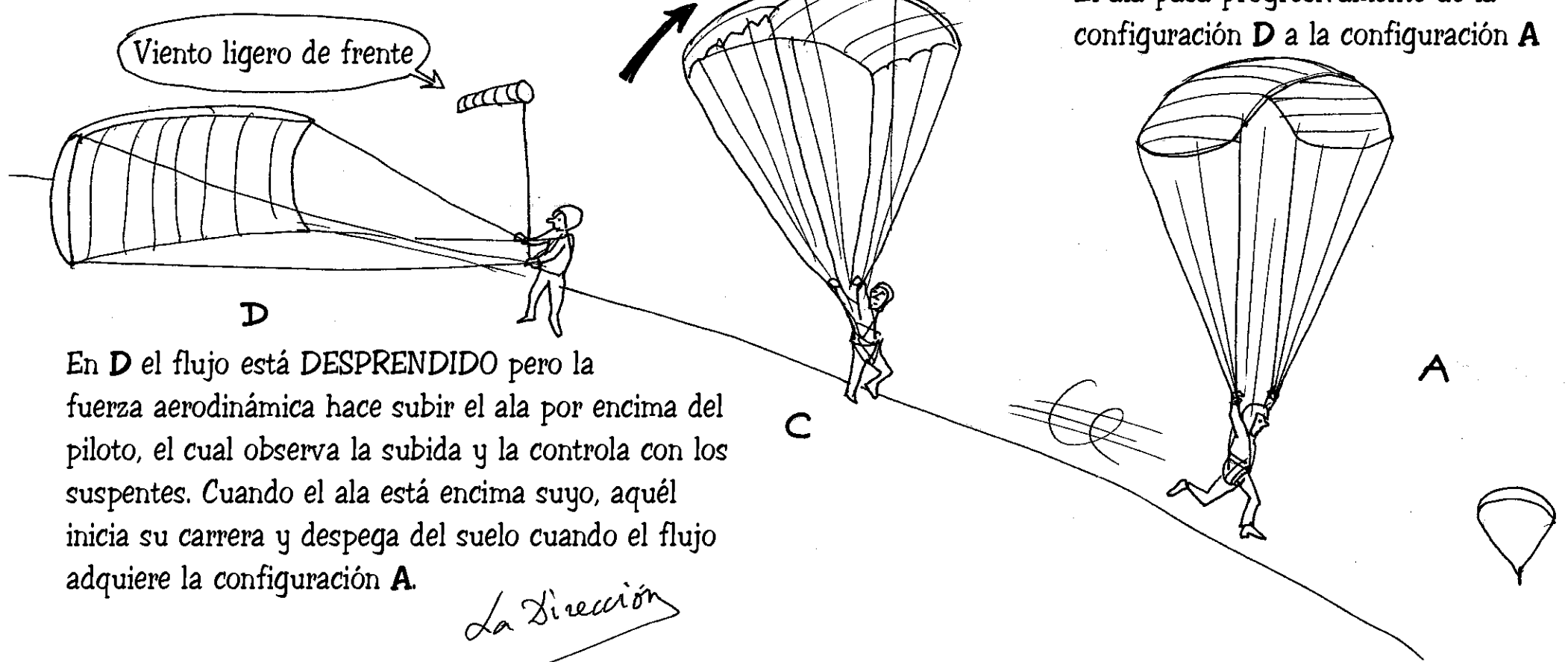
(*) Descenso vertical a 6 m/s. En el paracaídas de cajones es de 2,5 m/s.



Se sabe que cuando la incidencia (la dirección del VIENTO RELATIVO) aumenta, la fuerza aerodinámica que actúa en el FOCO del ala, a un 25% de su CUERDA, gira progresivamente hacia adelante. El flujo termina por DESPRENDERSE. La fuerza disminuye pero SIGUE DIRIGIDA HACIA LA PARTE DELANTERA DEL PERFIL.

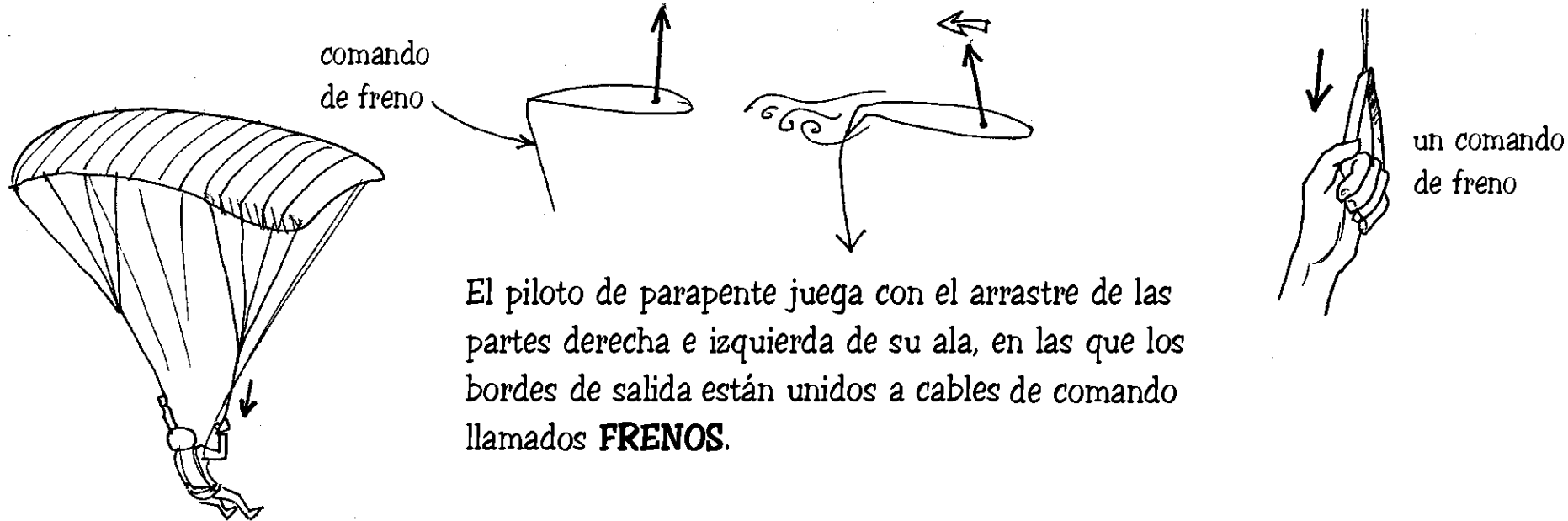
EL DESPEGUE EN PARAPENTE

El ala pasa progresivamente de la configuración D a la configuración A



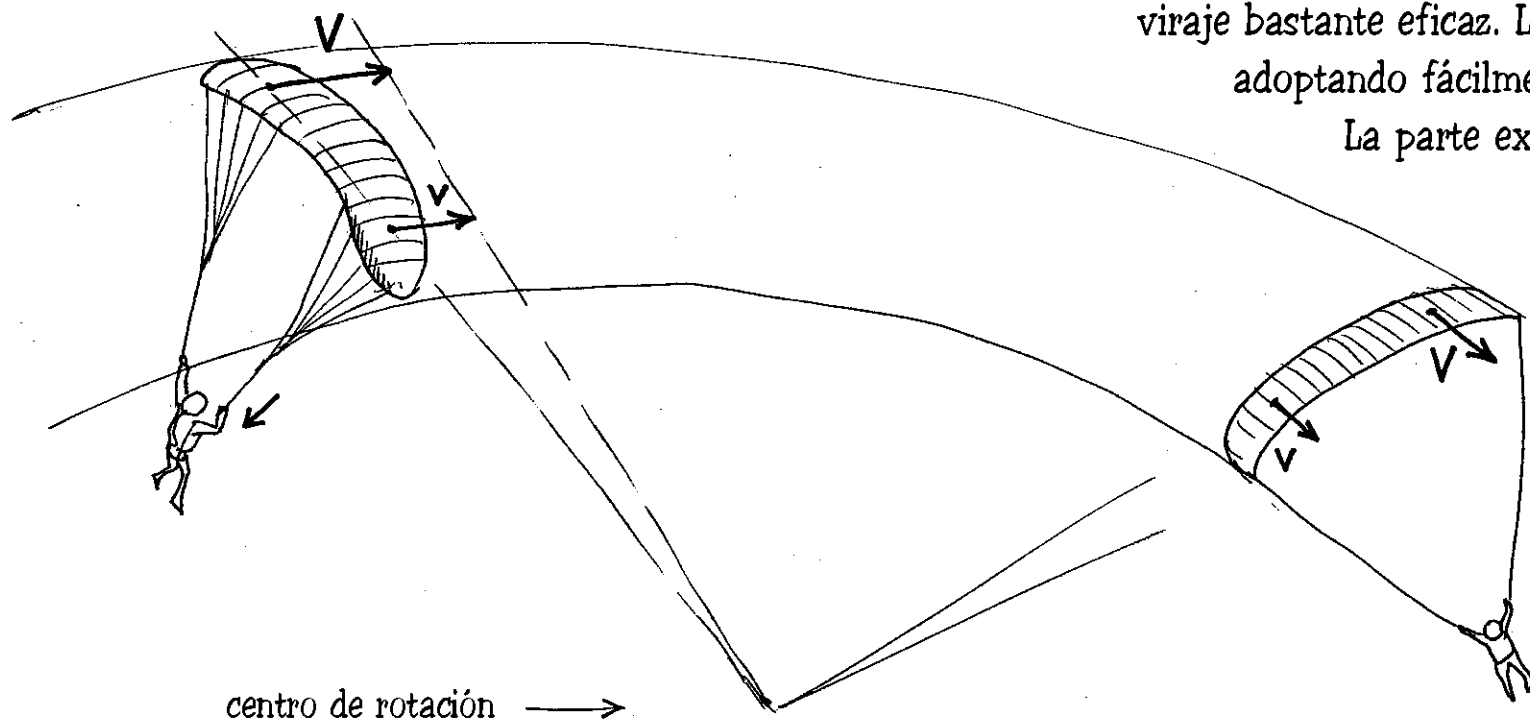
En D el flujo está DESPRENDIDO pero la fuerza aerodinámica hace subir el ala por encima del piloto, el cual observa la subida y la controla con los suspentes. Cuando el ala está encima suyo, aquél inicia su carrera y despegue del suelo cuando el flujo adquiere la configuración A.

La Dirección

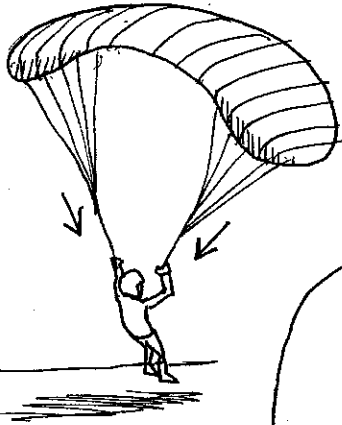


Aquí el piloto tira de su freno derecho. Con esto, aumenta el **ARRASTRE** de la parte derecha de su vela, lo que representa una maniobra de viraje bastante eficaz. Los parapentes vuelan lentamente adoptando fácilmente radios de giro muy pequeños.

La parte exterior del ala, más rápida, se eleva (**BALANCEO INDUCIDO**).



Tirando de los dos frenos a la vez el piloto podrá desacelerar su ala hasta la **VELOCIDAD DE DESCOLGADA**. Es una maniobra que deberá realizar justo antes de tomar contacto con el suelo en el **ATERRIAJE**, con el fin de anular su velocidad.



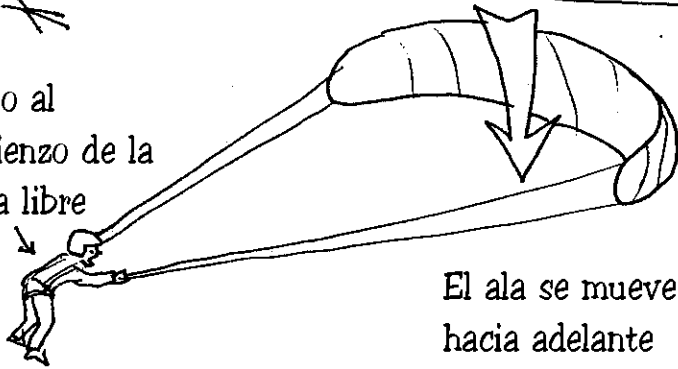
Aparte eso, dicha maniobra es **MUY PELIGROSA** pues puede ocurrir bajo el efecto de una violenta **RÁFAGA ASCENDENTE**, dando origen a una **DESCOLGADA DINÁMICA**



Descolgada dinámica en un vuelo en una **ATMÓSFERA TURBULENTA** a mediodía

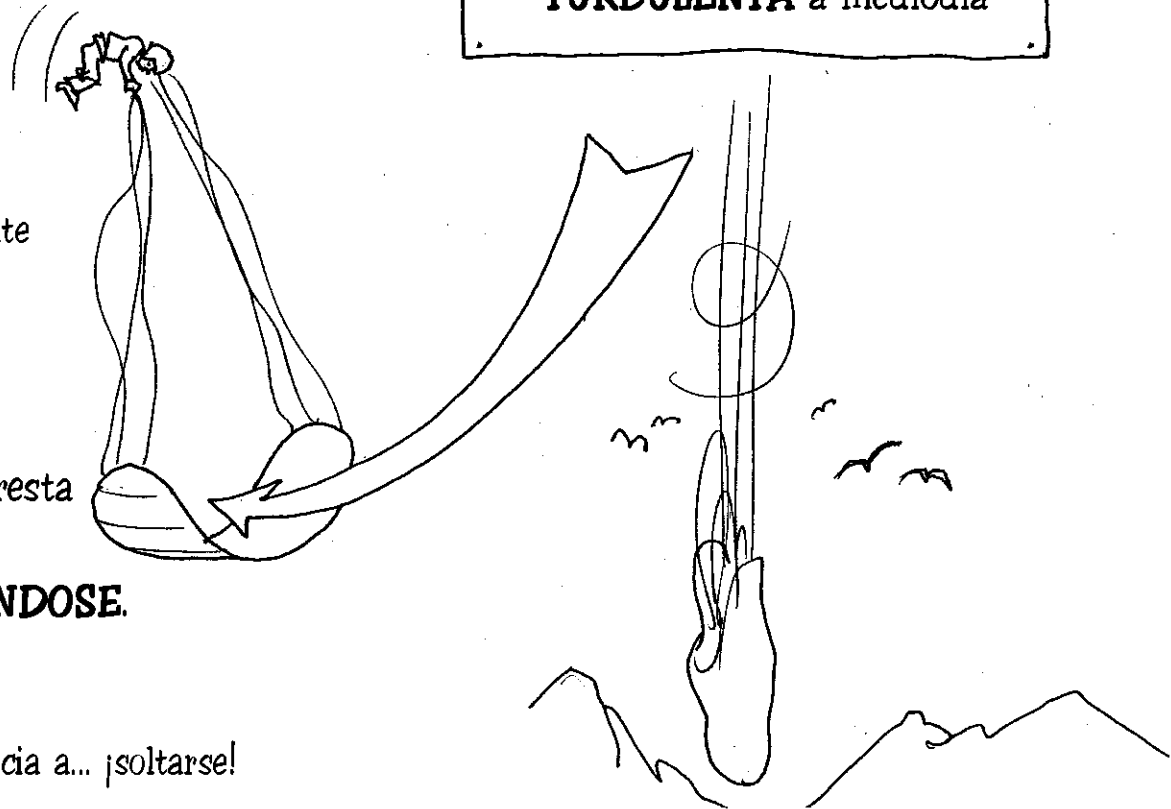


piloto al comienzo de la caída libre



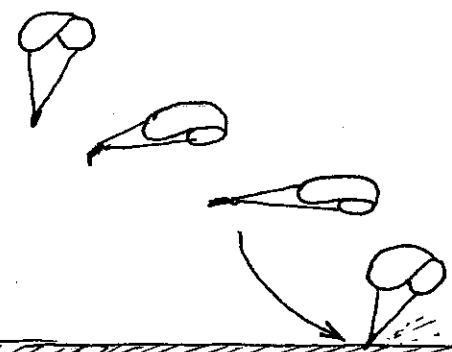
El ala se mueve decididamente hacia adelante

El movimiento de la fuerza aerodinámica hacia adelante del perfil propulsa el ala, de inercia casi nula, muy rápidamente hacia adelante. Si el piloto no contrarresta este movimiento (*) frenando de inmediato la vela, esta pasará debajo suyo y **ÉL LE CAERÁ ENCIMA, MATÁNDOSE.**

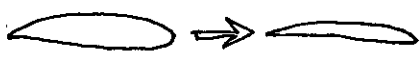


(*) El principiante, no advertido, tiene por el contrario tendencia a... ¡soltarse!

Si el incidente ocurre cerca del suelo,
y si el parapentista tiene chance de no caer dentro de
su propia vela, una maniobra bastante fuerte podrá
hacerle retomar violentamente contacto con el suelo

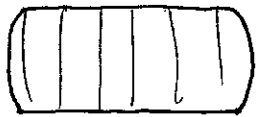


tobillos y rodillas
pulverizadas,
vértebras rotas

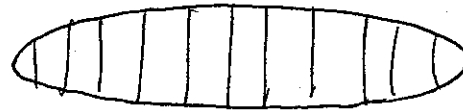
En los deportes aéreos se debe llegar a un compromiso entre **EJECUCIÓN** y **SEGURIDAD**.
Un perfil plano como el aquí mostrado  permite velocidades mayores,
deseables para buscar un ascenso cada vez mayor. Pero entre más plano sea el perfil, más brutal será
la descolgada. Los inventores intentan igualmente aumentar la **FINEZA** (*) (de la que trataremos más
adelante), y para ello aumentan el **ALARGAMIENTO** de los parapentes, haciéndolos vulnerables a los
REPLIEGUES DEL VELAMEN en las **TURBULENCIAS**, los cuales se traducen en una pérdida de
altura de mínimo 50 metros antes de la **REAPERTURA**.



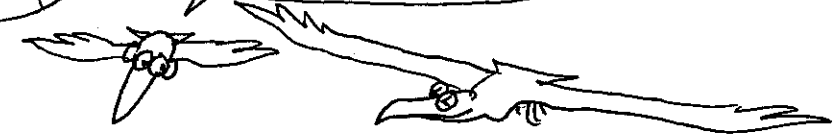
paracaídas de cajones



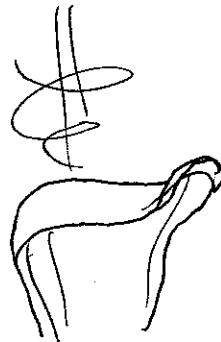
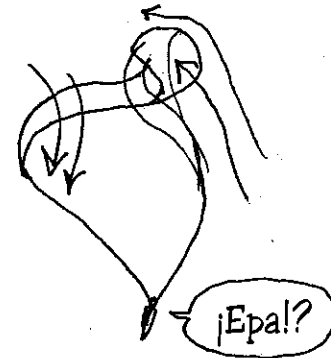
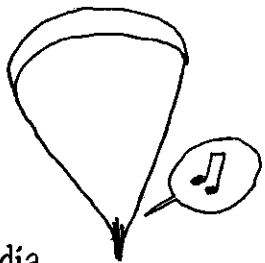
parapente de elongación creciente



¿Mi fineza? Estee...






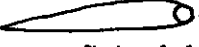


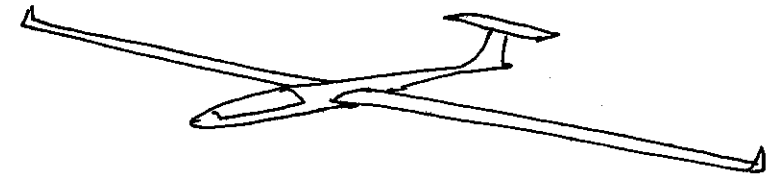
mediodía,
lindo cielo azul,
buen pronóstico...



(*) A partir de una altura **h** se
puede franquear una distancia
d = f h, siendo **f** la **FINEZA**

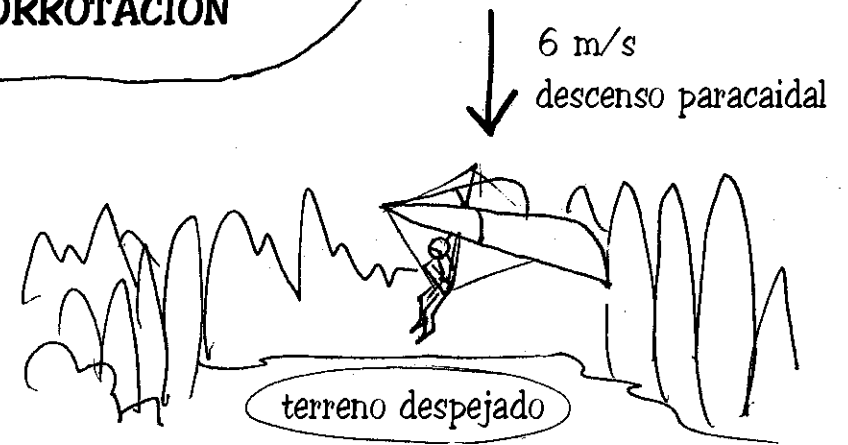
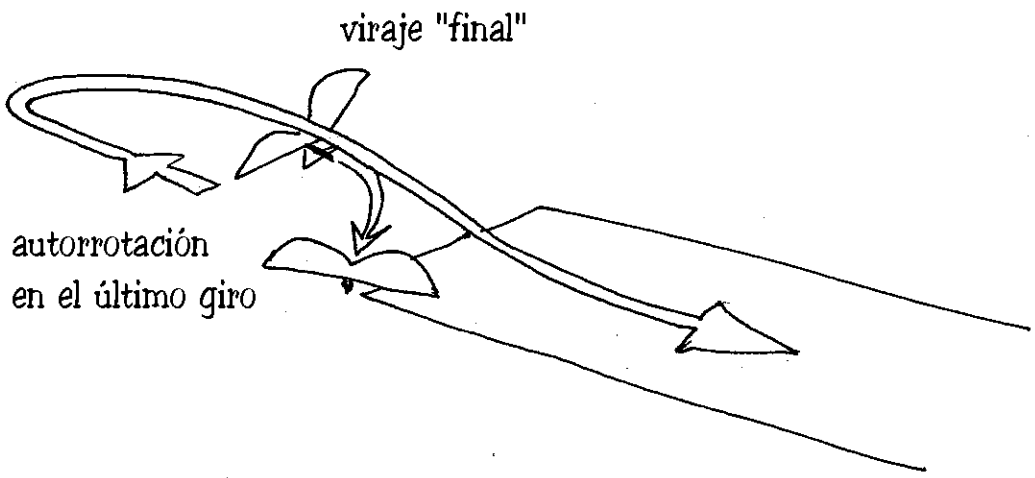
Esta carrera en pos de un mejor desempeño afecta por igual al universo de las "delta"

		
1975	1985	Actual
		
superficie sencilla		superficie doble (con listones)
25 km/h	35-70 km/h	40-100 km/h
fineza 3	fineza 7	fineza 10
↓2,5 m/s	↓1,8 m/s	↓1 m/s



planeadores modernos
65-90-170 km/h
fineza 20 a 60
↓0,5 m/s alargamiento 20 a 35

Un buen compromiso debe darse entre el desempeño y la seguridad. Las primeras alas delta no podían descolgarse asimétricamente. Las deltas modernas, de gran alargamiento y perfiles biconvexos, se comportan como alas clásicas que, en una descolgada en viraje, pueden comenzar a funcionar en **AUTORROTACIÓN**



Las primeras "deltas" podían paracaer y descender verticalmente

DOMINIO DE VUELO



Tenemos tres elementos :

- 1 - Las condiciones aerológicas
- 2 - La máquina
- 3 - El piloto

Existen condiciones aerológicas que impiden el vuelo de ciertas máquinas voladoras

No sé qué piensas tú, pero yo mejor me voy a pie

El parapente es un deporte relajado que se practica sin problemas con buen tiempo y aire en calma, temprano en la mañana, por ejemplo, cuando no hay viento ni turbulencias. En aire turbulento el riesgo es inevitable.

Máquinas en apariencia similares pueden tener dominios de vuelo muy diferentes. Algunas "perdonan", otras no. La carrera en pos del mejor desempeño, enfermedad del mundo contemporáneo, conlleva sus riesgos.

En el mundo de la aeronáutica el proverbio clásico es este :

UN BUEN PILOTO ES UN PILOTO VIEJO





No está nada mal. Por este camino puedo llevar el planeador a unos 500 metros por encima de la planicie

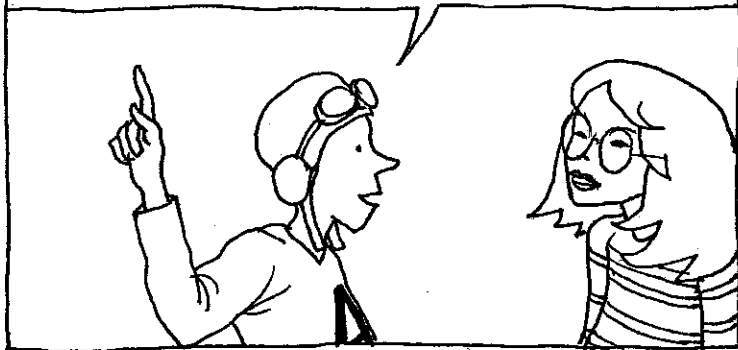
Palanca de mando, hilo de lana... todo eso no son más que trucos de ama de casa

Bueno, hemos llegado a la cima. ¿De qué lado habrá que despegar?



De cara al viento. Para la puesta en vuelo, eso será una ventaja

Para saber la dirección del viento puedo usar el viejo truco del dedo mojado



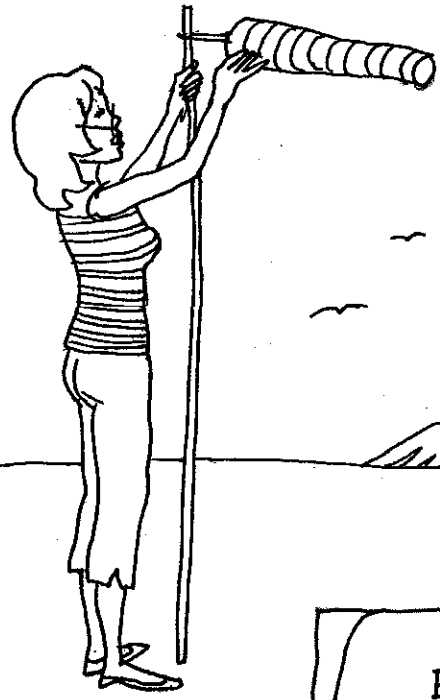
Espera, tengo una idea. Con este calor estaré mejor en mangas cortas. Ve y búscame un palo de madera

León, tal vez exageras un poco...

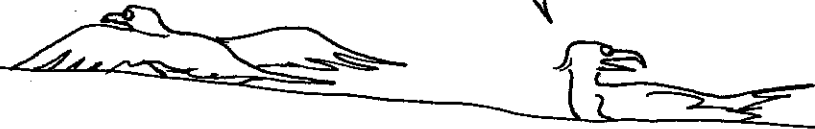


LA MANGA DE AIRE

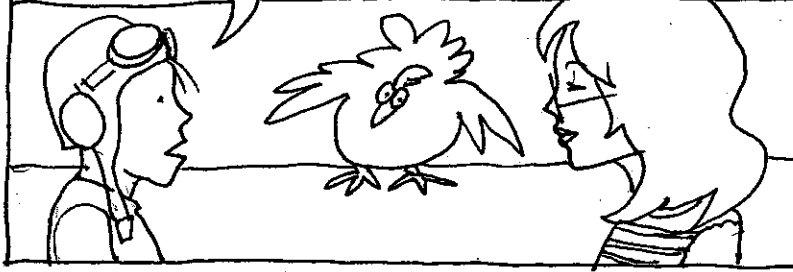
¡Ahí tienes, lo que te estaba diciendo!



Por allá parece estar bueno



Todas las aves no están hechas siguiendo el mismo modelo. Hay algunas que parecen volar sin siquiera batir las alas. En cambio hay otras, como la gallina...



Eso lo puedes hacer porque tienes alas grandes. Si yo tuviera mucho espacio debajo mío, sería capaz de hacerlo tan bien como tú



Bien, veamos...

Hay un acantilado allá abajo, puedes mostrarnos cómo lo haces

Ve y muéstrales a esas gaviotas emplumadas lo que somos capaces de hacer

¡Já, si yo tuviera diez años menos...!

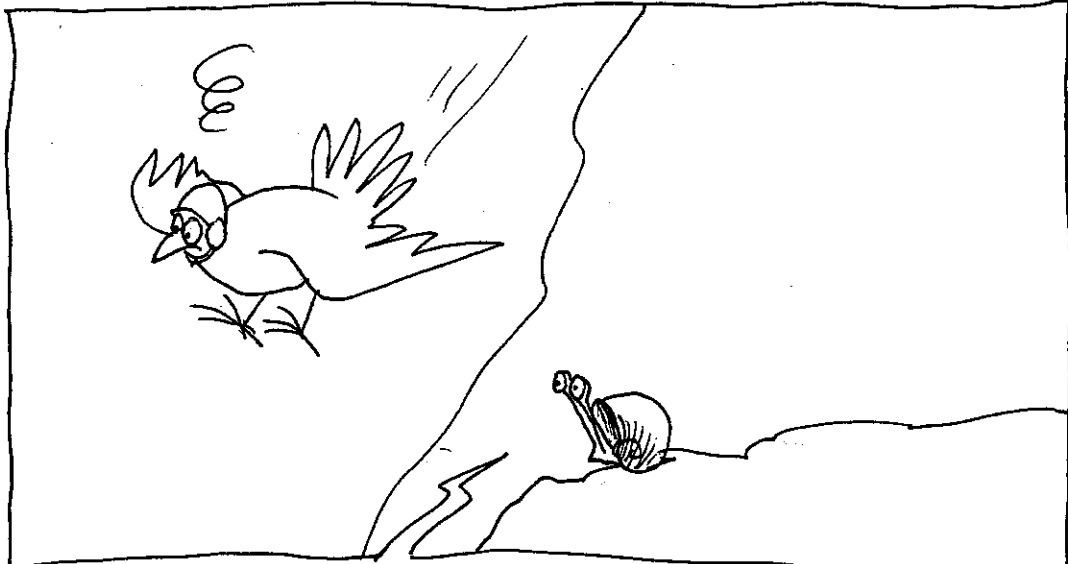


El honor de las gallinas está en juego



Desafortunadamente, las gallinas estiman las distancias mediante visión binocular

Como los caracoles



¡Por las barbas del pinguino!
¿Dónde están arriba y abajo?
¡No reconozco nada!...

Lejos del suelo pierden todos sus referentes, como un aviador perdido dentro de una nube, o dentro de una bruma. Es como si se volvieran... ciegas

A medida que se aleja del RELIEVE se vuelve incapaz de apreciar las distancias

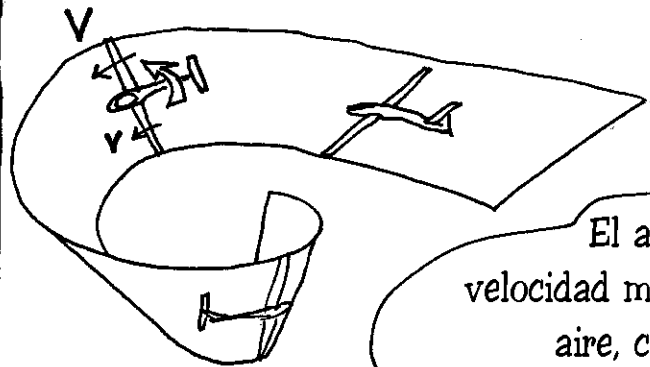


VIRAJE FORZADO

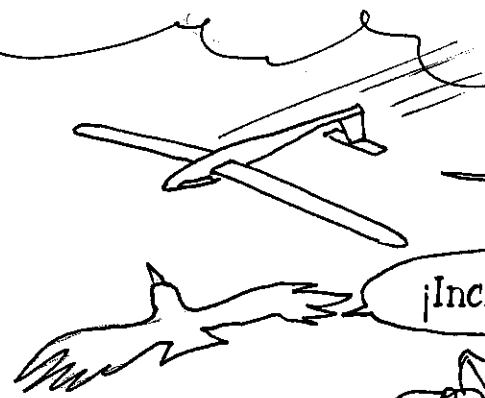
No comprendo... Mi hilo de lana está en la mitad, mi bola en el centro y mis comandos en neutro... pero mi velocidad no para de aumentar

Dentro de una nube, Anselmo no se dá cuenta de que ha dejado de volar en línea recta. En efecto, sin un **HORIZONTE ARTIFICIAL**, estabilizado por un giróscopo, no tiene ninguna posibilidad de evaluar su incidencia y su posición, y se puede encontrar en una figura peligrosa: el viraje forzado

Lanzada desde una altura de 200 metros, una gallina es incapaz de procesar sus informaciones visuales para hacerse a una representación mental tridimensional del mundo en el que está. Entonces inicia un viraje forzado del que no puede escapar (*)



El ala exterior, animada por una velocidad mayor en relación a la masa de aire, conlleva a un movimiento de **BALANCEO INDUCIDO**



¡Quéé!? ¡Estoy de cabeza?!
¡Increíble!

Sólo vuela con los ojos cerrados dos minutos y verás

(*) Auténtico.

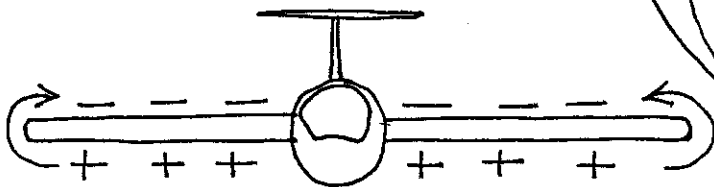
Las aves que parecen volar sin esfuerzo tienen siempre alas muy largas: las rapaces, los albatros...

Tú pasaste del ala delta al planeador con cabina, con superficies lo más lisas posibles para reducir al máximo las pérdidas de energía debidas a la turbulencia creada por tu máquina a su paso. Pero olvidaste algo...

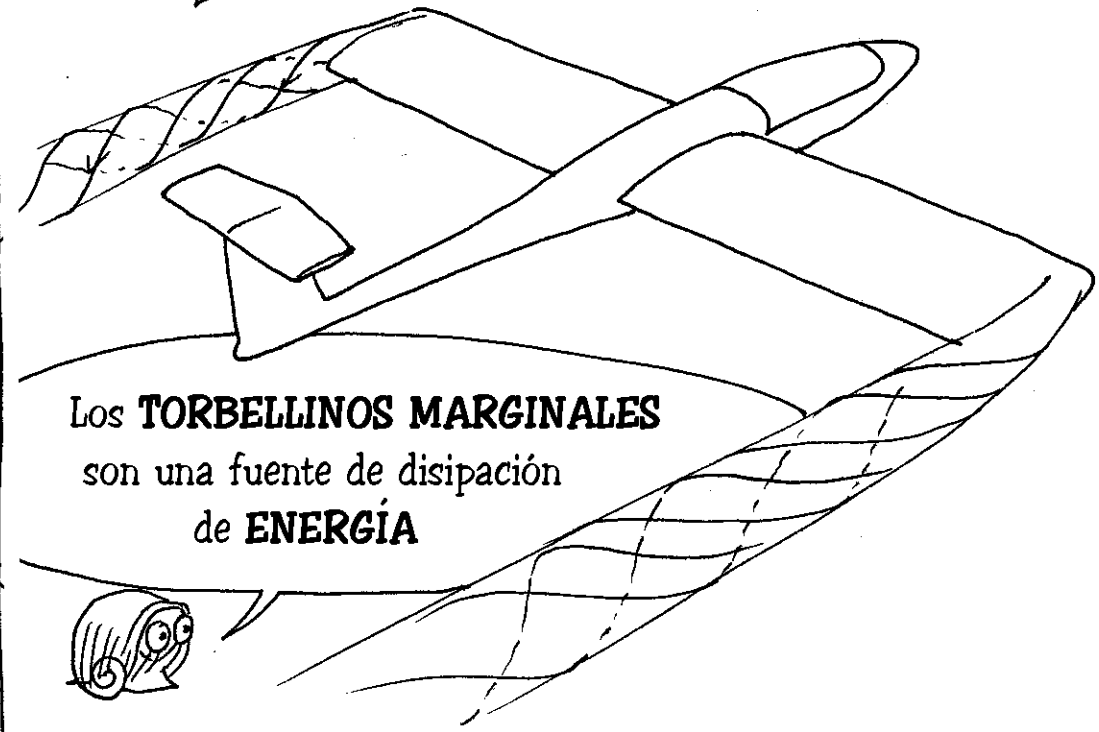
¿Por qué?

¿Qué cosa?

El funcionamiento de tu ala implica que tú creas una sobrepresión por debajo, sobre el **INTRADÓS**, y una depresión por encima, sobre el **EXTRADÓS**, tal como se muestra aquí :

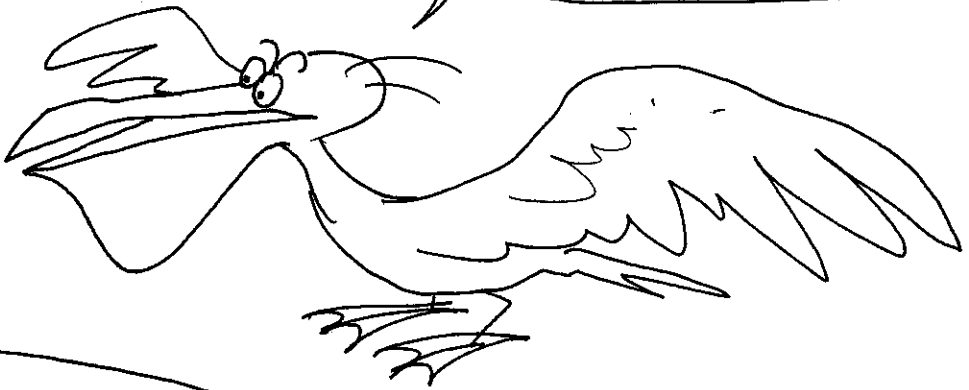


Los **TORBELLINOS MARGINALES** son una fuente de disipación de **ENERGÍA**



Puesto que los extremos son una fuente de pérdida de energía, entonces será suficiente con quitarlos y fabricar alas sin bordes

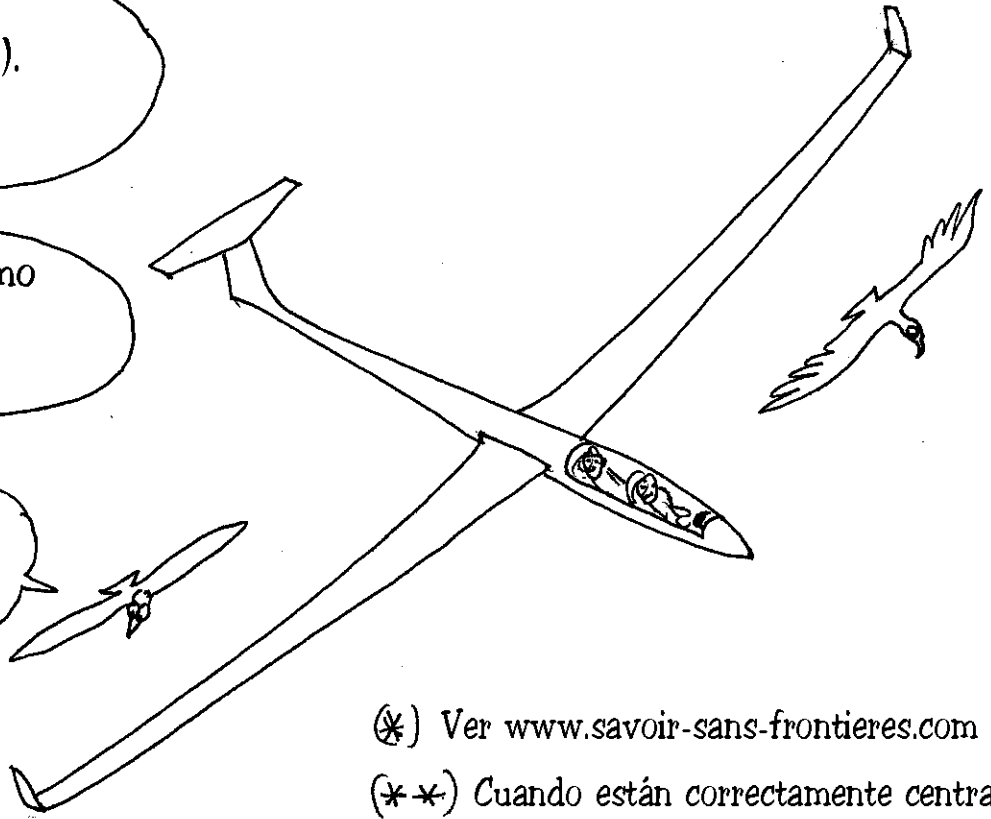
No digas tonterías, Tiresias. ¡¡¡Un ala sin bordes no existe!!!



Si existe. Merlin el mago la describe en el álbum **CENICIENTA 2000**, en las páginas 33 y 34 (*). Además, esas alas planean bastante bien (**)

Otra solución consiste en alargar las alas al máximo para minimizar las pérdidas en los extremos a casi nada

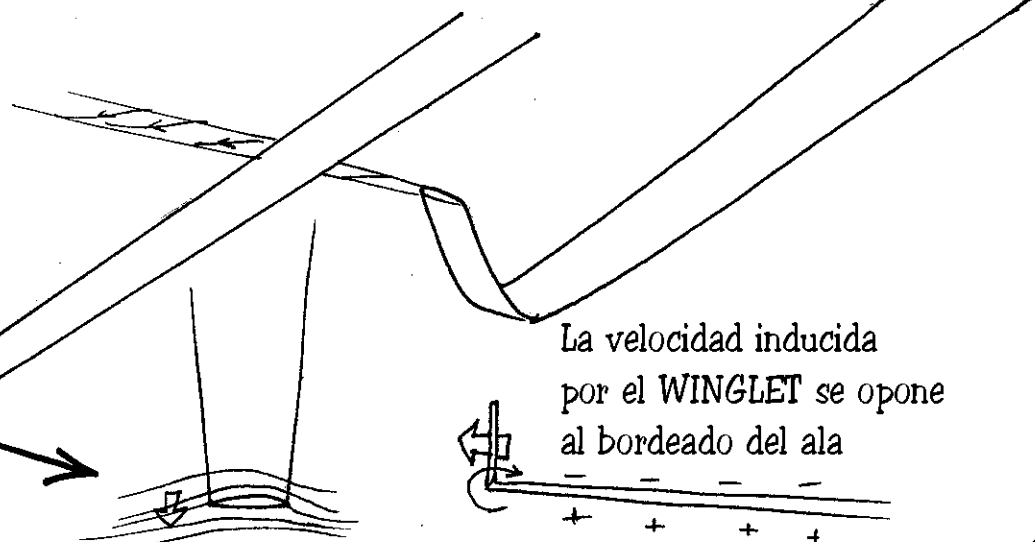
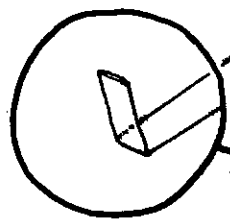
¿Por qué estas puntas dobladas hacia arriba?!?



(*) Ver www.savoir-sans-frontieres.com
(**) Cuando están correctamente centradas.

WINGLETS

esquemáticamente

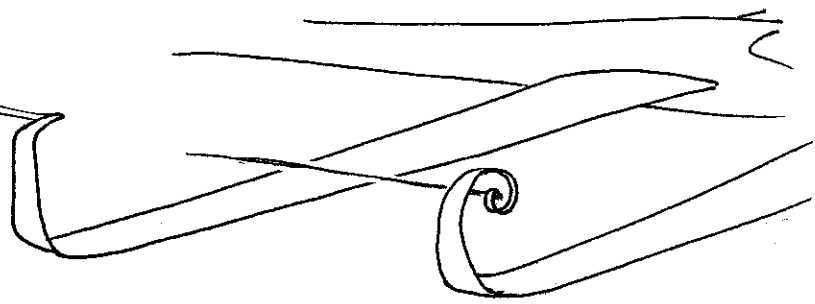


La velocidad inducida por el WINGLET se opone al bordeado del ala



Los **WINGLETS**, de manera esquemática, son minialas dispuestas perpendicularmente al ala principal, tales que su perfil crea una (pequeña) **VELOCIDAD INDUCIDA** que se opone al contorno en el extremo del ala debido a la diferencia de presión existente entre el intradós y el extradós. El winglet crea su propio torbellino marginal, pero la ganancia neta es tan clara que la idea, que pudo haber surgido fácilmente hace más de un siglo, ha invadido progresivamente hoy día todo el mundo de la aeronáutica

Yo soy el inventor del (WINGLET)²



De acuerdo con los ensayos que he realizado con maquetas, este nuevo planeador, desde un desnivel de $h = 500$ metros, nos debería permitir atravesar toda esta vasta planicie que ves a lo lejos, en el horizonte, hasta una distancia $d = 20$ kilómetros (*)



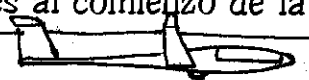
¡Aquí vamos! Hilo de lana en toda la mitad, velocidad óptima para tener la **MÁXIMA FINEZA**

Fantástico deslizamiento a 95 km/h

Lo he optimizado todo. El espesor del perfil: plano para lograr una mejor penetración en el aire. He colocado incluso un tren de aterrizaje con una rueda. Esta vez he pensado en **TODO**, nada ha quedado al azar

(*) Esto corresponde a una **FINEZA** $d/h = 40$. Algunos planeadores superan 60 (pendiente de descenso: 1 grado).

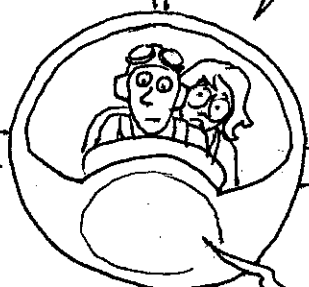
Acercamiento perfecto, o casi. Tren de aterrizaje afuera.
Evité los árboles al comienzo de la pista con un diestro movimiento de las alas



Apenas si los veo, a lo lejos

¿Qué pasa, Sofia?

¡No vamos a poder aterrizar a tiempo!



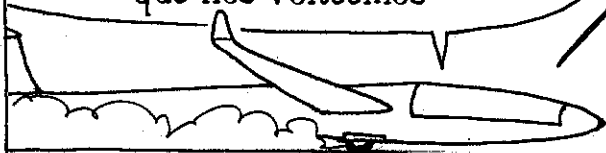
Al esquivar los árboles de 10 metros tu descenso se alarga unos 400 metros

Tienes razón.

¡No vamos a lograrlo!

¡Vaya, por fin!
Freno a fondo...

No tanto si no quieres
que nos volteemos



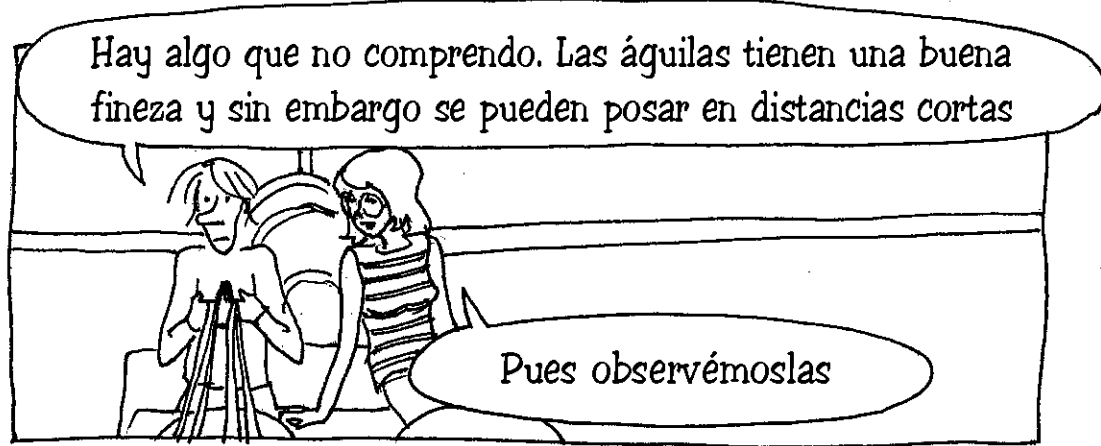
¡MUUU!

¡Por poco y no lo logramos!



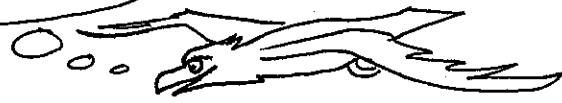
Creí que íbamos a embestir a esa pobre vaca

AEROFRENOS



Pues observémoslas

Ajá, sobras sangrientas



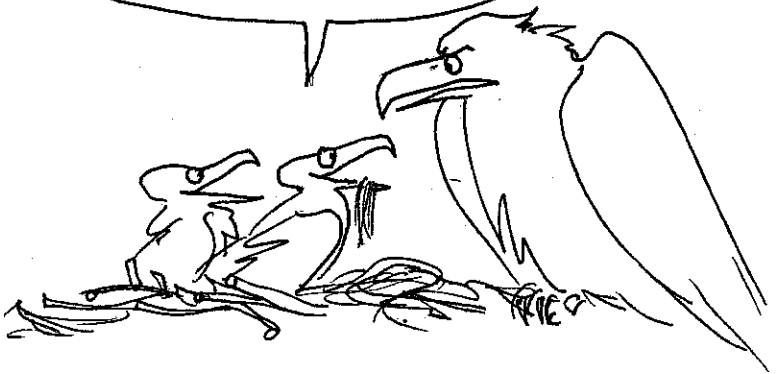
Redespegue inmediato



Anulo mi fineza

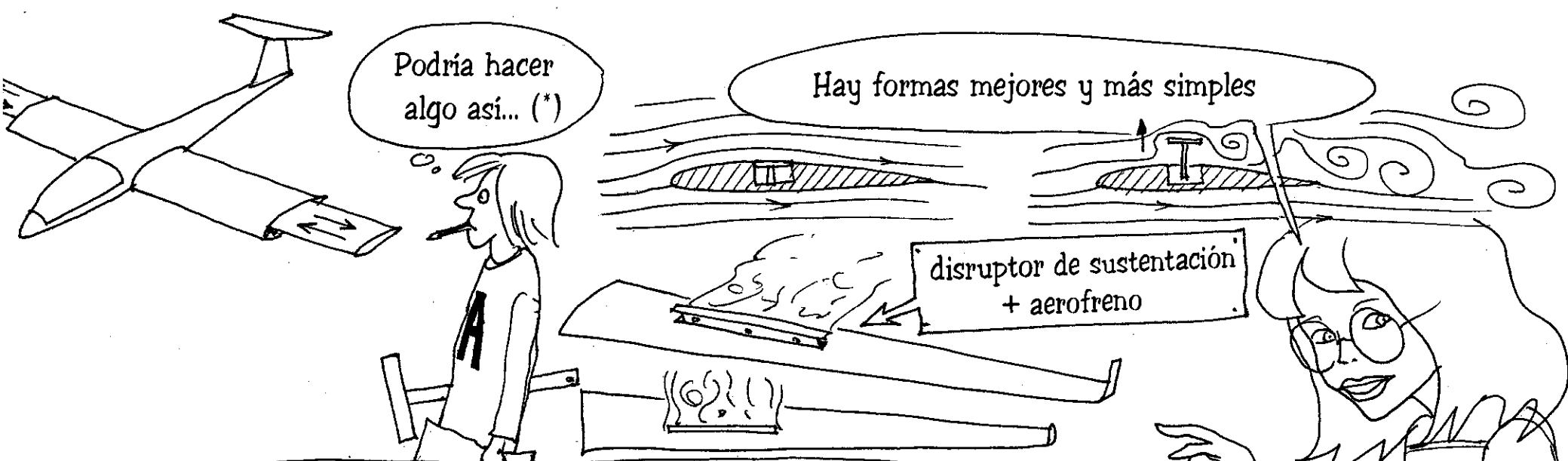
Frenado aerodinámico

Mami, otra vez te dejaste engañar. Estos son espaguetis con salsa de tomate (*)



Las aves rapaces ejecutan una doble maniobra: reducen su superficie de sustentación y frenan con sus plumas

(*) Situación observada por el autor en el Simba Camp del cráter Ngoro Ngoro en Tanzania cuando era guía de safaris en Africa.



Podría hacer algo así... (*)

Hay formas mejores y más simples

disruptor de sustentación + aerofreno

Puedes adaptar un sistema que salga del ala, destruya la sustentación (SPOILER) en una parte importante de la estructura y cree un arrastre muy fuerte que frene el aparato. De esta forma, a 100 km/h, puedes descender a 4 m/s, lo que reduce tu fineza a un valor de $\frac{28 \text{ m/s}}{4 \text{ m/s}} = 7 (**)$

(**) En lugar de los 0,5 a 1 m/s en vuelo normal (relativos a la masa de aire).

Se trata de velocidades relativas a la masa de aire. Con viento de frente la pendiente de descenso es más pronunciada.



Puedo controlar mi descenso sacando estos spoilers más o menos, y al final del aterrizaje actúan como frenos

(**) Cifras cercanas al desempeño del actual "planeador escuela primaria", desprovisto de aletas, y de fineza $f \geq 30$.

(*) Solución ensayada sin mucho éxito en aviones en los años 30s.