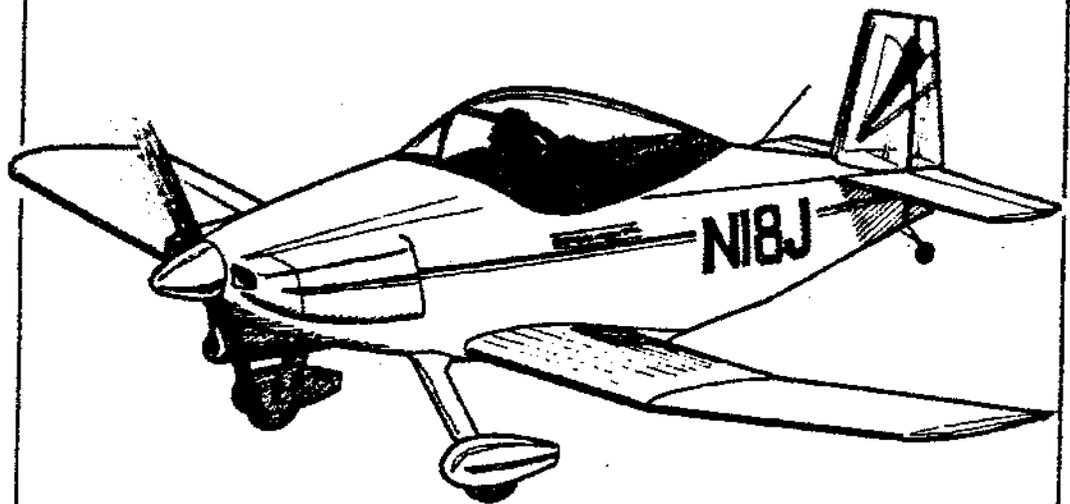


# EAA



Mantenimiento de la  
alineación durante  
la construcción

18

Por Tony Bingelis-  
Sport Aviation, setiembre '86  
traducción de José G. Pugliese-

# Mantenimiento de la alineación durante la construcción

---

Por Tony Bingelis  
Sport Aviation, setiembre '86  
traducción de José C. Pugliese  
EAA - Argentina

No toma mucho tiempo aprender que construir una aeronave y ensamblar sus diversos componentes presupone una serie de controles de alineación. Naturalmente, usted espera mantener la simetría del fuselaje, y se esforzará por lograr que las alas tengan el mismo tamaño, pero la alineación necesita venir después de eso. Además, los agujeros que haga deben estar precisamente alineados, o las partes no encajarán. Pienso que es razonable creer que si mantiene un estricto control sobre la alineación de cada parte o componente que construye e instala, será premiado con un avión que volará sin mañas.

El número de controles de alineación que deben ser hechos durante el curso de la construcción es realmente sorprendente. Sin embargo, los métodos generalmente usados para mantener la alineación estructural son pocos en número. Cada uno es fácil de usar por sí mismo, o junto con los otros.

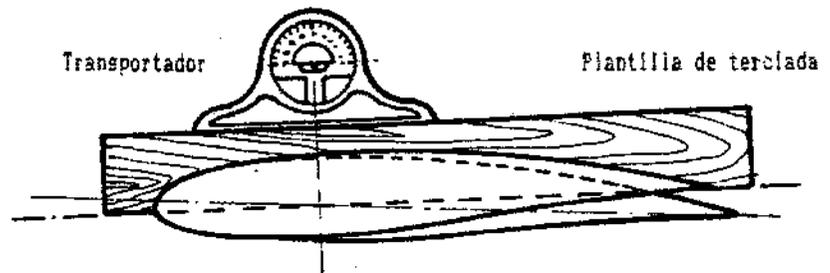
Creo que el secreto para la buena alineación reside en el establecimiento y uso de líneas centrales, y de líneas y puntos de referencia.

## *Métodos de alineación que usted puede usar*

**Controles visuales de alineación (a ojo):** Sorprendentemente, esta es una forma muy precisa de determinar el grado de alineación. Sus ojos deben ser capaces de detectar una inclinación, o un componente torcido, simplemente retrocediendo y observando la imagen total.

**Control de alineación con cinta métrica de acero:** Una cinta de acero de 1,50 m dominará cualquier medida que usted quiera hacer -a menos que esté construyendo una réplica de un B-17. Extienda cómodamente la cinta, aplicando al mismo tiempo un empuje para estirla y obtener uniformidad en las lecturas.

**Transportador** : Uselo para verificar ángulos duplicados, tales como los de incidencia en cada puntera de ala (véase figura 1).



CONTROL DE INCIDENCIA DE PUNTA DE ALA

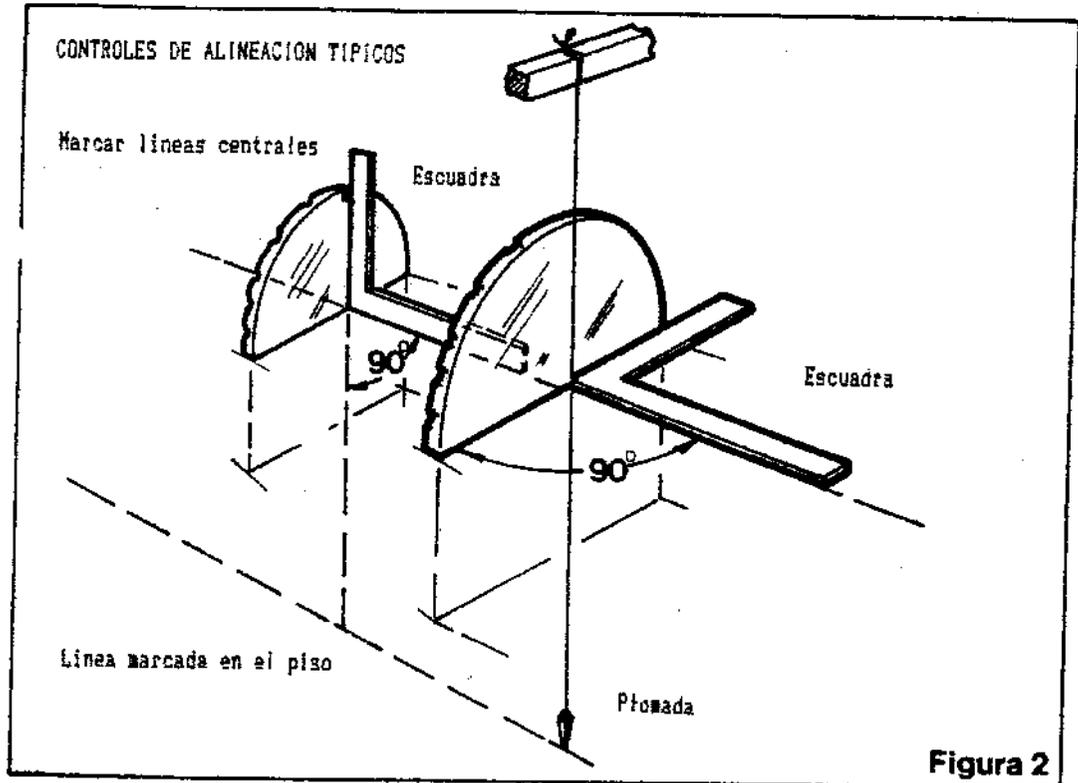
**Figura 1**

**Bordes rectos:** Son mejores hechos de madera, dado que ambos bordes son perfectamente rectos. Puede usar estas ayudas de alineación para muchas aplicaciones.

**Nivel:** Uno de no menos de 60 cm de largo es suficiente. Consiga uno que tenga el tubo de vidrio visible desde ambos lados. Maneje este instrumento cuidadosamente, pero úselo a menudo.

**Compás:** Si necesita uno, un compás de aproximadamente 1 m de largo servirá. Este instrumento es mayormente usado para alinear cables de resistencia y antirresistencia al avance. Los compases de metal, caros, tienen cabezas deslizantes en ambos extremos para un fácil ajuste. Una versión más humilde y simple puede ser hecha con un listón de madera con un clavo puntiagudo en un extremo que sirva como punta. El otro extremo (ajustable) podría consistir en una corta pieza de madera engrampada, con un clavo puntiagudo sobresaliente. Esa pieza movable, al ser engrampada con una grampa de resorte brinda un fácil, aunque tosco, medio de ajuste.

**Plomada:** Suspéndala desde una estructura, o patrón, o dondequiera se verifique el alineamiento vertical. Aquí tiene una fácil sugerencia: Suspenda la punta de la plomada en un contenedor plástico claro lleno de agua para amortiguar sus oscilaciones (véase figura 2).



**Figura 2**

**Nivel de agrimensor:** Este y similares instrumentos pueden ser usados para proveer ángulos de elevación precisos para determinar, por ejemplo, que ambas punteras de ala estén al mismo nivel.

**Instrumento de nivel de agua:** Como su nombre lo indica, el aparato hace uso del nivel del agua para establecer el nivel de puntos ampliamente separados. Si el piso de su taller es irregular y tiene que descubrir si su estructura de ala está a nivel, éste es el mecanismo a usar. Como se sabe, el agua siempre busca su propio nivel, sin importar la posición. Por lo tanto, en esto reside su principio. Use una larga manguera de plástico transparente (10 m, más o menos, según la necesidad), con un diámetro in-

terior de al menos 12 mm, llena de agua (el agua coloreada es más fácil de ver, por eso agregue un poco de colorante alimentario... sí, de cualquier color). Después de llenar la manguera, levante y mantenga ambos extremos juntos hasta que el nivel de agua esté a aproximadamente 25 cm de los extremos abiertos del tubo. Marque el nivel exacto del agua sobre cada tubo con un marcador negro. Para usar este nivel de agua, encinte un extremo del tubo para que la marca sea correcta en uno de los puntos de referencia a ser controlados. Luego lleve el otro extremo del tubo al otro punto de referencia y levante o baje su extremo abierto hasta que la línea de agua esté sobre la marca. El valor de la desalineación se evidenciará inmediatamente. Tiene que mantener ambos extremos de este instrumento hacia arriba cuando no lo usa, o el agua se derramará.

### *Origen de algunas dificultades de alineación*

Las dificultades más comunes de alineación ocurren por leer mal los planos, por dibujos imprecisos, por una reversión de herrajes y partes, por una falla al hacer un derecho y un revés y, en general, por falta de atención a los detalles.

A veces una parte puede parecer simétrica pero no es así. Muy a menudo el constructor tratará de forzar bulones en un herraje inadvertidamente dado vuelta. Esto está mal, muy mal. Si una parte encajó correctamente cuando usted lo intentó la primera vez pero ahora no, deténgase y empiece de nuevo ¡Algo está haciendo mal!

No olvide además que algunas partes emparejadas están hechas para encajar en lados opuestos, como si fueran un derecho y un revés.

Es esencial que marque cada parte que haga. Marque además una línea central, línea de cuerda, o un punto de referencia (según el caso), claramente sobre ambos lados, para una fácil referencia.

Supongo que usted debe de estar cansado de escuchar esto, pero aquí va de nuevo: Taladre siempre orificios de tamaño menor, inicialmente. Esto le brindará algún margen de error, y resultará en mejores orificios en los herrajes cuando finalmente los taladre a su dimensión original.

## *Mantenimiento de la simetría y alineación del fuselaje*

Ya que su fuselaje se convertirá en la pieza fundamental del avión, es importante que mantenga su simetría y alineación durante la construcción.

Previo al ensamblaje del fuselaje típico, usted debe trazar una línea central sobre su banco de ensamblaje, o sobre el piso si usa una estructura de guía en lugar de un banco de trabajo.

Cada medida debe ser hecha en conformidad con esta referencia básica. Creo que es buena idea marcar la línea central sobre el banco de trabajo con lápiz o tinta que pueda borrarse.

Por supuesto, esto sin olvidar que su banco de trabajo debe estar nivelado. Esto puede ser difícil de lograr sobre el piso irregular de un taller, por lo tanto, ¿por qué no trata de nivelar su banco de trabajo con este método?: Coloque un tornillo regulador en la punta de cada pata. Ajústelos a tope. Después de colocar el banco de trabajo en el área del taller donde quiera ubicarlo, controle el nivel del banco. Haga los ajustes necesarios con una llave, destornillando los tornillos reguladores que efectuarán el ajuste que necesita para nivelar el banco.

Una superficie de trabajo a nivel es importante porque, indudablemente, usted necesitará hacer un uso frecuente de nivel y plomada.

Asegúrese de que el parallamas se escuadre con la línea central. Verifique esto frecuentemente con la escuadra de carpintero, controlando la alineación, tanto horizontal como vertical. Si accidentalmente permitiera que un lado del parallamas se vuelva oblicuo, comenzará un efecto de errores en cascada que resultará en múltiples problemas de alineación. ¿Quiere algunos ejemplos?

Si un lado del fuselaje a la altura del parallamas se desliza accidentalmente durante la construcción y queda fijo un poco adelante del otro lado, el emplazamiento de su motor y éste, cuando esté instalado, estará también descompensado en el mismo grado. Con la línea de empuje del motor descompensada por una desalineación del parallamas, los problemas de torque pueden incrementarse. Además, la simetría de su capot puede estar afectada por el motor descompensado, ya que el cilindro frontal podría estar demasiado cerca del perfil del capot.

La desalineación en el parallamas no es el fin del problema. Todos los herrajes del fuselaje en ese lado estarán descompensados o desalineados. Esto incluye los anclajes del tren de aterrizaje, los del ala y los de cola. Ya que todos estos anclajes afectan la alineación del tren de aterrizaje, ala y cola, no le conviene permitir que ocurran tales desalineaciones. Los controles frecuentes con la escuadra de carpintero pueden asegurarle que el armado del fuselaje se está haciendo como es debido (véase figura 2).

Incidentalmente, poco después de comenzar el armado del fuselaje, usted debe seleccionar e identificar un área sobre los larguerillos de la parte superior del fuselaje que pueda ser usado para nivelar el avión. Si su avión no tiene larguerillos, deberá colocar algunos bloques permanentes, o al menos cabezas de tornillos sobre los cuales pueda ser apoyado un nivel para controlar la nivelación de la aeronave. Recuerde que cuando nivela su avión, debe hacerlo adelante y atrás, como también lateralmente. Sus puntos de nivel permanente deben proveerse para esta capacidad.

### *Controles de alineación del ala*

Los controles de alineación que debe hacer a medida que los diversos componentes del ala son ensamblados varían considerablemente con el diseño de la misma y el tipo de construcción empleado. Primero, encerrémonos en el ala típica arriostrada externamente.

### *El ala de madera y tela*

Un ala de este tipo se construye generalmente alrededor de dos largueros de madera sobre los cuales se coloca un cierto número de costillas, cementadas y aseguradas a un intervalo designado a lo largo de la envergadura. Esto forma el esqueleto básico del ala. Ya que cada una de las costillas está construida en una pieza, son fáciles de encolar y asegurar al larguero. Mientras que su unión es fácil, la alineación precisa es otra cuestión.

Si la profundidad (altura) del larguero es tal que el recorte del larguero en las costillas no es ocupado completamente por él, es posible encolar y asegurar inadvertidamente algunas de las costillas demasiado

alto o demasiado bajo. Si sabe esto, usted puede encarar el problema. La medida preventiva para este tipo de desalineación es simple: Extienda un par de listones de madera de bordes rectos (aproximadamente 19 x 50 x 1500mm) en la dirección de la envergadura cruzando tres o más costillas. Engrampe cada costilla al listón de bordes rectos para que las costillas estén correctamente alineadas verticalmente. Usted puede entonces encolar y asegurar las costillas a los largueros, sabiendo que su alineación externa está asegurada.

Lo siguiente es ajustar cuidadosamente los bordes de ataque y fuga de las costillas, controlando frecuentemente con un listón largo de bordes rectos hasta que obtenga contacto con cada costilla. Asegúrese de hacer este control de alineación antes de colocar los bordes de ataque y fuga.

Este tipo de ala necesita un trabajo de alineación más bien difícil, lo que incluye la precisa tensión de los cables de resistencia y antirresistencia al avance. El trabajo puede ser hecho mejor con la ayuda de un compás para controlar que cada área de compresión esté perfectamente escuadrada. Si los cables de resistencia y antirresistencia al avance del ala no están precisamente ajustados, usted terminará con un panel alar que podría estar deslizado hacia adelante, hacia atrás, o dotado de curvas no deseadas en los largueros.

Existe poca necesidad de controlar la torcedura del ala hasta que esté lista para entelarla. Sin embargo, esto no sería tan serio como en un ala cantílever en madera terciada o revestida de metal. La razón es, por supuesto, que un ala entelada puede ser torcida levemente aun después de instalada... un ala cantílever no.

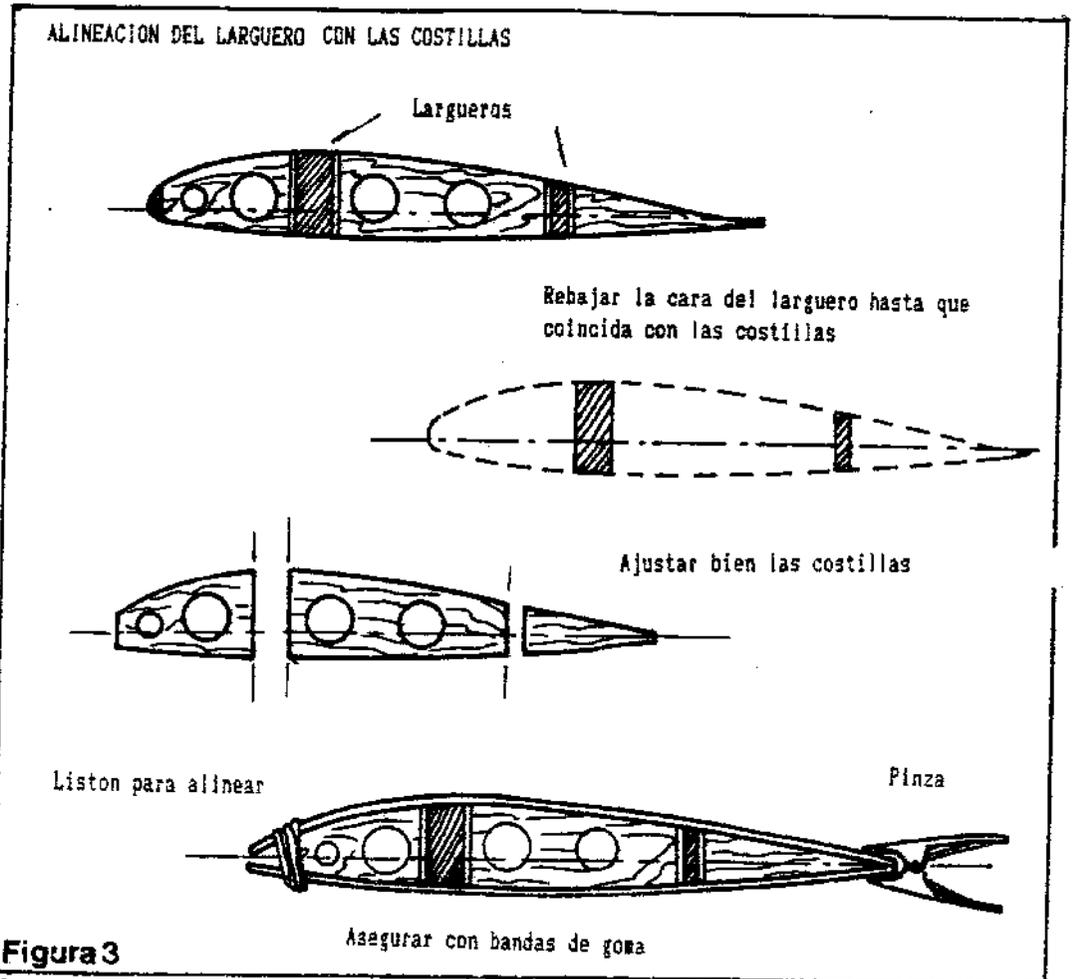
No obstante, es bueno recordar que si un ala entelada tiene que ser torcida más de un poquito después de haber sido entelada y dopada, el entelado revelará su error con una ondulación diagonal, notable a todos los que la miren.

### *El ala cantílever de madera o metal*

Este tipo de ala requiere varios controles críticos de alineación durante la construcción. Primero, aunque las costillas de madera están hechas de una sola pieza, las de metal no. Sin embargo, para la instala-

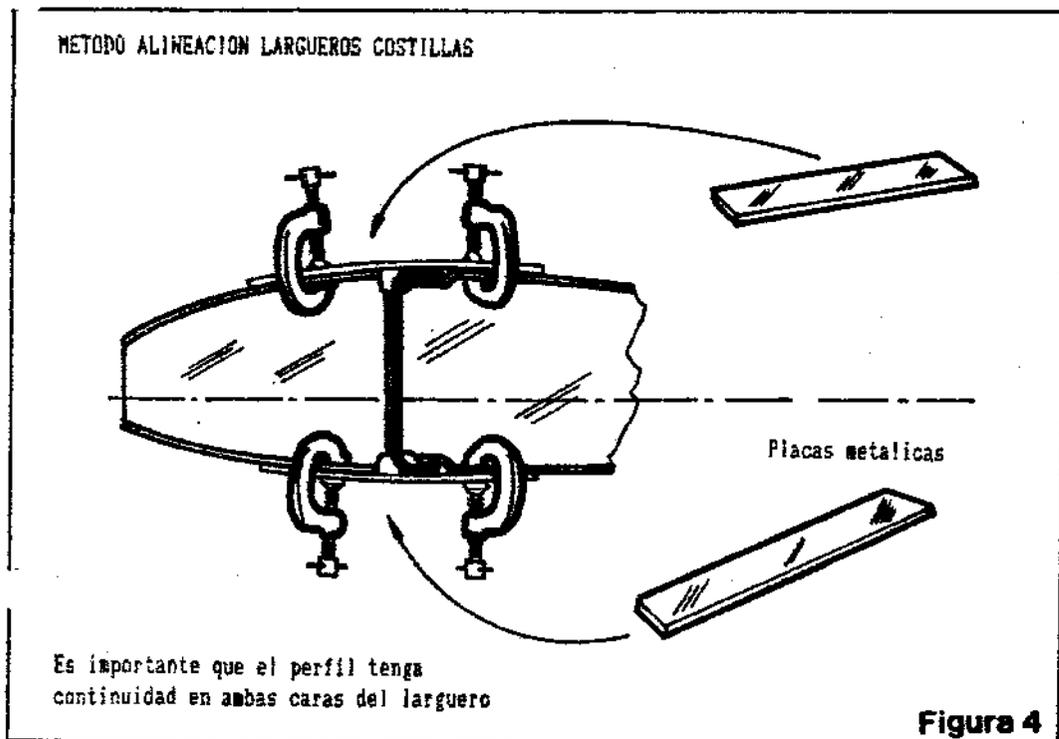
ción, aun las costillas de madera deben ser cortadas porque un larguero cantilever de profundidad completa no deja espacio para ningún "caps-trip" por encima o debajo de él. Esto significa, mi amigo, que usted tiene una costilla alar que está hecha en dos o tres partes separadas. La alineación de cada parte de estas costillas puede abusar de su paciencia. El objetivo es asegurar estas partes separadas de la costilla a los largueros del ala, y hacerlo de modo que el resultado final sea una forma de perfil perfecta en esa parte de la costilla. La figura 3 ilustra los terribles resultados que puede esperar si desatiende el problema de alineación de costillas para este tipo de ala.

Una ayuda de armado manual se muestra también en la figura 3.



Use un par de listones de madera en forma de "capstrip" para entrapar las partes de la costilla. Engrampe los listones en cada extremo con bandas de goma o con grampas a resorte. Usted puede confiar en las curvas naturales de los listones doblados para posicionar correctamente las secciones de la costilla para el encolado y clavado (o remachado) a los largueros.

Precaución: Asegúrese de que los rebordes superior e inferior del larguero hayan sido chanfleados y dimensionados correctamente antes de intentar calzar las costillas. Podría de otro modo terminar con una costilla de perfil fallado.



Sus costillas, si están correctamente calcadas de los planos, deben tener aún los ángulos de extremos correctos para que el exacto valor de "wash out" (alabeo) esté incorporado automáticamente cuando sean unidas a los largueros... presumiendo por supuesto que el "wash out" es requerido en alguna estación de la costilla en particular. Sin embargo, no

cuenta con tener las costillas exactamente orientadas. Podrían salirse levemente, y si no se pone firme en su responsabilidad de alineación, una puntera podría desarrollar un poquito más de torcedura que la otra. Recuerde, el ala cantilever no puede ser torcida luego de que su revestimiento exterior (revestimiento final) es colocado. Esto significa que debe ajustar ambas punteras de ala al mismo ángulo de incidencia, y hacerlo justo antes de revestir el ala.

Una forma de verificar que ambas punteras tengan el mismo valor de torcedura o incidencia es con la ayuda de una plantilla de terciada. Haga una por ala. Haga la plantilla con una superficie superior recta sobre la cual pueda poner un transportador de nivel para verificar la alineación. Alternativamente, si su fuselaje no está en su línea de vista, podría extender un listón de bordes rectos sobre la parte de arriba de la plantilla y echar un vistazo desde una puntera hacia la otra para ver si los bordes rectos son paralelos; si es así, ambas punteras tienen la misma incidencia. (Véase figura 1.)

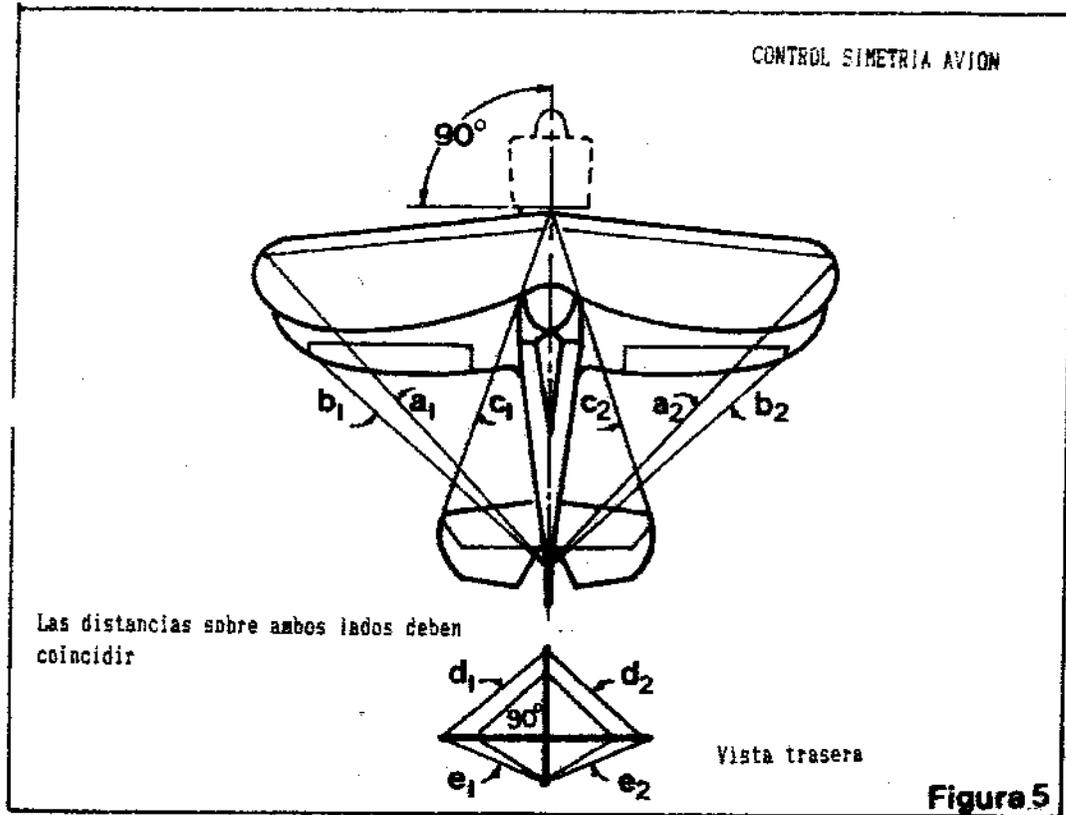
Odio detenerme en esto, pero si no prepara ese ala perfectamente antes de aplicar el revestimiento, no hay corrección posible de la torcedura después de una reconstrucción mayor o menor. Un ala cantilever con diferentes ángulos en las punteras (incidencia) será ingobernable en vuelo.

Sobre el ensamblaje final del ala al fuselaje, deberá controlar la simetría de la instalación. Esto es, medir la distancia de cada puntera a la unidad de cola con una cinta métrica de acero (siempre aplicando un tirón uniforme para tensionar la cinta). Mida primero la distancia sobre un lado, y luego sobre el otro. Ambos lados deben tener exactamente la misma medida...

Sin embargo, más o menos 6 mm es tan bueno como lo que logran algunos constructores. Nadie excepto usted lo sabrá, y las características de vuelo no deben ser afectadas. (Véase figura 5.)

### *Alineación de las superficies de cola*

El establecimiento del ángulo de incidencia correcto para el estabilizador es el más importante de los diferentes controles de alineación que hará para las superficies de cola. Obtener la correcta alineación ge-



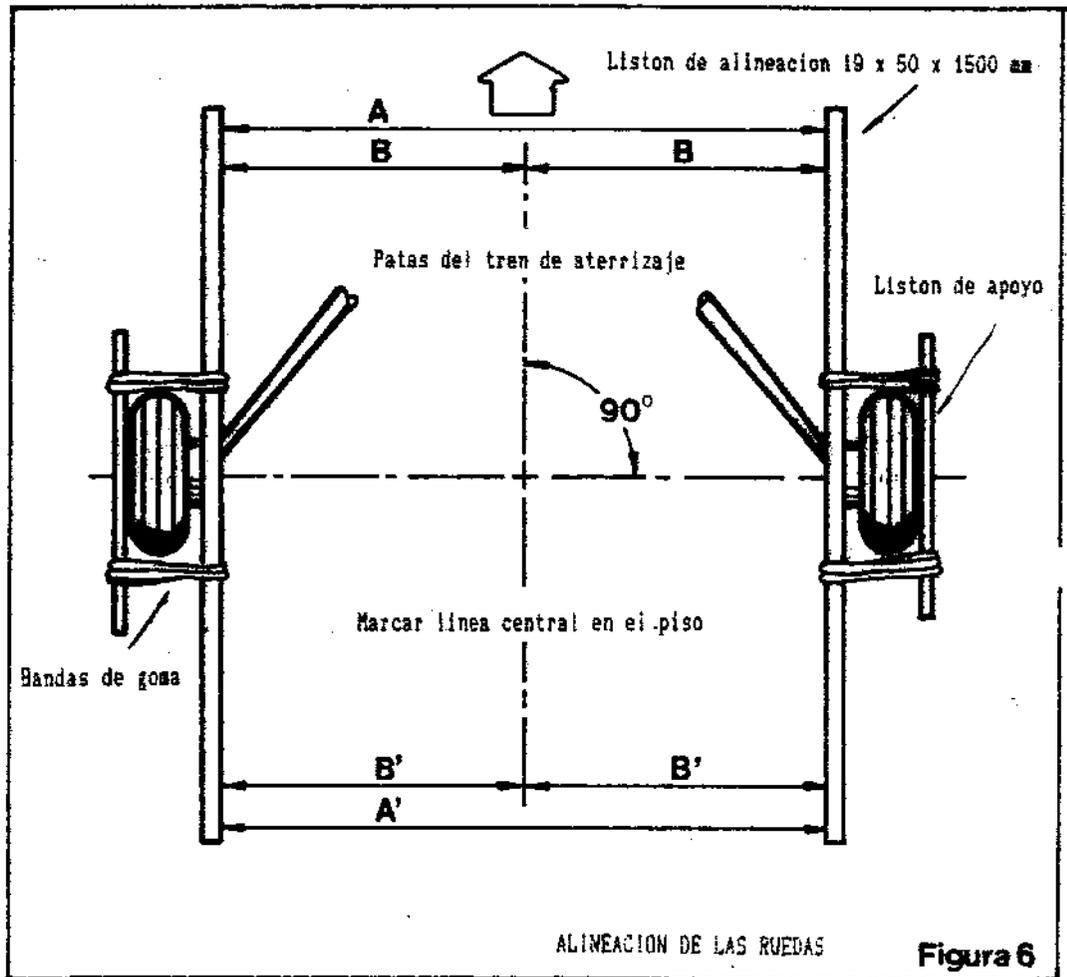
ométrica de la cola completa es de menor importancia. A menudo esta alineación en particular es más importante desde el punto de vista de que es una necesidad aerodinámica.

Por ejemplo, cuando se observa la cola desde atrás, si el ángulo formado por la línea central del estabilizador vertical y el horizontal no es de 90 grados sino que está, realmente, un par de grados salido de lugar, la efectividad en vuelo no es probable que empeore. Por otra parte, unos pocos grados de error en la fijación del ángulo de incidencia del estabilizador pueden producir serios problemas de compensación. Además de asegurarse de que las superficies de cola sean perpendiculares entre sí, debe controlar su simetría con el fuselaje como lo hace con las alas. Mida desde cada puntera del estabilizador hasta el centro superior del parabrisas. Naturalmente, usted quiere que las mediciones de cada lado sean iguales. Algunos constructores se refieren a este método como medición por triangulación.

## Alineación de las ruedas

La desalineación de las ruedas puede causar un poco de dolor... literalmente. Empéñese en alinear sus ruedas de manera que cada una esté paralela a la otra, esto es, ni hacia afuera ni hacia adentro. Ciertamente, no se desvíe de la dirección.

La figura 6 muestra una manera simple de controlar la alineación de sus ruedas. Todo control de alineación debe hacerse con el avión en su actitud de vuelo nivelado normal, para más precisión.



### *En síntesis*

Un pequeño error de alineación en el extremo interior de un ala, o en la unión con el fuselaje, puede hacer que la punta del ala se desplace hacia adelante, o hacia atrás, una pulgada o más. Los errores de alineación tienen su forma de componerse porque están pasados al componente de unión. Prevéngase contra el error inicial mediante un control duplicado de las dimensiones, y luego prosiga con el control de alineación usando dos métodos diferentes, de ser posible.

---

