

Cálculo de Pesos y CG

Introducción:

El peso de despegue de una aeronave está formado por una serie de pesos parciales, que sumados dan el peso máximo de despegue, **Peso Vacío = $W_e = 0,6 \cdot W_{TO\text{máx.}}$**

El peso vacío lo compone al avión completo, sin el combustible, pasajeros, tripulación, carga, etc. Si al anterior le sumamos el combustible necesario para un determinado vuelo, más el peso de la tripulación obtenemos el llamado:

Peso Fijo Operativo = $W_{FC} = W_e + \text{Fuel}$

Si a éste se le suma el peso de la carga paga tenemos el:

Peso de Despegue = $W_{TO} = W_{FO} + W_{PAX}$, que no debe ser superior al peso máx. de despegue.

Además de estos pesos característicos existen otros de mucha importancia pero que dependen de cada fabricante y están normalmente asociados a ciertas limitaciones estructurales. **Peso Máx. Sin Combustible = W_{BW}** (Wing Bending Weight) que limita la cantidad de carga en el fuselaje por problemas de flexión alar. **Peso máx. de Aterrizaje = W_{LDG}** .

Para efectuar el anteproyecto aerodinámico es necesario conocer el peso máximo de despegue, pero ello no es posible sino se conoce el peso vacío, el que a su vez no puede determinarse sin conocer la estructura de la aeronave, lo que normalmente depende del peso máximo, lo que constituye un verdadero círculo vicioso.

Otro problema tan importante como la determinación del peso es la ubicación del centro de gravedad vacío, que en primera aproximación debe citarse cerca del 25% C.A.M. (cuerda aerodinámica media).

Vamos a centrarnos en el estudio de:

- *Peso y CG del ala.*
- *Peso y CG del estabilizador horizontal.*
- *Peso y CG del estabilizador vertical.*
- *Peso y CG del fuselaje.*
- *Peso y CG de barquillas.*

El resto de los constituyentes del peso vacío son de fácil determinación, y por ello su influencia en el avión completo.

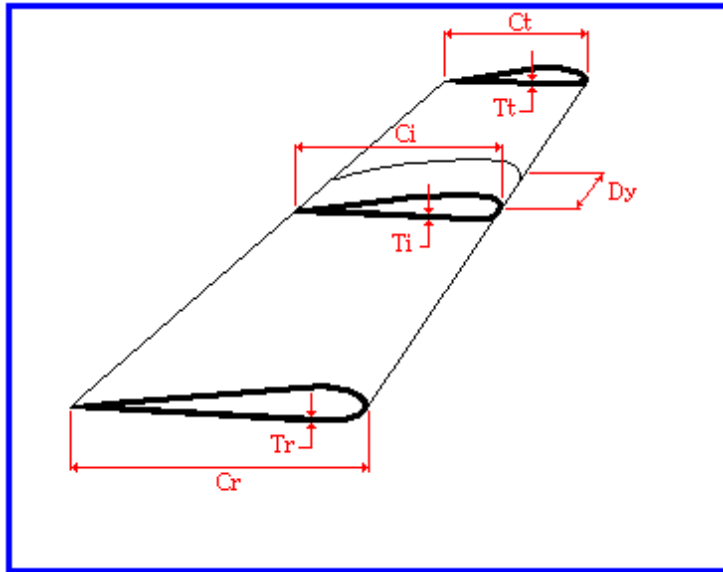
La razón de la importancia de la ubicación del CG de cada componente y su disposición relativa están basadas en el hecho que el CG del avión completo tienen que encontrarse en una zona muy bien delimitada, debido a problemas que se planea en la mecánica del vuelo, y una vez realizando el anteproyecto aerodinámico se hace muy difícil cambiar posiciones relativas entre alas, fuselaje y estabilizadores; en otras palabras, el método estadístico para el dimensionamiento aproximado determina entre otras cosas distancia relativas entre ala y estabilizadores, pero nada nos dice acerca de la posición relativa entre el fuselaje, barquilla, tren de aterrizaje, etc.

El método se basa en que el peso de la estructura monocasco, semimonocasco, es proporcional al momento de inercia de cada sector y al área bañada multiplicada por un coeficiente que involucra a remaches y estructura

de refuerzos (larguerillos, costillas, etc.).

1. Peso y CG del Ala:

El peso de cada semiala con superficie de comando, esta en el orden del 12% del peso vacío de la aeronave. El CG de la misma se calcula a partir del planteo de una estructura equivalente del mismo peso.



Es decir, planteamos un ala equivalente ficticia, que siendo hueca, cumpla con las siguientes condiciones

1) $TT / CT = TR / CR$ (ala trapezoidal) Indica que los espesores ficticios son proporcionales a los cuales, generalizando estos conceptos para cualquier posición intermedia entre raíz y puntera.

1') $Ti / Ci = TR / CR$

2) $Vol . Al = 0,12 . We$

Donde el volumen metálico de la semiala ficticia al peso específico del ala y We peso vacío del avión.

A partir de 1), 1') y 2) y conociendo la distribución del c del ala en estudio tendremos que hallar la distribución de espesores ficticios.

El vol. Metálico puede expresarse como:

3) $dV = 2.Ci.Ti.dy$; donde Ci dependerá del formato de la planta alar en particular, suponiendo un ala trapezoidal, seria:

4) $Ci = CR - (CR-CT)/b . 2y$; además de 1') :

5) $Ti = Ci - TR/CR$; reemplazando 5) en 3) :

$$dV = (TR/CR) . 2Ci^2 . dy$$

6) $V = 2 TR/CR . \int_0^b Ci^2 . dy$; donde:

$$Ci^2 = CR^2 - 2Cr [(CR - CT) / b] . 2dy + [(CR-CT)^2 / b^2] . 4y^2 ;$$

$$7) Ci2 = CR2 - 4 CR2 / b . y + 4 . CR . CT / b . y + 4CR2 / b2 . y2 - 8 . CR . CT / b2 . y2 + CT2 / b2 . b2 ;$$

Reemplazando 7) en 6) :

$$Vol = 2TR/CR [o "b/2 CR2 . dy - o "b/2 4CR2/b . y . dy + o "b/2 [4(CR.CT)/b] y . dy + o "b/2(4CR2/b2) y2 - o "b/2 8CR . CV/b2 . y2 dy + o "b/2 4CT2 / b2 . y2 . Dy] ;$$

Resolviendo, simplificando y agrupando:

$$Vol = (TR . b / 3 . CR) . [CR2 +CT2 + (CR . CT)] ; \text{ pero según 2) : } Vol = 0,12 We / Al ; \text{ entonces } 0,12 We / Al = TR . b / 3 . CR [CR2 +CT2 +CR . CT] ; \text{ donde despejamos Tr :}$$

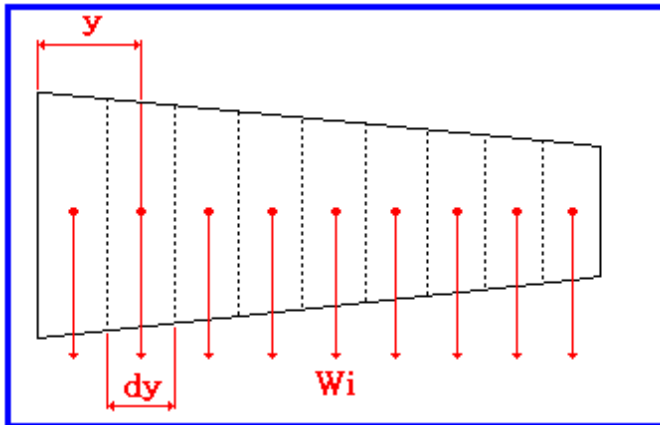
$$Tr = (0,36 . We . CR) / [Al . b . (CR2 +CT2 + CR . CT)]$$

Se insiste en el hecho que el desarrollo precedente corresponde a un semiala trapezoidal, el uso de plantas alares de diferentes formatos implica analizar distribución de cuerdas distintas.

El conocer la distribución de espesores, nos lleva a conocer la distribución de pesos, lo que a su vez nos permite hallar el CG de cada semiala.

Para esto se divide la planta alar en un cierto numero de sectores; la cant. de divisiones que se tomen, dependerá de la precisión requerida para el calculo.

El peso de cada uno de estos sectores será:



$$Wi = Voli . Al$$

$$Wi = 2 . Ci . Ti . y . Al$$

Planteando el equilibrio de momentos respecto al eje XX:

$$Wi . yi = We . YCG$$

$$YCG = " (Wi . yi) / 0,12 . We$$

La obtencion de la coordenada en X del CG se plantea de forma similar:

$$XCG = " (Wi . xi) / 0,12 . We$$

La posición del CG obtenido de esta manera corregirse x posición de largueros un 15% de la C.G.M. hacia delante sobre la misma línea, entonces:

$$X_{CG} = X_{CG} - 0,15 \cdot C$$

2. Peso y CG del Estabilizador Horizontal

El proceso de cálculo es idéntico al del ala, pero no son necesarias las correcciones de posición de largueros. El peso total del estabilizador horizontal es del orden del 5% del We del avión.

3. Peso y CG del Estabilizador Vertical

Idem al anterior excepto que el peso del estabilizador vertical es del orden del 3% del We de la aeronave.

4. Peso y CG del Fuselaje

Se considera un fuselaje ficticio hueco de espesor cte., "T" cuyo peso será el correspondiente al 35% del We de la aeronave.

Ventanillas, parabrisas, etc. Se consideran igualmente metálicos y del espesor "T". Esto significa que el peso de determinado sector del fuselaje será proporcional al área bañada del mismo.

El coeficiente de proporcionalidad entre área bañada y peso estará por el producto entre el espesor (T), peso específico del Al () y un par de coeficientes (f1 y f2) que tienen en cuenta concentraciones estructurales.

$$0,35 \cdot We / \delta l = Vol = " \cdot Ti \cdot bi \cdot f1 \cdot f2$$

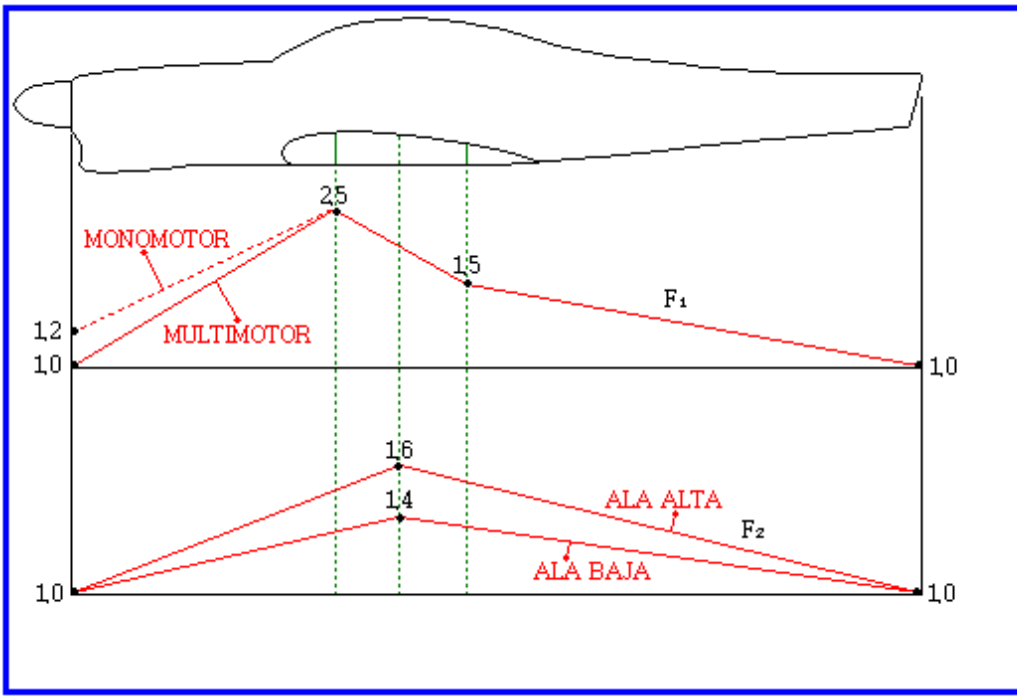
$$T = 0,35 \cdot We / (\delta l \cdot " \cdot Pi \cdot y \cdot f1 \cdot f2)$$

$$bi = Pi \cdot y$$

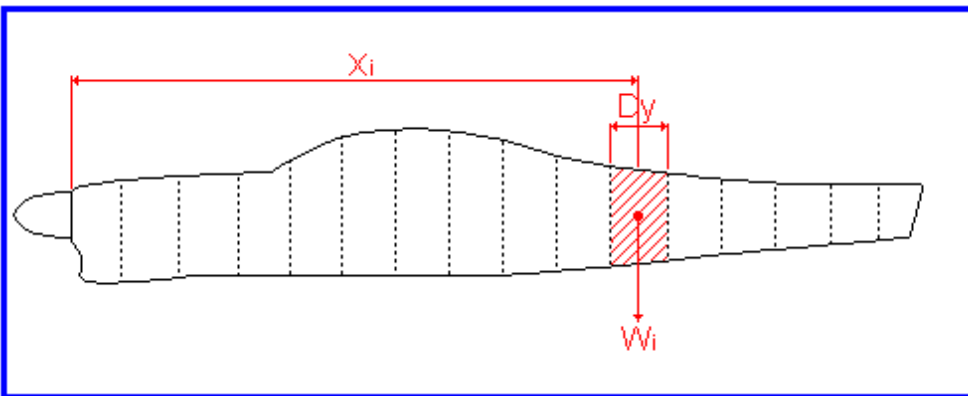
$$Wi = T \cdot Pi \cdot y \cdot f1 \cdot f2$$

$$Pi = \text{Perímetro}$$

Los factores de corrección f1 y f2 pueden obtenerse en cada tramo mediante los siguientes gráficos:



De esta forma estamos en condiciones de hallar el CG del fuselaje, procediendo de la manera indicada en el ala:



$$W_i \cdot X_i = 0,35 \cdot W_e \cdot X_{CG}$$

$$X_{CG} = \frac{\sum (W_i \cdot X_i)}{0,35 \cdot W_e}$$

5. Peso y CG de Barquilla de Motor

El proceso de calculo es idéntico al del fuselaje. El W_t de cada barquilla es aproximadamente el 2% del W_e vacío de la aeronave (se multiplica por 0.02).

6. CG de la Aeronave

Conociendo los W y CG de los componentes estructurales principales del avión, la posición del CG de la aeronave puede fácilmente determinarse teniendo en cuenta el W y ubicación de los diferentes elementos y conjuntos que componen el W_e de un avión, según fue definido, por ejemplo:

- Grupo moto-propulsor;

- Instrumentos y equipos;
- Asientos, alfombras, tapicería;
- Tren de aterrizaje;
- Batería; etc.

Espesores del ala.

$$Tr = (0,36. We. Cr) / Al . b . (Cr^2 + Ct^2 + Cr . Ct)$$

$$Cr = 1,93 \text{ m}$$

$$We = 721,23 \text{ kg}$$

$$Al = 2615 \text{ kg / m}^3$$

$$b = 10,23 \text{ m}$$

$$Ct = 1,737 \text{ m}$$

$$Tr = 0,002986669319 \text{ m.}$$

$$Ti1 = (Ci1.Tr) / Cr \quad Ti2 = (Ci2.Tr) / Cr$$

$$Ci1 = 1,88613 \text{ m} \quad Ci2 = 1,7926 \text{ m}$$

$$Tr = 0,002986669319 \text{ m.} \quad Tr = 0,002986669319 \text{ m.}$$

$$Cr = 1,93 \text{ m} \quad Cr = 1,93 \text{ m}$$

$$Ti1 = 0,002880355 \text{ m.} \quad Ti2 = 0,00277404 \text{ m}$$

$$Ti3 = (Ci3.Tr) / Cr \quad Ti4 = (Ci4.Tr) / Cr$$

$$Ci3 = 1,7240 \text{ m} \quad Ci4 = 1,6553 \text{ m}$$

$$Tr = 0,002986669319 \text{ m.} \quad Tr = 0,002986669319 \text{ m.}$$

$$Cr = 1,93 \text{ m} \quad Cr = 1,93 \text{ m}$$

$$Ti3 = 0,00266788 \text{ m} \quad Ti4 = 0,00256157 \text{ m}$$

$$Ti5 = (Ci5.Tr) / Cr \quad Ti6 = (Ci6.Tr) / Cr$$

$$Ci5 = 1,5366 \text{ m} \quad Ci6 = 1,5180 \text{ m}$$

$$Tr = 0,002986669319 \text{ m} \quad Tr = 0,002986669319 \text{ m}$$

$$Cr = 1,93 \text{ m} \quad Cr = 1,93 \text{ m}$$

$$Ti5 = 0,00245525 \text{ m} \quad Ti6 = 0,002349100 \text{ m}$$

$$Ti7 = (Ci7.Tr) / Cr \quad Ti8 = (Ci8.Tr) / Cr$$

Ci7= 1,4493 m Ci8= 1,3806 m

Tr= 0,002986669319 m Tr= 0,002986669319 m

Cr = 1, 93 m Cr = 1, 93 m

Ti7= 0,002242787 m. Ti8= 0,002136474 m.

Ti9= (Ci9.Tr) / Cr Ti10= (Ci10.Tr) / Cr

Ci9= 1,3120 m Ci10= 1,2433 m

Tr= 0,002986669319 m Tr= 0,002986669319 m

Cr = 1, 93 m Cr = 1, 93 m

Ti9= 0,002030316 m Ti10=0,00192400 m

Ti11= (Ci11.Tr) / Cr Ti12= (Ci12.Tr) / Cr

Ci11= 1,1174 m Ci12= 1,1060 m

Tr= 0,002986669319 m Tr= 0,002986669319 m

Cr = 1, 93 m Cr = 1, 93 m

Ti11= 0,001729173 m T12= 0,001711531 m

Ti13= (Ci13.Tr) / Cr Ti14= (Ci14.Tr) / Cr

Ci13= 1,0373 m Ci14= 0,9686 m

Tr= 0,002986669319 m Tr= 0,002986669319 m

Cr = 1, 93 m Cr = 1, 93 m

Ti13= 0,001605218 m Ti14= 0,001498705 m

Tit = (Cit.Tr) / Cr

Ct = 0,9 m

Tr = 0,002986669319 m

Cr = 1, 93 m

Tit = 0,001392747 m

El peso de cada uno de estos sectores será:

Wr = 2 . Cr . Tr . y . Al = Y = (b/2)/ 15 =

$$W_r = 2 \cdot 1,93 \cdot 0,002986669319 \cdot 0,341 \cdot 2615 = Y = 0,341.$$

$$W_r = 10,2501722 \text{ Kg.}$$

$$W_{i1} = 2 \cdot Cr \cdot Ti1 \cdot y \cdot Al =$$

$$W_{i1} = 2 \cdot 1,8613 \cdot 0,002880355 \cdot 0,341 \cdot 2615 =$$

$$W_{i1} = 9,52133310 \text{ Kg.}$$

$$W_{i2} = 2 \cdot Cr \cdot Ti2 \cdot y \cdot Al =$$

$$W_{i2} = 2 \cdot 1,7926 \cdot 0,00277404 \cdot 0,341 \cdot 2615 =$$

$$W_{i2} = 8,84854101 \text{ Kg.}$$

$$W_{i3} = 2 \cdot Cr \cdot Ti3 \cdot y \cdot Al =$$

$$W_{i3} = 2 \cdot 1,7240 \cdot 0,00266788 \cdot 0,341 \cdot 2615 =$$

$$W_{i3} = 8,20175234 \text{ Kg.}$$

$$W_{i4} = 2 \cdot Cr \cdot Ti4 \cdot y \cdot Al =$$

$$W_{i4} = 2 \cdot 1,6553 \cdot 0,00256157 \cdot 0,341 \cdot 2615 =$$

$$W_{i4} = 7,51204021 \text{ Kg.}$$

$$W_{i5} = 2 \cdot Cr \cdot Ti5 \cdot y \cdot Al =$$

$$W_{i5} = 2 \cdot 1,5866 \cdot 0,00245525 \cdot 0,341 \cdot 2615 =$$

$$W_{i5} = 6,92735074 \text{ Kg.}$$

$$W_{i6} = 2 \cdot Cr \cdot Ti6 \cdot y \cdot Al =$$

$$W_{i6} = 2 \cdot 1,5180 \cdot 0,002349100 \cdot 0,341 \cdot 2615 =$$

$$W_{i6} = 6,33959301 \text{ Kg.}$$

$$W_{i7} = 2 \cdot Cr \cdot Ti7 \cdot y \cdot Al =$$

$$W_{i7} = 2 \cdot 1,4493 \cdot 0,002242787 \cdot 0,341 \cdot 2615 =$$

$$W_{i7} = 5,74698715 \text{ Kg.}$$

$$W_{i8} = 2 \cdot Cr \cdot Ti8 \cdot y \cdot Al =$$

$$W_{i8} = 2 \cdot 1,3806 \cdot 0,002136474 \cdot 0,341 \cdot 2615 =$$

$$W_{i8} = 5,21043327 \text{ Kg.}$$

$$W_{i9} = 2 \cdot Cr \cdot Ti9 \cdot y \cdot Al =$$

$$W_{i9} = 2 \cdot 1,3120 \cdot 0,002030316 \cdot 0,341 \cdot 2615 =$$

$$W_{i9} = 4,3445019 \text{ Kg.}$$

$$W_{i10} = 2 \cdot Cr \cdot Ti10 \cdot y \cdot Al =$$

$$W_{i10} = 2 \cdot 1,2433 \cdot 0,00192400 \cdot 0,341 \cdot 2615 =$$

$$W_{i10} = 3,9183615 \text{ Kg.}$$

$$W_{i11} = 2 \cdot Cr \cdot Ti11 \cdot y \cdot Al =$$

$$W_{i11} = 2 \cdot 1,1474 \cdot 0,00172913 \cdot 0,341 \cdot 2615 =$$

$$W_{i11} = 3,225817063 \text{ Kg.}$$

$$W_{i12} = 2 \cdot Cr \cdot Ti12 \cdot y \cdot Al =$$

$$W_{i12} = 2 \cdot 1,1060 \cdot 0,00172913 \cdot 0,341 \cdot 2615 =$$

$$W_{i12} = 3,10864524 \text{ Kg.}$$

$$W_{i13} = 2 \cdot Cr \cdot Ti13 \cdot y \cdot Al =$$

$$W_{i13} = 2 \cdot 1,0373 \cdot 0,001605218 \cdot 0,341 \cdot 2615 =$$

$$W_{i13} = 2,71444812 \text{ Kg.}$$

$$W_{i14} = 2 \cdot Cr \cdot Ti14 \cdot y \cdot Al =$$

$$W_{i14} = 2 \cdot 0,9686 \cdot 0,001498905 \cdot 0,341 \cdot 2615 =$$

$$W_{i14} = 2,34423937 \text{ Kg.}$$

$$W_{iT} = 2 \cdot Cr \cdot TiT \cdot y \cdot Al =$$

$$W_{iT} = 2 \cdot 0,9 \cdot 0,001392747 \cdot 0,341 \cdot 2615 =$$

$$W_{iT} = 2,05847708 \text{ Kg.}$$

$$W_{\text{total}} = 88,21421622 \text{ Kg (semi ala).}$$

Centro de gravedad del ala.

$$Y_{CG} = (W_i \cdot y_i) / 0,12 \cdot W_e = Y = dy : 3$$

$$dy = b/2 : 15 \text{ (} b/2 = 5,115 \text{ m)}$$

$$Y = 0,341 : 3 = 0,1136 \text{ m}$$

$$YCGwr = (Wr \cdot y) = YCGwi1 = (Wi1 \cdot y) =$$

$$YCGwr = 1,086167475 \text{ Kgm. } YCGwi1 = 1,086167475 \text{ Kgm.}$$

$$YCGwi2 = (Wi2 \cdot y) = YCGwi3 = (Wi3 \cdot y) =$$

$$YCGwi2 = 1,00746626 \text{ Kgm. } YCGwi3 = 0,931832711 \text{ Kgm.}$$

$$YCGwi4 = (Wi4 \cdot y) = YCGwi5 = (Wi5 \cdot y) =$$

$$YCGwi4 = 0,859047825 \text{ Kgm. } YCGwi5 = 0,789219066 \text{ Kgm.}$$

$$YCGwi6 = (Wi6 \cdot y) = YCGwi7 = (Wi7 \cdot y) =$$

$$YCGwi6 = 0,7224498 \text{ Kgm. } YCGwi7 = 0,712882773 \text{ Kgm.}$$

$$YCGwi8 = (Wi8 \cdot y) = YCGwi9 = (Wi9 \cdot y) =$$

$$YCGwi8 = 0,597585265 \text{ Kgm. } YCGwi9 = 0,496993644 \text{ Kgm.}$$

$$YCGwi10 = (Wi10 \cdot y) = YCGwi11 = (Wi11 \cdot y) =$$

$$YCGwi10 = 0,446262783 \text{ Kgm. } YCGwi11 = 0,370128186 \text{ Kgm.}$$

$$YCGwi12 = (Wi12 \cdot y) = YCGwi13 = (Wi13 \cdot y) =$$

$$YCGwi12 = 0,353142156 \text{ Kgm. } YCGwi13 = 0,31063334 \text{ Kgm.}$$

$$YCGwi14 = (Wi14 \cdot y) = YCGwiT = (WiT \cdot y) =$$

$$YCGwi14 = 0,270849626 \text{ Kgm. } YCGwiT = 0,233843019 \text{ Kgm.}$$

$$(Wi \cdot yi) = 9,121979821 \text{ Kgm.}$$

$$YCGwi(yi) = (Wi \cdot yi) / 0,12 \cdot We = 0,105398414 \text{ m.}$$

$$XCG = (Wi \cdot xi) / 0,12 \cdot We = xi = Cr/2 = 0,965 \text{ m.}$$

$$XCGwir = (Wir \cdot xi) = XCGwi1 = (Wi1 \cdot xi) =$$

$$XCGwir = 9,920369097 \text{ Kgm. } XCGwi1 = 9,226686739 \text{ Kgm.}$$

$$XCGwi2 = (Wi2 \cdot xi) = XCGwi3 = (Wi3 \cdot xi) =$$

$$XCGwi2 = 8,558142081 \text{ Kgm. } XCGwi3 = 7,915656396 \text{ Kgm.}$$

$$XCGwi4 = (Wi4 \cdot xi) = XCGwi5 = (Wi5 \cdot xi) =$$

$$XCGwi4 = 7,297369289 \text{ Kgm. } XCGwi5 = 6,704193658 \text{ Kgm.}$$

$$XCGwi6 = (Wi6 \cdot xi) = XCGwi7 = (Wi7 \cdot xi) =$$

$$XCGwi6 = 6,137007551 \text{ Kgm. } XCGwi7 = 5,594093276 \text{ Kgm.}$$

$$XCGwi8 = (Wi8 \cdot xi) = YCGwi9 = (Wi9 \cdot xi) =$$

$$XCGwi8 = 5,076318493 \text{ Kgm. } XCGwi9 = 4,221396273 \text{ Kgm.}$$

$$CGwi10 = (Wi10 \cdot xi) = XCGwi11 = (Wi11 \cdot xi) =$$

$$XCGwi10 = 3,790876635 \text{ Kgm. } XCGwi11 = 3,144134685 \text{ Kgm.}$$

$$XCGwi12 = (Wi12 \cdot xi) = XCGwi13 = (Wi13 \cdot xi) =$$

$$XCGwi12 = 2,999843144 \text{ Kgm. } XCGwi13 = 2,638742726 \text{ Kgm.}$$

$$XCGwi14 = (Wi14 \cdot xi) = XCGwiT = (WiT \cdot xi) =$$

$$XCGwi14 = 2,500969128 \text{ Kgm. } XCGwiT = 1,986430576 \text{ Kgm.}$$

$$(Wi \cdot xi) = 85,52578913 \text{ Kgm.}$$

$$XCGwi(xi) = (Wi \cdot xi) / 0,12 \cdot We = 0,98819377 \text{ m.}$$

Factor de corrección:

$$X' CG = XCG - 0,15 \cdot E =$$

$$X' CG = 0,98819377 - 0,15 \cdot 1,93 =$$

$$X' CG = 0,69869377 \text{ m.}$$

Espesores del estabilizador vertical.

$$Tr = (0,09 \cdot We \cdot Cr) / Al \cdot b \cdot (Cr^2 + Ct^2 + Cr \cdot Ct) =$$

$$We = 721,23 \text{ Kg.}$$

$$Cr = 1,35 \text{ m.}$$

$$Al = 2615 \text{ Kg/m}^3.$$

$$b = 1,175 \text{ m.}$$

$$Ct = 0,45 \text{ m.}$$

$$Tr = 0,001088528025 \text{ m.}$$

$$Ti1 = (Ci1 \cdot Tr) / Cr \quad Ti2 = (Ci2 \cdot Tr) / Cr$$

$$Cr = 0,45 \text{ m. } Cr = 0,45 \text{ m.}$$

$$Tr = 0,001088528025 \text{ m. } Tr = 0,001088528025 \text{ m.}$$

Ci1 = 1,28125 m. Ci2 = 1,21875 m.

Ti1 = 0,001033093727 m. Ti2 = 0 0009326989115 m.

Ti3 = (Ci3.Tr) / Cr Ti4 = (Ci4.Tr) / Cr

Cr = 0,45 m. Cr = 0,45 m.

Tr = 0 ,001088528025 m. Tr = 0 ,001088528025 m.

Ci3 = 1,1625 m. Ci4 = 1,1 m

Ti3 = 0,0009373435771 m. Ti4 = 0,000886948711 m.

Ti5 = (Ci5.Tr) / Cr Ti6 = (Ci6.Tr) / Cr

Cr = 0,45 m. Cr = 0,45 m.

Tr = 0 ,001088528025 m. Tr = 0 ,001088528025 m.

Ci5 = 1,0375 m. Ci6 = 0,98125 m.

Ti5 = 0,0008365539451 m. Ti6 = 0,0007911986108 m.

Ti7 = (Ci7.Tr) / Cr Ti8 = (Ci8.Tr) / Cr

Cr = 0,45 m. Cr = 0,45 m.

Tr = 0 ,001088528025 m. Tr = 0 ,001088528025 m.

Ci7 = 0,925 m. Ci8 = 0,8625 m.

Ti7 =0,0007458432764 m. Ti8 = 0,0006954484604 m.

Ti9 = (Ci9.Tr) / Cr Ti10 = (Ci10.Tr) / Cr

Cr = 0,45 m. Cr = 0,45 m.

Tr = 0,001088528025 m. Tr = 0 ,001088528025 m.

Ci9 = 0,8 m. Ci10 = 0,74375 m.

Ti9 = 0,0006450536444 m. Ti10 = 0,005990983101 m.

Ti11 = (Ci11.Tr) / Cr Ti12 = (Ci12.Tr) / Cr

Cr = 0,45 m. Cr = 0,45 m.

Tr = 0,001088528025 m. Tr = 0 ,001088528025 m.

Ci11 = 0,6875 m Ci12 = 0,63125 m.

$$Ti11 = 0,0005543429757 \text{ m. } Ti12 = 0,0005089876413 \text{ m.}$$

$$Ti13 = (Ci13.Tr) / Cr \quad Ti14 = (Ci14.Tr) / Cr$$

$$Cr = 0,45 \text{ m. } Cr = 0,45 \text{ m.}$$

$$Tr = 0,001088528025 \text{ m. } Tr = 0,001088528025 \text{ m.}$$

$$Ci13 = 0,56875 \text{ m. } Ci14 = 0,51125 \text{ m.}$$

$$Ti13 = 0,0004585928253 \text{ m. } Ti14 = 0,000413237491 \text{ m.}$$

$$TiT = (CiT . Tr) / Cr$$

$$Cr = 0,45 \text{ m.}$$

$$Tr = 0,001088528025 \text{ m.}$$

$$CiT = 0,45 \text{ m.}$$

$$TiT = 0,000362842675 \text{ m.}$$

Pesos del estabilizador vertical.

$$Wr = 2 . Cr . Tr . y . Al = Y = b / 15 =$$

$$Wr = 2 . 1,35 . 0,001088528025 . 0,0078 . 2615 = Y = 1,175 / 15 =$$

$$Wr = 2,857365325 \text{ Kg. } Y = 0,0078.$$

$$Wi1 = 2 . Cr . Ti1 . y . Al =$$

$$Wi1 = 2 . 1,28125 . 0,001088528025 . 0,0078 . 2615 =$$

$$Wi1 = 2,53935163 \text{ Kg.}$$

$$Wi2 = 2 . Cr . Ti2 . y . Al =$$

$$Wi2 = 2 . 1,21875 . 0,001088528025 . 0,0078 . 2615 =$$

$$Wi2 = 2,00141097 \text{ Kg.}$$

$$Wi3 = 2 . Cr . Ti3 . y . Al =$$

$$Wi3 = 2 . 1,1625 . 0,001088528025 . 0,0078 . 2615 =$$

$$Wi3 = 2,12358338 \text{ Kg.}$$

$$Wi4 = 2 . Cr . Ti4 . y . Al =$$

$$Wi4 = 2 . 1,1 . 0,001088528025 . 0,0078 . 2615 =$$

$$W_{i4} = 1,830020325 \text{ Kg.}$$

$$W_{i5} = 2 \cdot Cr \cdot Ti5 \cdot y \cdot Al =$$

$$W_{i5} = 2 \cdot 1,0375 \cdot 0,001088528025 \cdot 0,0078 \cdot 2615 =$$

$$W_{i5} = 1,620306045 \text{ Kg.}$$

$$W_{i6} = 2 \cdot Cr \cdot Ti6 \cdot y \cdot Al =$$

$$W_{i6} = 2 \cdot 0,98125 \cdot 0,001088528025 \cdot 0,0078 \cdot 2615 =$$

$$W_{i6} = 1,41354391 \text{ Kg.}$$

$$W_{i7} = 2 \cdot Cr \cdot Ti7 \cdot y \cdot Al =$$

$$W_{i7} = 2 \cdot 0,925 \cdot 0,001088528025 \cdot 0,0078 \cdot 2615 =$$

$$W_{i7} = 1,30719929 \text{ Kg.}$$

$$W_{i8} = 2 \cdot Cr \cdot Ti8 \cdot y \cdot Al =$$

$$W_{i8} = 2 \cdot 0,8625 \cdot 0,001088528025 \cdot 0,0078 \cdot 2615 =$$

$$W_{i8} = 1,113461615 \text{ Kg.}$$

$$W_{i9} = 2 \cdot Cr \cdot Ti9 \cdot y \cdot Al =$$

$$W_{i9} = 2 \cdot 0,8 \cdot 0,001088528025 \cdot 0,0078 \cdot 2615 =$$

$$W_{i9} = 1,052572735 \text{ Kg.}$$

$$W_{i10} = 2 \cdot Cr \cdot Ti10 \cdot y \cdot Al =$$

$$W_{i10} = 2 \cdot 0,74375 \cdot 0,001088528025 \cdot 0,0078 \cdot 2615 =$$

$$W_{i10} = 0,80975845 \text{ Kg.}$$

$$W_{i11} = 2 \cdot Cr \cdot Ti11 \cdot y \cdot Al =$$

$$W_{i11} = 2 \cdot 0,6875 \cdot 0,001088528025 \cdot 0,0078 \cdot 2615 =$$

$$W_{i11} = 0,62735169 \text{ Kg.}$$

$$W_{i12} = 2 \cdot Cr \cdot Ti12 \cdot y \cdot Al =$$

$$W_{i12} = 2 \cdot 0,63125 \cdot 0,001088528025 \cdot 0,0078 \cdot 2615 =$$

$$W_{i12} = 0,515352445 \text{ Kg.}$$

$$W_{i13} = 2 \cdot Cr \cdot Ti13 \cdot y \cdot Al =$$

$$Wi13 = 2 \cdot 0,56875 \cdot 0,001088528025 \cdot 0,0078 \cdot 2615 =$$

$$Wi13 = 0,422004075 \text{ Kg.}$$

$$Wi14 = 2 \cdot Cr \cdot Ti14 \cdot y \cdot Al =$$

$$Wi14 = 2 \cdot 0,5125 \cdot 0,001088528025 \cdot 0,0078 \cdot 2615 =$$

$$Wi14 = 0,32197626 \text{ Kg.}$$

$$WiT = 2 \cdot Cr \cdot TiT \cdot y \cdot Al =$$

$$WiT = 2 \cdot 0,45 \cdot 0,001088528025 \cdot 0,0078 \cdot 2615 =$$

$$WiT = 0,05660311 \text{ Kg.}$$

$$W \text{ total} = 20,55525815 \text{ Kg.}$$

CG del estabilizador vertical

$$YCG = (Wi \cdot yi) / 0,03 \cdot We \quad Y = dy : 3$$

$$dy = b : 15 \quad (b = 1,175 \text{ m})$$

$$Y = 0,078 : 3 = 0,2611 \text{ m}$$

$$YCGwr = (Wr \cdot y) = YCGwi1 = (Wi1 \cdot y) =$$

$$YCGwr = 0,078261208 \text{ Kgm. } YCGwi1 = 0,070493126 \text{ Kgm.}$$

$$YCGwi2 = (Wi2 \cdot y) = YCGwi3 = (Wi3 \cdot y) =$$

$$YCGwi2 = 0,05233517 \text{ Kgm. } YCGwi3 = 0,058031652 \text{ Kgm.}$$

$$YCGwi4 = (Wi4 \cdot y) = YCGwi5 = (Wi5 \cdot y) =$$

$$YCGwi4 = 0,05195943 \text{ Kgm. } YCGwi5 = 0,04622269 \text{ Kgm.}$$

$$YCGwi6 = (Wi6 \cdot y) = YCGwi7 = (Wi7 \cdot y) =$$

$$YCGwi6 = 0,041346462 \text{ Kgm. } YCGwi7 = 0,036741973 \text{ Kgm.}$$

$$YCGwi8 = (Wi8 \cdot y) = YCGwi9 = (Wi9 \cdot y) =$$

$$YCGwi8 = 0,031944582 \text{ Kgm. } YCGwi9 = 0,027482674 \text{ Kgm.}$$

$$YCGwi10 = (Wi10 \cdot y) = YCGwi11 = (Wi11 \cdot y) =$$

$$YCGwi10 = 0,023753793 \text{ Kgm. } YCGwi11 = 0,020296652 \text{ Kgm.}$$

$$YCGwi12 = (Wi12 \cdot y) = YCGwi13 = (Wi13 \cdot y) =$$

$$YCGwi12 = 0,017111247 \text{ Kgm. } YCGwi13 = 0,013890628 \text{ Kgm.}$$

$$YCGwi14 = (Wi14 \cdot y) = YCGwiT = (WiT \cdot y) =$$

$$YCGwi14 = 0,0112789 \text{ Kgm. } YCGwiT = 0,0103574 \text{ Kgm.}$$

$$(Wi \cdot yi) = 0,581150185 \text{ Kgm.}$$

$$YCGwi(yi) = (Wi \cdot yi) / 0,03 \cdot We = 0,028859216 \text{ m}$$

$$XCG = (Wi \cdot xi) / 0,03 \cdot We = xi = b/2 = 0,58 \text{ m.}$$

$$XCGwir = (Wir \cdot xi) = XCGwi1 = (Wi1 \cdot xi) =$$

$$XCGwir = 1,738471889 \text{ Kgm. } XCGwi1 = 1,565913945 \text{ Kgm.}$$

$$XCGwi2 = (Wi2 \cdot xi) = XCGwi3 = (Wi3 \cdot xi) =$$

$$XCGwi2 = 1,162558363 \text{ Kgm. } XCGwi3 = 1,288909836 \text{ Kgm.}$$

$$XCGwi4 = (Wi4 \cdot xi) = XCGwi5 = (Wi5 \cdot xi) =$$

$$XCGwi4 = 1,154211789 \text{ Kgm. } XCGwi5 = 1,06777506 \text{ Kgm.}$$

$$XCGwi6 = (Wi6 \cdot xi) = XCGwi7 = (Wi7 \cdot xi) =$$

$$XCGwi6 = 0,918458367 \text{ Kgm. } XCGwi7 = 0,816175588 \text{ Kgm.}$$

$$XCGwi8 = (Wi8 \cdot xi) = XCGwi9 = (Wi9 \cdot xi) =$$

$$XCGwi8 = 0,709607736 \text{ Kgm. } XCGwi9 = 0,610492186 \text{ Kgm.}$$

$$XCGwi10 = (Wi10 \cdot xi) = XCGwi11 = (Wi11 \cdot xi) =$$

$$XCGwi10 = 0,527659901 \text{ Kgm. } XCGwi11 = 0,45086398 \text{ Kgm.}$$

$$XCGwi12 = (Wi12 \cdot xi) = XCGwi13 = (Wi13 \cdot xi) =$$

$$XCGwi12 = 0,380104718 \text{ Kgm. } XCGwi13 = 0,308562363 \text{ Kgm.}$$

$$XCGwi14 = (Wi14 \cdot xi) = XCGwiT = (WiT \cdot xi) =$$

$$XCGwi14 = 0,25054023 \text{ Kgm. } XCGwiT = 0,213784116 \text{ Kgm.}$$

$$(Wi \cdot xi) = 12,90950262 \text{ Kgm.}$$

$$XCGwi(xi) = (Wi \cdot xi) / 0,12 \cdot We = 0,596642893 \text{ m.}$$

Espesores del estabilizador horizontal.

$$Tr = (0,15 \cdot We \cdot Cr) / Al \cdot b \cdot (Cr^2 + Ct^2 + Cr \cdot Ct)$$

We = 721,23 Kg.

Cr = 0,835 m.

Al = 2615 Kg/m³.

b = 3,14 m.

Ct = 0,622 m.

Tr = 0,006360991 m.

Ti1 = (Ci1.Tr) / Cr Ti2 = (Ci2.Tr) / Cr

Cr = 0,835 m. Cr = 0,835 m.

Tr = 0,006360991 m. Tr = 0,006360991 m.

Ci1 = 0,8028 m. Ci2 = 0,8066 m.

Ti1 = 0,006744313 m. Ti2 = 0,006627635 m.

Ti3 = (Ci3.Tr) / Cr Ti4 = (Ci4.Tr) / Cr

Cr = 0,835 m. Cr = 0,835 m.

Tr = 0,006360991 m. Tr = 0,006360991 m.

Ci4 = 0,7782 m. Ci5 = 0,7640 m.

Ti3 = 0,006510957 m. Ti4 = 0,006394279 m.

Ti5 = (Ci5.Tr) / Cr Ti6 = (Ci6.Tr) / Cr

Cr = 0,835 m. Cr = 0,835 m.

Tr = 0,006360991 m. Tr = 0,006360991 m.

Ci5 = 0,7640 m. Ci6 = 0,7498 m.

Ti5 = 0,006277601 m. Ti6 = 0,006160923 m.

Ti7 = (Ci7.Tr) / Cr Ti8 = (Ci8.Tr) / Cr

Cr = 0,835 m. Cr = 0,835 m.

Tr = 0,006360991 m. Tr = 0,006360991 m.

Ci7 = 0,7356 m. Ci8 = 0,005927567 m.

Ti7 = 0,006044245 m. Ti8 = 0,005927567 m.

$$Ti9 = (Ci9.Tr) / Cr \quad Ti10 = (Ci10.Tr) / Cr$$

$$Cr = 0,835 \text{ m.} \quad Cr = 0,835 \text{ m.}$$

$$Tr = 0,006360991 \text{ m.} \quad Tr = 0,006360991 \text{ m.}$$

$$Ci9 = 0,7072 \text{ m.} \quad Ci10 = 0,6930 \text{ m.}$$

$$Ti9 = 0,005810889 \text{ m.} \quad Ci10 = 0,005694211 \text{ m.}$$

$$Ti11 = (Ci11.Tr) / Cr \quad Ti12 = (Ci12.Tr) / Cr$$

$$Cr = 0,835 \text{ m.} \quad Cr = 0,835 \text{ m.}$$

$$Tr = 0,006360991 \text{ m.} \quad Tr = 0,006360991 \text{ m.}$$

$$Ci11 = 0,6788 \text{ m.} \quad Ci12 = 0,6646 \text{ m.}$$

$$Ti11 = 0,005577533 \text{ m.} \quad Ci12 = 0,005460855 \text{ m.}$$

$$Ti13 = (Ci13.Tr) / Cr \quad Ti14 = (Ci14.Tr) / Cr$$

$$Cr = 0,835 \text{ m.} \quad Cr = 0,835 \text{ m.}$$

$$Tr = 0,006360991 \text{ m.} \quad Tr = 0,006360991 \text{ m.}$$

$$Ci13 = 0,6504 \text{ m.} \quad Ci14 = 0,6362 \text{ m.}$$

$$Ti13 = 0,005344177 \text{ m.} \quad Ci14 = 0,005227499 \text{ m.}$$

$$TiT = (CiT . Tr) / Cr$$

$$Cr = 0,835 \text{ m.}$$

$$Tr = 0,006360991 \text{ m.}$$

$$CiT = 0,622 \text{ m.}$$

$$TiT = 0,005110822 \text{ m.}$$

Pesos de cada sección del estabilizador horizontal.

$$Wr = 2 . Cr . Tr . y . Al = Y = b / 15 =$$

$$Wr = 2 . 0,835 . 0,006860991 . 0,1046 . 2615 = Y = 1,57 / 15 =$$

$$Wr = 3,134055612 \text{ Kg.} \quad Y = 0,1046.$$

$$Wi1 = 2 . Cr . Ti1 . y . Al =$$

$$Wi1 = 2 . 0,8208 . 0,0606744313 . 0,1046 . 2615 =$$

$$Wi1 = 3,028366537 \text{ Kg.}$$

$$Wi2 = 2 \cdot Cr \cdot Ti2 \cdot y \cdot Al =$$

$$Wi2 = 2 \cdot 0,8066 \cdot 0,006627635 \cdot 0,1046 \cdot 2615 =$$

$$Wi2 = 2,924490223 \text{ Kg.}$$

$$Wi3 = 2 \cdot Cr \cdot Ti3 \cdot y \cdot Al =$$

$$Wi3 = 2 \cdot 0,7924 \cdot 0,006510957 \cdot 0,1046 \cdot 2615 =$$

$$Wi3 = 2,822426671 \text{ Kg.}$$

$$Wi4 = 2 \cdot Cr \cdot Ti4 \cdot y \cdot Al =$$

$$Wi4 = 2 \cdot 0,7782 \cdot 0,006394279 \cdot 0,1046 \cdot 2615 =$$

$$Wi4 = 2,722175881 \text{ Kg.}$$

$$Wi5 = 2 \cdot Cr \cdot Ti5 \cdot y \cdot Al =$$

$$Wi5 = 2 \cdot 0,7640 \cdot 0,006277601 \cdot 0,1046 \cdot 2615 =$$

$$Wi5 = 2,6237737852 \text{ Kg.}$$

$$Wi6 = 2 \cdot Cr \cdot Ti6 \cdot y \cdot Al =$$

$$Wi6 = 2 \cdot 0,7498 \cdot 0,006160923 \cdot 0,1046 \cdot 2615 =$$

$$Wi6 = 2,527112584 \text{ Kg.}$$

$$Wi7 = 2 \cdot Cr \cdot Ti7 \cdot y \cdot Al =$$

$$Wi7 = 2 \cdot 0,7356 \cdot 0,006044245 \cdot 0,1046 \cdot 2615 =$$

$$Wi7 = 2,432300079 \text{ Kg.}$$

$$Wi8 = 2 \cdot Cr \cdot Ti8 \cdot y \cdot Al =$$

$$Wi8 = 2 \cdot 0,7214 \cdot 0,005927567 \cdot 0,1046 \cdot 2615 =$$

$$Wi8 = 2,339300335 \text{ Kg.}$$

$$Wi9 = 2 \cdot Cr \cdot Ti9 \cdot y \cdot Al =$$

$$Wi9 = 2 \cdot 0,7072 \cdot 0,005810887 \cdot 0,1046 \cdot 2615 =$$

$$Wi9 = 2,248113352 \text{ Kg.}$$

$$Wi10 = 2 \cdot Cr \cdot Ti10 \cdot y \cdot Al =$$

$$Wi10 = 2 \cdot 0,6930 \cdot 0,005810887 \cdot 0,1046 \cdot 2615 =$$

$$Wi10 = 2,158739131 \text{ Kg.}$$

$$Wi11 = 2 \cdot Cr \cdot Ti11 \cdot y \cdot Al =$$

$$Wi11 = 2 \cdot 0,6788 \cdot 0,005577533 \cdot 0,1046 \cdot 2615 =$$

$$Wi11 = 2,071177672 \text{ Kg.}$$

$$Wi12 = 2 \cdot Cr \cdot Ti12 \cdot y \cdot Al =$$

$$Wi12 = 2 \cdot 0,6646 \cdot 0,005460855 \cdot 0,1046 \cdot 2615 =$$

$$Wi12 = 1,985428974 \text{ Kg.}$$

$$Wi13 = 2 \cdot Cr \cdot Ti13 \cdot y \cdot Al =$$

$$Wi13 = 2 \cdot 0,6504 \cdot 0,005344177 \cdot 0,1046 \cdot 2615 =$$

$$Wi13 = 1,901493038 \text{ Kg.}$$

$$Wi14 = 2 \cdot Cr \cdot Ti14 \cdot y \cdot Al =$$

$$Wi14 = 2 \cdot 0,6362 \cdot 0,005227499 \cdot 0,1046 \cdot 2615 =$$

$$Wi14 = 1,819369863 \text{ Kg.}$$

$$WiT = 2 \cdot Cr \cdot TiT \cdot y \cdot Al =$$

$$WiT = 2 \cdot 0,622 \cdot 0,005110822 \cdot 0,1046 \cdot 2615 =$$

$$WiT = 1,733905979 \text{ Kg.}$$

$$W \text{ total} = 36,7382878 \text{ Kg.}$$

CG del estabilizador horizontal.

$$YCG = (Wi \cdot yi) / 0,05 \cdot We \quad Y = dy : 3$$

$$dy = b : 15 \quad (b = 1,57 \text{ m})$$

$$Y = 0,1046 : 3 = 0,0348 \text{ m}$$

$$YCGwr = (Wr \cdot y) = YCGwi1 = (Wi1 \cdot y) =$$

$$YCGwr = 0,109065114 \text{ Kgm. } YCGwi1 = 0,105387155 \text{ Kgm.}$$

$$YCGwi2 = (Wi2 \cdot y) = YCGwi3 = (Wi3 \cdot y) =$$

$$YCGwi2 = 0,101772259 \text{ Kgm. } YCGwi3 = 0,098220448 \text{ Kgm.}$$

$$YCGwi4 = (Wi4 . y) = YCGwi5 = (Wi5 . y) =$$

$$YCGwi4 = 0,09473172 \text{ Kgm. } YCGwi5 = 0,091306077 \text{ Kgm.}$$

$$YCGwi6 = (Wi6 . y) = YCGwi7 = (Wi7 . y) =$$

$$YCGwi6 = 0,087943517 \text{ Kgm. } YCGwi7 = 0,084644042 \text{ Kgm.}$$

$$YCGwi8 = (Wi8 . y) = YCGwi9 = (Wi9 . y) =$$

$$YCGwi8 = 0,081407651 \text{ Kgm. } YCGwi9 = 0,0782343344 \text{ Kgm.}$$

$$YCGwi10 = (Wi10 . y) = YCGwi11 = (Wi11 . y) =$$

$$YCGwi10 = 0,075124121 \text{ Kgm. } YCGwi11 = 0,072076982 \text{ Kgm.}$$

$$YCGwi12 = (Wi12 . y) = YCGwi13 = (Wi13 . y) =$$

$$YCGwi12 = 0,069092928 \text{ Kgm. } YCGwi13 = 0,066171957 \text{ Kgm.}$$

$$YCGwi14 = (Wi14 . y) = YCGwiT = (WiT . y) =$$

$$YCGwi14 = 0,063314071 \text{ Kgm. } YCGwiT = 0,060339928 \text{ Kgm.}$$

$$(Wi . yi) = 1,278492386 \text{ Kgm.}$$

$$YCGwi(yi) = (Wi . yi) / 0,03 . We = 0,035453111 \text{ m}$$

$$XCG = (Wi . xi) / 0,05 . We = xi = b/2 = 0,0348 \text{ m.}$$

$$XCGwir = (Wir . xi) = XCGwi1 = (Wi1 . xi) =$$

$$XCGwir = 1,308468218 \text{ Kgm. } XCGwi1 = 1,264343029 \text{ Kgm.}$$

$$XCGwi2 = (Wi2 . xi) = XCGwi3 = (Wi3 . xi) =$$

$$XCGwi2 = 1,220974668 \text{ Kgm. } XCGwi3 = 1,178363135 \text{ Kgm.}$$

$$XCGwi4 = (Wi4 . xi) = XCGwi5 = (Wi5 . xi) =$$

$$XCGwi4 = 1,13650843 \text{ Kgm. } XCGwi5 = 1,095410553 \text{ Kgm.}$$

$$XCGwi6 = (Wi6 . xi) = XCGwi7 = (Wi7 . xi) =$$

$$XCGwi6 = 1,055069504 \text{ Kgm. } XCGwi7 = 1,015485283 \text{ Kgm.}$$

$$XCGwi8 = (Wi8 . xi) = XCGwi9 = (Wi9 . xi) =$$

$$XCGwi8 = 0,976657889 \text{ Kgm. } XCGwi9 = 0,938587324 \text{ Kgm.}$$

$$XCGwi10 = (Wi10 . xi) = XCGwi11 = (Wi11 . xi) =$$

$$XCGwi10 = 0,901273587 \text{ Kgm. } XCGwi11 = 0,864716678 \text{ Kgm.}$$

$$XCGwi12 = (Wi12 \cdot xi) = XCGwi13 = (Wi13 \cdot xi) =$$

$$XCGwi12 = 0,828916596 \text{ Kgm. } XCGwi13 = 0,793873343 \text{ Kgm.}$$

$$XCGwi14 = (Wi14 \cdot xi) = XCGwiT = (WiT \cdot xi) =$$

$$XCGwi14 = 0,759536917 \text{ Kgm. } XCGwiT = 0,723905746 \text{ Kgm.}$$

$$(Wi \cdot xi) = 12,90950262 \text{ Kgm.}$$

$$XCGwi(xi) = (Wi \cdot xi) / 0,05 \cdot We = 0,525335472 \text{ m.}$$

Espesor del fuselaje.

Se considera un fuselaje ficticio de espesor constante t:

$$T = (0,35 \cdot We) / Al \cdot Pi \cdot y F1 \cdot F2 = Pi = \text{Perímetro} = \cdot d.$$

$$= 3,14.$$

$$Pi1 = \cdot d1 = 1,1618. \text{ y } = 0,46.$$

$$Pi2 = \cdot d2 = 2,1038.$$

$$Pi3 = \cdot d3 = 2,3236.$$

$$Pi4 = \cdot d4 = 2,5434.$$

$$Pi5 = \cdot d5 = 3,1557.$$

$$Pi6 = \cdot d6 = 3,6738.$$

$$Pi7 = \cdot d7 = 3,7994.$$

$$Pi8 = \cdot d8 = 3,6738.$$

$$Pi9 = \cdot d9 = 3,2656.$$

$$Pi10 = \cdot d10 = 2,7475.$$

$$Pi11 = \cdot d11 = 2,4492.$$

$$Pi12 = \cdot d12 = 2,1038.$$

$$Pi13 = \cdot d13 = 1,7898.$$

$$Pi14 = \cdot d14 = 1,6328.$$

$$Pi15 = \cdot d15 = 1,413.$$

$$Pi1 . y . F1 . F2 =$$

$$1,1618 . 0,46 . 1,2 . 1,0 = 0,6413136.$$

$$Pi2 . y . F1 . F2 =$$

$$2,1038 . 0,46 . 0,57 . 0,24 = 0,132387926.$$

$$Pi3 . y . F1 . F2 =$$

$$2,3236 . 0,46 . 1,10 . 0,5 = 0,5878708.$$

$$Pi4 . y . F1 . F2 =$$

$$2,5434 . 0,46 . 1,67 . 0,74 = 1,445841511.$$

$$Pi5 . y . F1 . F2 =$$

$$3,1557 . 0,46 . 2,25 . 1,28 = 3,2661495.$$

$$Pi6 . y . F1 . F2 =$$

$$3,6738 . 0,46 . 2,25 . 1,28 = 4,86705024.$$

$$Pi7 . y . F1 . F2 =$$

$$3,7994 . 0,46 . 1,78 . 1,32 = 4,10645231.$$

$$Pi8 . y . F1 . F2 =$$

$$3,6738 . 0,46 . 1,42 . 1,16 = 2,783682346.$$

$$Pi9 . y . F1 . F2 =$$

$$3,2656 . 0,46 . 1,25 . 1,02 = 1,9152744.$$

$$Pi10 . y . F1 . F2 =$$

$$2,7475 . 0,46 . 1,07 . 0,88 = 1,19004116.$$

$$Pi11 . y . F1 . F2 =$$

$$2,4492 . 0,46 . 0,89 . 0,74 = 0,741999835.$$

$$Pi12 . y . F1 . F2 =$$

$$2,1038 . 0,46 . 0,71 . 0,6 = 0,387648072.$$

$$Pi13 . y . F1 . F2 =$$

$$1,7898 . 0,46 . 0,53 . 0,44 = 0,191995425.$$

$$Pi14 . y . F1 . F2 =$$

$$1,6328 . 0,46 . 0,35 . 0,3 = 0,07886424.$$

$$Pi15 . y . F1 . F2 =$$

$$1,413 . 0,46 . 0,17 . 0,16 = 0,017679456.$$

$$(Pi . y . F1 . F2) = 22,35425082$$

$$(Pi . y . F1 . F2) . Al = 58456,36589.$$

$$T = (0,35 . We) / Al . Pi . y F1 . F2 =$$

$$T = (0,35 . 721,23) / 58456,36589 =$$

$$T = 0,00431827 \text{ m.}$$

Pesos del fuselaje.

$$Wi = T . Pi . y F1 . F2 . Al =$$

$$Wi1 = 0,00431827 . 0,6413136 . 2615 =$$

$$Wi1 = 7,141890206 \text{ Kg.}$$

$$Wi2 = 0,00431827 . 0,132387926 . 2615 =$$

$$Wi2 = 1,294961006 \text{ Kg.}$$

$$Wi3 = 0,00431827 . 0,5878708 . 2615 =$$

$$Wi3 = 6,138399355 \text{ Kg.}$$

$$Wi4 = 0,00431827 . 1,445841511 . 2615 =$$

$$Wi4 = 16,22684147 \text{ Kg.}$$

$$Wi5 = 0,00431827 . 3,2661495 . 2615 =$$

$$Wi5 = 36,38226177 \text{ Kg.}$$

$$Wi6 = 0,00431827 . 4,86705024 . 2615 =$$

$$Wi6 = 54,36007486 \text{ Kg.}$$

$$Wi7 = 0,00431827 . 4,10645231 . 2615 =$$

$$Wi7 = 46,17119307 \text{ Kg.}$$

$$Wi8 = 0,00431827 . 2,783682346 . 2615 =$$

Wi8 =31,23410949 Kg.

Wi9 =0,00431827 . 1,9152744 . 2615 =

Wi9 =21,12780724 Kg.

Wi10 =0,00431827 . 1,19004116 . 2615 =

Wi10 =13,23827329 Kg.

Wi11 =0,00431827 . 0,741999835 . 2615 =

Wi11 =8,178866966 Kg.

Wi12 =0,00431827 . 0,387648072 . 2615 =

Wi12 =4,277429039 Kg.

Wi13 =0,00431827 . 0,191995425 . . 2615 =

Wi13 =2,068065339 Kg.

Wi14 =0,00431827 . 0,07886424 . 2615 =

Wi14 =0,820556768 Kg.

Wi15 =0,00431827 . 0,017679456 . 2615 =

Wi15 =0,119641297 Kg.

Wi total : 248,7803712 Kg.

CG del fuselaje.

YCG = (Wi . xi) / 0,35 . We =

YCGwir = (Wir . xi) =

YCGwir =7,141890206 . 0,186170212

YCGwir =1,348224235

YCGwi1 = (Wi1 . xi) =

YCGwi1 =1,294961006 . 0,688829787

YCGwi1 =1,029773672

YCGwi2 = (Wi2 . xi) =

YCGwi2 =6,138399355 . 1,135638298

$$YCGwi2 = 7,538820544$$

$$YCGwi3 = (Wi3 \cdot xi) =$$

$$YCGwi3 = 16,22684147 \cdot 1,619680851$$

$$YCGwi3 = 26,44427249$$

$$YCGwi4 = (Wi4 \cdot xi) =$$

$$YCGwi4 = 36,38226177 \cdot 2,06648$$

$$YCGwi4 = 76,21680158$$

$$YCGwi5 = (Wi5 \cdot xi) =$$

$$YCGwi5 = 54,36007486 \cdot 2,5691$$

$$YCGwi5 = 141,2006179$$

$$YCGwi6 = (Wi6 \cdot xi) =$$

$$YCGwi6 = 46,17119307 \cdot 3,05319$$

$$YCGwi6 = 141,580132$$

$$YCGwi7 = (Wi7 \cdot xi) =$$

$$YCGwi7 = 31,23410949 \cdot 3,5$$

$$YCGwi7 = 10,0193832$$

$$YCGwi8 = (Wi8 \cdot xi) =$$

$$YCGwi8 = 21,12780724 \cdot 3,9849$$

$$YCGwi8 = 86,16610437$$

$$YCGwi9 = (Wi9 \cdot xi) =$$

$$YCGwi9 = 13,23827329 \cdot 4,449463085$$

$$YCGwi9 = 59,79316812$$

$$YCGwi10 = (Wi10 \cdot xi) =$$

$$YCGwi10 = 8,178866966 \cdot 4,952127$$

$$YCGwi10 = 41,49321886$$

$$YCGwi11 = (Wi11 \cdot xi) =$$

$$YCGwi11 = 4,277429039 \cdot 5,365425$$

$$YCGwi11 = 23,48676953$$

$$YCGwi12 = (Wi12 \cdot xi) =$$

$$YCGwi12 = 2,068065339 \cdot 5,81223$$

$$YCGwi12 = 12,60130317$$

$$YCGwi13 = (Wi13 \cdot xi) =$$

$$YCGwi13 = 0,820556768 \cdot 6,32973$$

$$YCGwi13 = 5,675013585$$

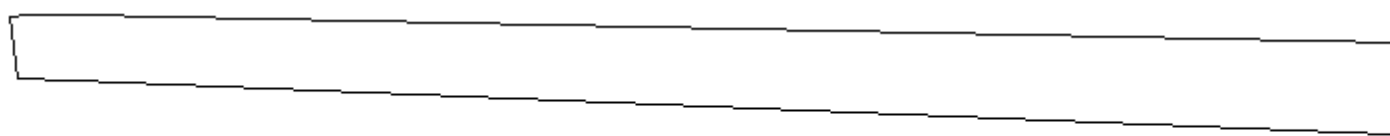
$$YCGwi14 = (Wi14 \cdot xi) =$$

$$YCGwi14 = 0,119641297 \cdot 6,7765$$

$$YCGwi14 = 1,352888364$$

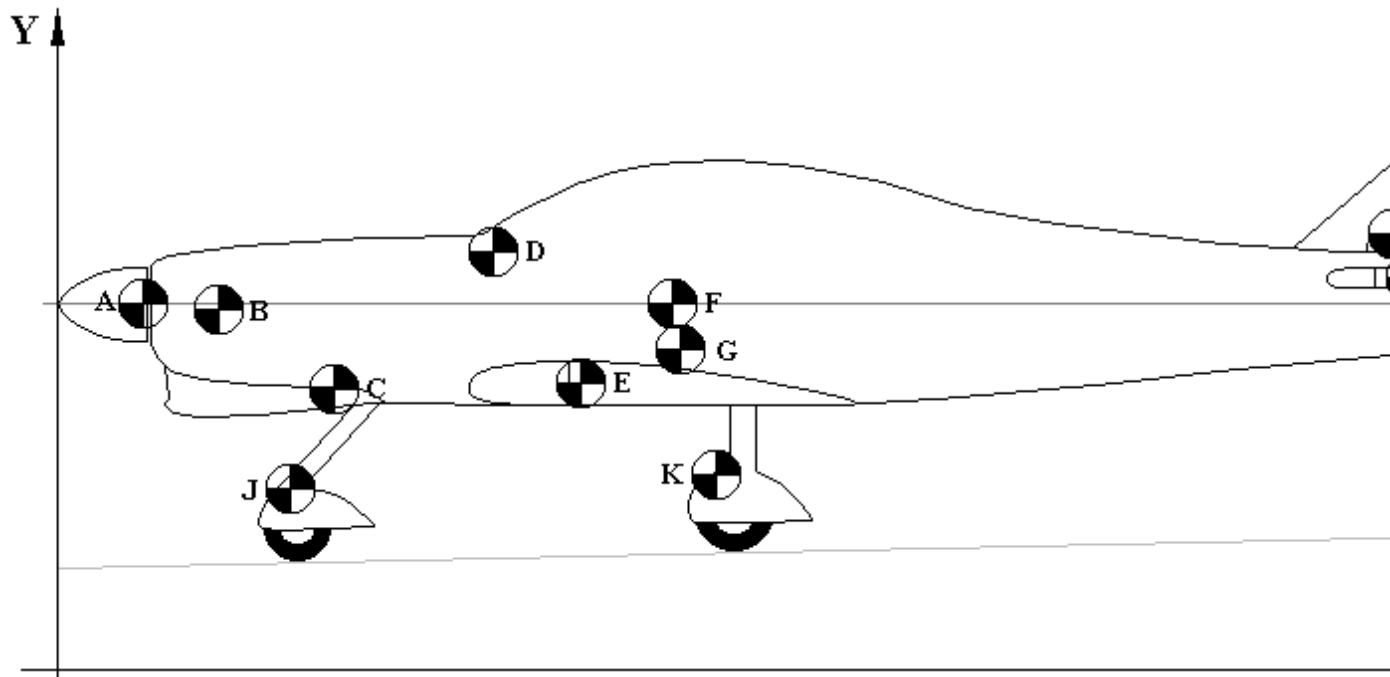
$$(Wi \cdot xi) = 735,9464915 \text{ Kgm.}$$

$$YCGwi(xi) = (Wi \cdot xi) / 0,05 \cdot We = 2,915442039 \cdot m.$$



VISTA LATERAL IZQUIERDA

Con centros de gravedad de
componentes principales



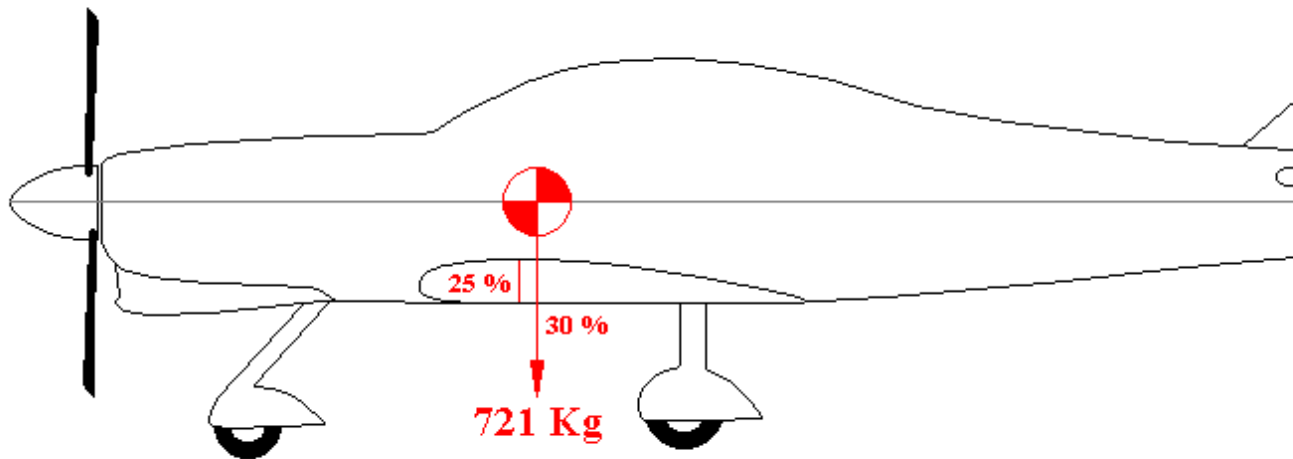
REFERENCIAS:  CG

- A = Hélice
- B = Motor
- C = Batería
- D = Tablero
- E = Alas
- F = Fuselaje
- G = Butacas
- H = Empenaje vertical
- I = Empenaje horizontal
- J = Tren delantero
- K = Tren principal

VISTA LATERAL IZQUIERDA Centro de Gravedad total

 721 KG

El CG de nuestro
hubicado al 30%
ala (perfil aerod



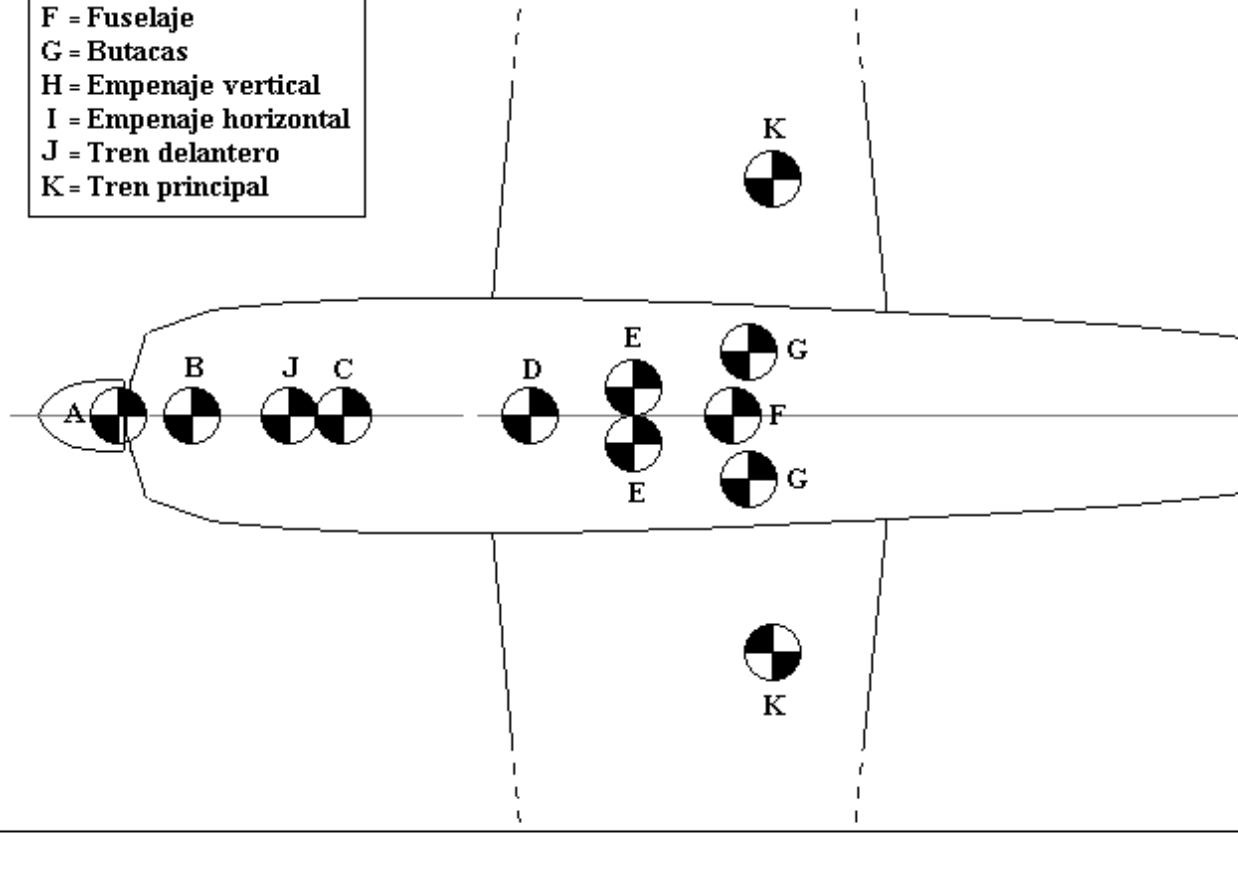
VISTA SUPERIOR

Con centros de gravedad de
componentes principales

REFERENCIAS:  CG

A = Hélice
B = Motor
C = Batería
D = Tablero
E = Alas
F = Fuselaje
G = Butacas
H = Empenaje vertical
I = Empenaje horizontal
J = Tren delantero
K = Tren principal

Z ↑



VISTA SUPERIOR
Centro de Gravedad
total

