



BOLETÍN DE SERVICIO

REFUERZO TREN DE NARIZ TIPO AUTO-AMORTIGUADO
FABRICADO POR IBIS Aircraft S.A.

Mayo 19 de 2009.

SB-Ibis-009

INFORMATIVO

AVIONES AFECTADOS:

Todos los Aviones tipo IBIS (Magic, Urraco, Millenium), que posean el sistema de tren de nariz tipo auto-amortiguado, con fecha de producción anteriores al mes de Mayo de 2009.

RAZÓN:

Se detectó que en situaciones no-normales de operación, en Aterrizajes y/o de Carreteo, el tren de nariz tipo auto-amortiguado tiende a tener una falla que provoca que éste se parta debido a los grandes esfuerzos encontrados, tales como, baches y/o huecos en la pista, aterrizajes no alineados, aterrizajes abruptos, aterrizajes anormales forzando el tren de nariz. Esto ocasiona la falla de la pieza que posteriormente lleva a una fractura.

En operaciones normales, el actual Tren de Nariz tipo Auto-Amortiguado no presenta condiciones que conlleven a la falla de la pieza. Para corroborar esta afirmación se realizó un análisis estructural del tren, ver *Anexo 1*.

Debido a la exigencia de un Tren más resistente a operaciones no-normales, la compañía ha decidido reforzar la estructura con base al análisis presentado en el *Anexo 2* donde se muestra el resultado de la modificación presentada en este boletín y el análisis del refuerzo que realizará la fabrica a partir de la fecha.

ASUNTO:

Para que el tren de Nariz tipo Auto-Amortiguado presente una mayor seguridad en situaciones no-normales de operación, se debe ejecutar una modificación, esta



operación consiste en instalar un refuerzo en la estructura del Tren de Nariz tipo Auto-Amortiguado para crear una mayor resistencia en la pieza para estas situaciones de operación anormales donde se exige un mayor esfuerzo y resistencia del Tren de Nariz.

CUMPLIMIENTO:

A consideración del Usuario a partir de la Fecha.

EJECUCIÓN / INSTRUCCIONES:

EJECUCIÓN. Por la Planta de Producción IBIS Aircraft S.A, Centros de Servicio, y Centros de Distribución.

INSTRUCCIÓN. Para reforzar el Tren de Nariz tipo Auto-Amortiguado, se debe instalar un refuerzo en la parte trasera del tren. (Figura 1).

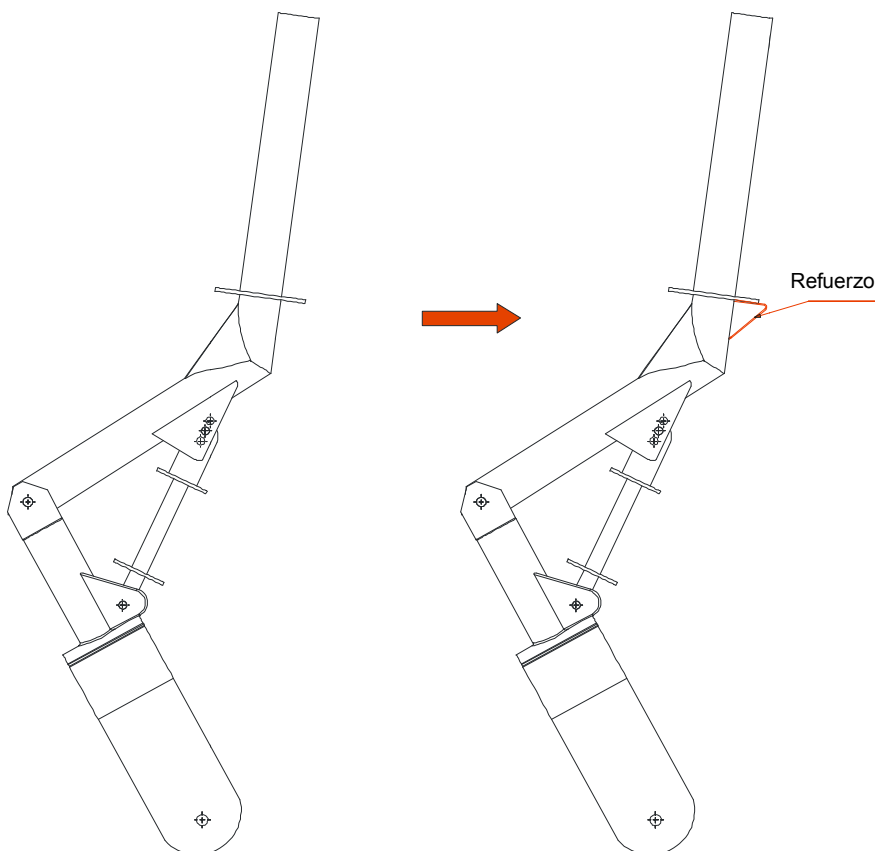


Figura 1

El refuerzo debe ser de Acero Cromomolibdeno 4130 Normalizado, de espesor 0,080". Las dimensiones aproximadas se presentan a continuación, estas dimensiones son de referencia ya que lo importante es instalar el refuerzo. (Figura 2).

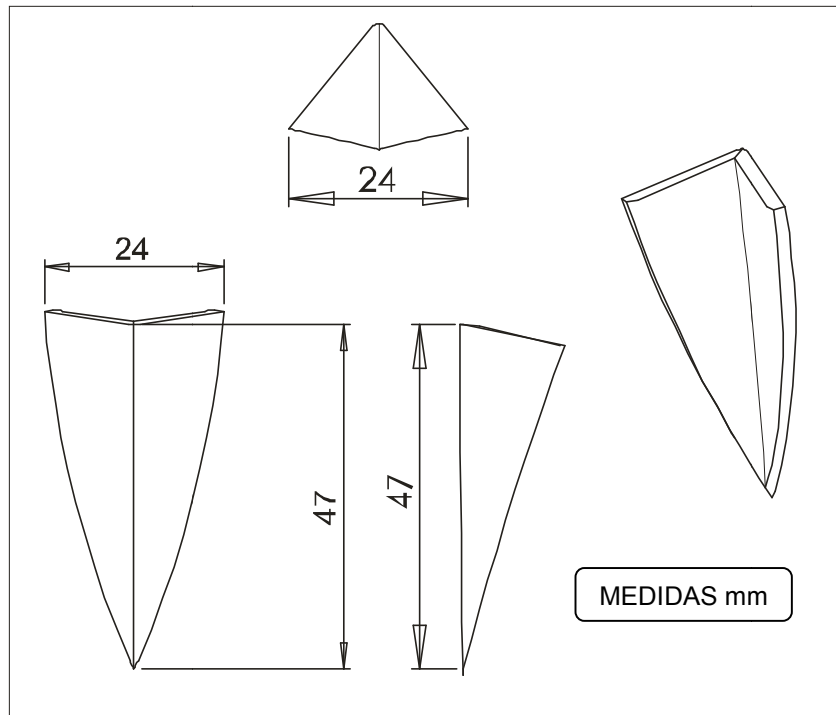


Figura 2

Este refuerzo se debe soldar en la parte trasera del tren, alineado y centrado al tubo del tren de nariz donde va localizada esta pieza. (Figura 3 y 4).

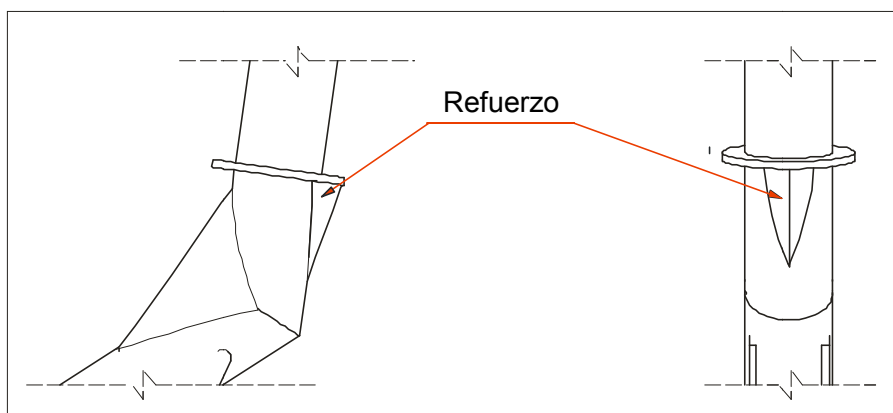


Figura 3

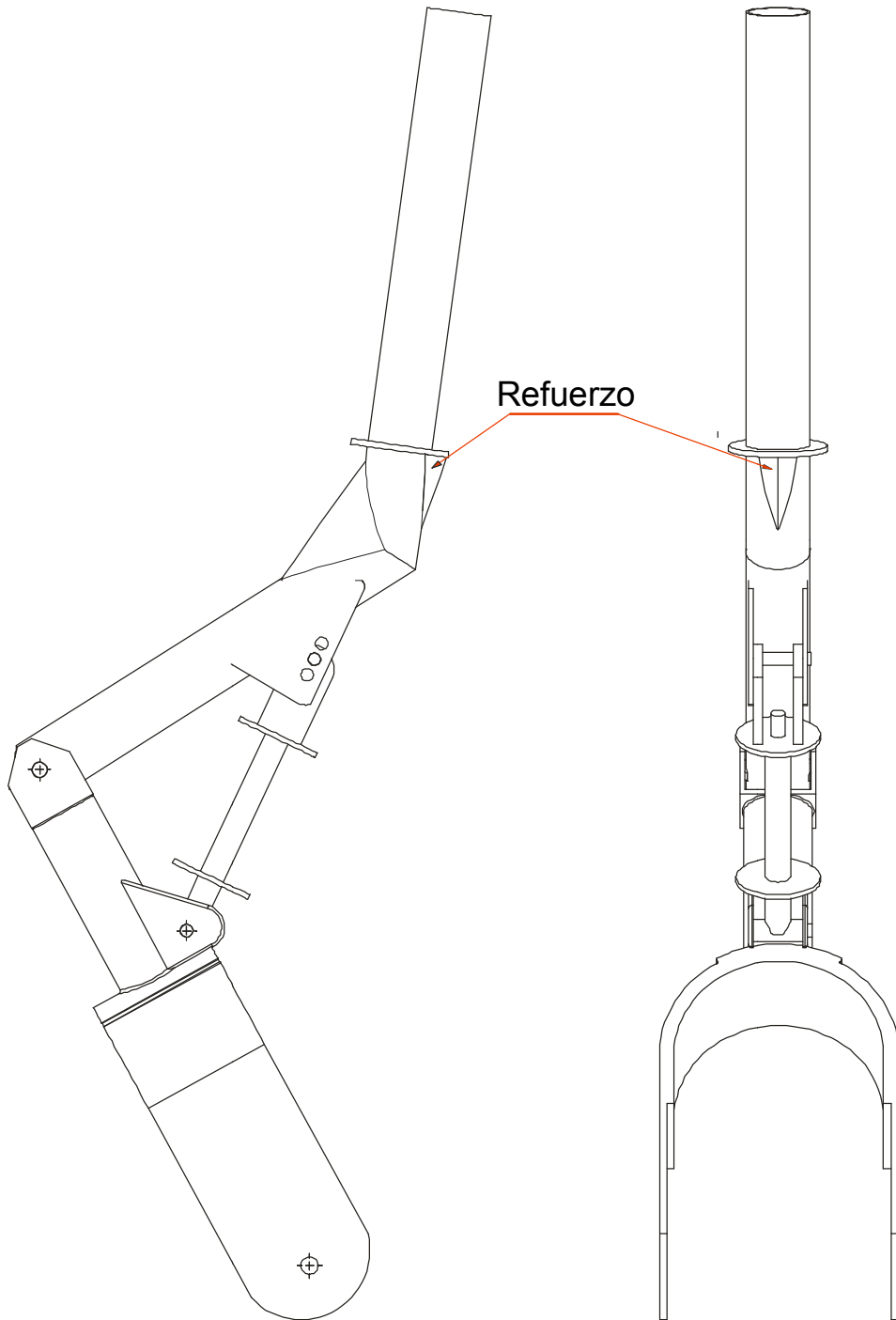


Figura 4

Con esta modificación el tren de Nariz tipo Auto-Amortiguado presentará una mayor resistencia y seguridad en situaciones de operación no-normales, además de esto, a partir de la fecha la planta de producción de IBIS Aircraft S.A. además de realizar el refuerzo externo, reforzará el tubo del tren internamente en todas las piezas fabricadas en adelante, garantizando la resistencia de la pieza en estas situaciones de alta exigencia. (Figura 5).

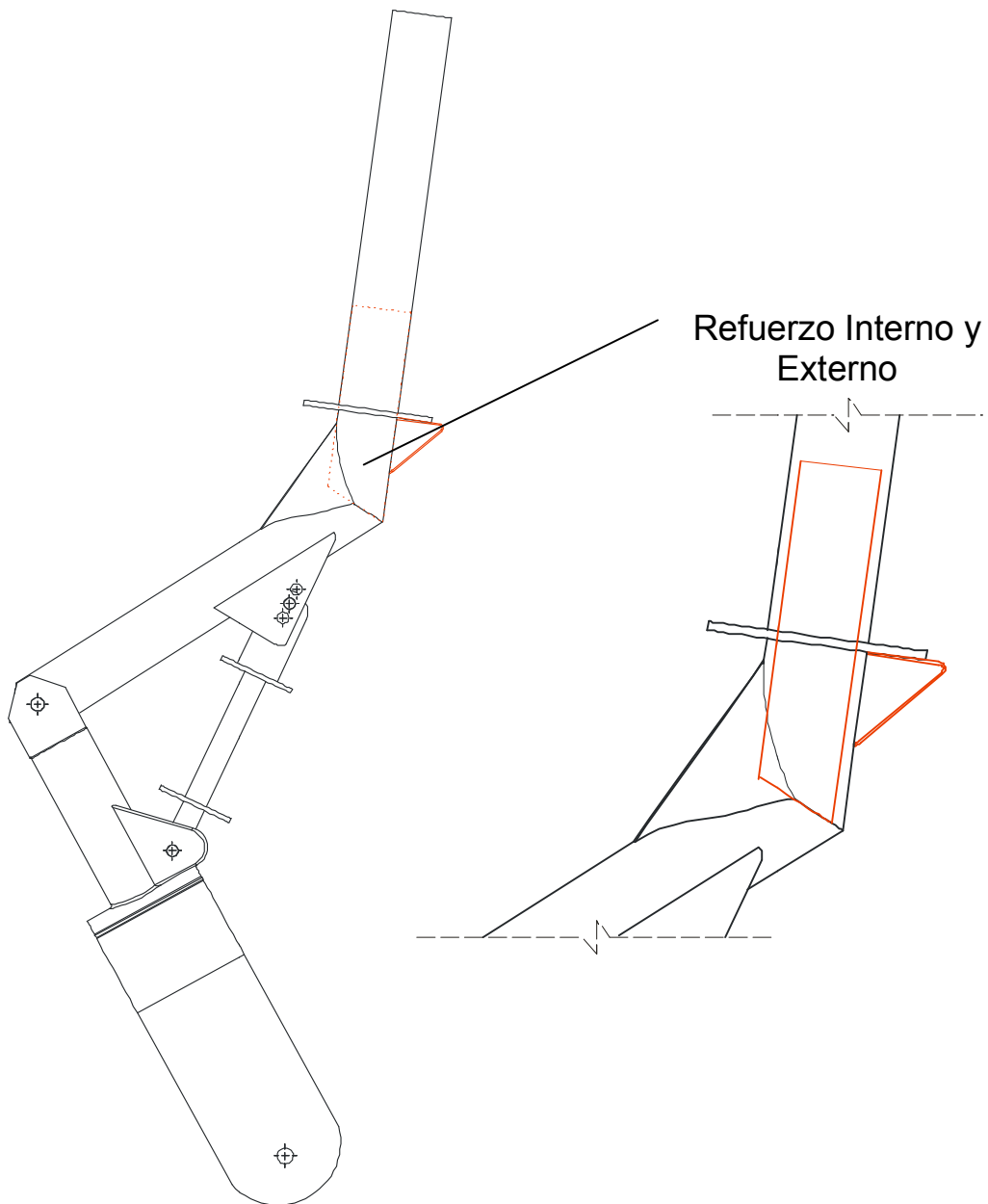


Figura 5



ANEXO 1

ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL TREN NARIZ TIPO AUTO-AMORTIGUADO

OBJETIVO

Este trabajo consiste en analizar la estructura del tren de nariz de la aeronave MAGIC GS-700, de los diferentes casos de carga a los que está sometido durante su operación; por lo tanto, se realizó un modelo virtual para determinar las zonas más críticas donde se generan los mayores esfuerzos que ocasionen daños en ésta pieza o incluso llegar a su fractura.

1. INTRODUCCIÓN

El fin de este trabajo es analizar la estructura del tren de nariz de la aeronave MAGIC GS 700 construido en una aleación de acero cromo molibdeno 4130 normalizado, con base en un modelo virtual analizado mediante el método de elementos finitos.

Este trabajo es de primordial importancia para la compañía IBIS AIRCRAFT S.A., puesto que permite garantizar a sus clientes un excelente desempeño de esta pieza durante su vida útil.

2. METODOLOGÍA

En la primera fase del análisis estructural, se elaboró un modelo virtual del tren de nariz mediante un software –CAD– para realizar el estudio adecuado de los diferentes casos de carga estática a la cual está sometida su estructura durante su vida útil. Los casos estudiados para este análisis estructural son:

- *Cuando la aeronave no está en movimiento.*
- *Durante la máxima sollicitación de frenado.*
- *En un aterrizaje con reacciones inclinadas.*
- *En el carreteo sobre un terreno irregular, (Pista no preparada).*



No deben transmitirse cargas excesivas. Posteriormente se analizan los esfuerzos máximos generados en cada uno de estos casos que puedan ocasionar la fractura de la estructura del tren de nariz mediante el método de elementos finitos (FEM).

3. DESARROLLO Y RESULTADOS

Para el análisis estructural del tren nariz de los diferentes casos que se presentan anteriormente se realiza lo siguiente:

- a) Se modeló el tren de nariz mediante un CAD (Figura 1A).



Figura 1A



b) Se analizan los esfuerzos máximos generados en la estructura mediante elementos finitos para ver sus posibles fallas, teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Para obtener unos mejores resultados en el análisis de la estructura del tren de nariz las cargas son aplicadas directamente en los agujeros que soportan el eje de la rueda, con el fin de garantizar que carga puede soportar hasta que exceda el límite de fluencia del material llegando a su fractura. De lo contrario se deberían de tener en cuenta algunas consideraciones como:
 - Incrementando la presión de inflado en el neumático el área de contacto con la pista se reducirá aumentándose la carga por unidad de superficie transmitida a la misma.
 - El área de contacto de los neumáticos con la pista es inversamente proporcional a la presión de inflado, es decir, el frenado será más dificultoso si se utiliza una elevada presión de inflado.

- Es un material isotrópico y es un acero Cromolibdeno 4130 Normalizado con las siguientes características (Tabla 1):

Modulo de Elasticidad E		Modulo de Rigidez G		Razón Posición V	Densidad Masa p	Limite Elástico a Tensión		Resistencia Máxima a Tensión		Elongación en 2"
Mpsi	GPa	Mpsi	GPa			Kpsi	MPa	Kpsi	MPa	
30	206,8	11,7	80,8	0,28	Mg/m ³ 7,8	63	434	97	669	% 25

Tabla 1

CALCULO DE LAS SITUACIONES

CUANDO LA AERONAVE SE ENCUENTRA ESTÁTICA.

En este caso la aeronave no realiza ningún tipo de desplazamiento. (Figura 2A).

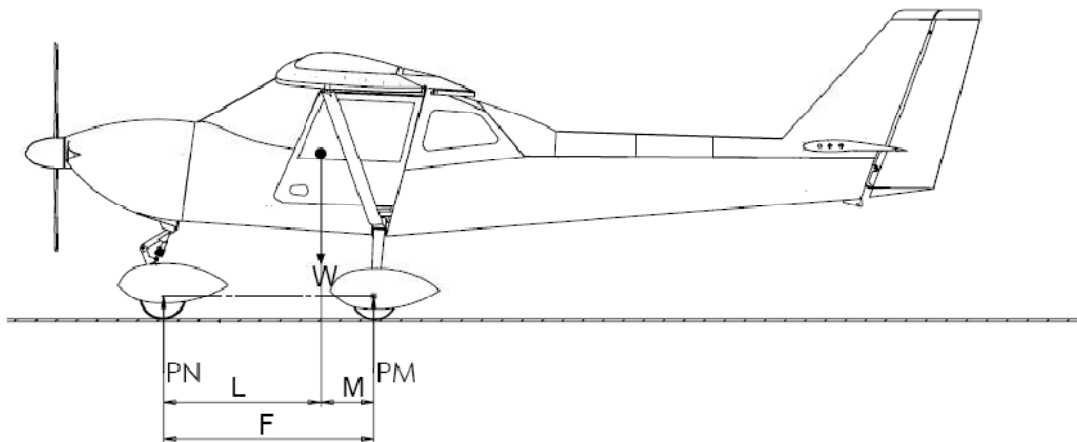


Figura 2A

Las cargas estáticas que actúan en el tren de nariz de la aeronave mostrada en la Figura 2A dependerán de un análisis de equilibrio estático.

$$-P_n (F) + W(M) = 0$$

$$P_n = \frac{W(M)}{F}$$

Donde:

- L = distancia en x desde el CG hasta el tren de nariz
- M = distancia en x desde el CG hasta el tren principal
- W = peso máximo de la aeronave
- P_n = carga que actúa en el tren de nariz
- P_m = carga que actúa en el tren principal

Para:

L = 1060 mm
M = 290 mm
W = 590 Kg

Tendremos que:

Pn = 127 kg

Al aplicar la carga Pn en la estructura del tren nariz (Figura 3A) y analizando donde se genera el esfuerzo máximo σ_{max} en la estructura (Figura 4A), es decir, la zona más crítica por donde tiende a fallar la pieza, observamos que para esta carga no se genera un esfuerzo máximo σ_{max} que exceda el límite de fluencia σ_y del material y se obtiene un factor de seguridad confiable (Figura 5A).

$$\sigma_{max} \leq \sigma_{admisible} \quad \sigma_{admisible} = \frac{(\sigma_y)}{Fs}$$

$$\sigma_{max} = 148,28 \text{ MPa} \quad \sigma_y = 434 \text{ MPa}$$

$$Fs = \frac{434}{148,28} = 2,9$$

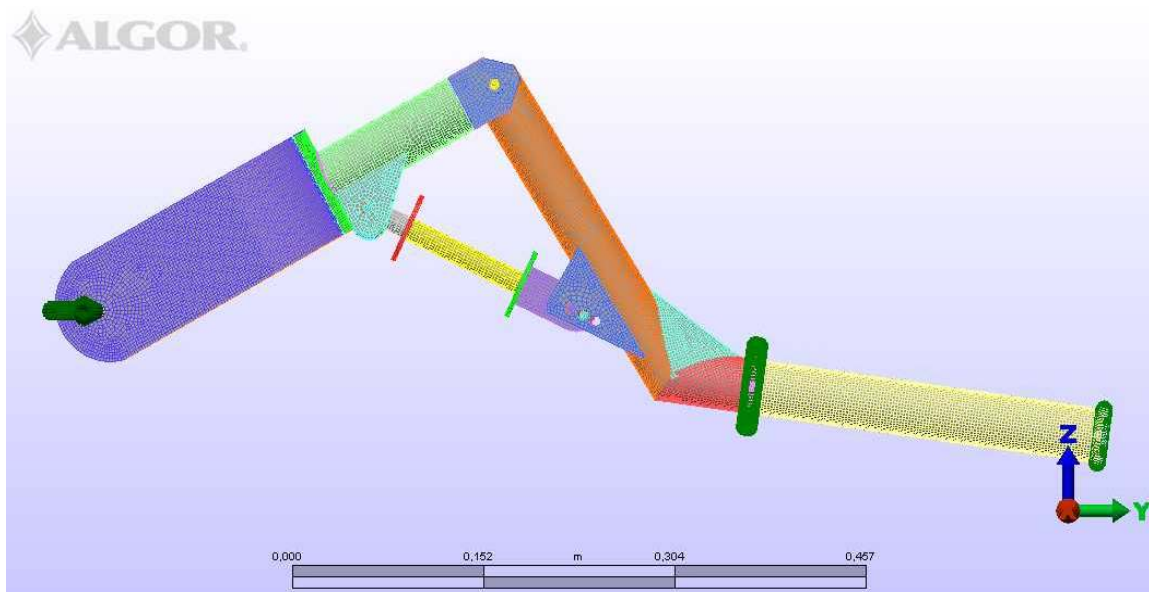


Figura 3A

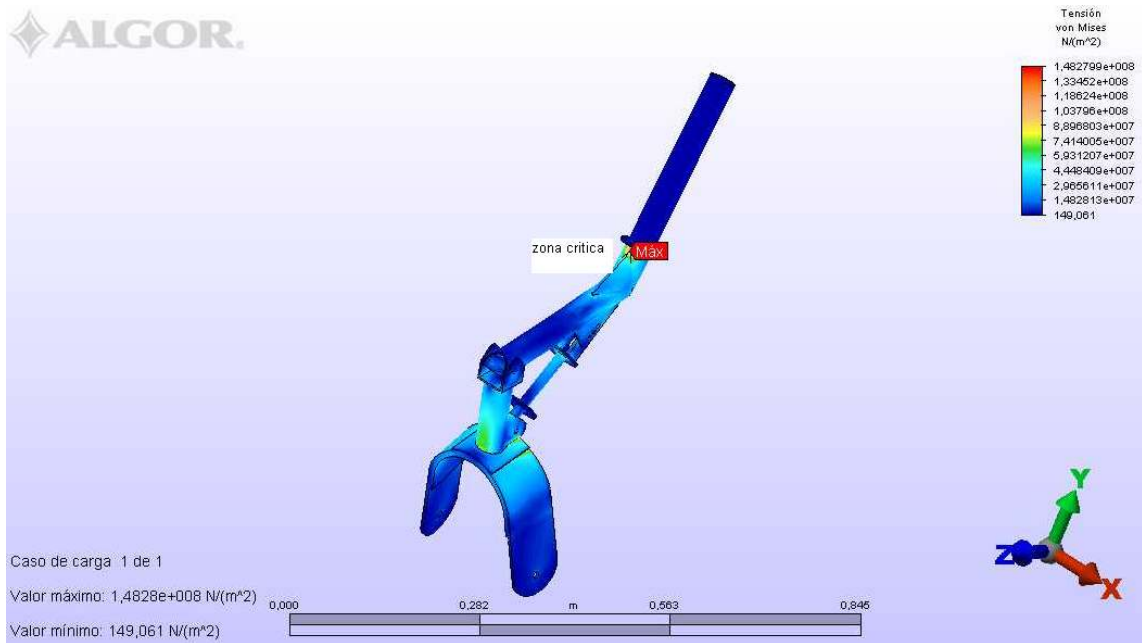


Figura 4A

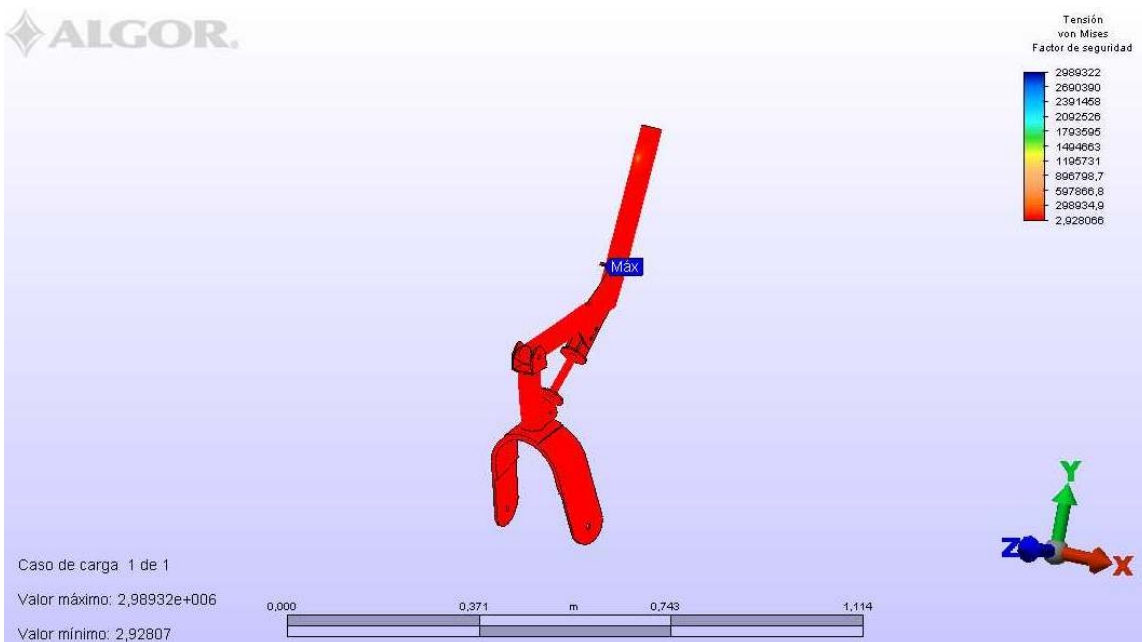


Figura 5A

MÁXIMA SOLICITACIÓN DE FRENADO

Para determinar las cargas que deberá soportar el tren de nariz durante la máxima sollicitación de frenado (Figura 6A), se consideran momentos aerodinámicos nulos, la rueda de nariz sin frenos y una desaceleración de $10\text{ft} / \text{s}^2$.

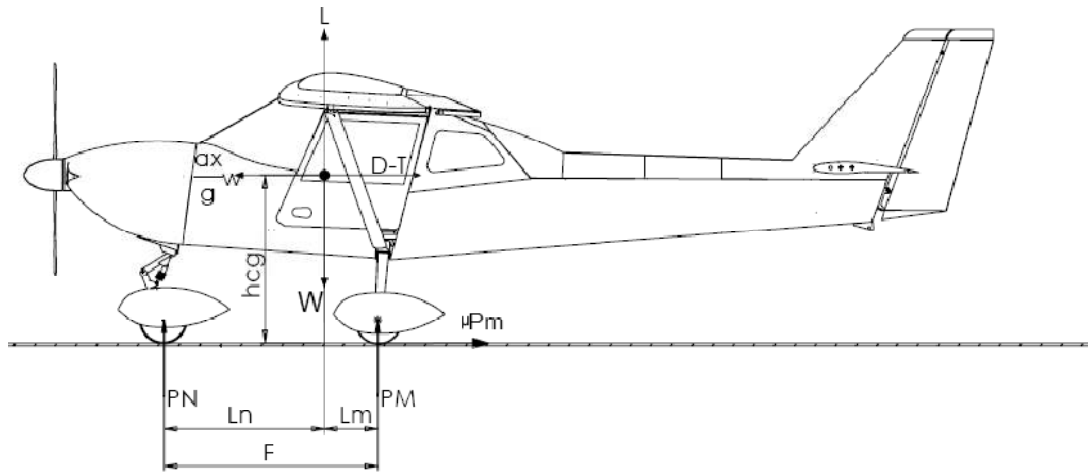


Figura 6A

Desarrollando un equilibrio estático tenemos:

$$Pm = \frac{Ln}{F} W \quad (1)$$

$$\frac{ax}{g} W = \mu \cdot Pm + D - T \quad (2) \mu$$

$$0 = W - L - Pm - Pn \quad (3)$$

$$0 = Pm \cdot Lm + \mu \cdot Pm \cdot hcg - Pn \cdot Ln \quad (4)$$

La carga en la rueda de nariz será:

$$\frac{Pn}{W} = \frac{Lm}{Lm+Ln} \left(1 - \frac{L}{W}\right) + \frac{hcg}{Lm+Ln} \left(\frac{ax}{g} - \frac{D-T}{W}\right) \quad (5)$$



La mayor carga en el tren de nariz durante el frenado será cuando $T = 0$ entonces tenemos:

Máxima carga de frenado en el tren de nariz = Máxima carga estática + $\frac{10hcgW}{32,2F}$

$$P_n = \frac{Lm}{F} \times W + \frac{10hcgW}{32,2F}$$

Para $J = 1200\text{mm}$

Máxima carga frenado en el tren de nariz $P_n = 290\text{ kg}$

Al aplicar la carga $P_n = 290\text{ kg}$ en la estructura del tren nariz se genera un esfuerzo máximo $\sigma_{\max} = 338\text{ Mpa}$ (Figura 7A) en la zona más crítica, observamos que para esta carga no se genera un esfuerzo máximo σ_{\max} que exceda el límite de fluencia σ_y y se obtiene un factor de seguridad $F_s = 1,28$ (Figura 8A).

$$\begin{array}{lcl} \sigma_{\max} \leq & \sigma_{\text{admisible}} & \sigma_{\text{admisible}} = (\sigma_y) / F_s \\ \sigma_{\max} = & 338\text{ MPa} & \sigma_y = 434\text{ MPa} \end{array}$$

$$F_s = \frac{434}{338} = 1,28$$

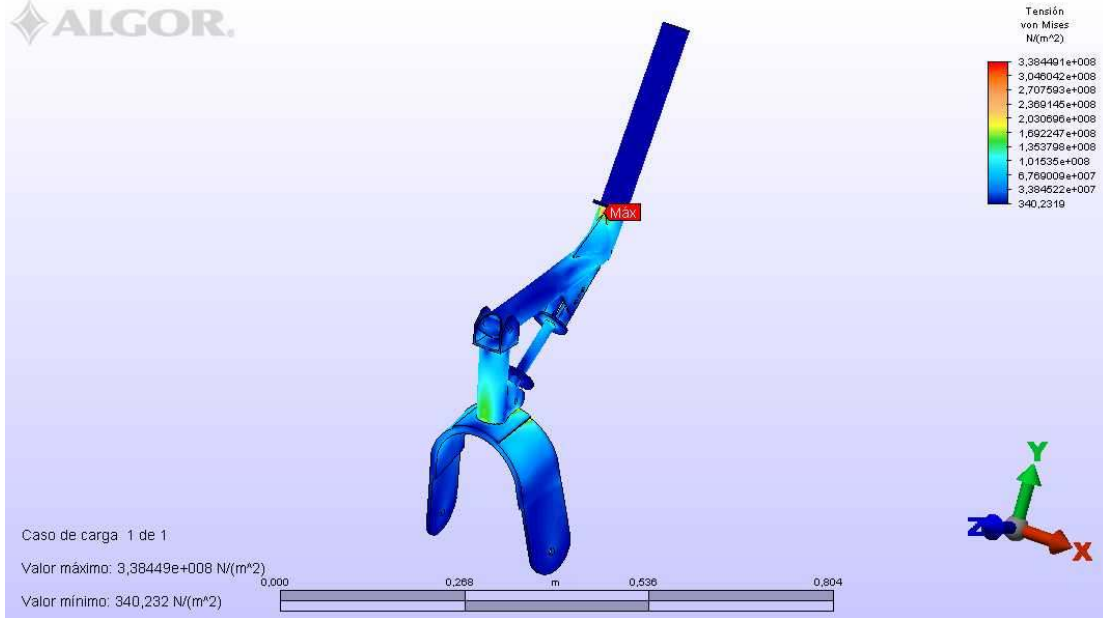


Figura 7A

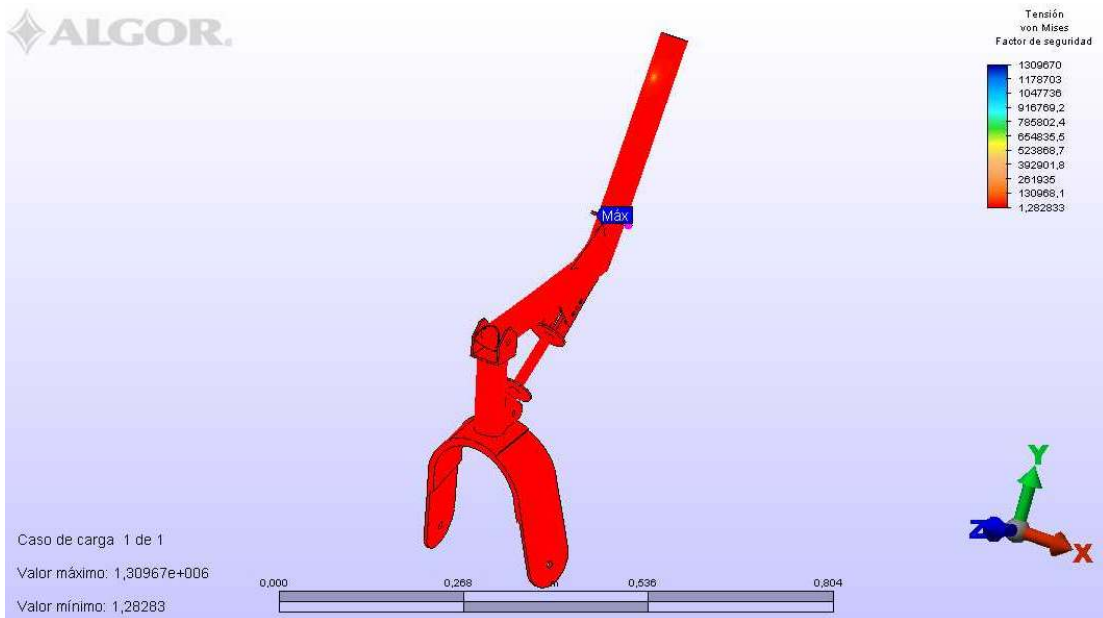


Figura 8A

NIVEL DE ATERRIZAJE CON REACCIONES INCLINADAS

Según las condiciones básicas de aterrizaje establecidas por la FAR 23, se estudiará el nivel de aterrizaje con reacciones inclinadas, es decir donde la rueda de nariz y las ruedas principales hacen contacto con el suelo simultáneamente, ya que es aquí donde la estructura del tren de nariz va estar sometida a cargas verticales y horizontales (Figura 10A).

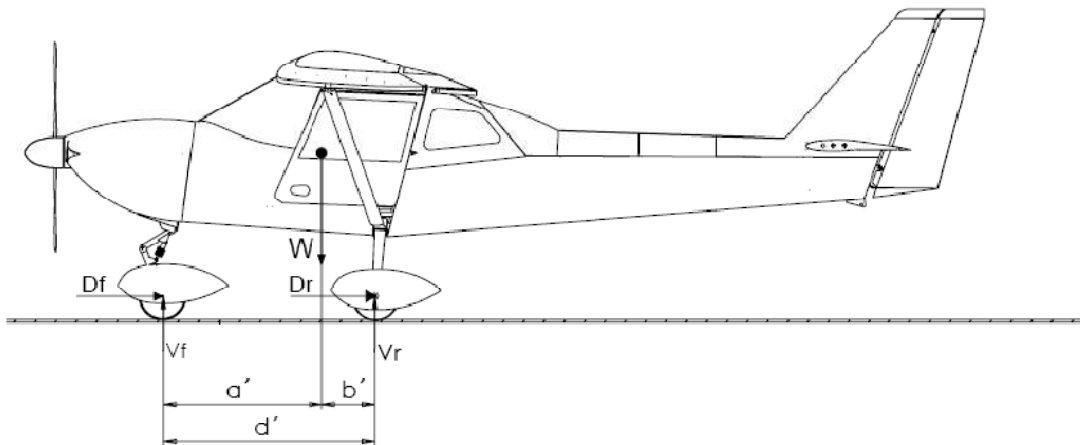


Figura 9A

Las cargas verticales V_f y horizontales D_f que actúan en el tren de nariz son:

$$V_f = (n - L)W \frac{b'}{a'} \qquad D_f = KnW \frac{b'}{a'}$$

Donde:

- a' = distancia en x desde el CG hasta el tren de nariz
- b' = distancia en x desde el CG hasta el tren principal
- W = peso máximo aeronave
- V_f = carga vertical que actúa en el tren de nariz
- D_f = carga horizontal que actúa en el tren de nariz
- n = limite de inercia del factor de carga
- L = relación de la sustentación para el peso de la aeronave (no menos que 0,667)
- K = 0,25 para aeronaves de $W = 3000$ libras o menos



Para:

- a' = 1060mm
- b' = 290mm
- W = 590Kg
- n = 3,0 (no menos que 2,67 sugerido FAR 23)

Tendremos que la carga vertical y la carga horizontal son:

$$Vf = 295\text{Kg}$$

$$Df = 95\text{Kg}$$

Para la carga $Vf = 295$ kg y $Df = 95$ aplicada en la estructura del tren nariz se genera un esfuerzo máximo $\sigma_{\max} = 407\text{Mpa}$ (Figura 10A) en la zona más crítica y se obtiene un factor de seguridad $Fs = 1,066$ (Figura 11A).

$$\sigma_{\max} \leq \sigma_{\text{admissible}} \quad \sigma_{\text{admissible}} = \frac{(\sigma_y)}{Fs}$$

$$\sigma_{\max} = 407 \text{ MPa} \quad \sigma_y = 434 \text{ MPa}$$

$$Fs = \frac{434}{407} = 1,066$$

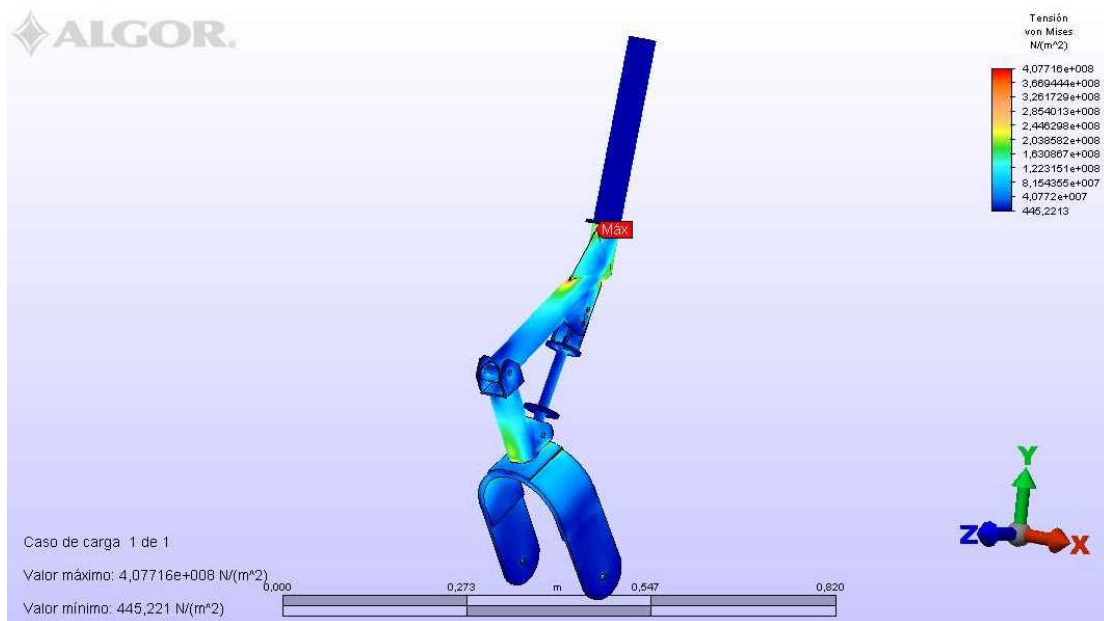


Figura 10A

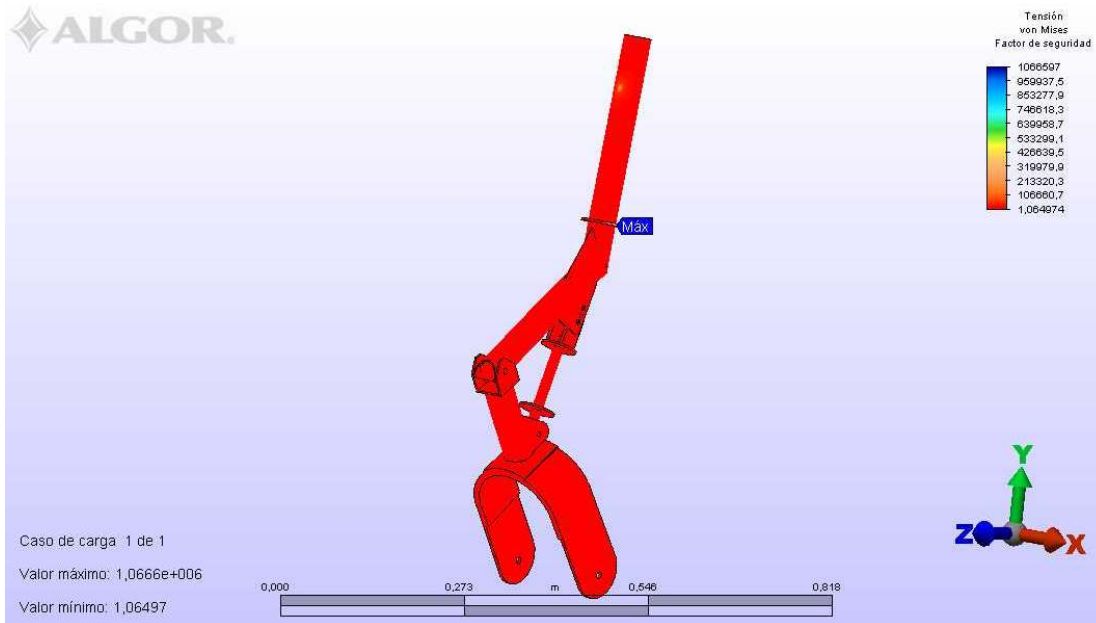


Figura 11A

CARRETEO SOBRE UN TERRENO IRREGULAR

En este caso se estudiará cuando la aeronave está carreteando sobre un terreno irregular y se generen cargas verticales y frontales ya sea por el mal estado del terreno o algún obstáculo sobre la pista. Teniendo en cuenta que la aeronave carretea a baja velocidad.

Realizando un equilibrio estático de la Figura 6A obtuvimos la ecuación (4), de la situación de *Máxima Solicitud de Frenado*, que para objeto de análisis volveremos a retomar:

$$0 = P_m \cdot L_m + \mu \cdot P_m \cdot h_{cg} - P_n \cdot L_n$$

Para:

- L_m = 290mm
- P_m = 463Kg
- L_n = 1060mm
- μ = 0,05 para hierba corta

Tenemos que:

$$P_n = 153\text{Kg}$$

Conociendo la carga vertical $P_n = 153\text{ Kg}$ (Figura 12A) que actúa en el neumático procedemos a aplicar cargas frontales P_f (Figura 12A) con el fin de conocer la carga necesaria para obtener el esfuerzo máximo σ_{\max} que ocasione la fractura de la estructura (Figuras 13A, 14A, 15A).

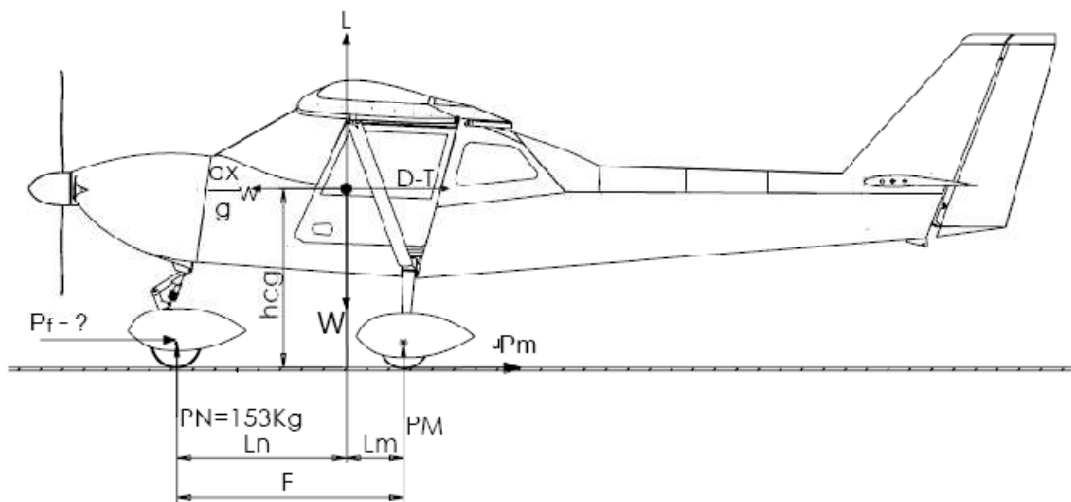


Figura 12A

Aplicando una carga $P_n = 153\text{Kg}$ y $P_f = 70\text{Kg}$ (Figura 13) se obtiene un esfuerzo máximo $\sigma_{\max} = 369\text{ Mpa}$ (Figura 14A) y un factor de seguridad $F_s = 1,17$ (Figura 15A).

$$\sigma_{\max} \leq \sigma_{\text{admisible}} \quad \sigma_{\text{admisible}} = \frac{(\sigma_y)}{F_s}$$

$$\sigma_{\max} = 369\text{ MPa} \quad \sigma_y = 434\text{ MPa}$$

$$F_s = \frac{434}{369} = 1,17$$

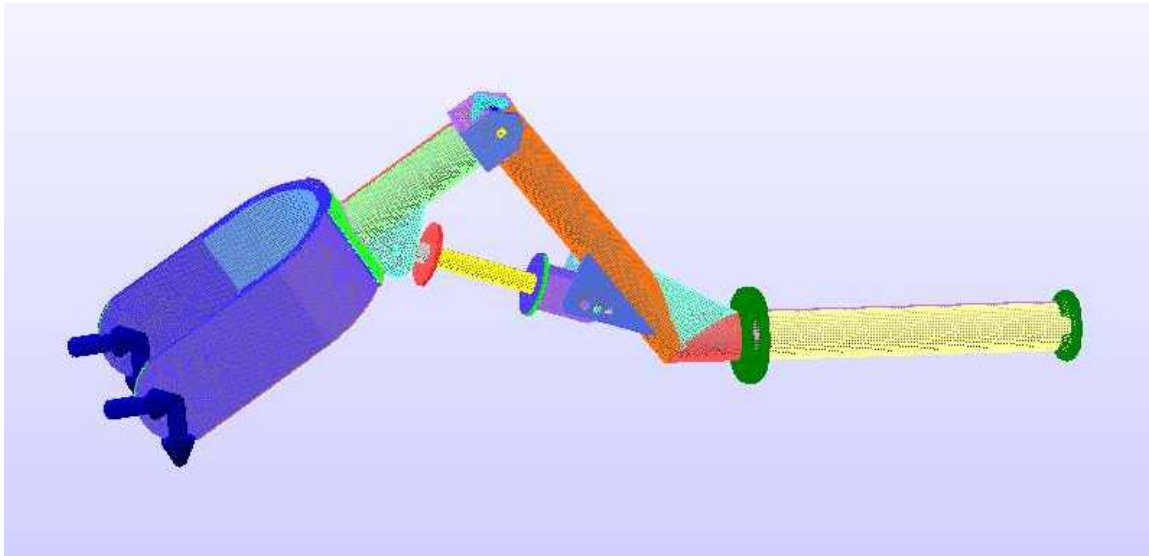


Figura 13A

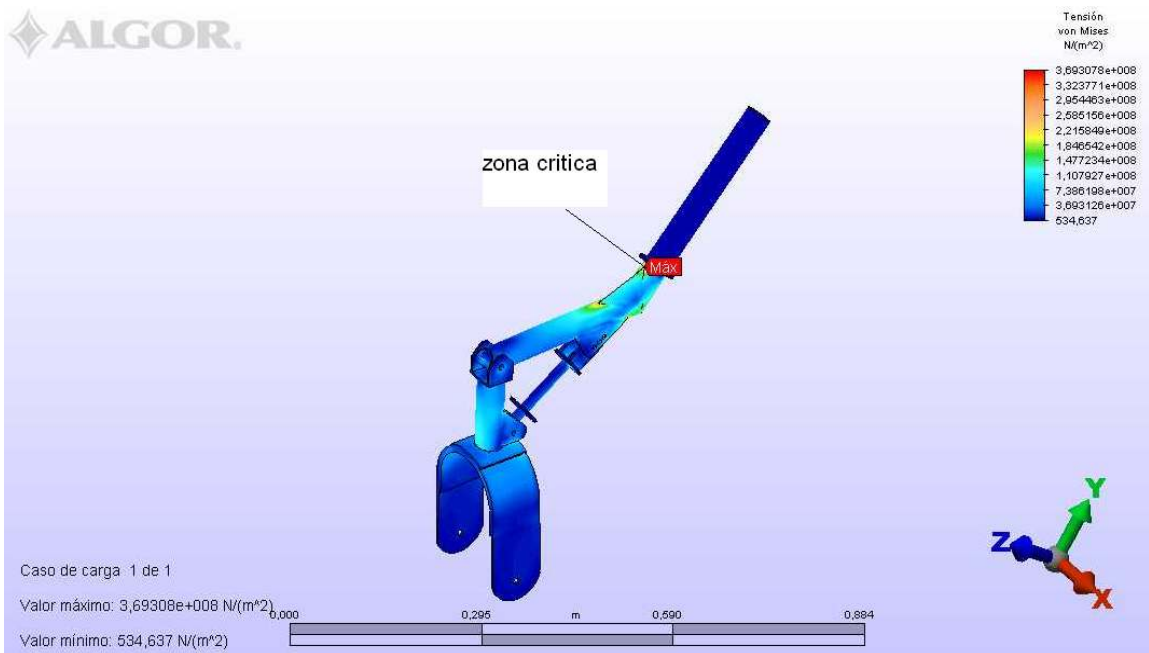


Figura 14A

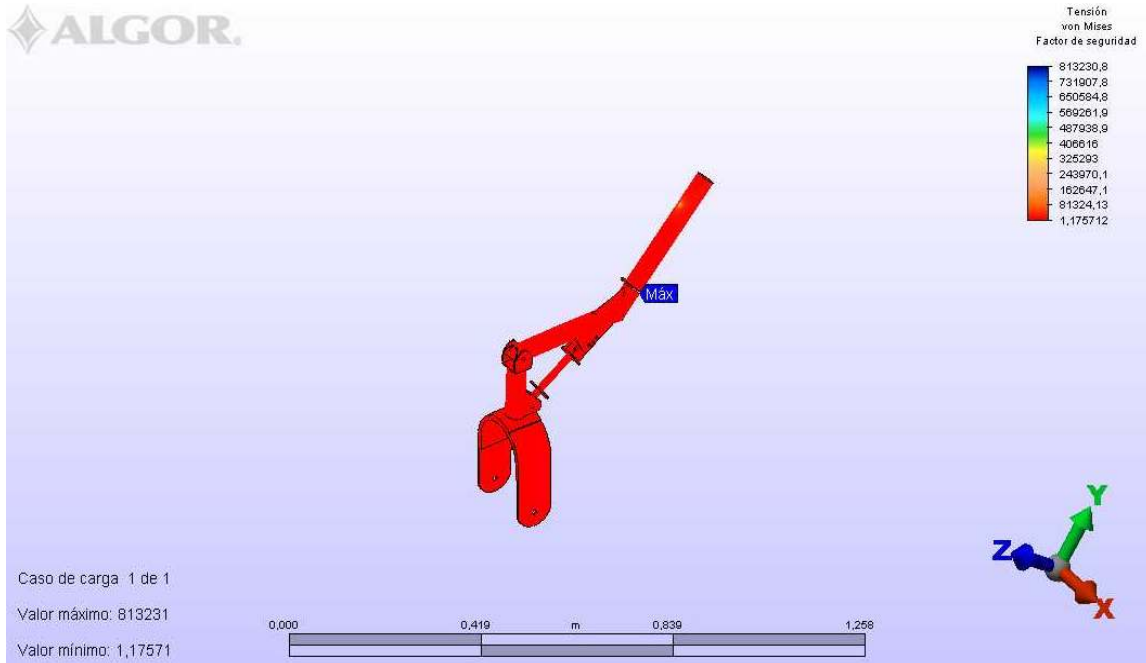


Figura 15A

ANÁLISIS DE LAS SITUACIONES

CASO 1: CUANDO LA AERONAVE SE ENCUENTRA ESTÁTICA.

Para el caso donde la aeronave se encuentra completamente estática el esfuerzo máximo $\sigma_{\max} = 148,3\text{MPa}$ generado en este análisis debido a la carga que actúan en la estructura del tren de nariz no exceden el límite de fluencia del material $\sigma_y = 434\text{MPa}$ y teniendo un factor de seguridad $F_s = 2.9$, por lo tanto no causará la fractura de la pieza.

CASO 2: MÁXIMA SOLICITACIÓN DE FRENADO.

En el caso para la mayor sollicitación de frenado de la aeronave donde el esfuerzo máximo $\sigma_{\max} = 338\text{MPa}$ y teniendo un límite de fluencia del material $\sigma_y = 434\text{MPa}$ se obtiene un factor de seguridad $F_s = 1.2$ el cual no ocasionaría que la estructura llegue a su punto de ruptura, pero si se recomienda después de esto revisarla completamente, ya que es una situación no-normal, bajo estas características.



CASO 3: NIVEL DE ATERRIZAJE CON REACCIONES INCLINADAS.

En el nivel de aterrizaje con reacciones inclinadas debido a que el esfuerzo máximo σ_{\max} se encuentra tan cercano al límite de fluencia del material y presentando un factor de seguridad $F_s=1,0$ la estructura del tren de nariz llegaría a su punto de ruptura, esta es una situación crítica donde se presentaría la falla de la estructura.

CASO 4: CARRETEO SOBRE UN TERRENO IRREGULAR

Durante el carreteo sobre un terreno irregular a baja velocidad no es probable que el tren falle, es necesario una carga adicional presentada en el terreno, obstáculo o bache en el momento del carreteo de 70Kg para que se presente la fractura de la estructura del tren de nariz.

A medida que la aeronave vaya adquiriendo mayor velocidad se necesitará de una carga frontal o radial menor para que la estructura falle, debido a que el esfuerzo máximo σ_{\max} se va incrementar en la operación.

Con el análisis y estudio de los anteriores casos, evidenciamos que el Tren de Nariz Tipo Auto-Amortiguado fabricado por IBIS Aircraft S.A. necesita de situaciones no-normales para que se presente una falla, con base en este análisis, la compañía implementará en sus nuevos Trenes unos refuerzos en la estructura de la pieza para asegurar y garantizar la resistencia del tren en situaciones más exigentes de operaciones no-normales.

ANEXO 2

ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL TREN NARIZ TIPO AUTO-AMORTIGUADO – REFUERZOS INSTALADOS

El objeto de estudio se basó en 3 situaciones para las cuales se obtuvieron puntos de comparación, el primer estudio consistió en analizar el tren de nariz antes de cualquier modificación, en el segundo estudio se analizó el tren de nariz con el refuerzo triangular trasero externo, y en el tercer estudio se analizó el tren de nariz con su refuerzo externo y el refuerzo adicional interno. A cada uno de los modelos analizados, se les aplicó cargas frontales hasta alcanzar el punto de fractura de la estructura del tren de nariz. (Figura 1B y 2B)

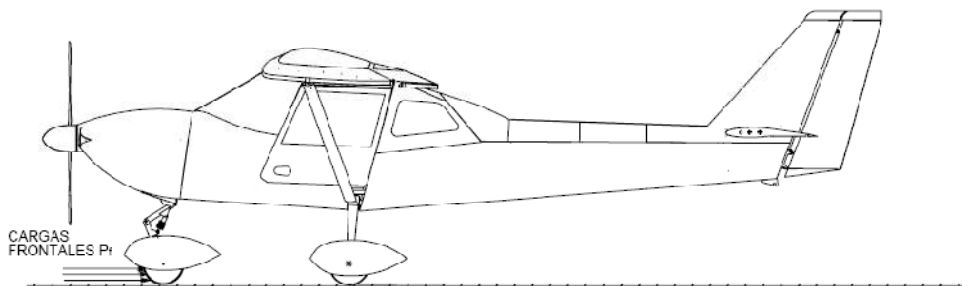


Figura 1B

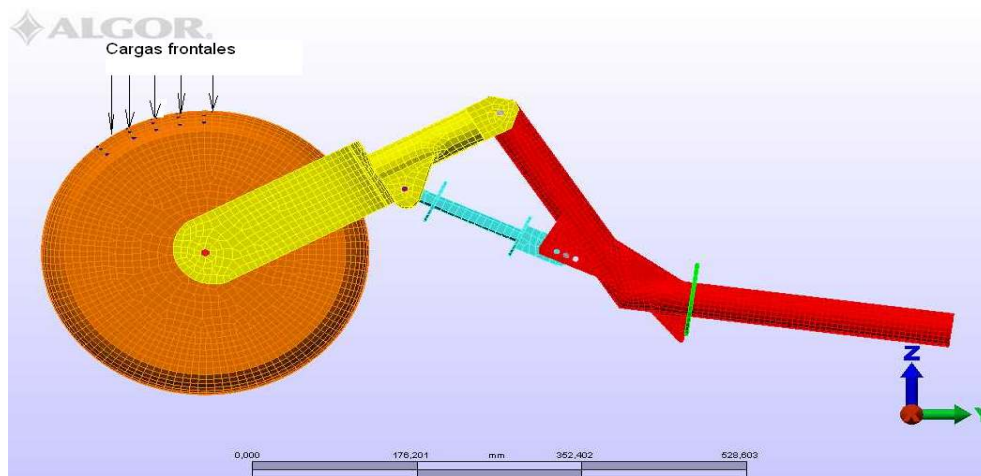
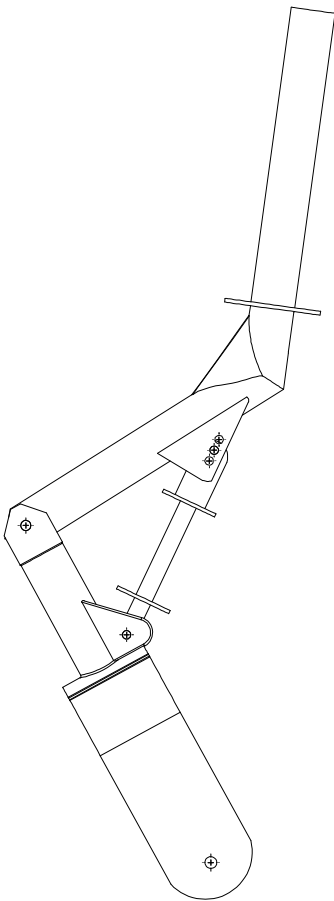


Figura 2B

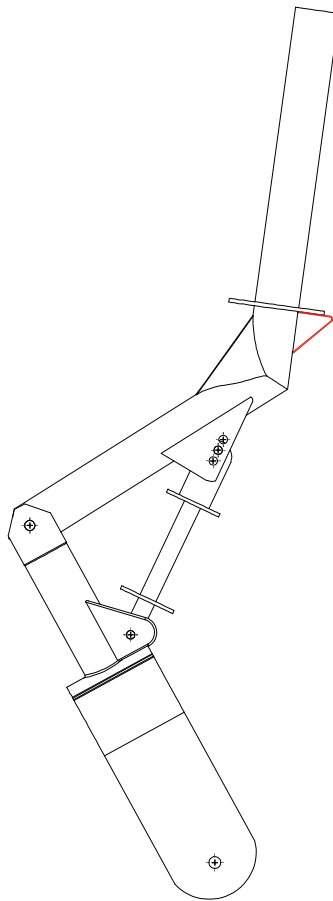
MODELO 1, Tren de Nariz Tipo Auto-Amortiguado, sin ningún refuerzo, fabricados hasta antes de la fecha. (Figura 3B).

MODELO 2, Tren de Nariz Tipo Auto-Amortiguado, con el refuerzo triangular externo. (Figura 4B).

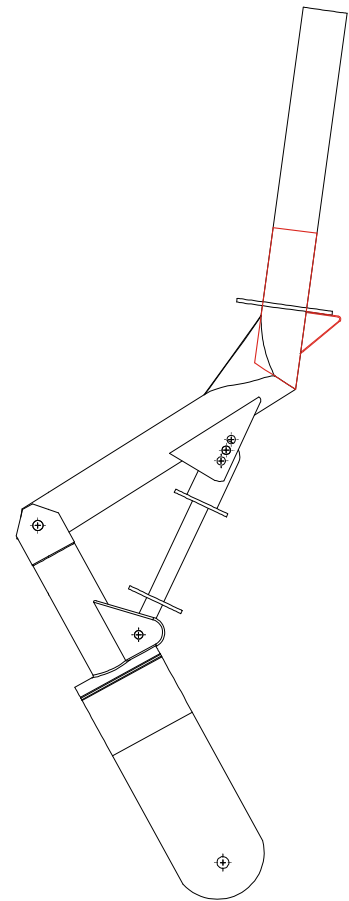
MODELO 3, Tren de Nariz Tipo Auto-Amortiguado, con el refuerzo triangular externo y el refuerzo interno. (Figura 5B).



Modelo 1
Figura 3B



Modelo 2
Figura 4B



Modelo 3
Figura 5B



Los resultados de los análisis realizados se presentan en la tabla a continuación; estos resultados buscan el punto de ruptura máxima con el máximo de carga para llegar a este punto. (Tabla 1B)

Los resultados son obtenidos en base al programa Algor y las fórmulas que permiten llegar a estos resultados.

Modelo	Esfuerzo de Fluencia σ_y	Esfuerzo Máximo σ_{max}	Factor de Seguridad F_s	Carga Ruptura $P_{Ruptura}$
Modelo 1	434 Mpa	420 Mpa	1,0	441 N
Modelo 2	434 Mpa	425 Mpa	1,02	539 N
Modelo 3	434 Mpa	443 Mpa	0,98	686 N

Tabla 1B

Análisis de Cada Modelo

1. La estructura del *Modelo 1* se fractura bajo una carga máxima de 441N en el cual se genera un esfuerzo máximo $\sigma_{max} = 420\text{MPa}$ hasta alcanzar el límite de fluencia del material.
2. La estructura del *Modelo 2* soportó un 22,22 % más de carga que la estructura del *Modelo 1*, necesitando que se le imprima una carga máxima de 539N para llegar al punto fracturarse
3. La estructura del *Modelo 3* soportó un 55,6 % más de carga que la estructura del *Modelo 1*, necesitando de una carga máxima de 686N para alcanzar el punto de fractura.

De esta manera garantizamos que la estructura del tren de Nariz en cada una de las situaciones analizadas podrán tener una mayor resistencia en operaciones no-normales en relación a la pieza original sin ningún refuerzo, permitiendo así tener un margen de holgura mucho mayor para las situaciones que exigen mayor esfuerzo de la estructura.