

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA
**UNIVERSIDAD
CATÓLICA**
DEL PERÚ

**DISEÑO MECÁNICO DE UNA CABINA PARA UN SIMULADOR DE
ENTRENAMIENTO DE VUELO**

ANEXOS

Tesis para optar el Título de Ingeniero Mecánico, que presenta el bachiller:

SERGIO ERNESTO MALPARTIDA VALVERDE

ASESOR: Dr. Dante Elías Giordano

Lima, Noviembre de 2014

ANEXOS

Anexo 1

Características técnicas de los monitores seleccionados

Características técnicas monitor de 20" Samsung S20B300N

- Tamaño de pantalla 20" (16:9)
- Pantalla LED
- Brillo de 250 cd/m²
- Resolución de 1600 x 900
- Tiempo de repuesta de 5 ms
- Angulo de visión de 170°/160°
- Peso: 2.4 kg
- Consumo de energía de 19 watts
- Consumo de energía (DPMS) de 0.3 watts
- Dimensiones del equipo: 18.7" x 11.2" x 3.1"

Características técnicas monitor de 22" Samsung S22A650D

- Tamaño de pantalla 21.5" (16:9)
- Pantalla LED
- Brillo de 250 cd/m²
- Resolución de 1920x1080
- Tiempo de repuesta de 5 ms
- Angulo de visión de 170°/160°
- Peso: 3 kg
- Consumo de energía de 29 watts
- Consumo de energía (DPMS) de 0.4 watts
- Dimensiones del equipo: 20.1" X 12.3" X 1.6"

Anexo 2

Factor de seguridad k_1 recomendada por la norma BS4994 según el método de manufactura (Table 6) y gráfico usado para determinar el espesor de una lámina de acuerdo con la cantidad de fibra a usar (Figure 5).

Method of manufacture	Factor k_1
Handwork	1.5
Machine-controlled filament winding	1.5
Machine-controlled spray application	1.5
Hand-held spray application	3.0

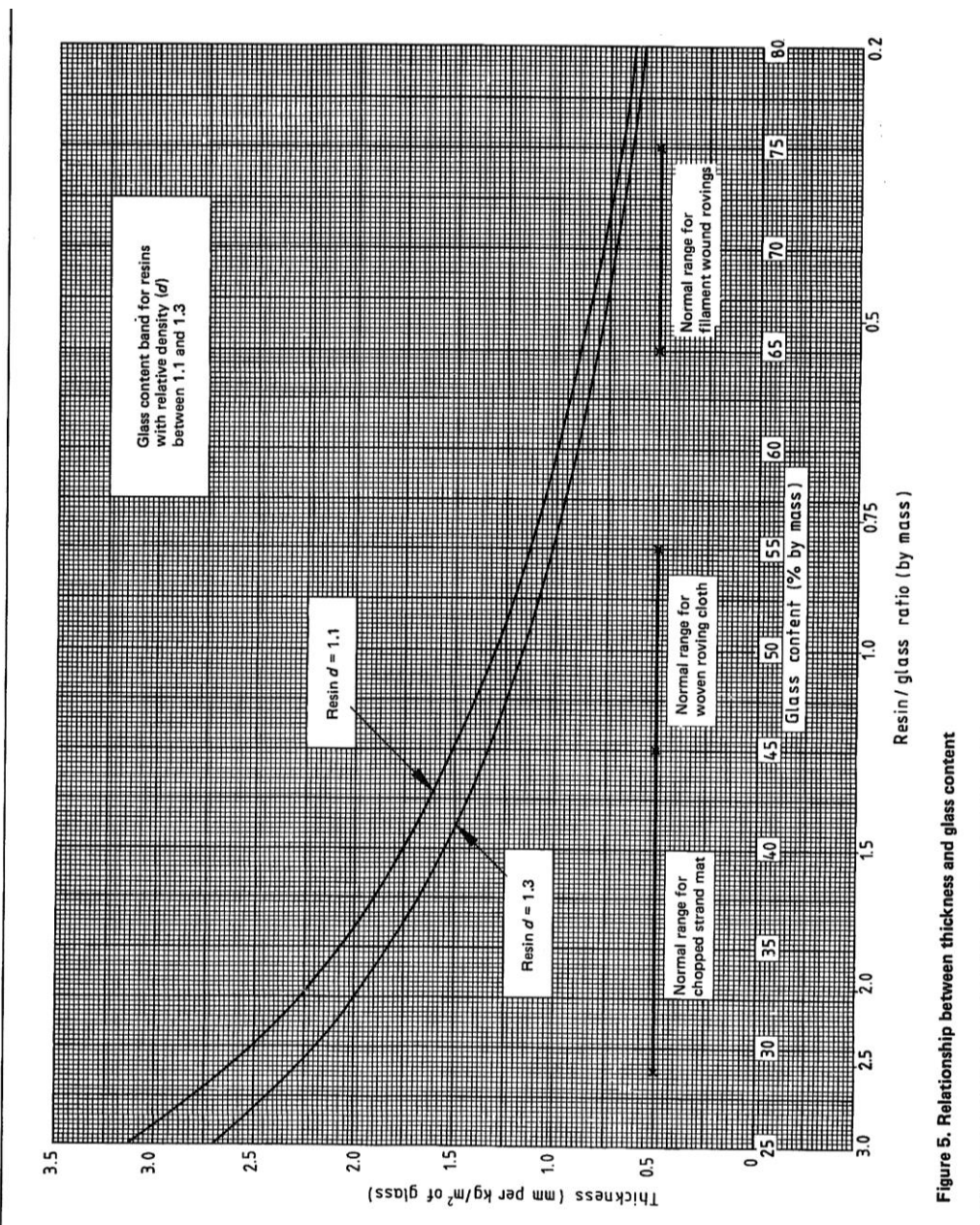


Figure 5. Relationship between thickness and glass content

BS 4994 - 1987

Anexo 3

Cálculo de la constante de rigidez del tornillo M12x50 y de la placa usada en la unión entre la base de la cabina y la plataforma de movimiento

Constante de rigidez del tornillo

Se usarán tornillos M12x50 para unir la base de la cabina con la plataforma de movimiento. La dimensión del tornillo depende del espesor de las placas, por lo que se ha asumido que el espesor de la placa que se va a usar en la plataforma es de 2cm, ya que este es desconocido y su determinación es parte de otro proyecto. De esta manera se determinó la longitud de 50 mm del tornillo. La figura A muestra la unión entre la base y la plataforma.

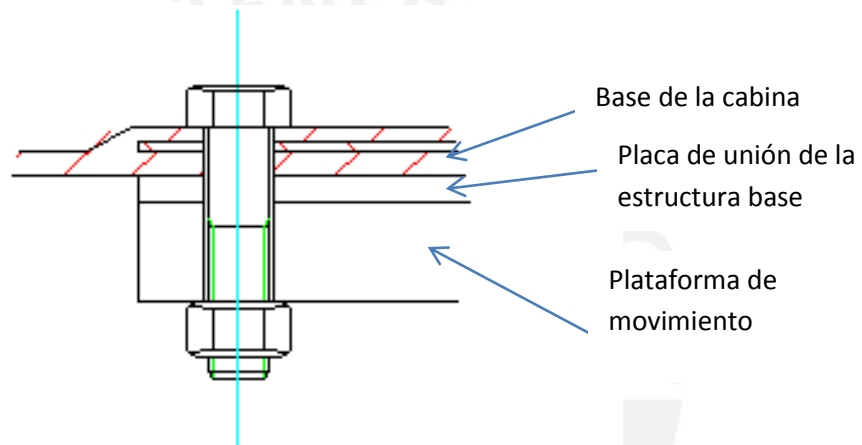


Figura A. Unión entre la base de la cabina y la plataforma de movimiento

La constante de rigidez del tornillo se halla dividiendo al tornillo en tramos como se muestra en la figura B. Luego se halla la constante de rigidez en cada tramo con las ecuaciones (a) y (b)

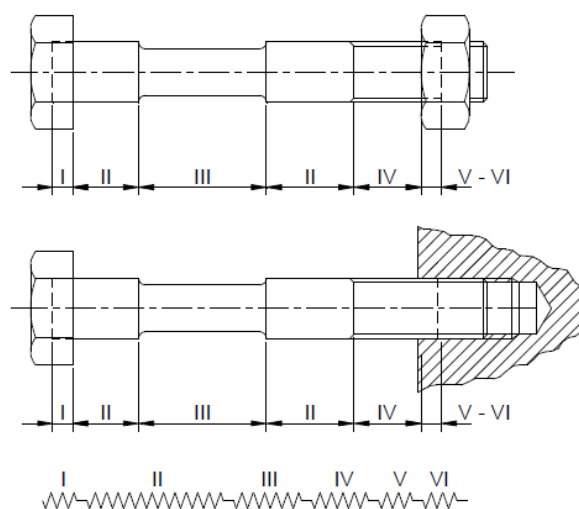


Figura B. Tramos del tornillo

$$c_i = EA_i/L_i \quad (a)$$

$$A_i = \pi d_i^2/4 \quad (b)$$

Donde c_i es la constante del tramo i -ésimo. La tabla A se usa para determinar el diámetro y la longitud de cada tramo.

Tabla A. Diámetros y longitudes en cada tramo del tornillo

Tramo	d_i	L_i	Comentarios
I	D	0,5 d 0,4 d	Tornillo cabeza hexagonal Tornillo cabeza "socket"
II	D	$L_{II}^{(1)}$	
III	d_r	$L_{III}^{(1)}$	
IV	d_3	$L_{IV}^{(1)}$	
V	d_3	0,5 d	
VI	D	0,4 d 0,33 d	Unión con tuerca Unión con agujero roscado

(1) : longitud del diámetro correspondiente

Donde d es el diámetro nominal del tornillo y d_3 es el diámetro de raíz. La tabla B muestra la constante de rigidez de cada tramo del tornillo hallado para el tornillo M12x50 que se va a usar.

Tabla B. Constante de rigidez de cada tramo del tornillo

Tramo	d_i (mm)	L_i (mm)	c_i (N/mm)
I	12	6	3958410
II	12	20	1187522
III	0	0	0
IV	9.853	15	1067468
V	9.853	6	2668670
VI	12	3.96	5997586

Finalmente, la constante de rigidez del tornillo se halla con la ecuación que se usa para determinar la constante de rigidez de resortes en serie y que se muestra en la ecuación (c).

$$\frac{1}{c_t} = \sum_{i=1}^n c_i \quad (c)$$

$$c_t = 388656.7 \text{ N/mm}$$

Constante de rigidez de la placa

Al ajustar la unión las placas son sometidas a compresión; sin embargo no toda la placa es sometida a compresión. La zona de la placa que se somete a compresión se puede aproximar a troncos de cono como se muestra en la figura B. Los troncos de cono que se forman son diferentes para el caso de unión con tuerca (UTT) y unión con agujero roscado (UAR). En la unión con tuerca los troncos de cono abarcan todo el espesor de las placas; mientras que en la unión con agujero roscado los dos troncos de cono, mostrados en línea de trazos, se pueden reemplazar por uno equivalente en la placa de longitud L_p , en la que el agujero no es roscado.

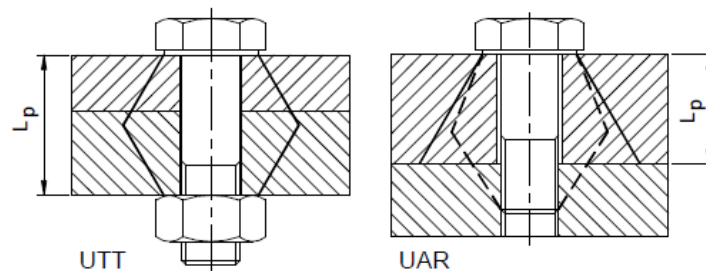


Figura B. Troncos de cono que se forman en las placas debido al ajuste con el tornillo

La zona de compresión se puede aproximar a troncos de cono; sin embargo, se debe tener en cuenta el tamaño de las placas, el cual influye en la forma de la zona de compresión. De acuerdo con el tamaño de las placas se pueden generar tres casos de zonas de compresión mostrados en la figura C bajo las siguientes condiciones:

- Placa angosta comparada con su espesor; la zona de compresión tiene forma cilíndrica
- Placa ancha comparada con su espesor; la zona está formado por dos troncos de cono para la unión UTT y un tronco de cono para la unión UAR.
- La placa no es muy ancha comparada con su espesor; la zona comprimida está formada por dos troncos de cono y un cilindro para la unión UTT y un tronco de cono y un cilindro para la unión UAR.

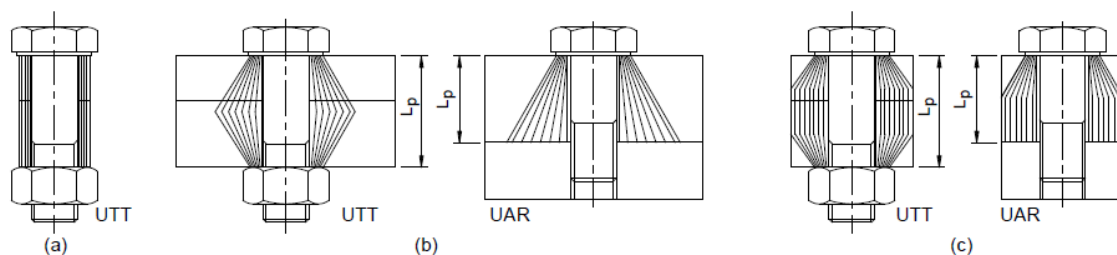


Figura C. Zonas de compresión según el tamaño de las placas

La constante de rigidez de la placa se determina hallando las constantes de rigidez de los troncos de cono y/o cilindros que conforman la zona de compresión y usando la ecuación (c) para determinar la constante de rigidez de resortes en serie.

La constante de rigidez de un cilindro y de un tronco de cono están dados por las ecuaciones (d) y (e) respectivamente. La figura D muestra un cilindro y un tronco de cono con la nomenclatura que se usa para nombrar las dimensiones especificadas.

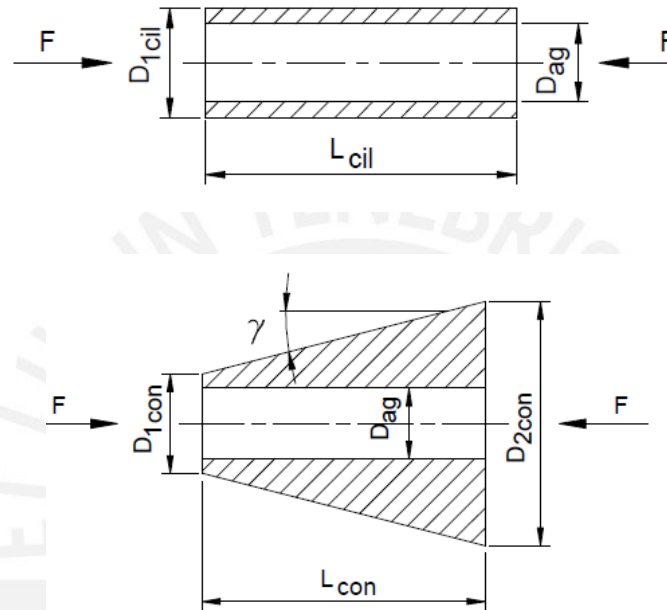


Figura D Cilindro y tronco de cono que se usan para determinar la zona de compresión de las placas

$$C_{cil} = \frac{\pi E (D_{1cil}^2 - D_{dag}^2)}{4L_{cil}} \quad (d)$$

$$C_{con} = \frac{\pi E_{con} D_{dag} t g \gamma}{\ln\left(\frac{(D_{2con} - D_{dag}) * (D_{1con} + D_{dag})}{(D_{2con} + D_{dag}) * (D_{1con} - D_{dag})}\right)} \quad (e)$$

Para determinar si se forman cilindros y/o troncos de cono en la zona de compresión, la norma VDI 2230 presenta tres casos en función de la relación d_1, D_{max}, D_{ext} . Estas dimensiones se muestran en la figura E.

- Caso 1. $d_1 \geq D_{max}$: Se forma un cilindro de longitud L_p
- Caso 2. $D_{ext} > D_{max}$: Se forman dos troncos de cono para UTT y un tronco de cono de longitud L_p para UAR
- Caso 3. $D_{max} > D_{ext} > d_1$: Se forman dos troncos de cono y un cilindro para UTT y un tronco de cono y un cilindro para UAR.

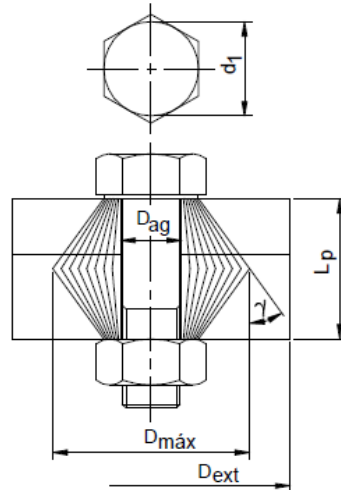


Figura E. Dimensiones d_1, D_{max}, D_{ext}

Donde d_1 es el diámetro de la cabeza del tornillo y para el tornillo M12 es de 18 mm, Por otra parte, D_{ext} es la menor distancia que hay entre el agujero y una de las placas. En este caso la menor distancia se encuentra en la placa de unión de la estructura base y es de 20 mm. L_p es el espesor total de las placas que estaría dado por la suma del espesor de la base de la cabina (10 mm) más el espesor de la placa de unión de la estructura base (5 mm) más el espesor que se usará en la plataforma (20 mm), por lo que el L_p que se usará para el cálculo será de 35 mm. El ángulo γ y D_{max} se hallan con las ecuaciones (f) y (g) respectivamente para uniones UTT.

$$tg\gamma = 0.362 + 0.032 \ln\left(\frac{L_p}{2d_1}\right) + 0.153 \ln\left(\frac{D_{ext}}{d_1}\right) \quad (f)$$

$$D_{max} = d_1 + L_p tg\gamma \quad (g)$$

De esta manera usando las ecuaciones (f) y (g) para un L_p de 35 mm $tg\gamma$ es igual a 0.531 y D_{max} es 36.6 mm. Comparando los valores de d_1, D_{max}, D_{ext} se observa que se debe usar el caso 3, es decir se formarán dos troncos de cono y un cilindro. Luego usando las ecuaciones (d) y (e) se determinan las constantes de rigidez. Se debe tener en cuenta que la base de la cabina es de fibra de vidrio cuyo módulo de elasticidad que se determinó en el subcapítulo 3.2.4 fue de 6960 MPa mientras que el módulo de elasticidad del acero es de 2.1×10^5 MPa. Además en la base de la cabina se encuentra una placa de acero embebida de 2 mm de espesor. De esta manera se forman 7 zonas que se muestran en la figura F y cuya constantes de rigidez halladas se muestran en la tabla C.

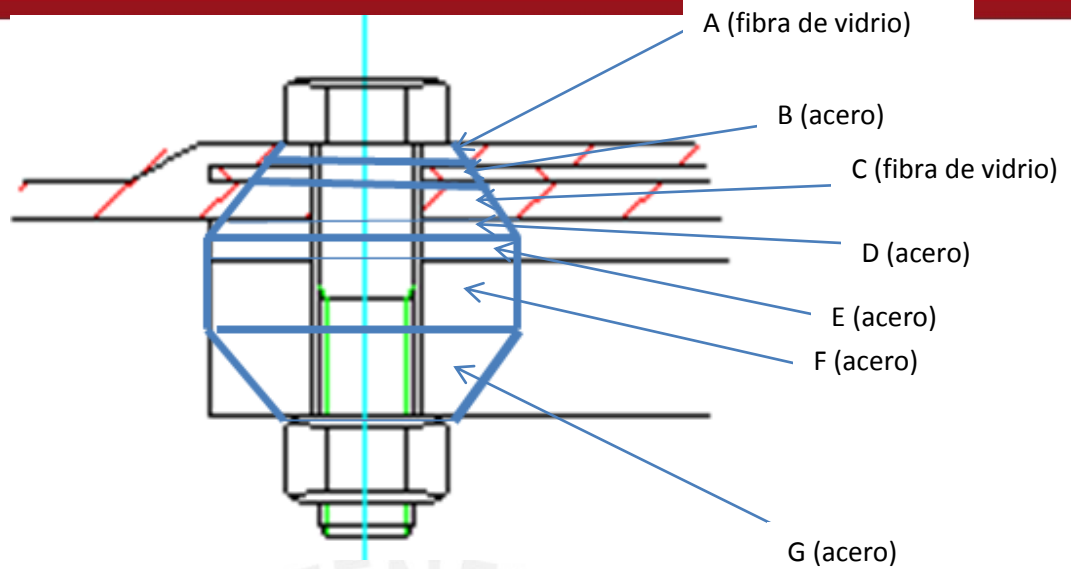


Figura F. Zona de compresión en las placas de la unión atornillada

Tabla C. Constantes de rigidez de las zonas de compresión

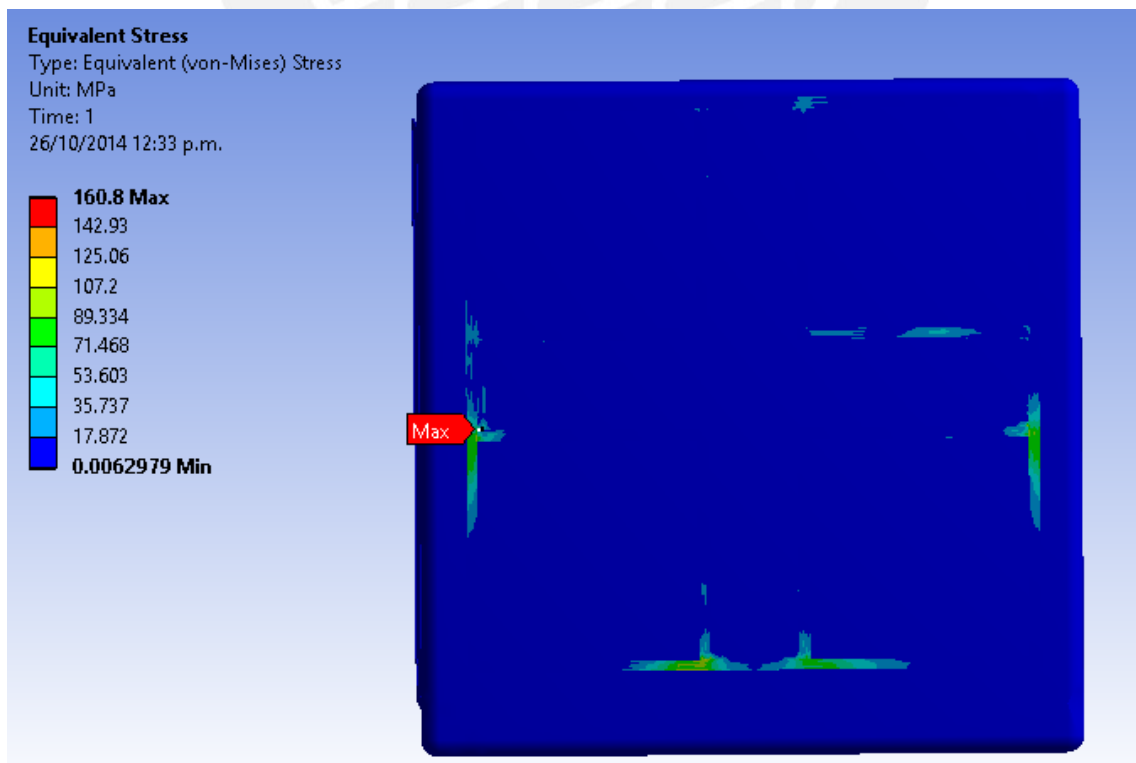
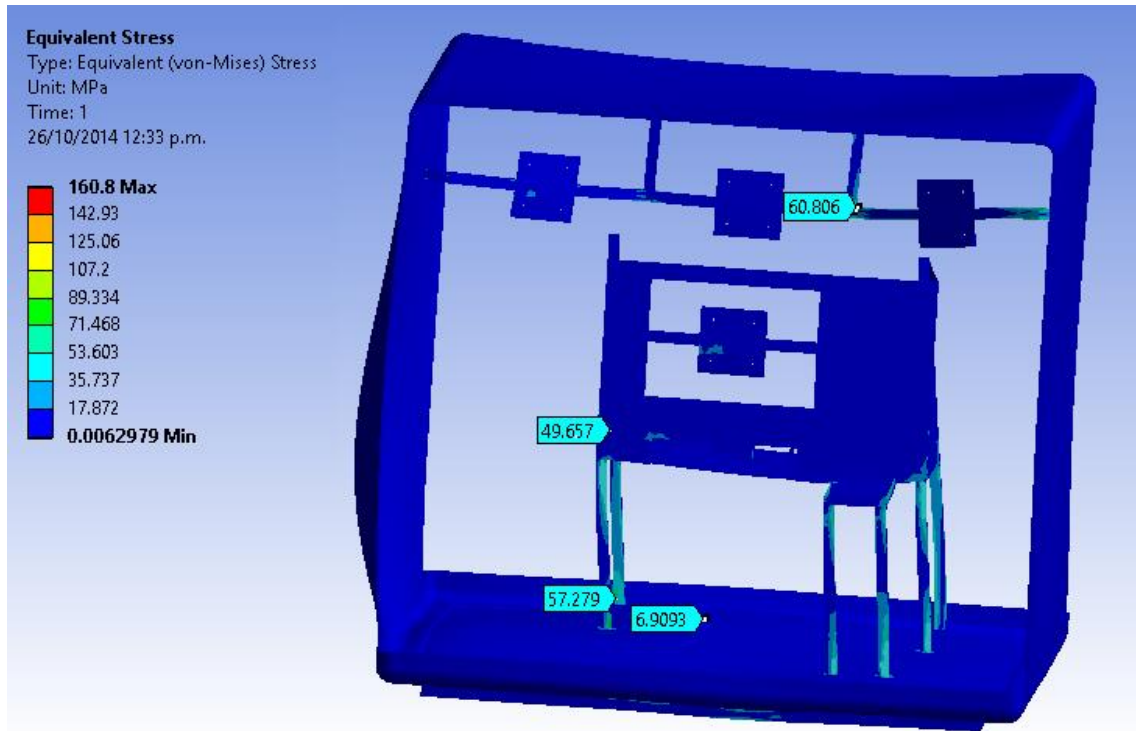
Zona	Material	Forma	c_i (N/mm)
A	Fibra de vidrio	Tronco de cono	244158.4
B	Acero	Tronco de cono	23385721.6
C	Fibra de vidrio	Tronco de cono	611765.4
D	Acero	Tronco de cono	53911949.9
E	Acero	Cilindro	56572229.7
F	Acero	Cilindro	21214586.1
G	Acero	Tronco de cono	3980433.5

Finalmente la constante de rigidez total de la placa se halla con la ecuación (c) para resortes en serie y resultó igual 163728.6 N/mm.

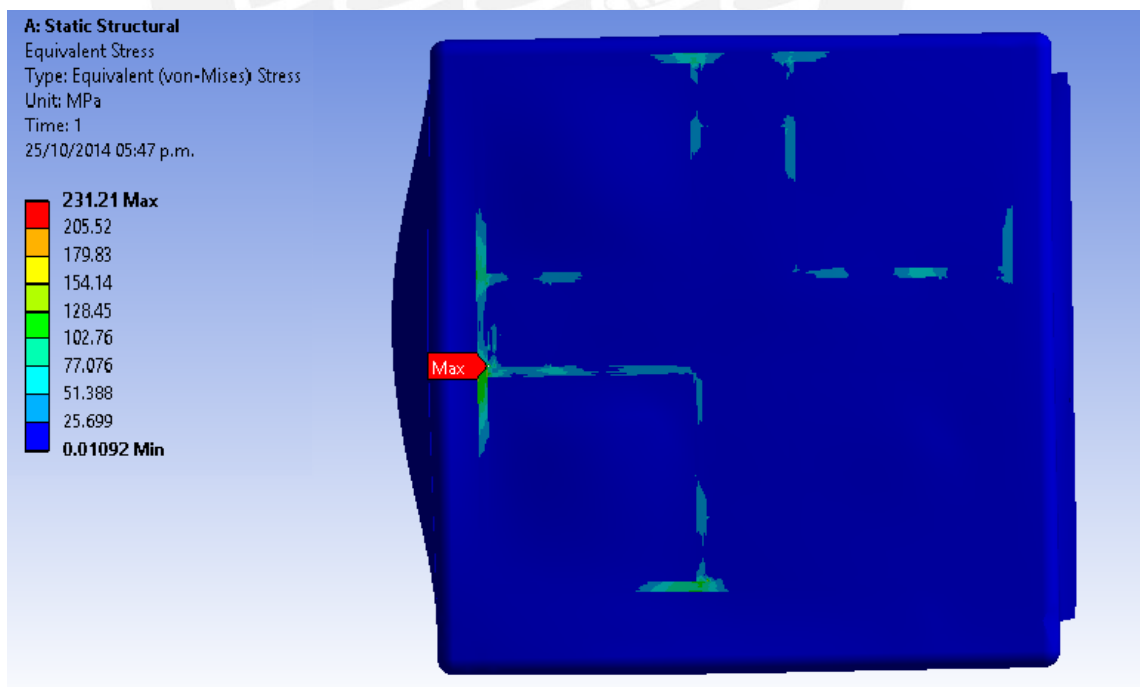
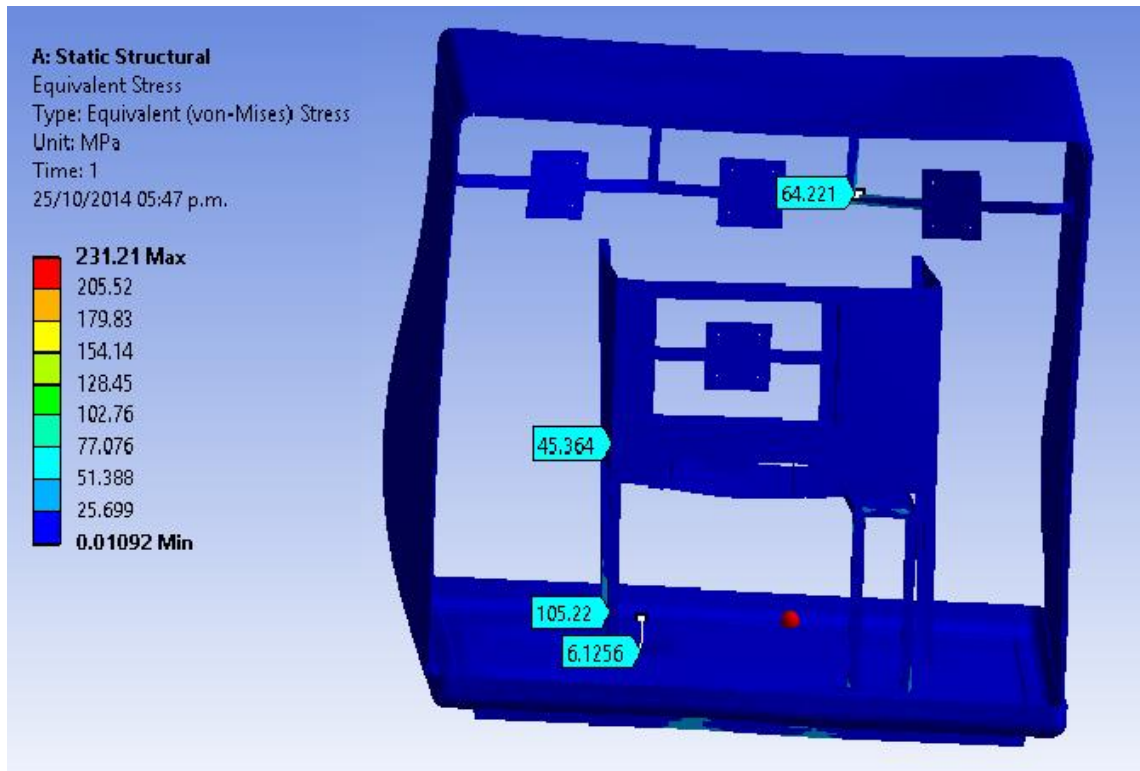
Anexo 4

Esfuerzos obtenidos con el software de elementos finitos ANSYS para tres posiciones de la cabina

- Posición 0° 15° 35°



- Posición 0° 35° 0°



- Posición 35° 35° 35°

