



**C3 Equipamentos para construção civil**  
Av. Rio Branco 4423, Bairro Ana Rech, Caxias do Sul - RS - Brasil  
CNPJ: 18.029.831/0001-51  
Telefone: 55 54 3211 8700  
www.c3equipamentos.com.br

## CERTIFICACIÓN

Como fabricante de equipos para la construcción civil, declaramos que el equipo:

Categoría:	<b>ELEVADOR CREMALLERA PARA PERSONAS Y CARGAS</b>
Marca:	<b>C3 EQUIPAMENTOS</b>
Modelo:	<b>EC3 3015E / 2515E / 2515 / 2513</b>
Número de serie:	<b>DE 100 A 300</b>
Año de fabricación:	<b>2017</b>

Se ha fabricado conforme a las siguientes normas:

<b>PIEZA</b>	<b>NORMAS</b>
Estructura	NR 18 / NBR 16.200
Automación	NR 18 / NR 12 / NBR 16.200

Nombre: **Ing. Fernando Tregansin**

Cargo: **Jefe de ingeniería**

Nombre: **Jean Molin**

Cargo: **Director**

Hecho en **Caxias do Sul.** Fecha: **19/09/2017**

**C3 Equipamentos**  
**Fernando Tregansin**  
**Engenheiro - CREA: RS 183071**

**C3 EQUIPAMENTOS**

**Jean Molin**  
**Director**

**Sello y Firma**



## Descripción

El equipo en análisis se trata de un elevador del tipo piñón y cremallera con cabina simple, que se utiliza en los cantos de obras para el transporte vertical de materiales y personas con capacidad de carga de **1.500 kg** o **15 pasajeros**. Su altura máxima de trabajo es de **120 metros (40 paradas)**.

El presente memorial de cálculo objetiva validar la capacidad de carga y las condiciones de seguridad, desde el punto de vista del dimensionamiento estructural de sus componentes, con base en las exigencias de las normas NBR 16200 y también de la NR 12.

## Memorial de Cálculo de un Elevador de Cremallera

### Memorial: C3EC051216

### ART N° 8903189

**Fecha:** Jueves, 22 de diciembre de 2016  
**Ingeniero:** Fernando Tregansin  
**Nombre del estudio:** Cálculo Estructural Elevador Cremallera  
**Tipo de análisis:** Estática

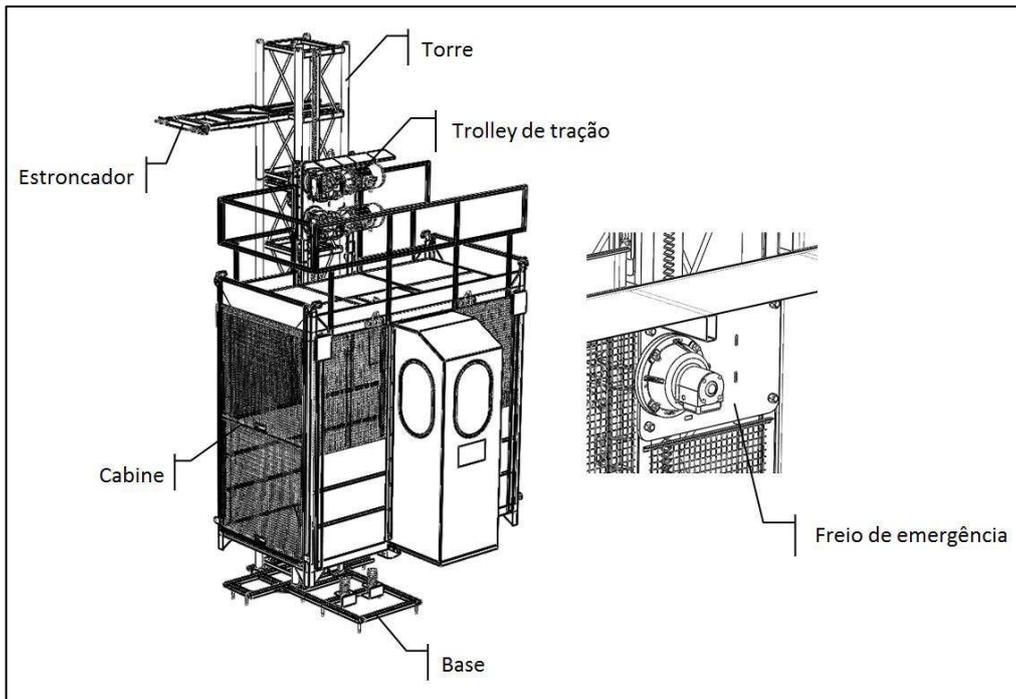
## Índice

Descripción.....	Erro! Indicador não definido.
Especificaciones de los componentes	Erro! Indica
Criterios de validación del elevador	Erro! Indica
Material de la estructura .....	7
Validación numérica - Cabina	Erro! Indicador nã
Dimensionamiento de las puertas de los suelos	24
Dimensionamiento del freno	Erro! Indicador não
Vida en fatiga del piñón y cabina .....	32
Dimensionamiento de la Torre	Erro! Indicador nã
Dimensionamiento de la Torre para losa no concretada.....	43
Conclusión.....	47



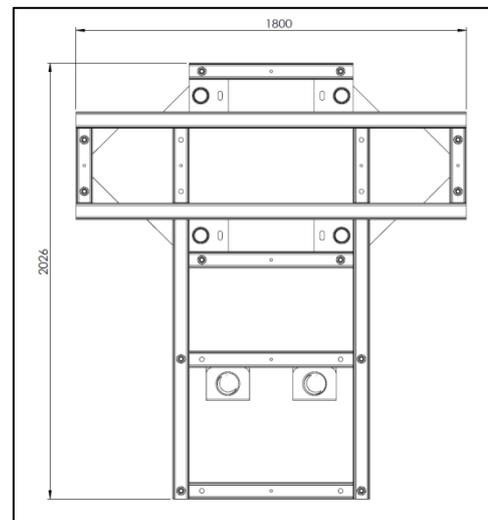
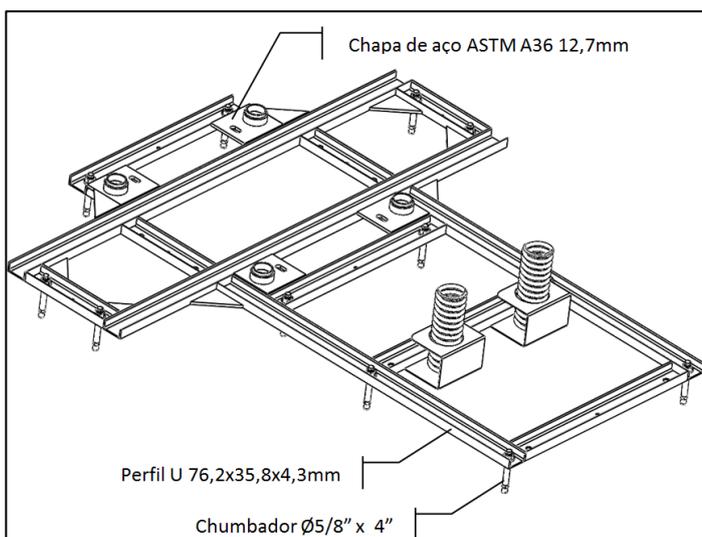
## Especificaciones de los componentes

Según las especificaciones técnicas de cada componente estructural utilizado en la fabricación y montaje del Elevador y también las medidas de los ítems que serán analizados en ese memorial de cálculo:



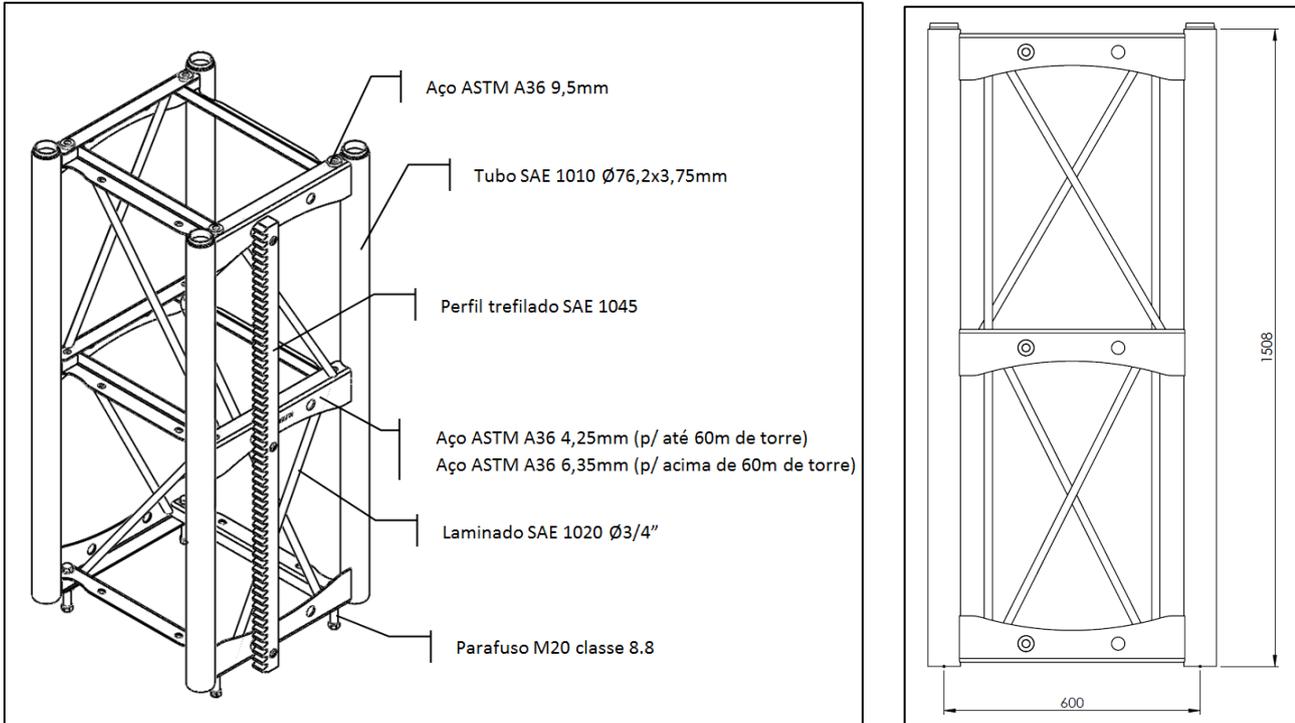
## Base

Tiene la función de distribuir en el piso los esfuerzos resultantes del cargamento y el peso propio de la estructura. Esta es fijada en la losa a través de 12 plomos de Ø5 / 8".



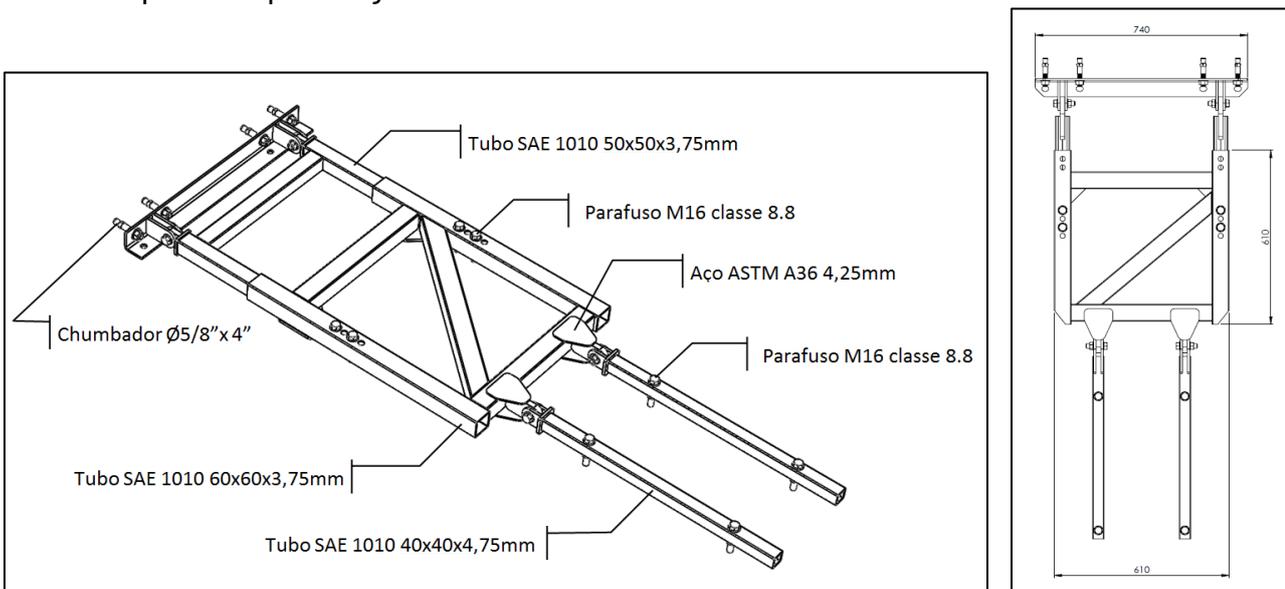
## Torre

Este elemento sirve como guía para la cabina de carga, y también es en la torre donde se fija la cremallera, que tiene la función de trazar la cabina y consecuentemente realizar el desplazamiento. Las torres se unen entre sí a través de 4 tornillos M18 de clase 10.9.



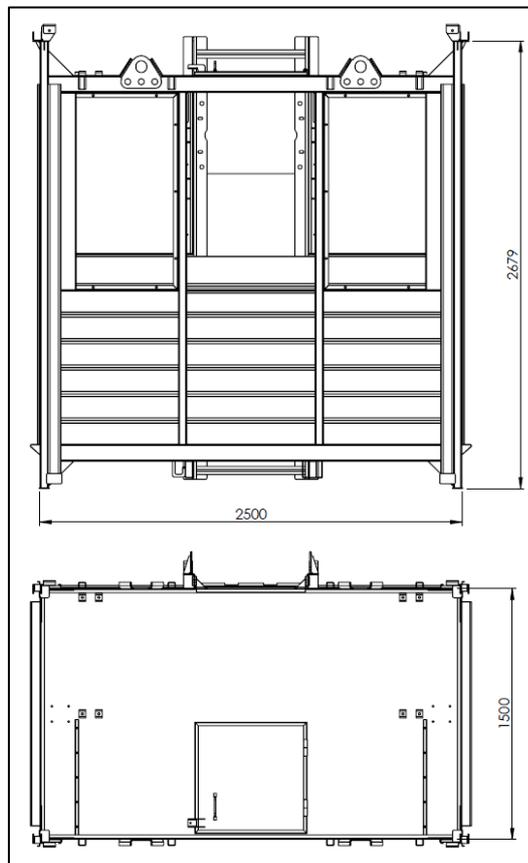
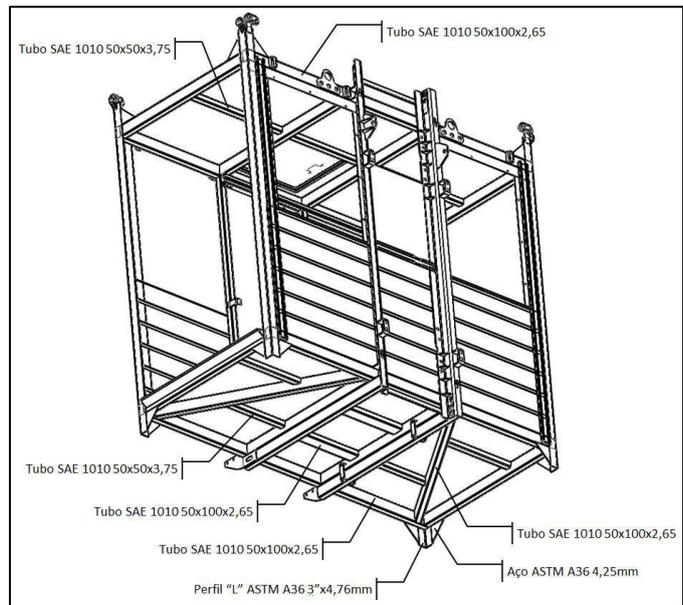
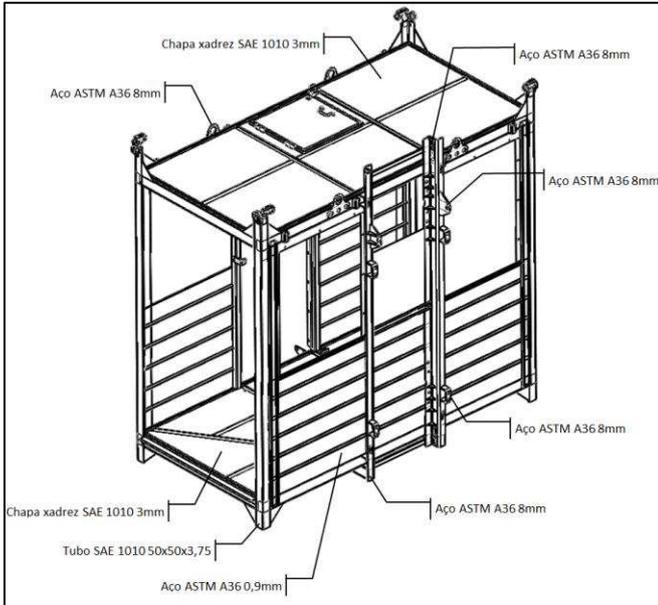
## Estroncador

Responsable por la fijación de las torres en la edificación.



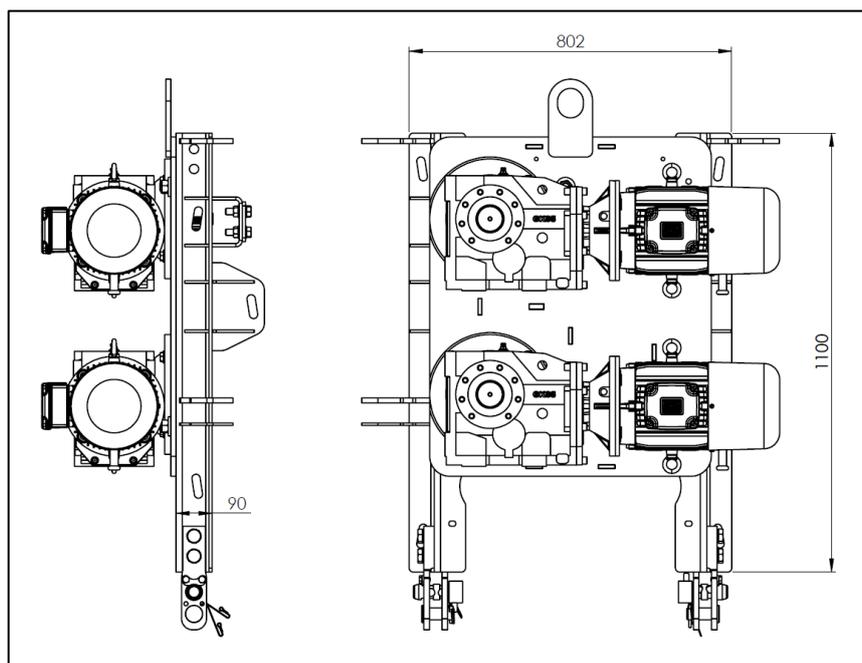
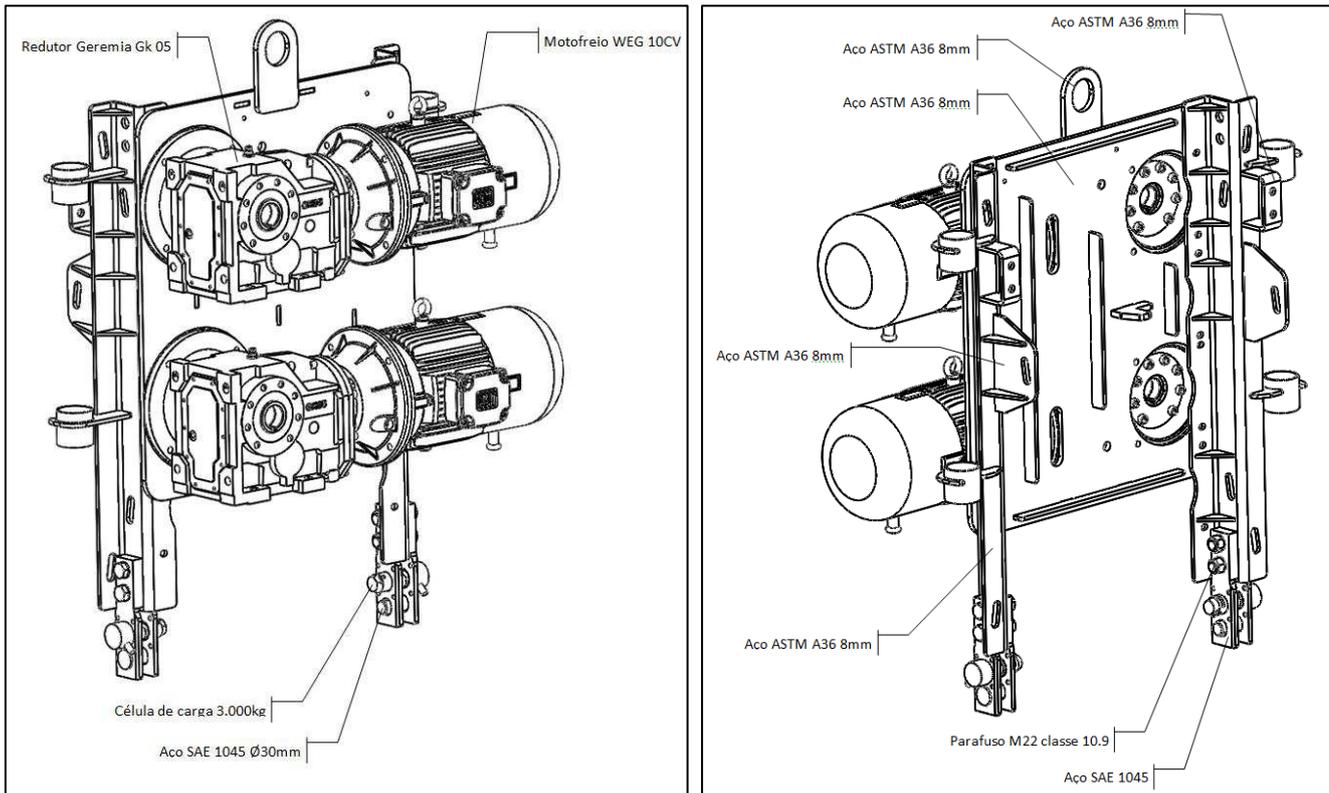
## Cabina

La cabina es el lugar donde se asigna la carga y también el operador, en ella también están fijados el freno de emergencia y el trolley de tracción.



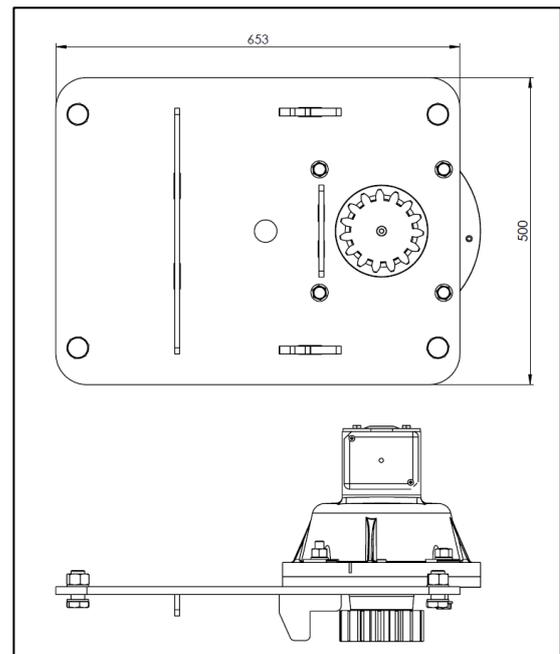
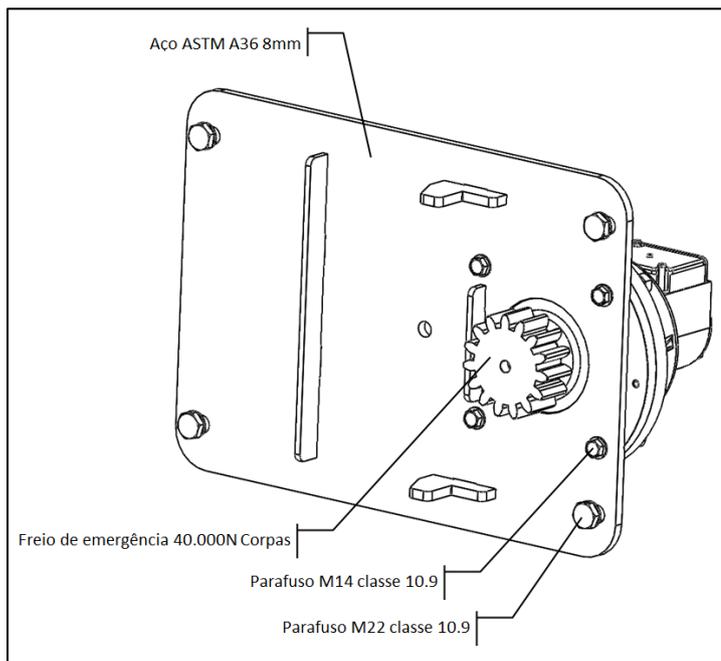
## Trolley de tracción

En él están montados 2 motofrecuencia de la marca Weg de 10CV cada uno, los reductores Geremia y también las células de carga, que son responsables de la lectura del peso transportado. El trolley tiene la función de trazar y frenar el elevador.



## Freno de emergência

El freno de emergencia tiene capacidad de retención de 40 kN, probado y certificado por el fabricante de Corpas, el freno se activa automáticamente cuando la velocidad de descenso sobrepasa la velocidad nominal.



## Automatização

Este equipo tiene un variador de frecuencia, CLP, llaves de enclavamiento y sensores de seguridad y de marca WEG y para administrar la seguridad cuenta con CLP de la marca Onron.



### Crterios de validación del elevador

El dimensionamiento fue realizado buscando conformidad con las especificaciones de la norma reguladora NR 18 y norma brasileña ABNT NBR 16200.

La capacidad de carga especificada por el fabricante para ese equipo es de **1.500 kg o 15 pasajeros**, existe un sistema electrónico que imposibilita el funcionamiento del equipo si tiene más de 1.500 kg.

### Material de la estructura

El material utilizado para la fabricación de este equipo es Acero SAE 1010 para tubos y ASTM A36 para chapas de acero, sus propiedades mecánicas están en la siguiente tabla:

Material	E (GPa)	Poisson $\gamma$	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Desguace (MPa)	Ruptura (MPa)
AISI 1010	200	0,29	7.850	180	325
ASTM A36	200	0,26	7.850	250	400



## Validación numérica - Cabina

Una cabina de elevación fue proyectada para soportar una carga de 1.500 kg, una simulación numérica con todos los componentes estructurales forma parte de la cabina. Los tratamientos y los hornos aplicados de acuerdo con la norma ABNT NBR 16200, conforme abajo:

### Carga

#### 5.2 Combinações e cálculos de carga

**5.2.2.4** Carga nominal na cabina; o efeito das forças exercidas na cabina e na torre, resultantes da aplicação da carga nominal, deve ser admitido em uma das maneiras a seguir, que refletem a densidade selecionada de carregamento sobre o piso da cabina:

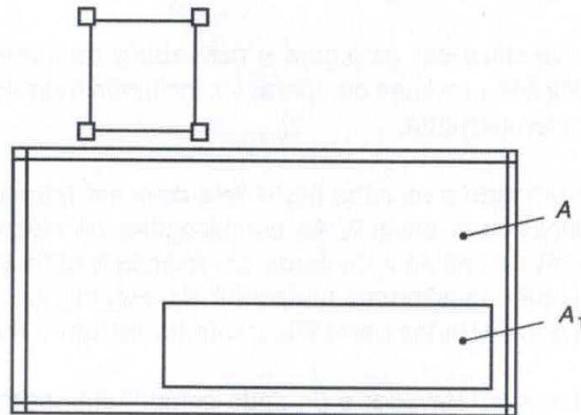
a) se  $\frac{F}{0,8A} < 4,0 \text{ kN/m}^2$

onde

$F$  é a carga nominal, expressa em quilonewtons (kN);

$A$  é a área total do piso, expressa em metros quadrados (m<sup>2</sup>);

então deve-se assumir que a carga nominal é distribuída sobre uma área reduzida ( $A_1$ ) que resulta em uma distribuição de 4,0 kN/m<sup>2</sup>. O formato e a localização dessa área devem ser considerados de modo que forneçam a menor tensão favorável tanto à torre como à cabina. Um exemplo é mostrado na Figura 1.



#### Legenda

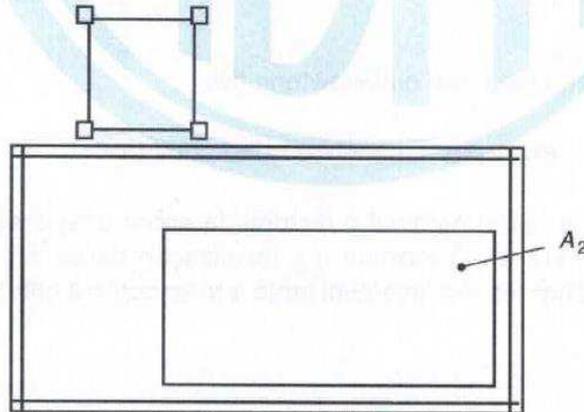
$A$  é a área total do piso (m<sup>2</sup>)

$$A_1 = \frac{F \text{ (kN)}}{4 \left( \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right)}$$

Figura 1 – Exemplo de carregamento de acordo com 5.2.3 a)

b) se  $\frac{F}{0,8A} \geq 4,0 \text{ kN/m}^2$

então a carga nominal deve ser considerada distribuída sobre uma área ( $A_2$ ) equivalente a 80 % da área total do piso da cabina. O formato e a localização desta área devem ser considerados de modo que forneçam a menor tensão favorável tanto à torre como à cabina. Um exemplo é mostrado na Figura 2.



**Legenda**

$A_2 = 0,8 A$

**Figura 2 – Exemplo de carregamento de acordo com 5.2.3 b)**

Para el equipo en análisis:

Superficie del suelo:

$A = C \times L$

Dónde:

C = Compresión = 2,5 m

L = Longitud = 1,5 m

Por lo tanto

$A = 2,5\text{m} \times 1,5\text{m} = 3,75\text{m}^2$

F = Carga x g

$F = 1.500 \times 9,81$

$F = 14.715\text{N}$

$\frac{F}{0,8A} = \frac{14.715}{0,8 \cdot 3,75} = 4.905\text{N} = 4,91\text{kN}$

De esta forma, la manera a ser usada para dimensionamiento de la estructura debe ser conforme ítem "b)" y figura 2, donde la carga de 1.500 kg debe estar concentrada en el 80% del área del piso.

## Acción del viento

La fuerza del viento tiene una gran incidencia de esfuerzo en la estructura del elevador, por lo que debemos considerar estos cargamentos, conforme a la ABNT NBR 16200:

**5.2.2.12** Para o projeto quanto às condições do vento, a pressão aerodinâmica  $q$  é dada pela equação geral:

$$q = 0,613 V_k^2$$

onde

$q$  é a pressão, expressa em newtons por metro quadrado (N/m<sup>2</sup>);

$V_k$  é a velocidade do vento, expressa em metros por segundo (m/s).

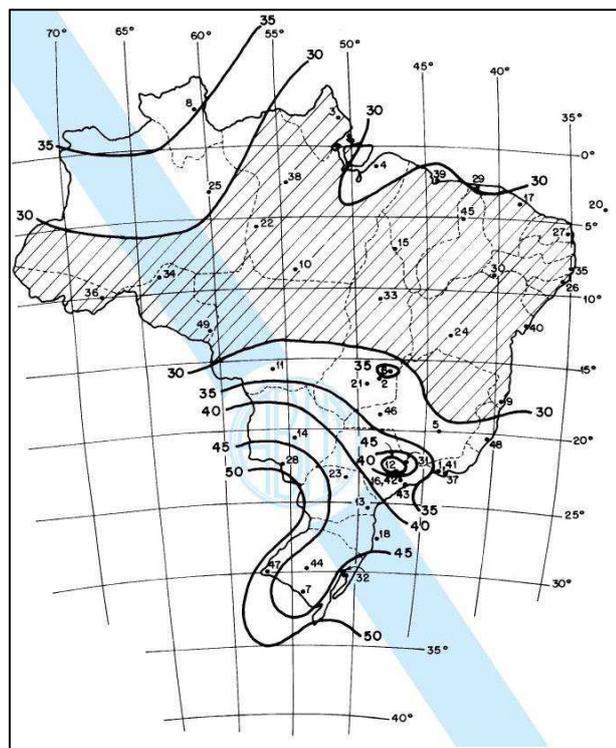
Em todos os casos, deve-se assumir que o vento possa soprar horizontalmente em qualquer direção e a direção menos favorável deve ser levada em consideração.

O cálculo deve ser feito de acordo com a ABNT NBR 6123 conforme os seguintes requisitos:

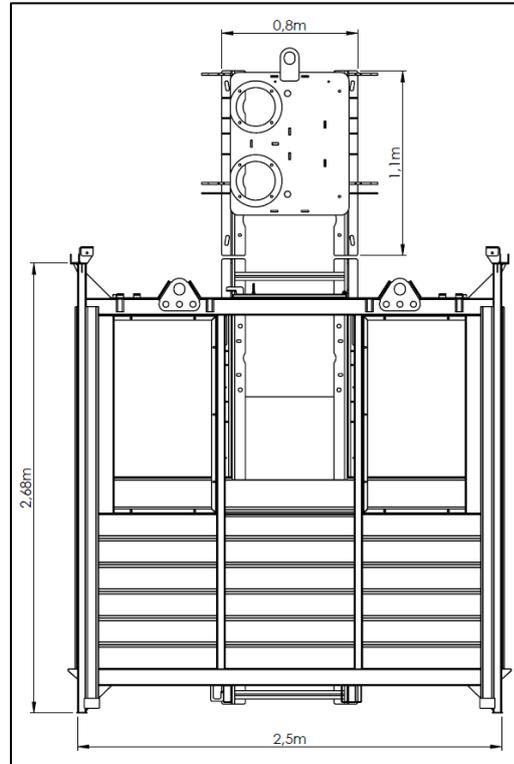
### 5.2.2.12.1 Ação do vento na cabina

Ao calcular a pressão do vento na cabina, deve-se assumir que suas paredes sejam sólidas, aplicando um coeficiente aerodinâmico  $c = 1,2$ . O fator 1,2 cobre tanto o fator de forma quanto o de anteparo.

Conforme al mapa de velocidades de los vientos que figura en la NBR 6123, las mayores velocidades medidas se sitúan en la casa de 45m / s, sobre la base de esa información, el dimensionamiento de la cabina considerará ese valor de referencia. El mapa se muestra en la siguiente imagen:



Para dimensionar el área de acción del viento en la cabina fue considerada la situación menos favorable, o sea, se usó la mayor área y consecuentemente la máxima fuerza de viento posible. A continuación se incluyen las medidas usadas:



De esta manera tenemos:

Superficie del viento =  $2,5 \times 2,68 + 0,80 \times 1,1$

Superficie del viento =  $7,58\text{m}^2$

Presión aerodinámica q:

$$q = 0,613v^2$$

$$v=45\text{m/s}$$

$$q = 0,613 \cdot 45^2$$

$$q = 1.241,3\text{N/m}^2$$

Fuerza total del viento:

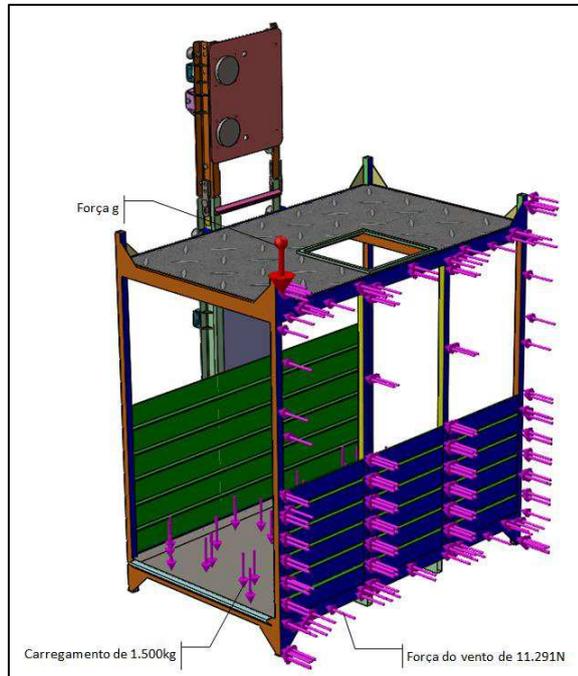
$$F_{\text{viento}} = q \cdot \text{área} \cdot \text{coef aerodinámica}$$

$$F_{\text{viento}} = 1.241,3 \cdot 7,58 \cdot 1,2$$

$$F_{\text{viento}} = 11.291\text{N}$$



Para dimensionamiento de la cabina fue considerada una carga de 1.500 kg (distribuida en un área del 80% del piso), fuerza derivada de la acción del viento en el orden de 11.291N. Se consideró también la acción de la gravedad, con la finalidad de representar el peso propio de la estructura. A continuación se muestra el modelo numérico de la cabina con los esfuerzos arriba mencionados:

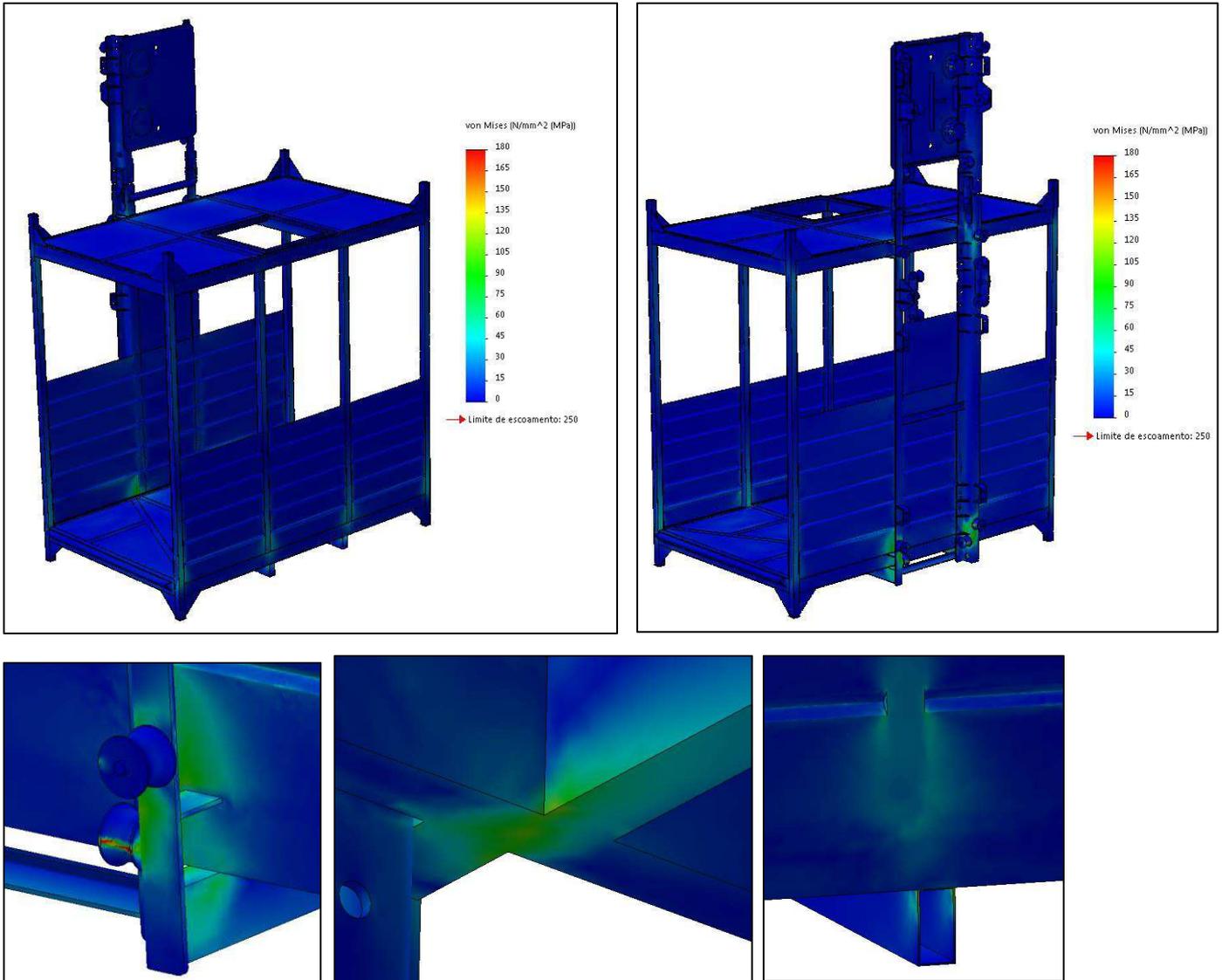


Las restricciones fueron impuestas simulando la utilización del equipo, o sea, los rodillos posibilitan el deslizamiento vertical y un diente de cada piñón fue engastado, conforme imagen abajo:



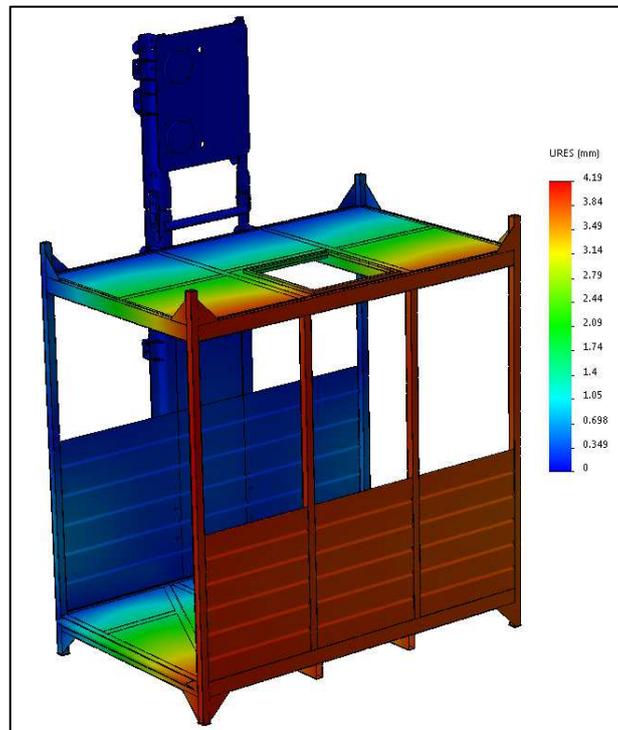
Con estos cargamentos y restricciones impuestas al modelo, se realizó un análisis numérico, en el cual se obtuvieron los resultados presentados abajo:

## Tensión



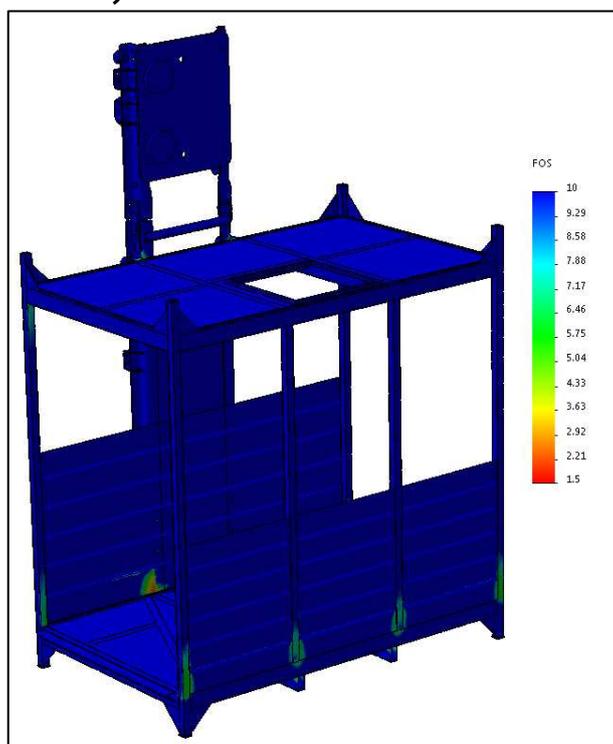
Como podemos observar, las tensiones no exceden el límite de flujo del material, que en ese caso estamos considerando 180MPa.

## Desplazamiento



Como podemos observar, el desplazamiento máximo de la estructura será de 4,19mm.

## Factor de seguridad de 1,5



La norma ABNT NBR 16200 requiere un coeficiente de seguridad mínimo de 1,5, conforme podemos ver en la imagen arriba esa exigencia es atendida.

## Esfuerzos derivados de la carga

Durante la carga se impone para la estructura esfuerzos que deben ser considerados en el dimensionamiento de la cabina, el procedimiento está descrito en la ABNT NBR 16200, conforme abajo:

**5.2.2.6** As forças durante o carregamento e descarregamento (ver a Figura 4) devem ser consideradas como efeito simultâneo de uma força vertical e de uma força horizontal, cada uma delas calculada como a seguir:

- uma força vertical  $F_V$  de 50 % da carga nominal, mas não menor que 2,0 kN, ou, para cargas nominais maiores que 20 kN, calculada de acordo com a seguinte equação:

$$F_V = 4 + 0,3 F$$

onde

$F_V$  é a força vertical, expressa em quilonewtons (kN);

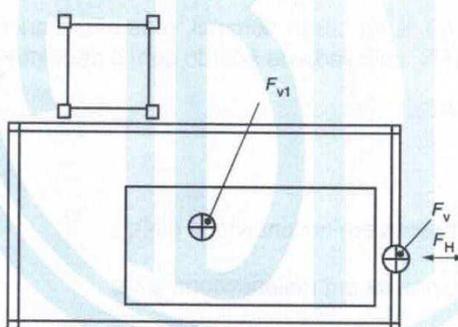
$F$  é a carga nominal, expressa em quilonewtons (kN);

- uma força horizontal  $F_H$  de 20 % da carga nominal, mas não menor que 0,5 kN e não maior que 2,5 kN,

ambas as forças atuando em 1/3 da largura da entrada da cabina, no nível do piso, na direção e localização menos favoráveis. As tensões na torre e também na cabina devem ser calculadas no mínimo para os seguintes pontos de aplicação de forças de carregamento e descarregamento:

- na soleira da cabina;
- na borda de ataque de qualquer rampa ou outra extensão que não seja suportada pelo pavimento.

Ao mesmo tempo, qualquer parte remanescente da carga nominal  $F_{V1} = F - F_V$  deve ser aplicada no centro do piso da cabina.



### Legenda

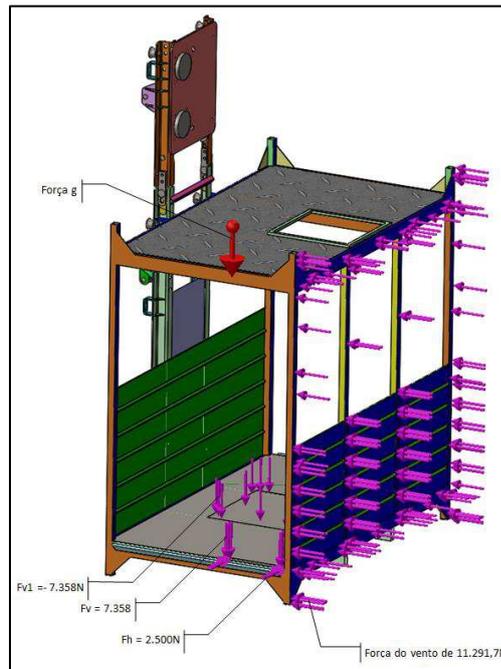
$F_{V1}$  é a força remanescente da força nominal, expressa em quilonewtons (kN)

$F_V$  é a força vertical durante o carregamento e o descarregamento, expressa em quilonewtons (kN)

$F_H$  é a força horizontal durante o carregamento e o descarregamento, expressa em quilonewtons (kN)

**Figura 4 – Exemplo de forças durante o carregamento e descarregamento**

Para el dimensionamiento de la cabina en la situación de carga se consideraron las cargas  $F_v = 7.358\text{N}$  (50% de la carga nominal),  $F_h = 2.543\text{N}$  (2,54kN), una fuerza  $F_{v1} = 7.358\text{N}$  ( $F_{v1} = F - F_v$ ) y la fuerza debido a la acción del viento en el orden de  $11.291\text{N}$ . Se consideró también la acción de la gravedad, con la finalidad de representar el peso propio de la estructura. Los lugares donde se aplicaron las cargas siguen la indicación de la figura 4 de la ABNT NBR 16200. A continuación se muestra el modelo numérico de la cabina con los esfuerzos arriba mencionados:

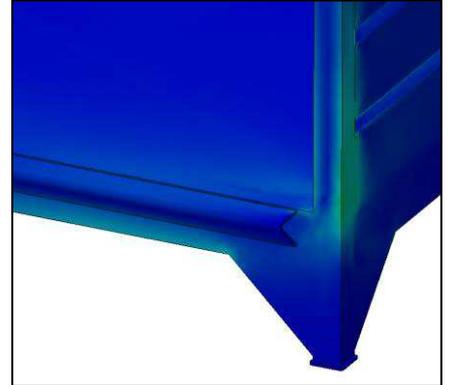
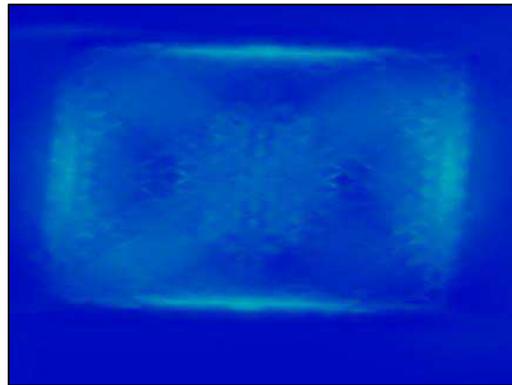
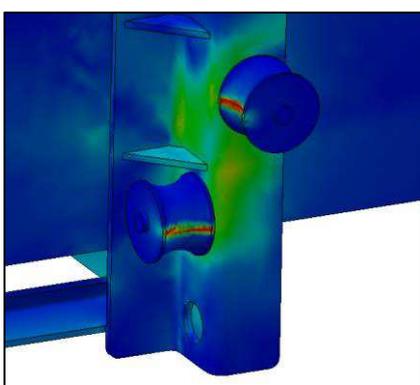
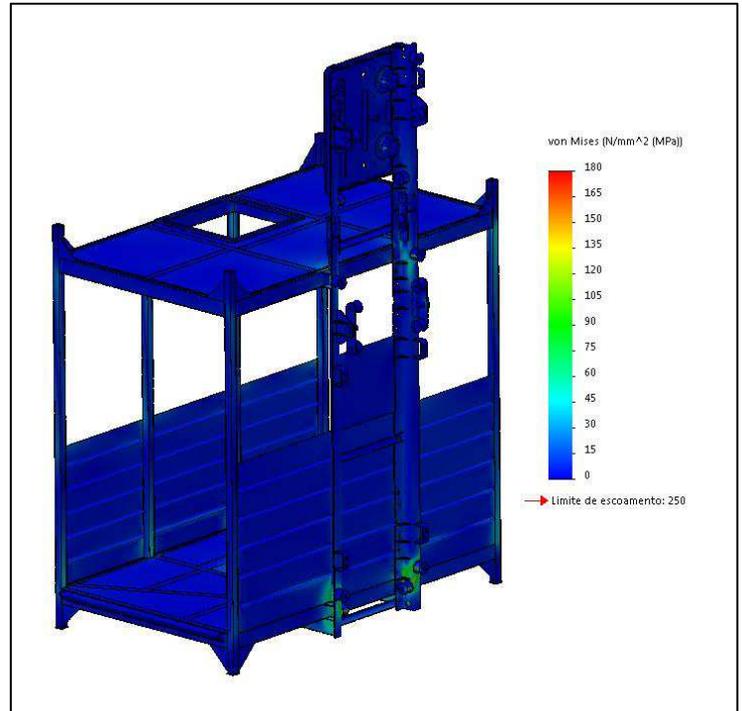
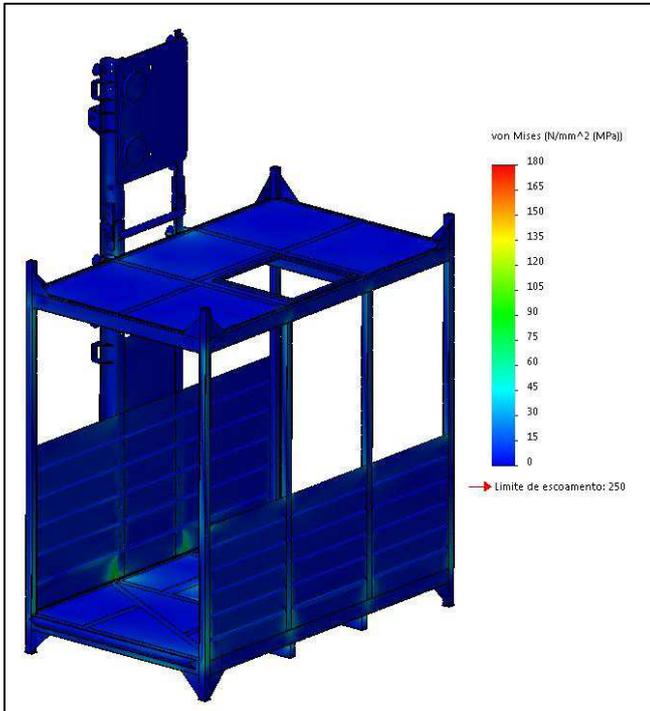


Las restricciones fueron impuestas simulando la utilización del equipo, o sea, los rodillos posibilitan el deslizamiento vertical y un diente de cada piñón fue engastado, conforme imagen abajo:



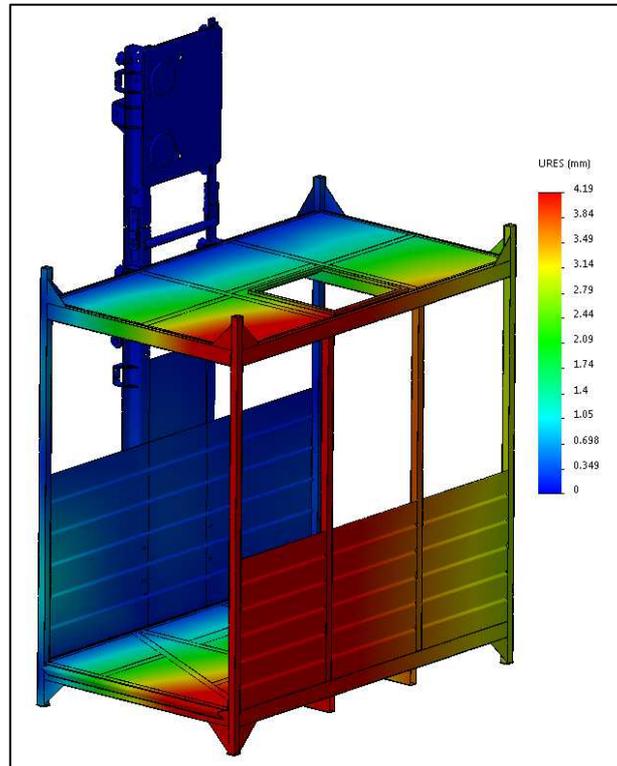
Con estos cargamentos y restricciones impuestas al modelo, se realizó un análisis numérico, en el cual se obtuvieron los resultados presentados a continuación:

## Tensión



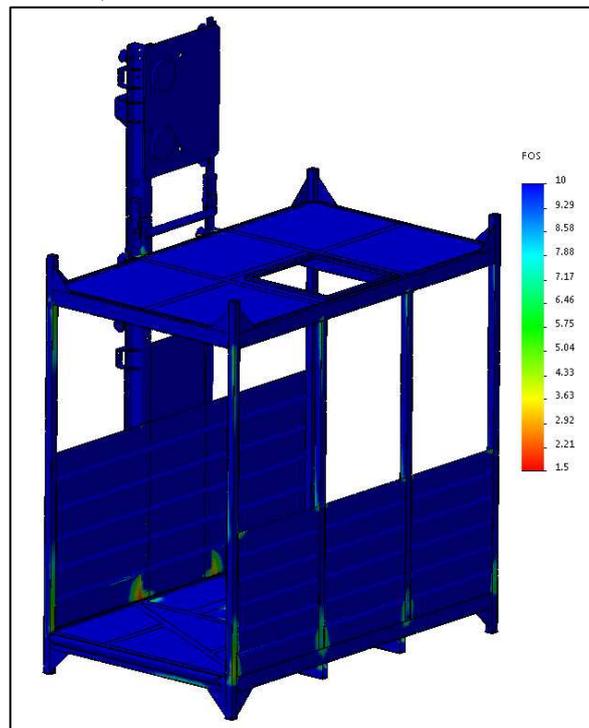
Como podemos observar, las tensiones no exceden el límite de flujo del material, que en ese caso estamos considerando 180MPa.

## Desplazamiento



Como podemos observar, el desplazamiento máximo de la estructura será de 4,19mm.

## Factor de seguridad de 1,5



La norma ABNT NBR 16200 requiere un coeficiente de seguridad mínimo de 1,5, conforme podemos ver en la imagen arriba esa exigencia es atendida.

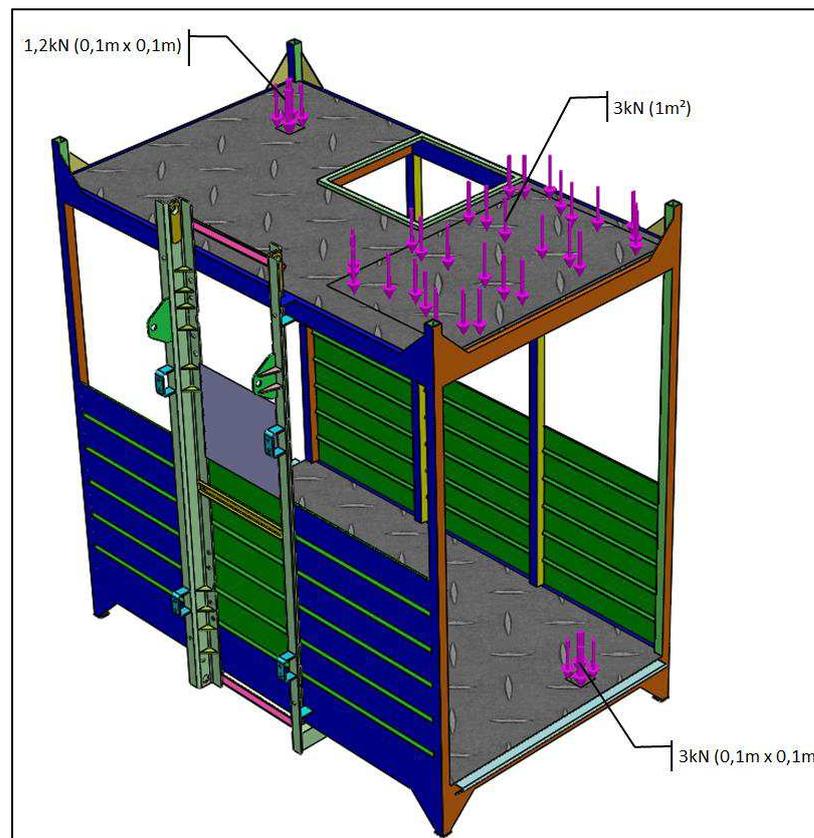
## Dimensionamiento del techo y del piso

El techo del equipo en cuestión es usado para la realización del montaje de las torres, con base en eso ese debe ser dimensionado conforme especificación de la ABNT NBR 16200, esa norma también exige que el suelo resista u una carga concentrada, conforme abajo:

**5.2.2.9** O teto da cabina, se for previsto como acesso para montagem, desmontagem, manutenção ou refúgio de emergência, deve ser projetado para suportar uma carga total de pelo menos 3,0 kN posicionada na área quadrada menos favorável de 1,0 m<sup>2</sup>. O teto deve suportar uma carga de 1,2 kN aplicada em uma área de 0,1 m × 0,1 m.

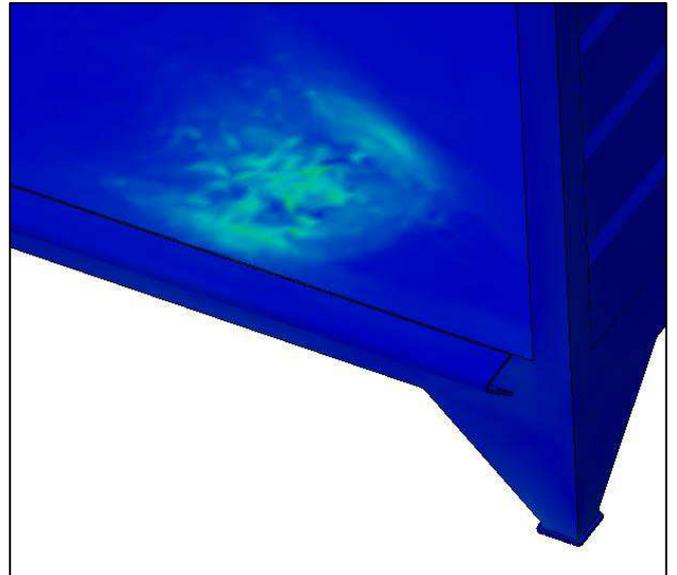
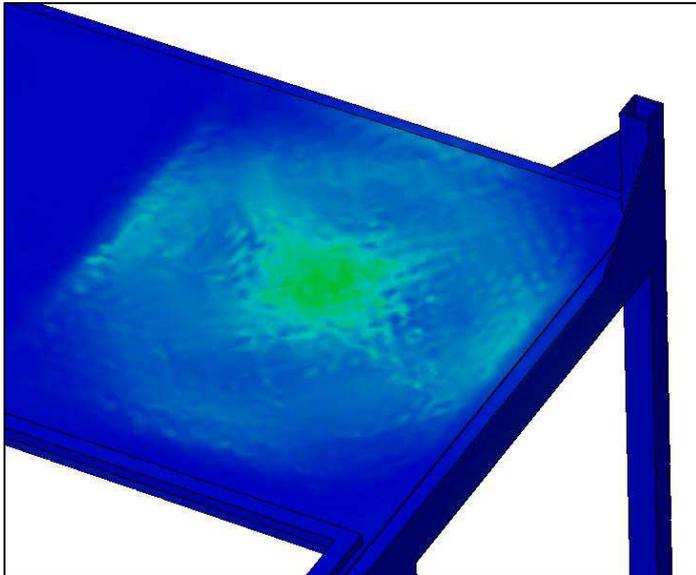
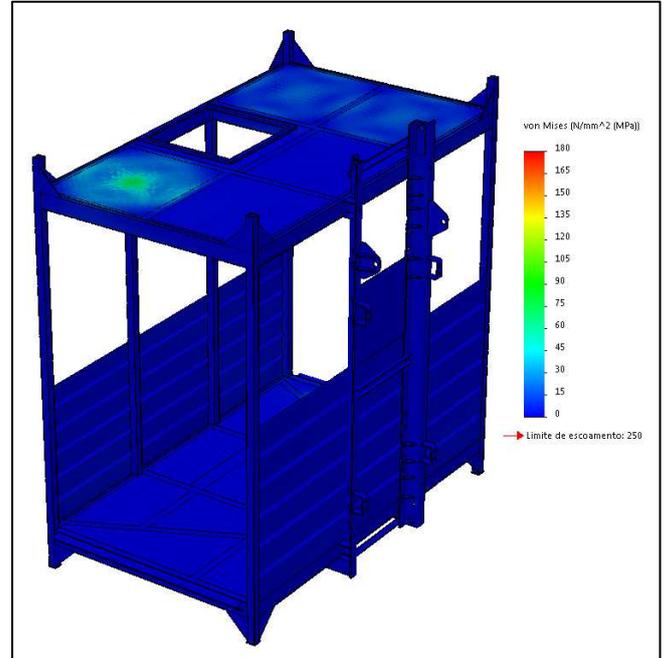
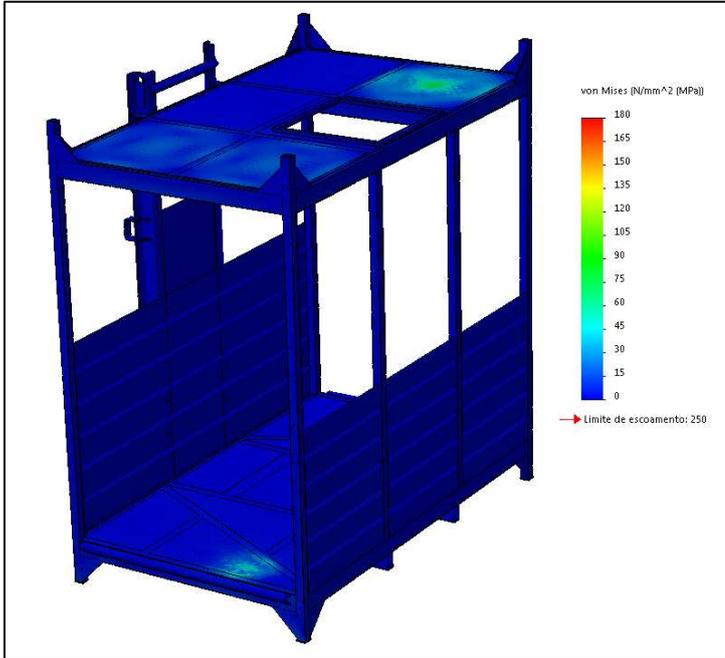
**5.2.2.11** A superfície do piso da cabina deve ser projetada para suportar, sem deformação permanente, uma força estática de 1,5 kN ou 25 % da carga nominal, aquela que for maior, mas em nenhum caso maior que 3 kN, sendo a força aplicada na área quadrada menos favorável de 0,1 m × 0,1 m.

Para dimensionamiento del techo se consideró una carga de **3kN** y otra de **1,2kN**, ya para el piso se utilizó una carga de 3kN, conforme abajo:



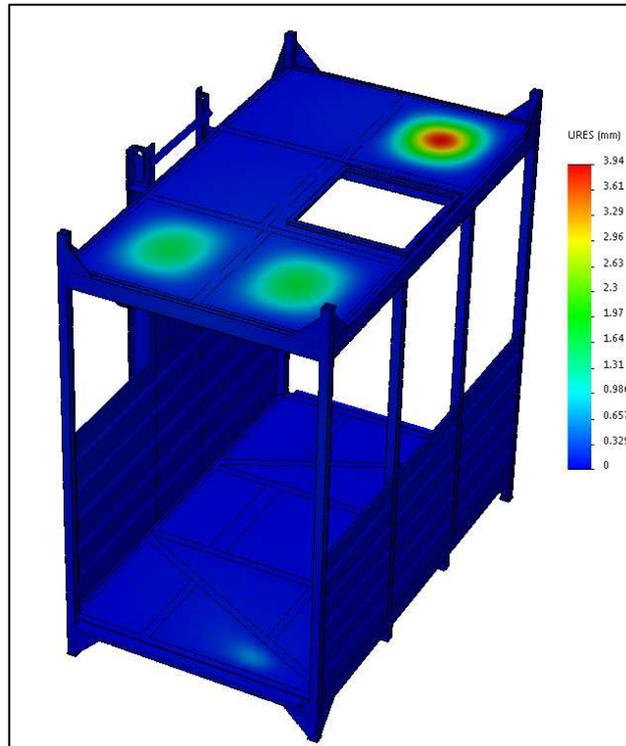
Con estos cargamentos impuestos al modelo, se realizó un análisis numérico, en el cual se obtuvieron los resultados presentados a continuación:

## Tensión



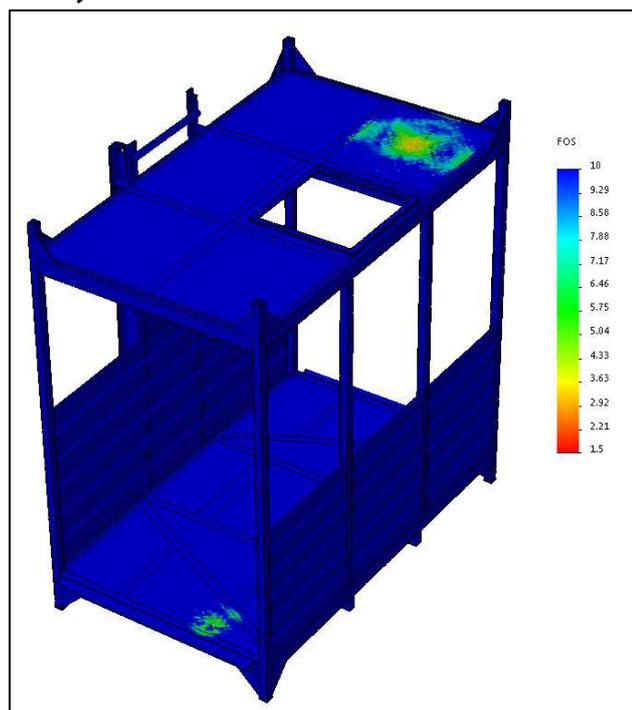
Como podemos observar, las tensiones no exceden el límite de flujo del material, que en ese caso estamos considerando 180MPa.

## Desplazamiento



Como podemos observar, el desplazamiento máximo de la estructura será de 3,94mm.

## Factor de seguridad de 1,5



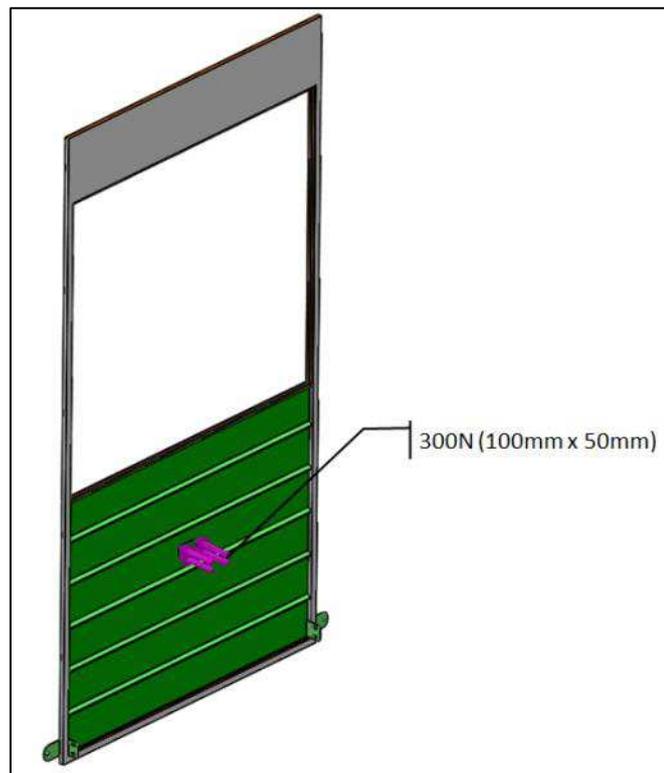
La norma ABNT NBR 16200 requiere un coeficiente de seguridad mínimo de 1,5, conforme podemos ver en la imagen arriba esa exigencia es atendida.

## Dimensionamiento de las puertas de la cabina

Las puertas de acceso al interior del elevador deben ser dimensionadas para que proporcionen seguridad a los usuarios del equipo y también para estar y acuerdo con las exigencias de la norma ABNT NBR 16200, conforme abajo:

**5.6.1.4.1.6** As portas da cabina devem ser capazes de suportar um empurrão de 300 N aplicado normalmente em qualquer posição, sem deformação permanente e sem que as portas saiam de suas guias. A deformação elástica não pode superar 30 mm. O empurrão de 300 N deve ser aplicado utilizando uma face plana rígida quadrada ou redonda de 5 000 mm<sup>2</sup>.

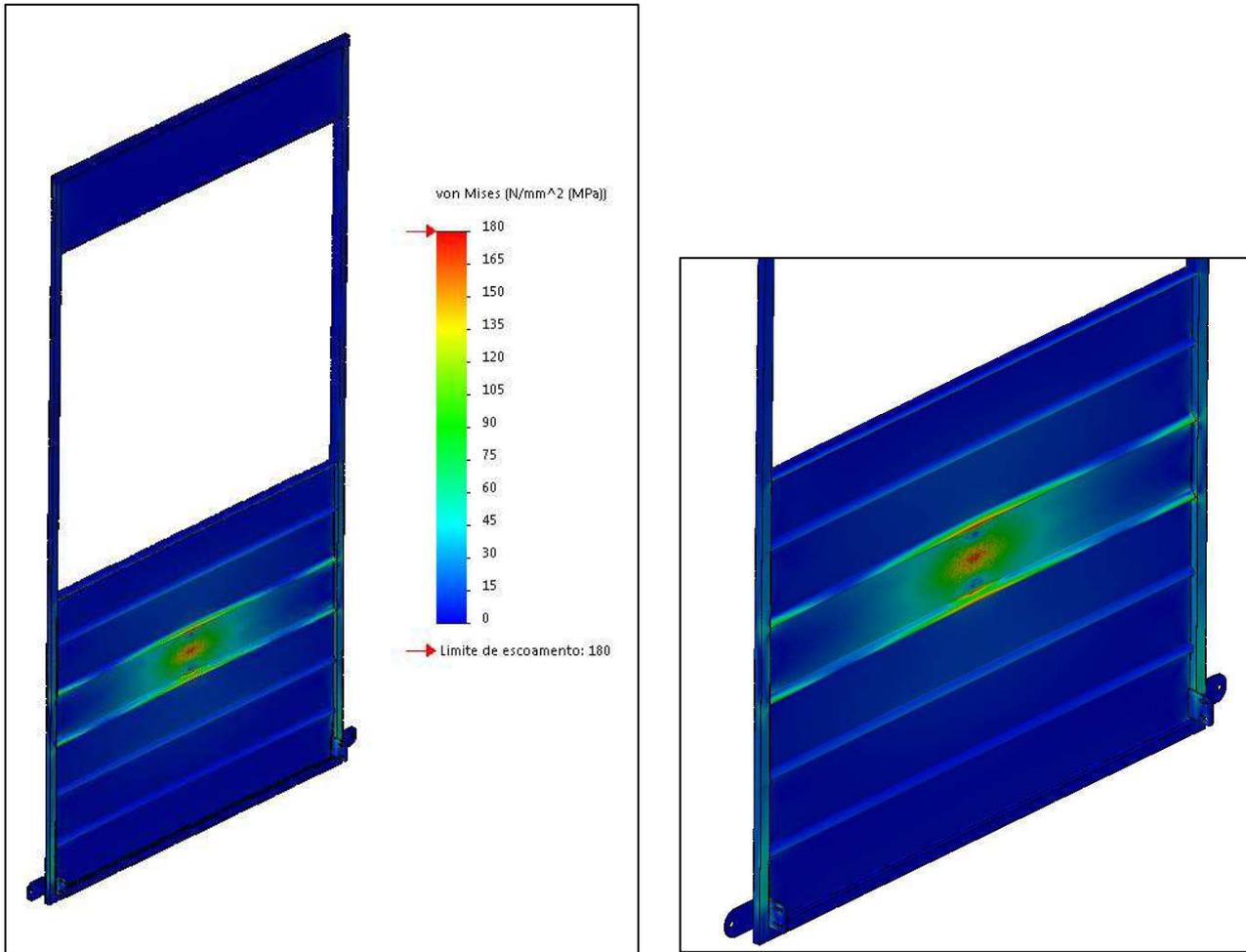
Para dimensionamiento de la puerta del ascensor se consideró una carga de 300N aplicada en la región más frágil, que es el centro del revestimiento, en un área de 100x50mm (5.000mm<sup>2</sup>) conforme abajo:



Con ese cargamento impuesto al modelo, se realizó un análisis numérico, en el cual se obtuvieron los resultados presentados a continuación:

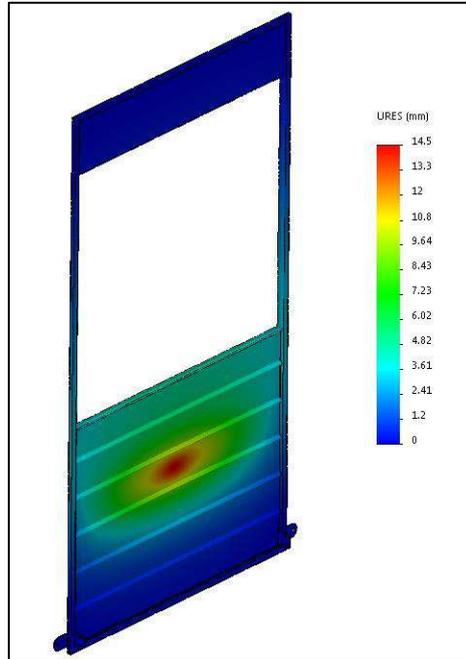


## Tensión



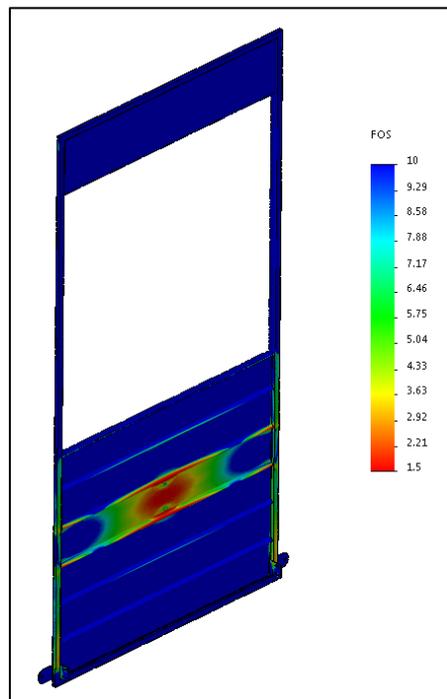
Como podemos observar, las tensiones no exceden el límite de flujo del material, que en ese caso estamos considerando 180MPa.

## Desplazamiento



Como podemos observar, el desplazamiento máximo de la estructura será de 14,5mm.

## Factor de seguridad de 1,5



La norma ABNT NBR 16200 requiere un coeficiente de seguridad mínimo de 1,5, conforme podemos ver en la imagen arriba esa exigencia es atendida

## Dimensionamiento de las puertas de los suelos

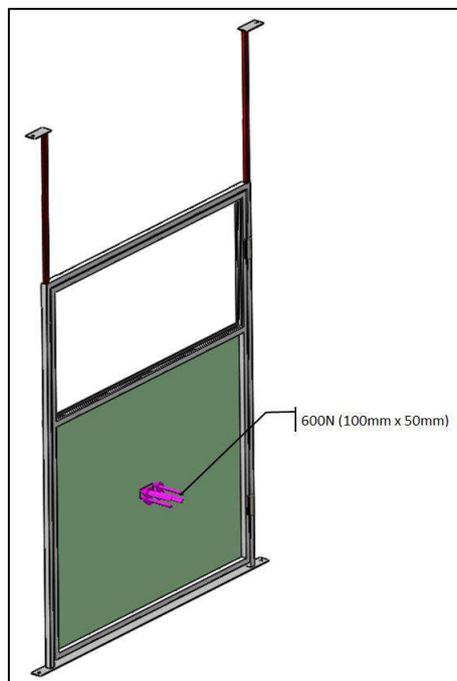
Las puertas de acceso a los pavimentos también deben ser dimensionadas para que proporcionen seguridad a los usuarios del equipo y también para estar y acuerdo con las exigencias de la norma ABNT NBR 16200, conforme abajo:

**5.5.4.1** As portas do pavimento de altura plena devem possuir resistência mecânica, de forma que na posição travada e quando aplicada às portas uma força de 300 N em ângulos retos em qualquer ponto e em qualquer face, a força sendo aplicada utilizando uma face plana rígida quadrada ou redonda de 5 000 mm<sup>2</sup>, elas:

- resistam sem deformação permanente;
- resistam sem deformação elástica maior que 30 mm;
- operem satisfatoriamente após este ensaio.

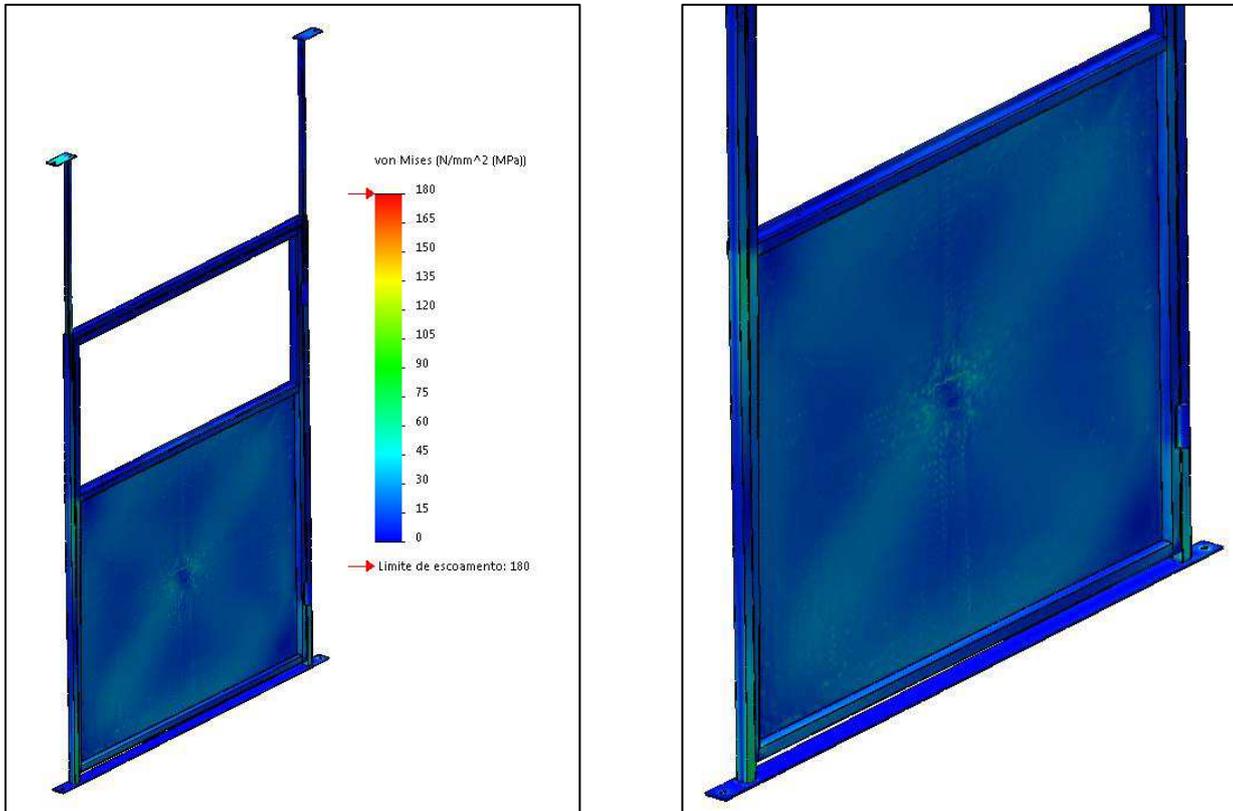
Quando aplicada às portas uma força de 600 N em ângulos retos em qualquer ponto e em qualquer uma das faces utilizando uma face quadrada rígida ou redonda plana de 5 000 mm<sup>2</sup>, elas podem falhar quanto aos critérios citados acima, porém as portas devem permanecer seguras.

Para dimensionamiento de la puerta del pavimento se consideró una carga de 600N aplicada en la región más frágil, que es el centro del revestimiento, en un área de 100x50mm (5.000mm<sup>2</sup>) conforme abajo:



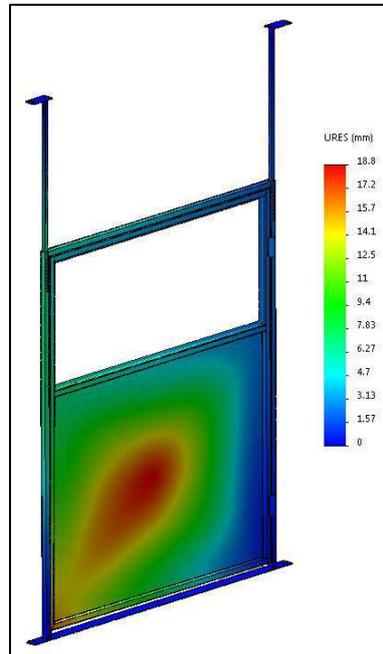
Con ese cargamento impuesto al modelo, se realizó un análisis numérico, en el cual se obtuvieron los resultados presentados a continuación:

## Tensão



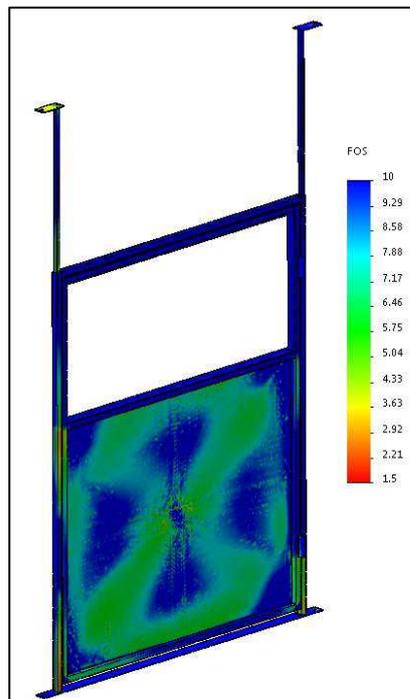
Como podemos observar, las tensiones no exceden el límite de flujo del material, que en ese caso estamos considerando 180MPa.

## Desplazamiento



Como podemos observar, el desplazamiento máximo de la estructura será de 18,8 mm.

## Factor de seguridad de 1,5



La norma ABNT NBR 16200 requiere un coeficiente de seguridad mínimo de 1,5, conforme podemos ver en la imagen arriba esa exigencia es atendida.

## Dimensionamiento del freno

Los componentes que hacen la fijación del freno y la región de la estructura donde está fijado deben ser dimensionados para que proporcionen seguridad a los usuarios del equipo y también para estar y acuerdo con las exigencias de la norma ABNT NBR 16200, conforme abajo:

**5.6.2.2** O freio de segurança deve ser capaz de parar e manter a cabina parada com 1,3 vez a carga nominal. O freio de segurança deve ser calculado atendendo ao estabelecido em 5.2, especialmente em 5.2.2.8.

O retardamento do freio de segurança com qualquer carga na cabina até a carga nominal deve estar entre 0,05 g e 1,0 g, sem nenhum pico excedendo 2,5 g por mais de 0,04 s. Esses valores podem ser excedidos se o freio de segurança desarmar antes que a operação de rearmação esteja concluída.

**5.2.2.8** Para determinar as forças produzidas por uma operação do freio de segurança de sobrevelocidade, o total da soma da carga viajando deve ser multiplicado pelo fator 2,5.

Pode ser utilizado um fator menor, mas não menor que 1,2, desde que verificado por ensaio sob todas as condições de carregamento de até 1,3 vez a carga nominal, incluindo quaisquer efeitos de inércia do sistema de acionamento.

### Información del freno utilizado:

Fabricante: Mecânica Corpas  
Modelo: DSC40KN12

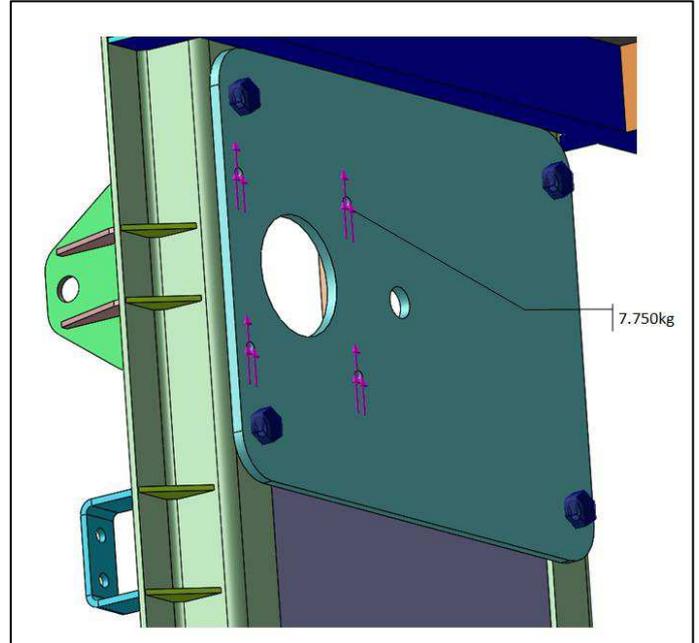
Capacidad de trabajo: 40KN  
Capacidad de frenado: 100KN

Velocidad de trabajo: 21m/min  
Velocidad de disparo: 31m/min

El peso de la cabina del elevador es de 1.600 kg y la carga máxima transportada es de 1.500 kg, siendo así durante la operación normal del elevador el freno estará sujeto a una carga de 3.100 kg (30,4 kN), esa carga es la suma del peso de la cabina con la máxima carga admisible (1.600 kg + 1.500 kg). Si se considera un 30% de sobrecarga, el cargamento impuesto al freno será de 3.550 kg (35,5 kN), es decir, 1.600kg + 1.500kg x 1,3. Incluso en el caso extremo, con sobrecarga, la capacidad de trabajo del freno no es inferior a la carga impuesta por el elevador.



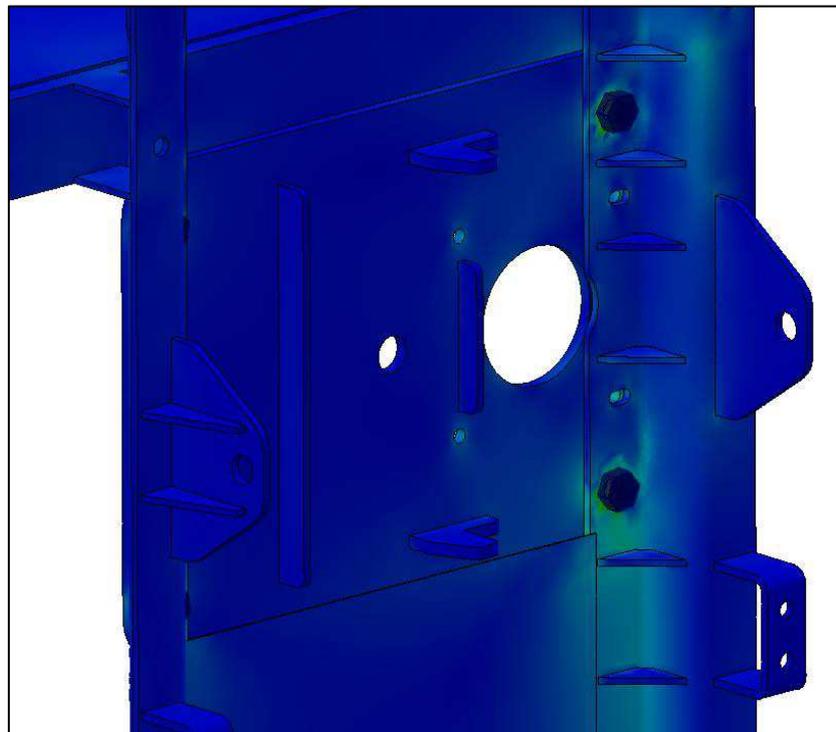
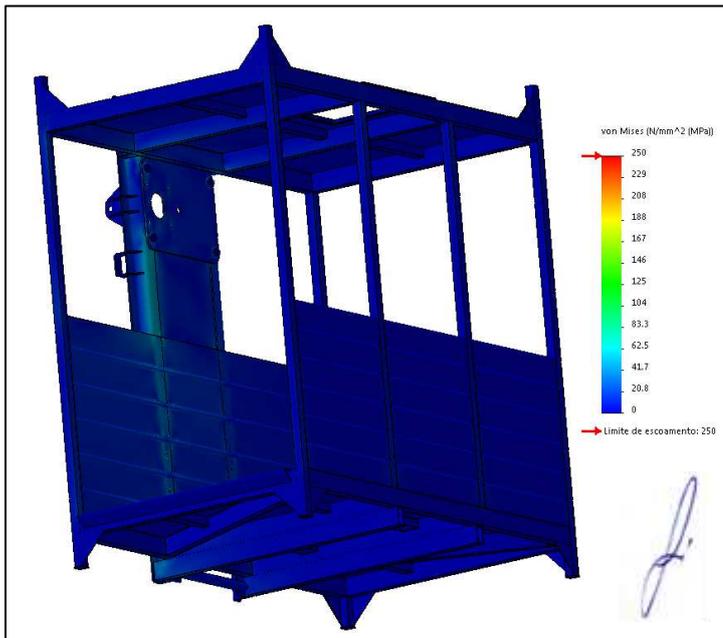
Para dimensionar la fijación del freno fue considerada una fuerza de **7.750 kg**, que es la carga límite a ser transportada sumada con el peso de toda la estructura (3.100 kg) **multiplicados por 2,5**, esa fuerza fue aplicada en la región donde el freno es fijado y en sentido vertical, según se indica a continuación:



Con ese cargamento impuesto al modelo, se realizó un análisis numérico, en el cual se obtuvieron los resultados presentados a continuación:

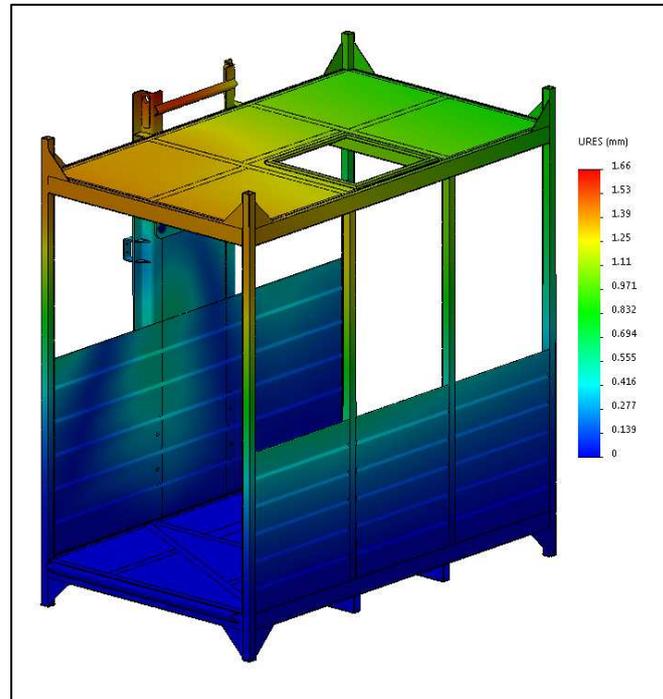


## Tensión



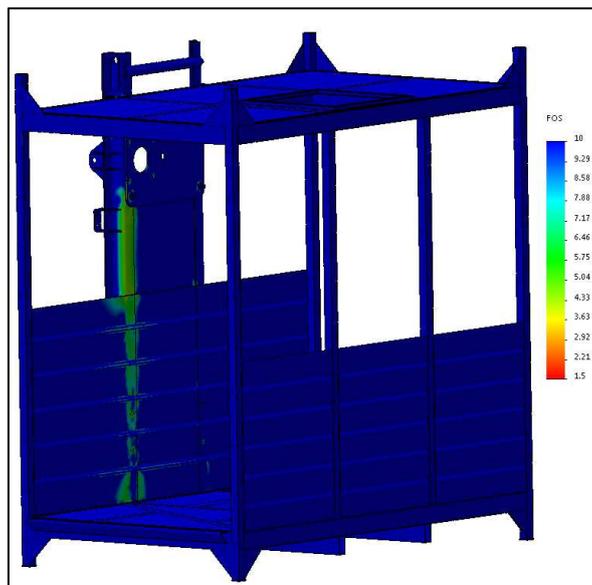
Como podemos observar, las tensiones no exceden el límite de flujo del material, que en ese caso estamos considerando 250MPa.

## Desplazamiento



Como podemos observar, el desplazamiento máximo de la estructura será de 1,66mm.

## Factor de seguridad de 1,5



La norma ABNT NBR 16200 requiere un coeficiente de seguridad mínimo de 1,5, conforme podemos ver en la imagen arriba esa exigencia es atendida.

## Vida en fatiga del piñón y cabina

Los componentes que sufren los ciclos de operación son vulnerables a fallar debido a la fatiga, para evitar este tipo de fallo se hará un análisis de fatiga para el piñón y otro para la estructura de la cabina, la carga y el número de ciclos que la la estructura debe resistir está descrita en la ABNT NBR 16200, conforme abajo:

### 5.2.6 Análise da tensão de fadiga dos componentes do sistema de acionamento e freada

**5.2.6.1** A análise da tensão de fadiga deve ser feita para todos os componentes de apoio e juntas que sejam críticos à fadiga, como eixos e engrenagens. Essa análise deve levar em conta o grau de flutuação da tensão e o número de ciclos de tensão que pode ser um múltiplo do número de ciclos de carga.

Para determinar o número de ciclos de tensão, o fabricante deve levar em conta o seguinte:

- 165 000 movimentos com 50 % da carga nominal na cabina;
- 165 000 movimentos com a cabina vazia.

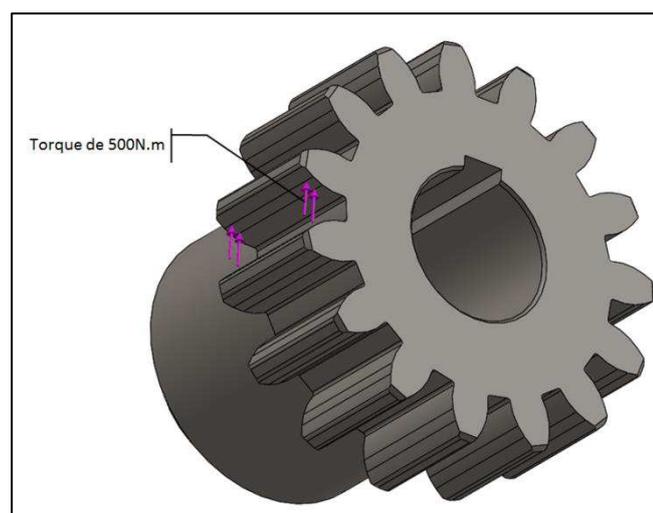
Para o cálculo dos acionadores deve-se levar em conta um comprimento de percurso de 20 m para cada movimento (aceleração a partir do repouso até a velocidade nominal – percurso em velocidade nominal – desaceleração até uma parada total) (ver também 7.1.2.10).

Para cada componente, deve ser considerada a combinação menos favorável de subidas e descidas.

**NOTA** O número de movimentos de um elevador de passageiros é baseado em um trabalho intermitente de  $3,3 \times 10^5$  (por exemplo, 5 anos, 50 semanas por ano, 44 horas por semana, 30 movimentos por hora).

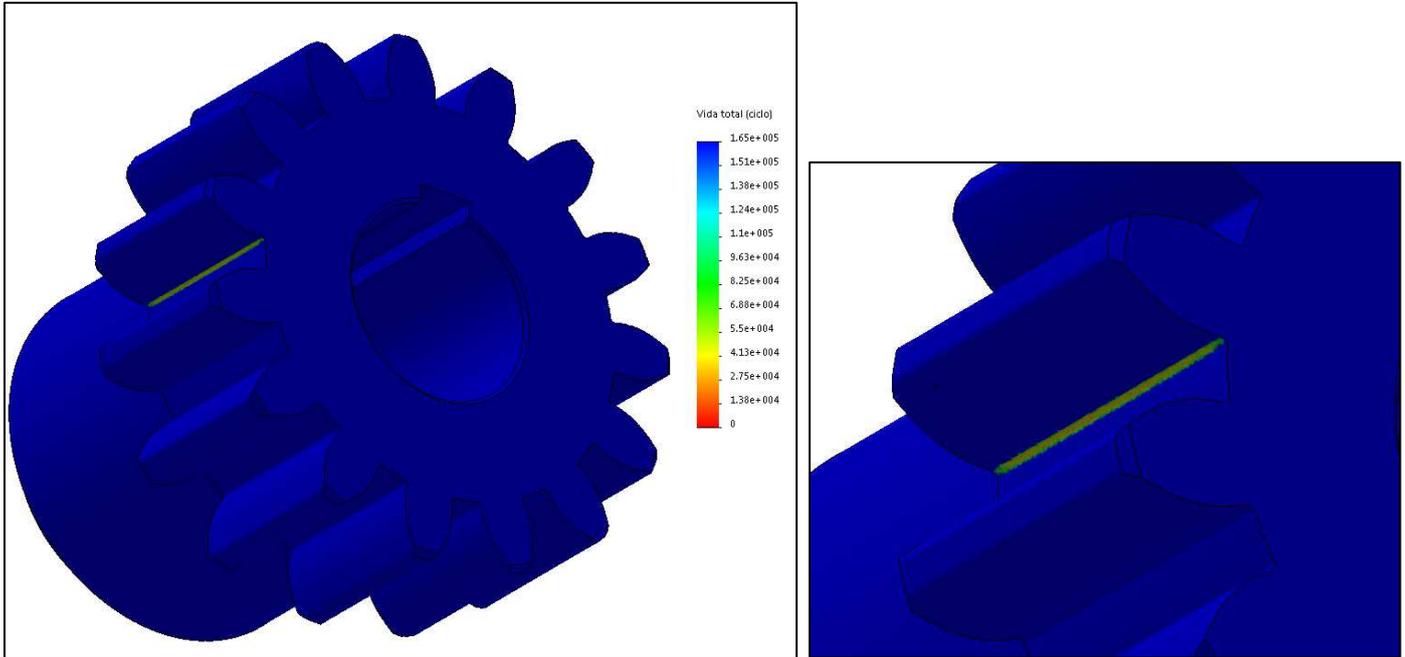
**5.2.6.2** Cada eixo deve possuir um coeficiente de segurança mínimo igual a 2,0 com base no limite de resistência à fadiga do material, considerando todos os efeitos de entalhe.

Para el análisis de fatiga del piñón se consideró un torque de 50% de lo necesario para desplazamiento de la cabina con carga total, eso corresponde a **500N.m**, esa fuerza fue aplicada uno de sus dientes, en la región de contacto con la cremallera, conforme abajo:



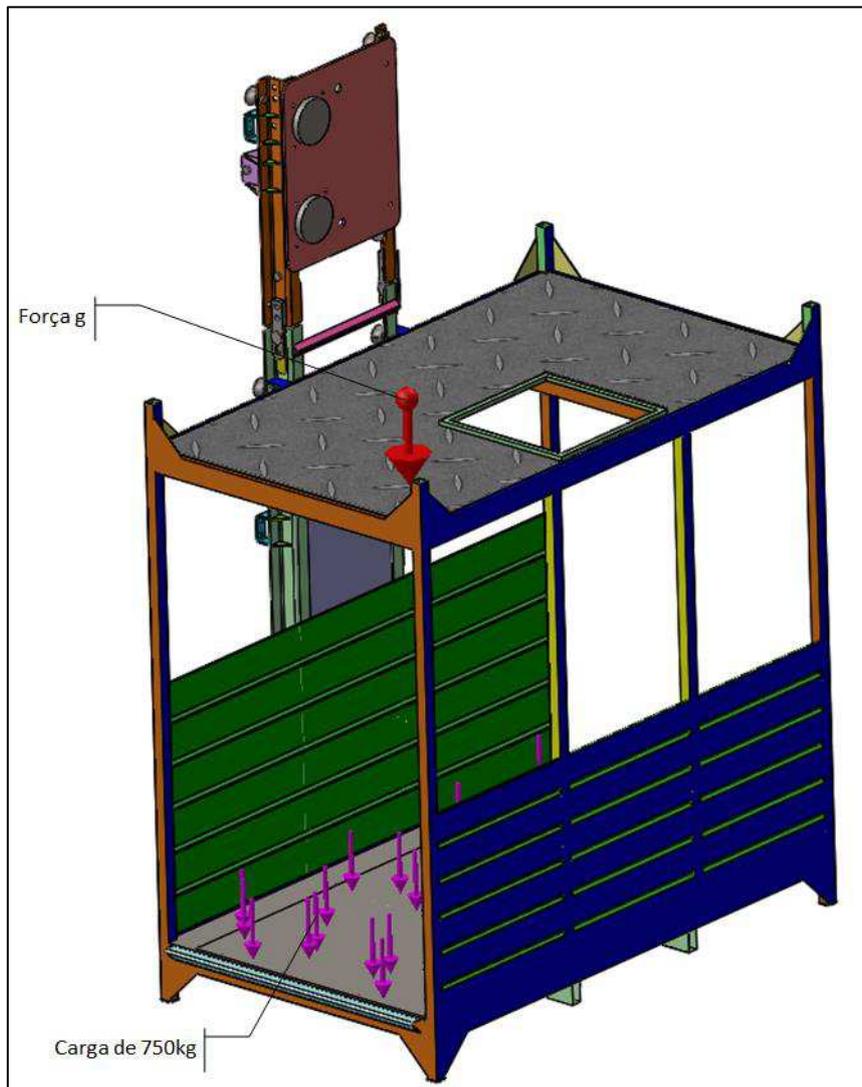
Con ese torque impuesto al modelo, se realizó un análisis numérico, en el cual se obtuvieron los resultados presentados a continuación:

## Vida del piñón



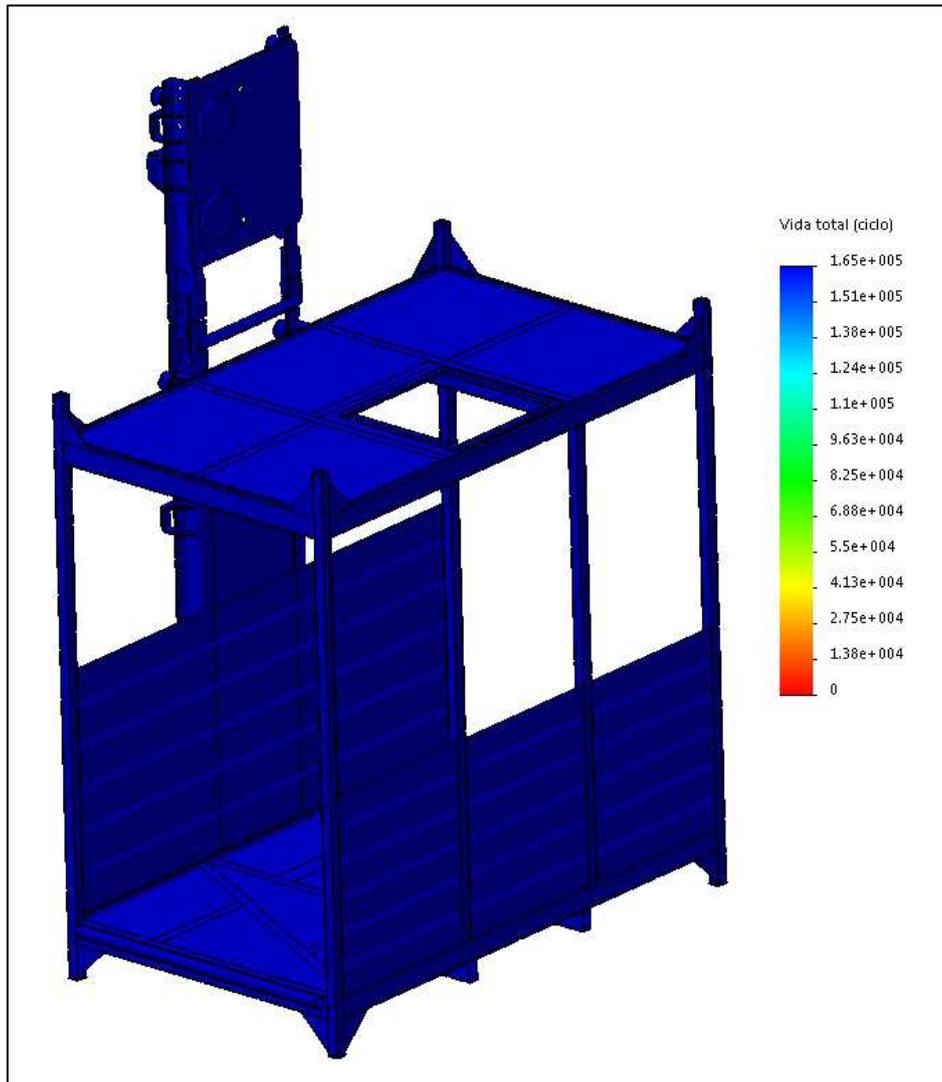
Como podemos observar, el daño ocasionado por los 165.000 ciclos es muy pequeño y concentrado en el pie del diente.

Se realizou otro análisis de fatiga, esta vez con la estructura de la cabina, donde fue hecho un cargamento del 50% de la carga máxima admisible, eso corresponde a 750 kg, esa fuerza fue aplicada en el piso, en el 80% del área total, conforme abajo:



Con ese cargamento impuesto al modelo, se realizó un análisis numérico, en el cual se obtuvieron los resultados presentados a continuación:

## Vida de la cabina



Como podemos observar, el daño ocasionado por los 165.000 ciclos es prácticamente inexistente y no daña la estructura.

---

## Dimensionamiento de la Torre

La torre del elevador debe ser dimensionada para soportar todos los esfuerzos derivados de la carga, acción del viento y peso propio, la simulación numérica fue hecha con todos los componentes estructurales que forman parte de la torre con base en la norma ABNT NBR 16200, conforme abajo:

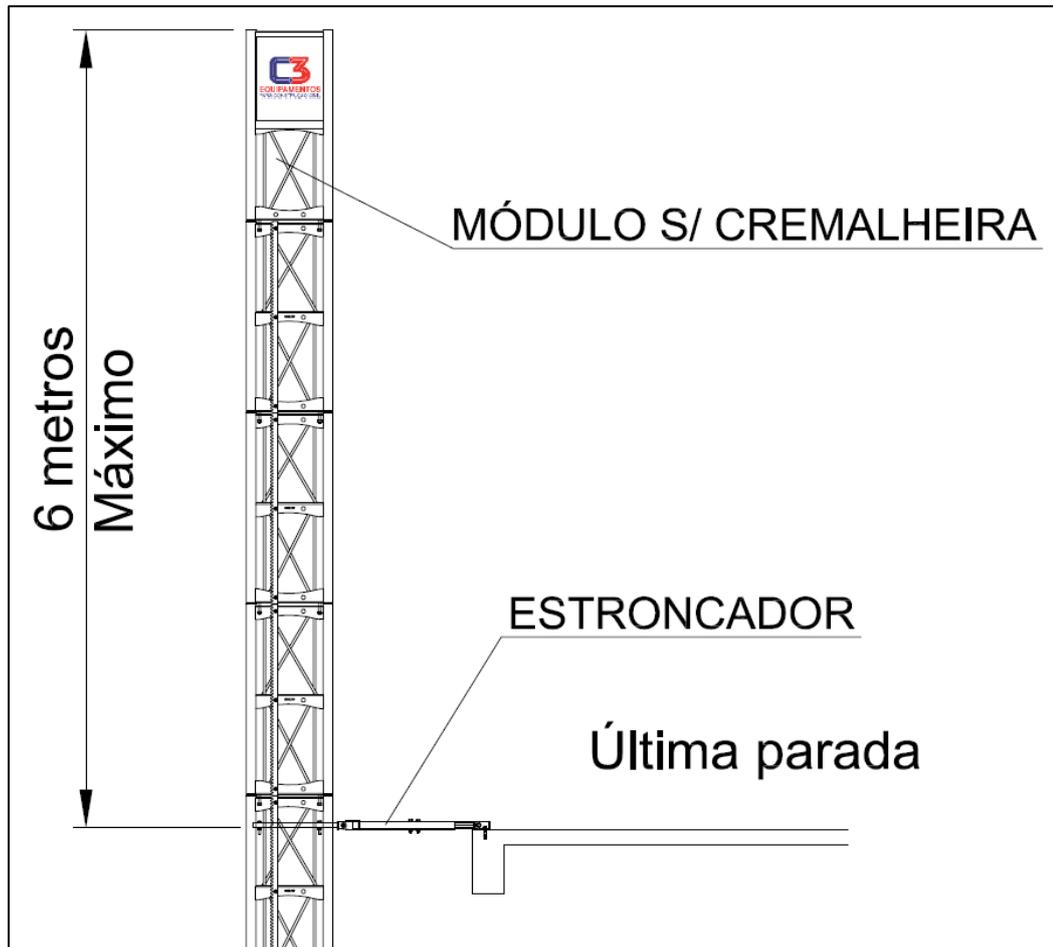
### **5.4 Torre, amarrações e para-choques**

#### **5.4.1 Estruturas de guiamento e torres**

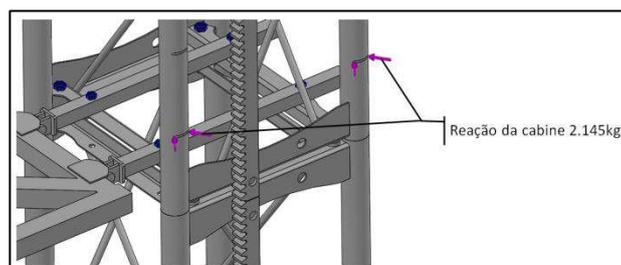
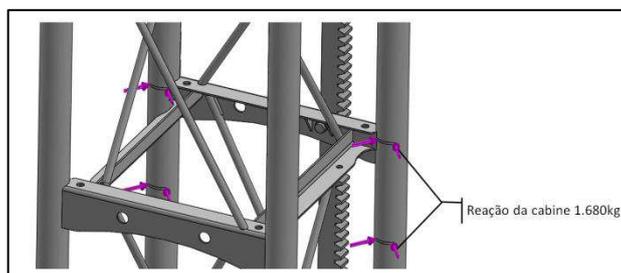
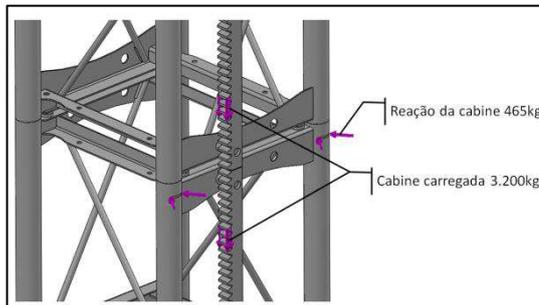
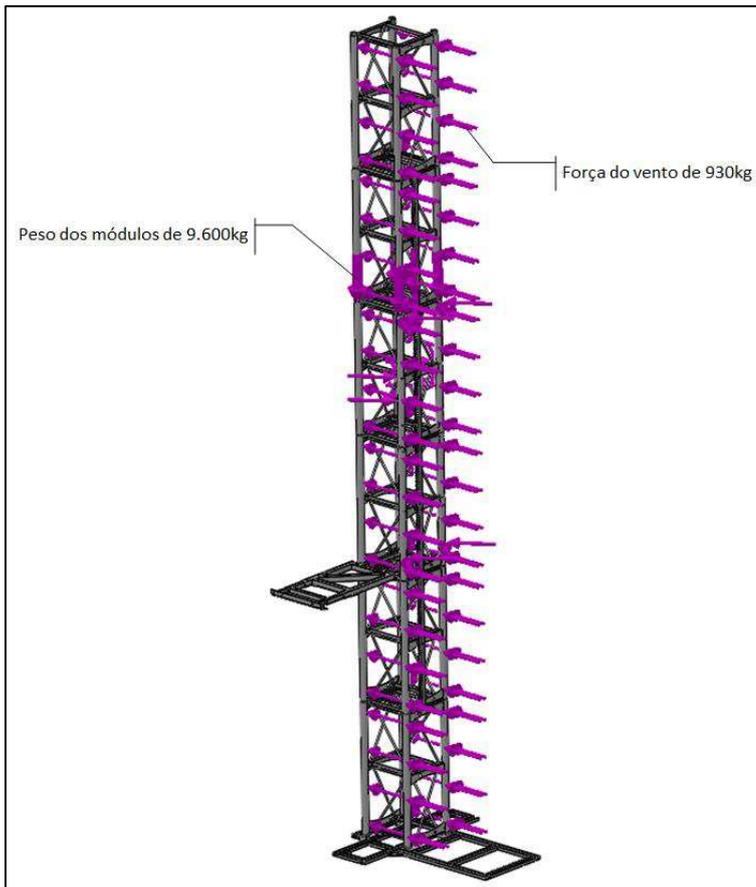
**5.4.1.2** As guias ou torres devem ser projetadas de tal forma que possam suportar todos os casos de carga estipulados em 5.2.

Para dimensionar la torre se consideraron las cargas impuestas por la cabina, con plena carga, fuerza del viento y también el peso propio de los módulos que no forman parte del análisis, estos módulos alcanzan una altura de trabajo de 60m.

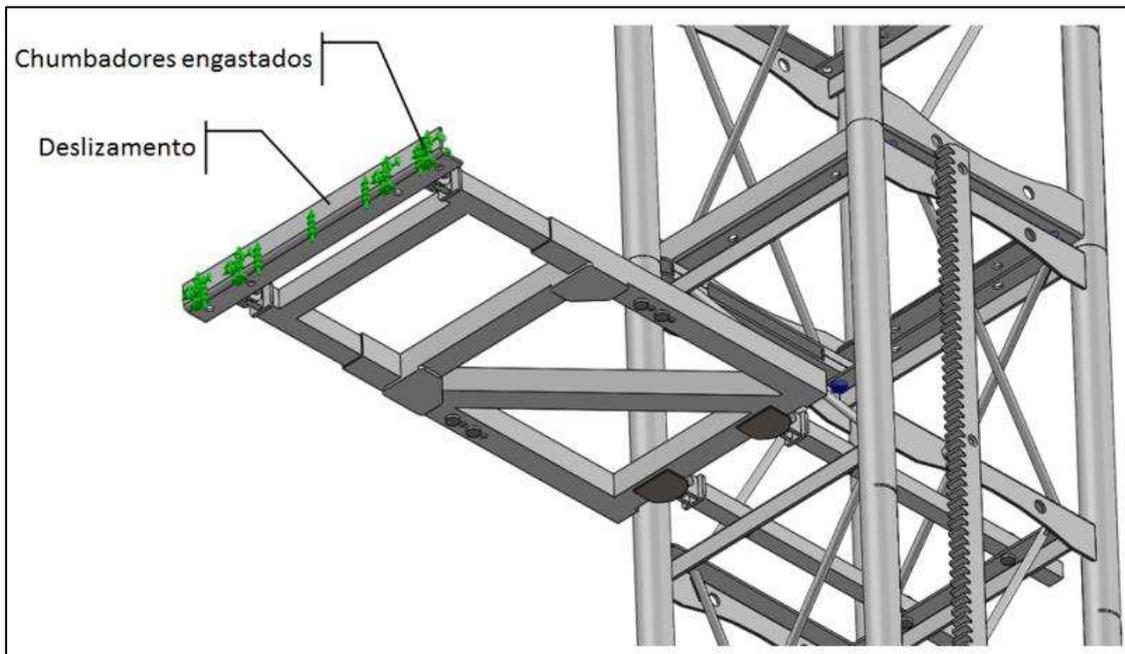
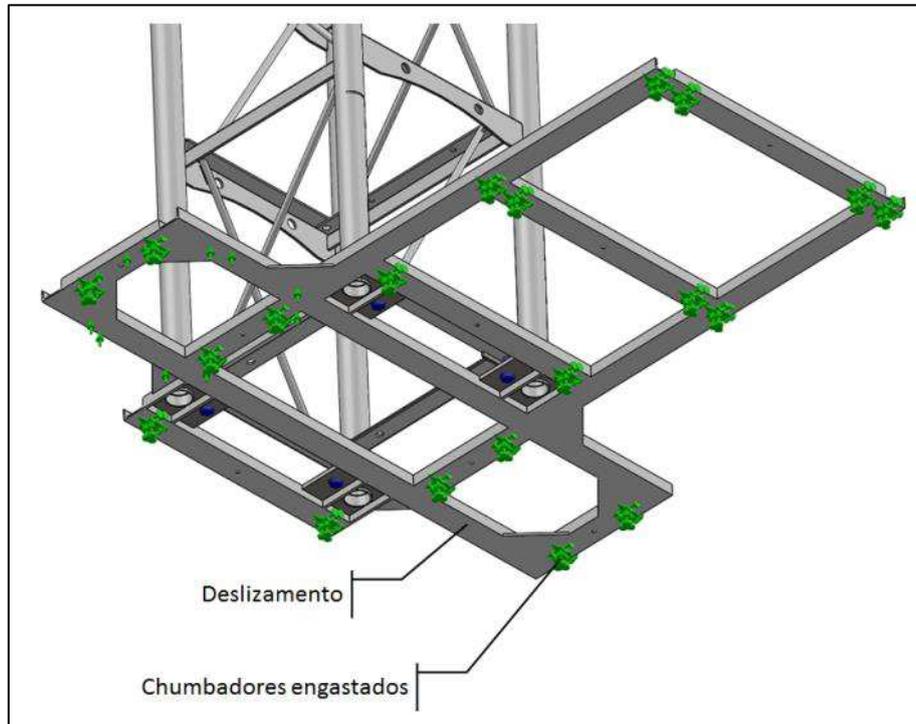
La altura máxima en balance (distancia por encima del último estroncador) nunca debe exceder los 6 metros y SIEMPRE debe haber un estroncador fijando la torre en la última losa ya concretada, conforme imagen a seguir:



Las fuerzas impuestas por la acción del viento siguen los mismos patrones utilizados en el dimensionamiento de la cabina, con velocidad de 45m / s y coeficiente aerodinámico de 1,2. A continuación se muestra el modelo numérico de la cabina con los esfuerzos arriba mencionados:

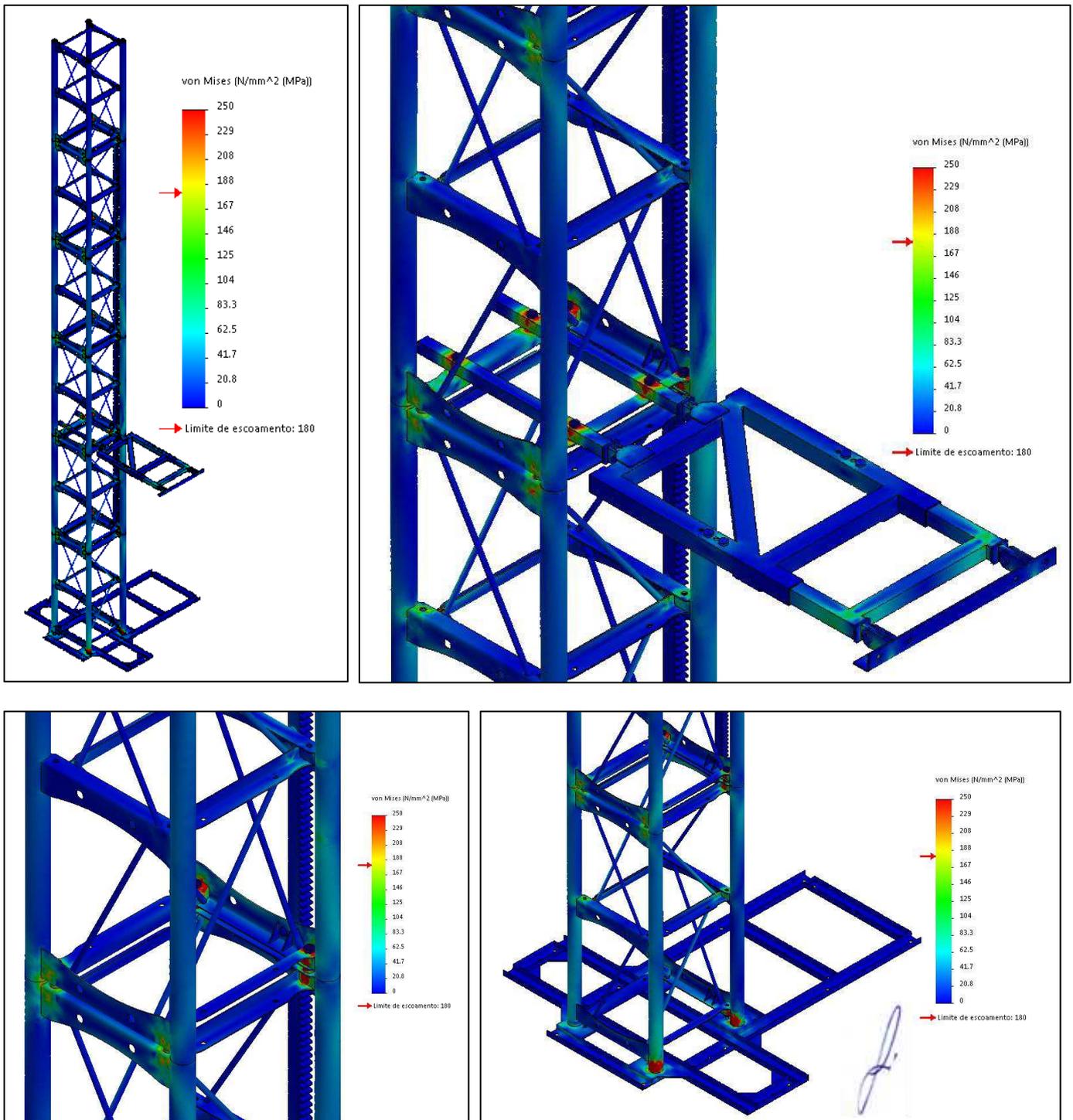


Las restricciones se impusieron simulando la utilización del equipo, es decir, los puntos donde se fijan los plomos son engastados y las caras de contacto con el piso y pared posibilitan el deslizamiento, conforme imagen abajo:



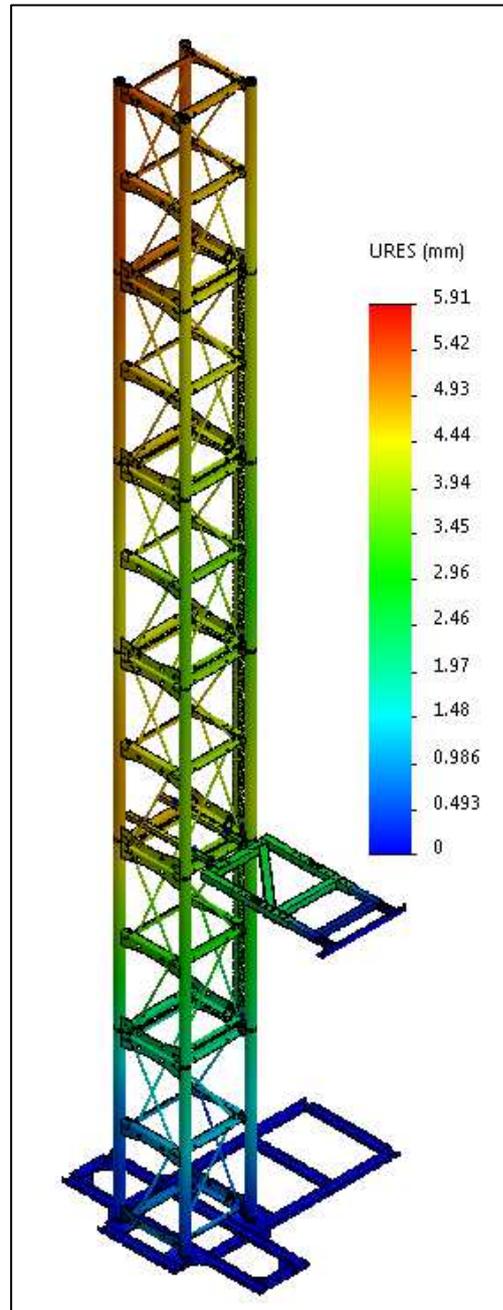
Con estos cargamentos y restricciones impuestas al modelo, se realizó un análisis numérico, en el cual se obtuvieron los resultados encontrados a continuación:

## Tensão



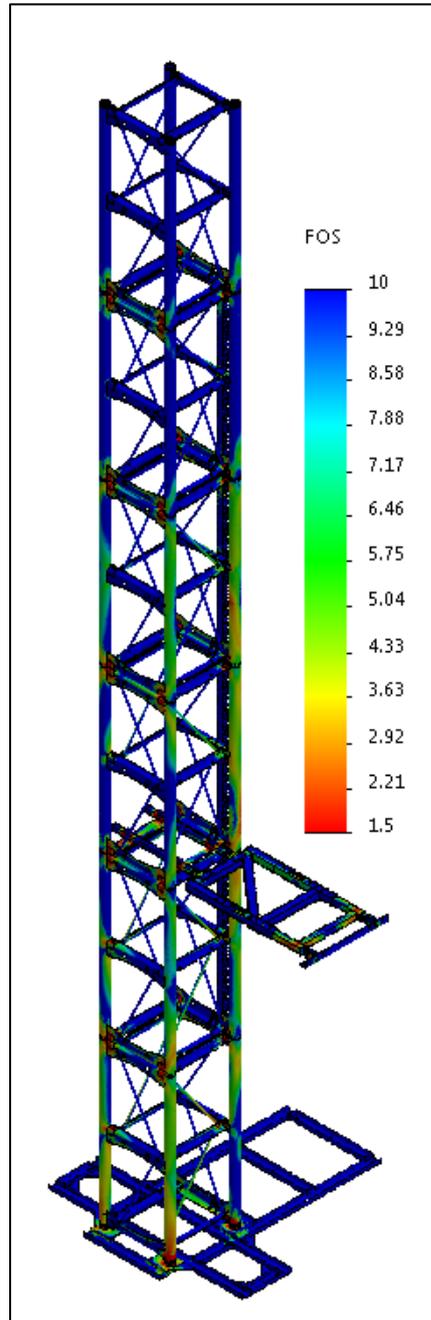
Conforme podemos observar, existem pequenas regiões que excedem o limite de fluxo do material, isto acontece nos pontos de união dos módulos e é consequência do torque aplicado nos parafusos para a execução do análise (400N.m). Esta tensão não afeta a integridade estrutural do equipamento.

## Desplazamiento



Como podemos observar, el desplazamiento máximo de la estructura es de 5,91m

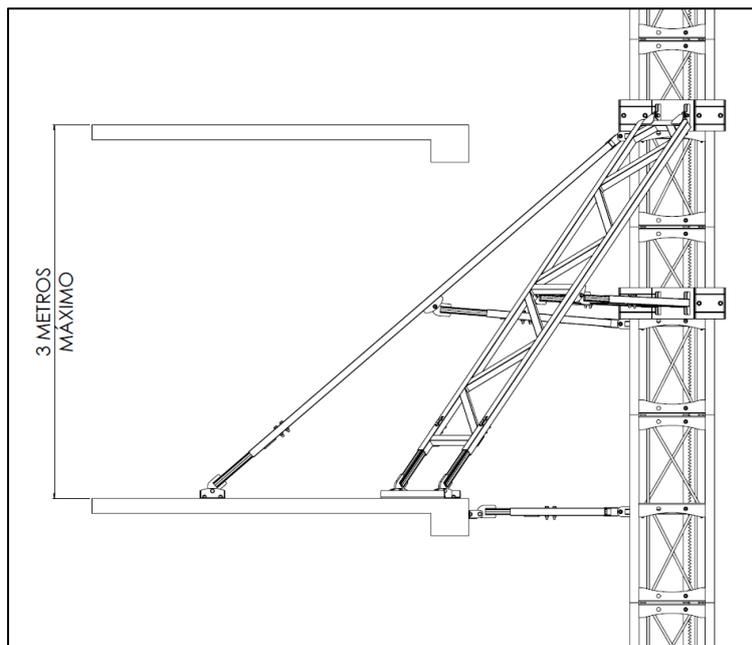
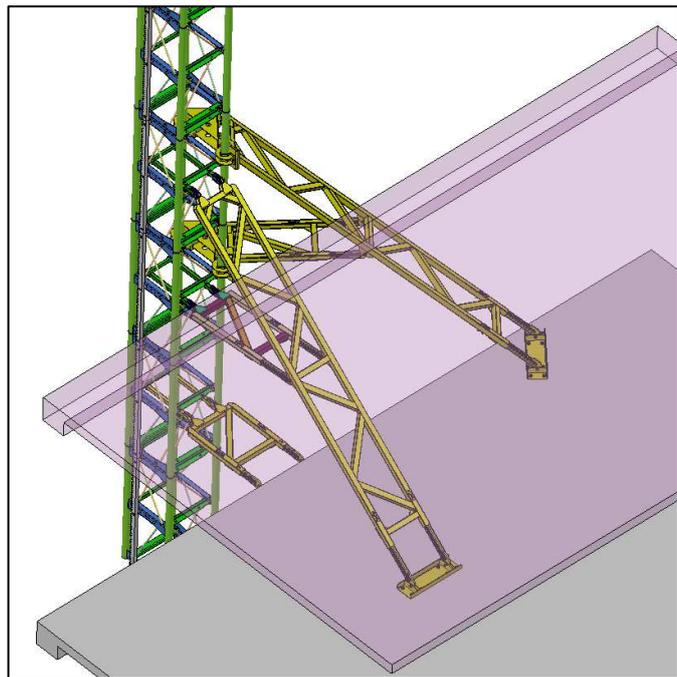
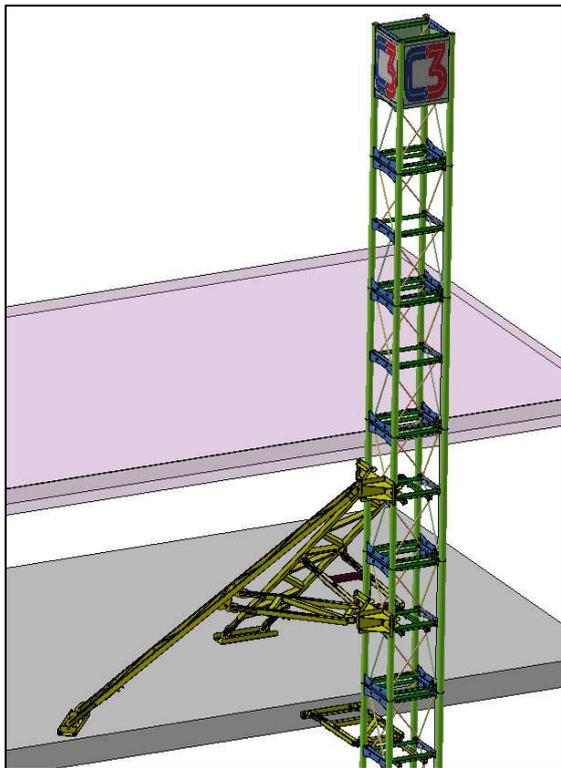
## Factor de seguridad de 1,5



Como se puede observar, las mismas regiones donde la tensión es más elevada se mostraron con un factor de seguridad menor, pero como comentado anteriormente, esto es consecuencia del torque aplicado en los tornillos, para la ejecución del análisis, eso no afecta la integridad estructural del equipo.

## Dimensionamiento de la Torre para losa no concretada

Sólo se permite que la cabina del elevador acceda a la losa aún no concretada si se montan los estroncadores para esa finalidad, con los que es posible que la cabina del ascensor quede a un máximo de 3 metros por encima de la losa concretada, conforme imagen abajo:

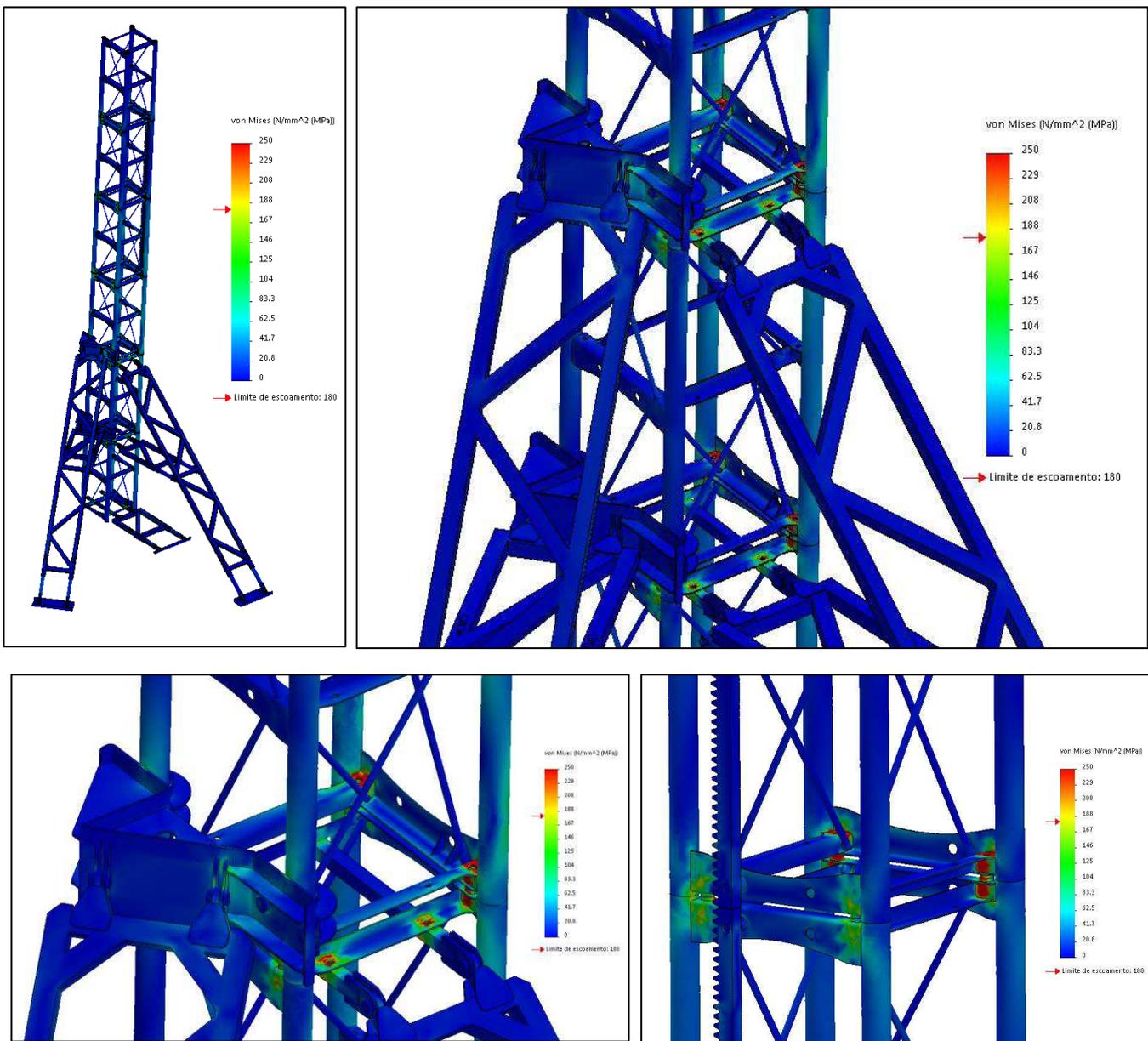


A handwritten signature in blue ink, located in the bottom right corner of the page.

Las fuerzas impuestas a la estructura son las mismas usadas para el dimensionamiento de la torre, vistas anteriormente, como por ejemplo la fuerza del viento, el peso propio de los módulos y los esfuerzos impuestos por la cabina y carga. Las restricciones de bloqueo para este estroncador también son las mismas presentadas anteriormente en el análisis de la torre.

Con estos mismos cargamentos y restricciones impuestas al modelo, se realizó un análisis numérico, en el cual se obtuvieron los resultados presentados a continuación:

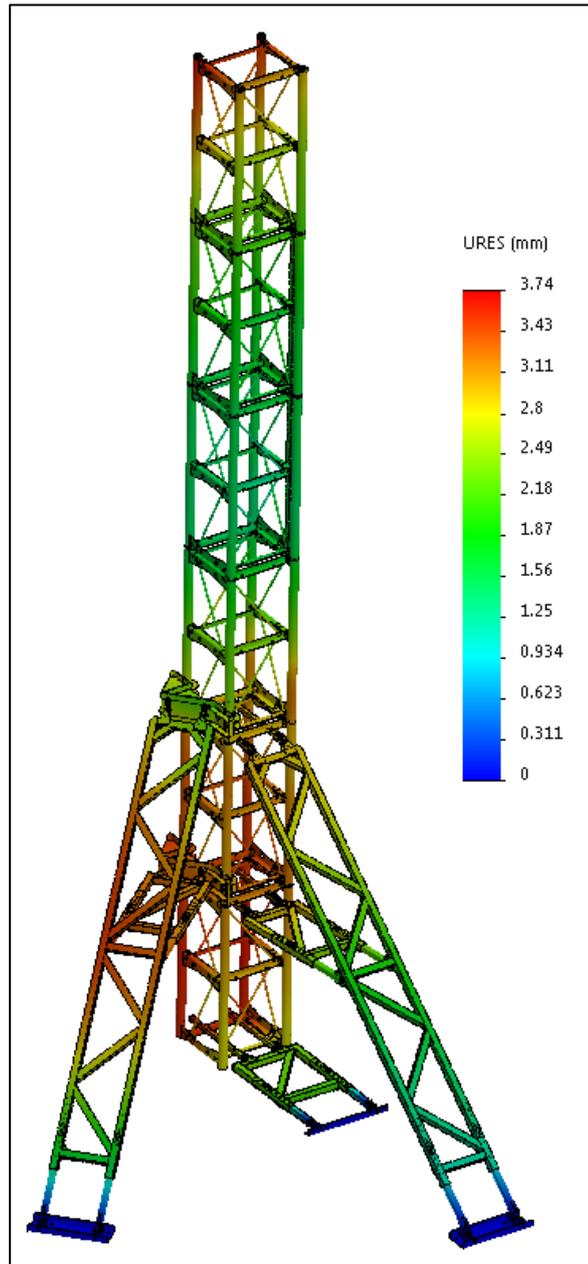
## Tensión



Conforme podemos observar, existen pequeñas regiones que exceden el límite de flujo del material, esto acciona en los puntos de unión de los módulos y es consecuencia del torque aplicado en

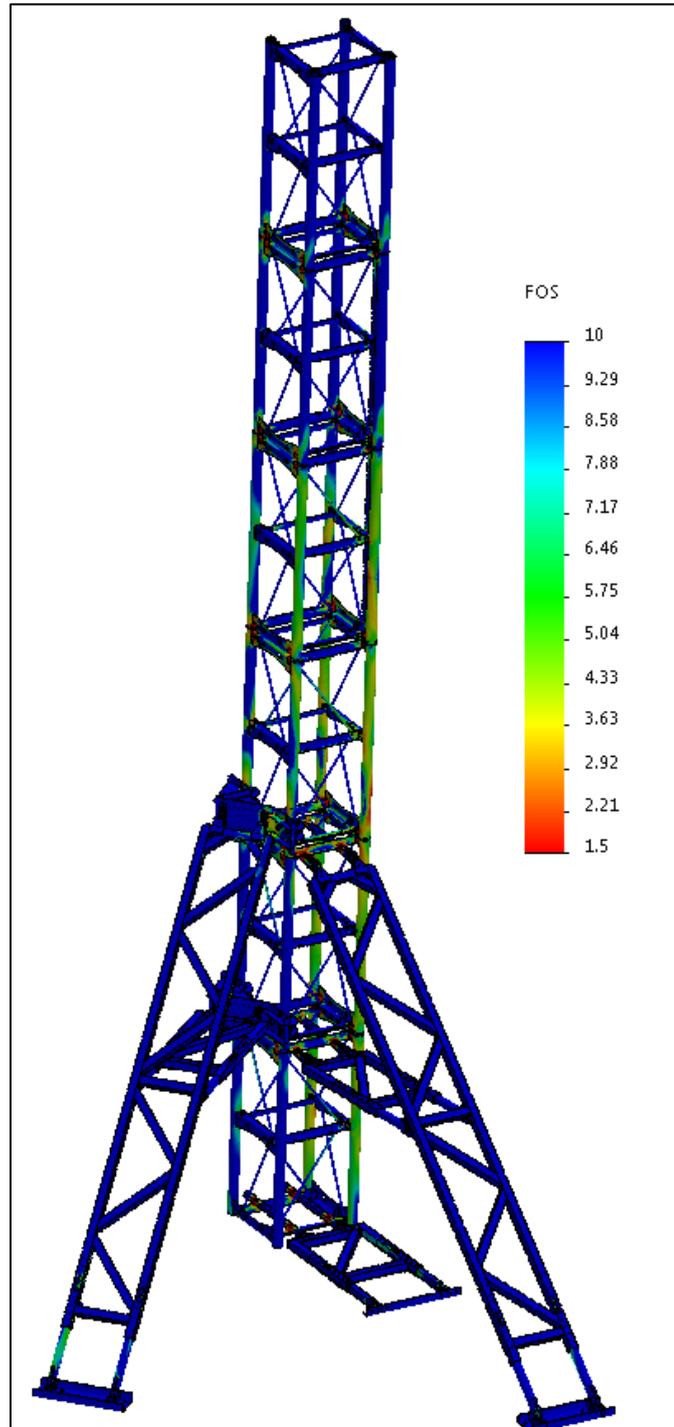
los tornillos para la ejecución del análisis (400N.m). Esta tensión no afecta la integridad estructural del equipo.

## Desplazamiento



Como podemos observar, el desplazamiento máximo de la estructura es de 3,74 mm.

## Factor de seguridad de 1,5



Como se puede observar, las mismas regiones donde la tensión es más elevada se mostraron con un factor de seguridad menor, pero como comentado anteriormente, esto es consecuencia del torque aplicado en los tornillos, para la ejecución del análisis, eso no afecta la integridad estructural del equipo.

## Conclusión

Después de realizar y evaluar los análisis numéricos es posible afirmar que el **Elevador de cremallera modelo EC3 2515** está aprobado para operar con carga máxima de 1.500 kg o 15 pasajeros a una altura máxima de trabajo de hasta 120m.

Caxias do Sul, 22 de diciembre de 2016.



Fernando Luis Tregansin  
Eng<sup>o</sup> Mecânico  
CREA RS183071