



Proyecto final: Validación del rotor de un helicóptero

Para el desarrollo de este proyecto, el objetivo era realizar la comprobación del diseño del rotor de un helicóptero aplicando conceptos vistos en el componente teórico de la asignatura, es decir, en primera instancia lo que se realizó fue la simulación del rotor teniendo en cuenta las medidas de la sección transversal que para este caso era de tipo tubular como se muestra a continuación.

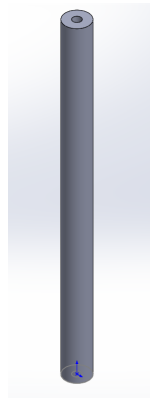


Figura 1: Rotor simulado en solidworks

Seguidamente, tras haber simulado la pieza en dicho software empleamos otra característica del mismo, la cual nos permite realizar el análisis estático de nuestro rotor, por ende tenemos que tener en cuenta los tres factores necesarios para completar dicho proceso, en primera instancia está el material el cual está definido por el enunciado de nuestro problema el cual es stainless steel 316 bar, las sujeciones del ejercicio que para nuestro caso únicamente se puso una en la parte superior de la barra simulando la relación entre el rotor y las hélices y por último tenemos la sección de fuerzas externas las cuales son dos, la primera la fuerza de torsión que generan las hélices sobre el rotor y una fuerza de carácter axial que representa el peso del rotor todo esto se se ve expuesto en la figura 2.

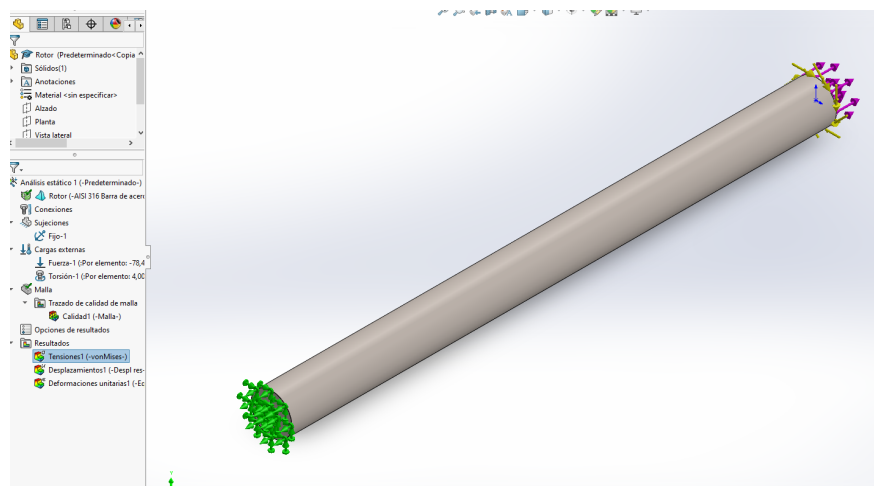




Figura 2: Simulación del rotor con material, sujeciones y fuerzas

Posteriormente, procedemos a ejecutar la simulación con el fin de identificar los puntos donde más se concentra el esfuerzo, que para el caso nuestro tal como se observa en la figura 3 se concentra principalmente en la parte superior donde se encuentran las hélices y el mayor esfuerzo de torsión en el diámetro externo de la sección tubular por lo que calcularemos el esfuerzo principal en dicho punto.

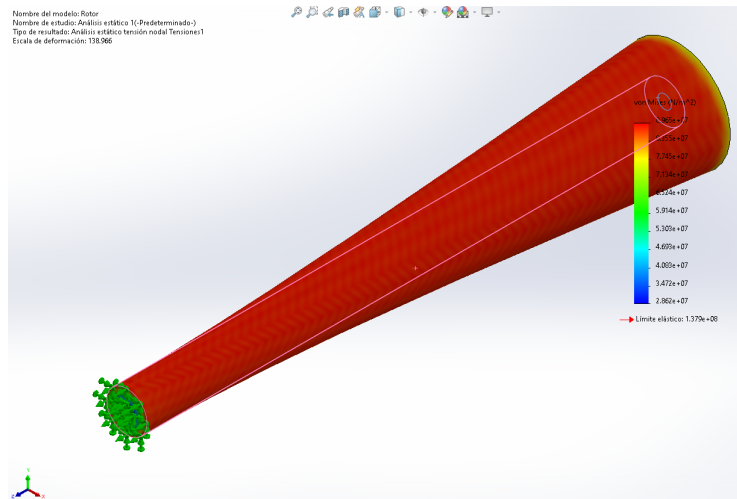


Figura 3: Análisis estático

Seguidamente, ya con el punto a evaluar brindado por la simulación procedemos a realizar el estado de esfuerzos para ese punto de donde obtenemos los siguientes valores, los cuales en una ocasión posterior nos servirán para hallar los esfuerzos principales.

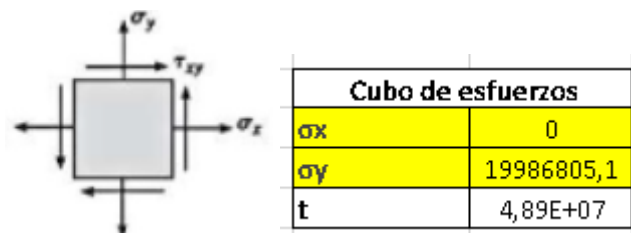


Figura 4: Estado de esfuerzos

Continuando con el desarrollo de la práctica, procedemos a hallar los esfuerzos principales teniendo en cuenta el estado de esfuerzos y las ecuaciones del círculo de mohr, obteniendo los siguientes valores:



Círculo de Mohr	
R	49903253,7
σ_{avg}	9993402,54
σ_1	59896656,2
σ_2	-39909851,1

Tabla 1: Esfuerzo principales a partir del círculo de Mohr

Dado lo anterior, lo que se hace ahora es aplicar la teoría de falla con el fin de responder si el diseño es viable o directamente falla por lo que aplicando las fórmulas correspondientes a máximo esfuerzo cortante (tabla 2) y máxima energía de distorsión (tabla 3) obteniendo que por ambos teoremas el rotor debería de fallar.

MSS		
$\sigma_1 - \sigma_2$ [Pa]	99806507,35	
n	2,5	
S_y [Pa]	240000000	
S_y/n	96000000	
$\sigma_1 - \sigma_2 \geq S_y/n$	9,98E+07	9,60E+07

Tabla 2: Máximo esfuerzo cortante

DE		
σ_{VM}	87010759,54	
n	2,5	
S_y [Mpa]	240	
S_y/n	96	
$\sigma_{VM} \geq S_y/n$	87010759,5	96

Tabla 3: Máxima energía de distorsión

Llegados a este punto, lo que prosigue es plantear varias alternativas para las cuales el rotor no falle, por lo que planteamos dos posibles soluciones a este problema, en primera instancia habría que reconsiderar los valores de la sección tubular o cambiar el material, por ello siguiendo el hilo de la primera idea lo que hicimos fue calcular un valor distinto del radio externo de la sección tubular para que por ambas teorías no diera la falla, obteniendo los valores que se muestran a continuación junto a su respectiva simulación.

Area	
R.int[m]	R.Ext
0,01250	0,03788
Diametro nuevo	75,75705322

Tabla 4: Nuevo diámetro externo



MSS		
$\sigma_1 - \sigma_2$ [Pa]	95900000	
n	2,5	
S_y [Pa]	240000000	
S_y/n	96000000	
$\sigma_1 - \sigma_2 \geq S_y/n$	9,59E+07	9,60E+07

Tabla 5: Máximo esfuerzo cortante para el nuevo diámetro

DE		
σ_{VM}	83624564,92	
n	2,5	
S_y [Mpa]	240000000	
S_y/n	96000000	
$\sigma_{VM} \geq S_y/n$	8,36E+07	9,60E+07

Tabla 6: Máximo energía de distorsión para el nuevo diámetro

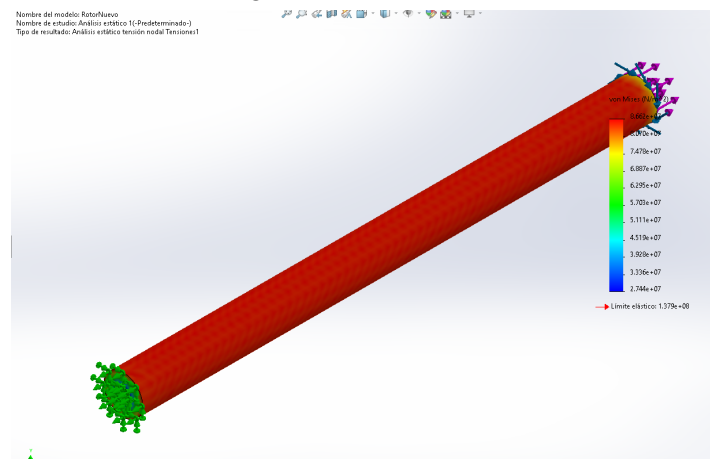


Figura 5: Análisis estático para el nuevo diámetro

Asimismo, planteamos otra alternativa cambiando el material del rotor obteniendo que ahora el material tenía que tener un tensile strength yield de aproximadamente 250 Mpa con el fin de que el rotor funcione, por lo que siguiendo está lógica escogimos el ASTM A709 ya que, es un material que cumple esta característica y al igual que con el primer material es un metal dúctil y de baja densidad lo cual es un factor importante al momento de realizar piezas para un helicóptero y se le añadieron sus respectivos cálculos como se muestra en la siguiente tabla.



MSS		
$\sigma_1 - \sigma_2$ [Pa]	99806507,35	
n	2,5	
S_y [Pa]	249750000	
S_y/n	99900000	
$\sigma_1 - \sigma_2 \geq S_y/n$	9,98E+07	9,99E+07

Tabla 7: Máximo esfuerzo cortante para el nuevo material