

## Treball final de màster

**Estudi:** Màster en Enginyeria Industrial

**Títol:** Optimització del carenat mòbil d'un motor tipus *open-rotor*

**Document:** Resum

**Alumne:** Marc Trafach Avellaneda

**Tutor:** Dr. Dani Trias Mansilla

**Departament:** Enginyeria Mecànica i De la Construcció Industrial

**Àrea:** Enginyeria Mecànica

**Convocatòria (mes/any)** Juny/2015

## INTRODUCCIÓ

L'objecte del present projecte és dissenyar la peça del carenat mòbil d'un motor tipus *open-rotor*. Aquesta peça ha de tenir la mínima massa possible al mateix temps que es compleixen els requeriments imposats.

Un motor tipus *open-rotor* es diferencia dels motors *turbofan* en la posició de les hèlix de la turbina. Mentre que en els motors *turbofan* les hèlix estan muntades a l'interior de la carcassa de la turbina, en els motors tipus *open-rotor* les hèlix estan situades a l'exterior de la carcassa de la turbina tal i com es mostra a la il·lustració 1.

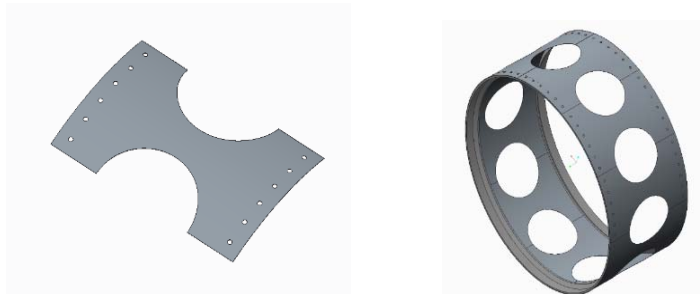


*Il·lustració 1: A l'esquerra un motor tipus turbofan, a la dreta un motor tipus open-rotor.*

L'avantatge dels motors tipus *open-rotor* respecte els motors tipus *turbofan* és el seu menor consum de combustible.

## DESCRIPCIÓ DEL CARENAT MÒBIL

El carenat mòbil del motor tipus *open-rotor* està format per a deu peces unides a uns anells laterals mitjançant unions cargolades. A la il·lustració 2 es pot observar el muntatge.



*Il·lustració 2: A l'esquerra una peça del carenat mòbil del motor tipus open-rotor. A la dreta el muntatge del carenat mòbil.*

**REQUERIMENTS**

Per tal d'assegurar el correcta funcionament del carenat mòbil, les peces que el formen han de complir uns requeriments quan estan en funcionament. A la taula 1 s'observen els requeriments a complir.

DESCRIPCIÓ	UNITATS	VALOR
Deformació radial màxima	[mm]	$\leq 2,5$
Deformació radial mínima	[mm]	$\geq -1$
Freqüència modal mínima	[Hz]	$\geq 250$

Taula 1: Requeriments a complir en funcionament.

El motor tipus *open-rotor* pot funcionar a tres velocitats de rotació diferents:

- *Cruise speed*: Velocitat de rotació del motor en condicions normals de funcionament. Correspon a 700 RPM.
- *Red line speed*: Velocitat màxima de rotació del motor dins unes condicions de funcionament normals. Correspon a 1050 RPM.
- *Overspeed*: Velocitat de rotació del motor en condicions extremes de funcionament. Correspon a 1400 RPM.

**MATERIALS DE DISSENY**

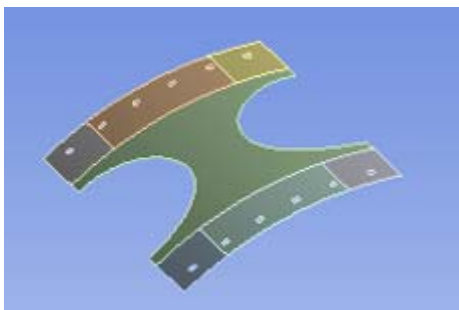
El disseny de la peça es realitza amb tres materials diferents; Alumini, titani i material compòsit format per fibres de carboni i resina epoxy.

**METODOLOGIA**

Per a la realització de l'optimització de la massa de la peça s'utilitza el mòdul Design Exploration del programa informàtic d'elements finits ANSYS Workbench. Per a la realització del model de material compòsit s'utilitza, a més a més, el mòdul ACP que permet simular el nombre de capes, angle de plegat o obtenir els índex de fallada del material entre d'altres funcions.

Primerament es genera un model que simuli el funcionament del carenat mòbil. Un cop trobat el model es parametrilitza el gruix de la peça. Per tal d'obtenir una major optimització de la massa es divideix la

peça amb set superfícies diferents de diferent gruix cadascuna. La il·lustració 3 mostra les set superfícies de la peça.



Il·lustració 3: Divisió de la peça amb superfícies.

A continuació, mitjançant el mòdul Design Exploration, es generen punts de disseny aleatoris amb diferents gruixos de superfície. Un cop calculats els resultats d'aquests punts aleatoris es genera una superfície de resposta mitjançant regressions polinomials i el model matemàtic de Kriging.

Un cop creada la superfície de resposta es programen les comprovacions a realitzar, que es mostren a la taula 2, i es defineix la funció objectiu que és la minimització de la massa de la peça. Un cop programades les comprovacions, el mòdul Design Exploration extreu els punts on els gruixos de les diferents zones de la peça compleixin els requeriments inicials així com les pertinents comprovacions i essent la massa de la peça la mínima possible.

COMPROVACIONS	VALOR	UNITATS	VELOCITAT
Tensió màxima peça d'alumini	<280	[MPa]	Overspeed
Tensió màxima peça de titani	<870	[MPa]	Overspeed
Índex de fallada peça de material compòsit	<1	[-]	Overspeed
Tensió de <i>bearing</i> peça d'alumini	<280	[MPa]	Overspeed
Tensió de <i>bearing</i> peça de titani	<870	[MPa]	Overspeed
Tensió de <i>bearing</i> peça de material compòsit	<500	[MPa]	Overspeed
Tensió de secció neta peça d'alumini	<280	[MPa]	Overspeed
Tensió de secció neta peça de titani	<870	[MPa]	Overspeed
Tensió de secció neta peça de material compòsit	<300	[MPa]	Overspeed
Tensió màxima cargol de titani	<827	[MPa]	Overspeed
Deformació radial màxima	≤ 2,5	[MPa]	Red line
Deformació radial mínima	≥ -1	[MPa]	Red line
Freqüència modal mínima	≥ 250	[MPa]	Red line

Taula 2: Comprovacions a realitzar a la corresponent velocitat de funcionament del motor.

## **RESULTATS**

Tenint present que l'objectiu és reduir la massa de la peça del carenat mòbil del motor tipus *open-rotor*, el millor material per a la fabricació de la peça és el material compòsit format per resina epoxy i fibres de carboni. La peça fabricada amb material compòsit té una massa de 1,36 quilograms i un cost aproximat de fabricació de les deu peces que formen el carenat mòbil del motor tipus *open-rotor* de 6.122€.