



Transferencia de Calor en un Transductor Electrodinámico de Baja Frecuencia

P. Adrián Roig Ortiz

Joel Hernández Wong, Rafael Serra Giménez

24 de Junio de 2021



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

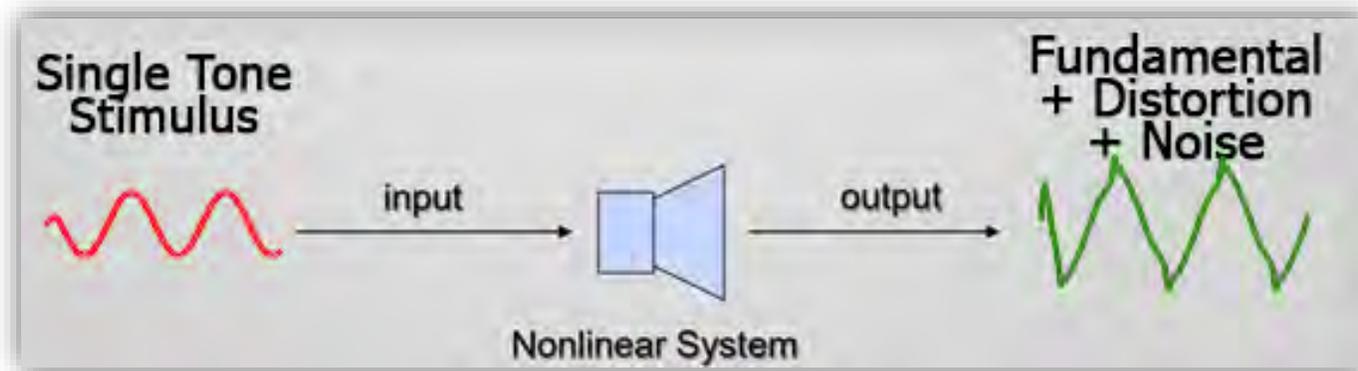
| uma.es

Contenido

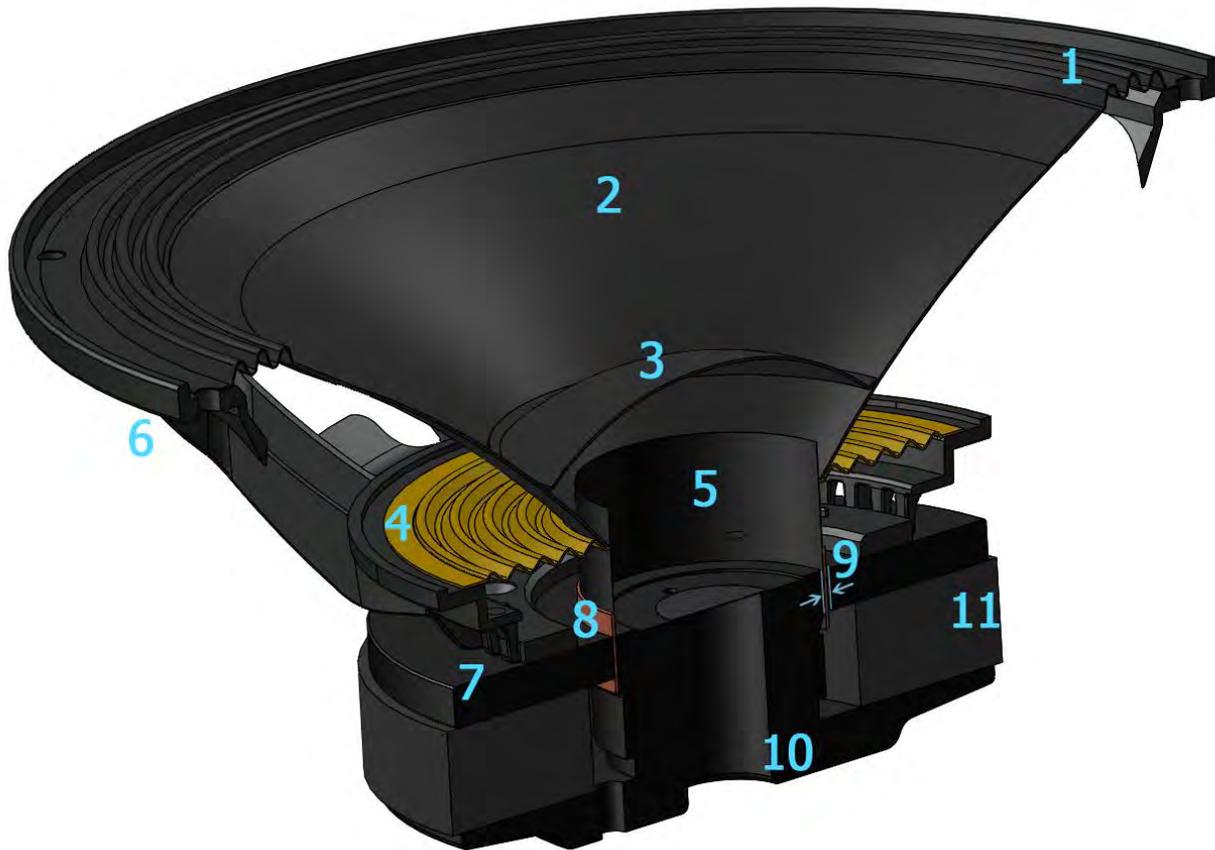
- Fundamentos teóricos
- Modelo de Comsol: Interfaces físicas
- Resultados
- Conclusiones

Fundamento Teórico. El altavoz electrodinámico

- El altavoz electrodinámico es un dispositivo capaz de transformar una señal eléctrica en una señal acústica a través del proceso de **transducción electromecánico-acústica**.
- El objetivo de los altavoces es producir ondas sonoras de la manera más fiel posible con respecto a la señal de entrada a reproducir

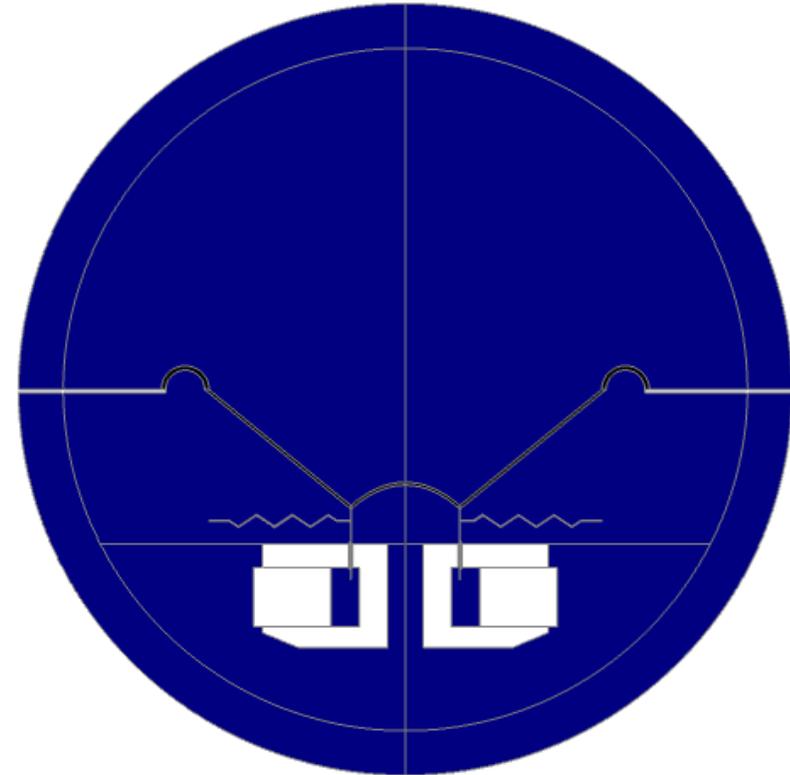
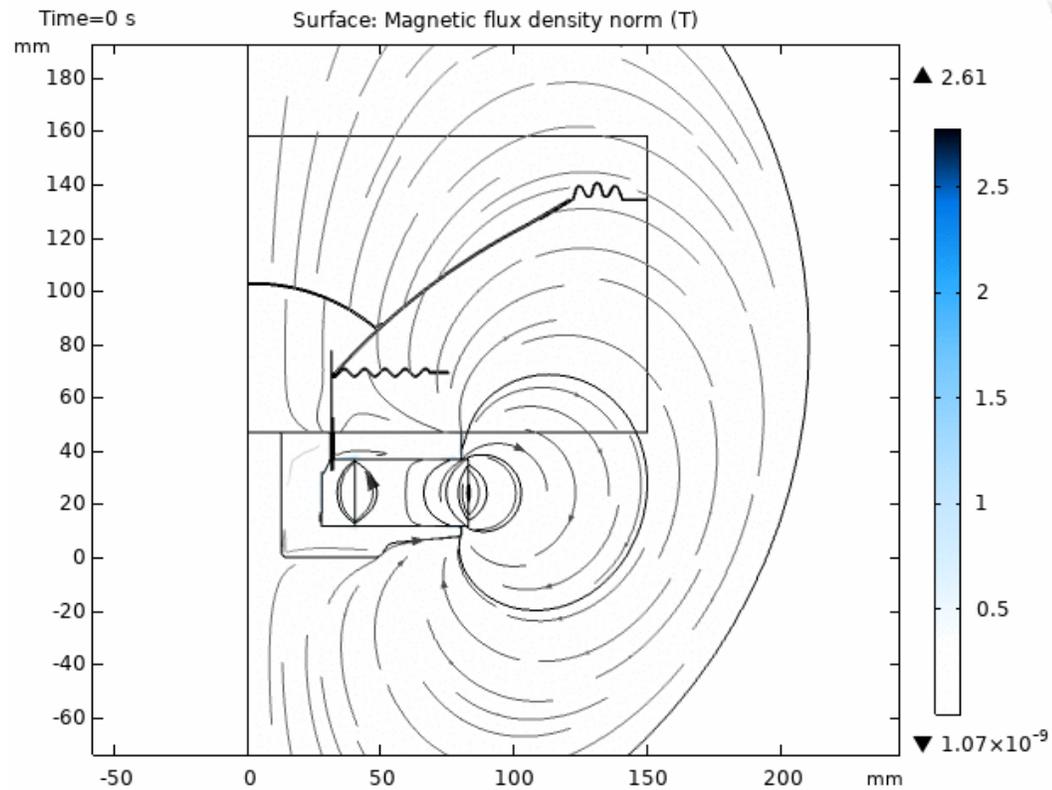


Fundamento Teórico. El altavoz electrodinámico



1. Suspensión (Surround)
2. Membrana
3. Tapita tapa polvo
4. Centrador (Spider)
5. Soporte del bobinado (former)
6. Carcasa o chasis
7. Anilla de campo (Top Plate)
8. Bobina
9. Entrehierro
10. T-Joke o Back plate
11. Imán

Fundamento Teórico. El altavoz electrodinámico

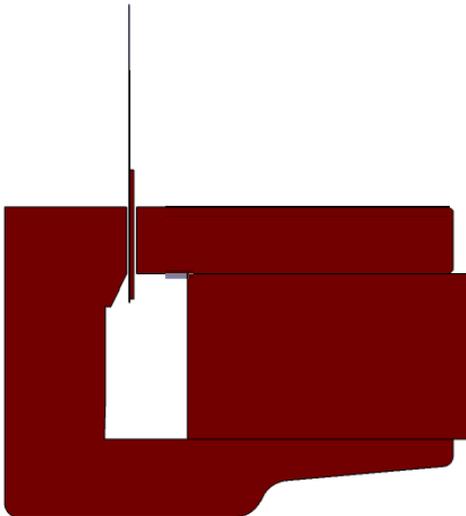


Fundamento teórico. Problemas del altavoz vs. temperatura

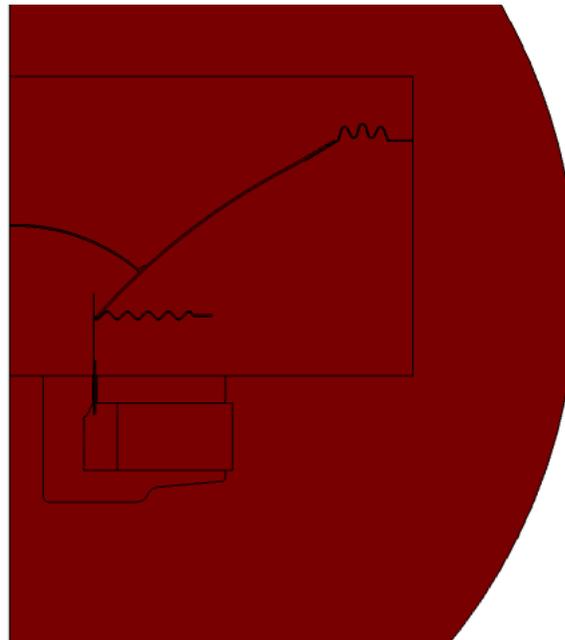
- Los transductores electrodinámicos son muy **poco eficientes** en la conversión de energía eléctrica en energía acústica, por lo que la mayoría de la potencia entregada al altavoz **será disipada en forma de calor por la bobina**.
- Aumento de temperatura en la bobina por efecto *Joule*.
- Pérdidas por compresión en potencia. $PC = 20 \log \left(\frac{R_e(T_v = T_a)}{R_e(T_v)} \right)$
- Aumento de la temperatura por inducción magnética: *Eddy currents*

Fundamento teórico. Mecanismos de transferencia de calor en el transductor electrodinámico de baja frecuencia

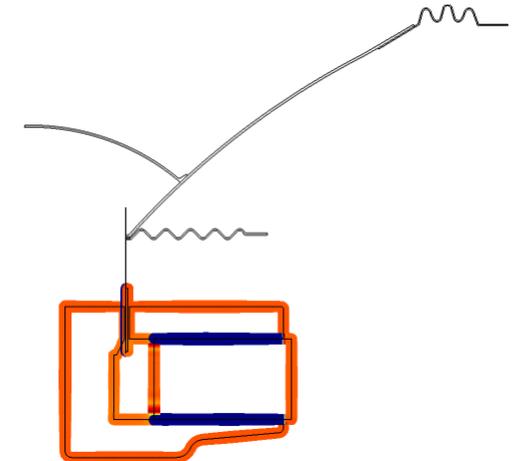
Conducción



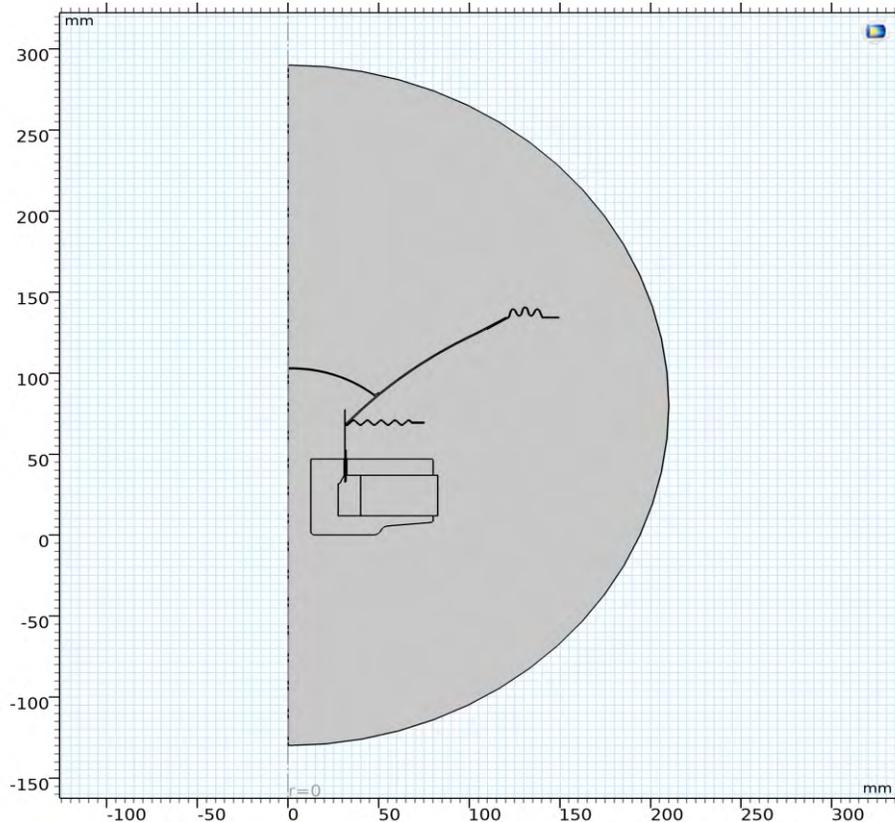
Convección (forzada)



Radiación



Modelo de Comsol



- Simetría de revolución (2D-axi).
- Librería de materiales recopilada.
- Problema multifísico acoplado



Interfaces Físicas

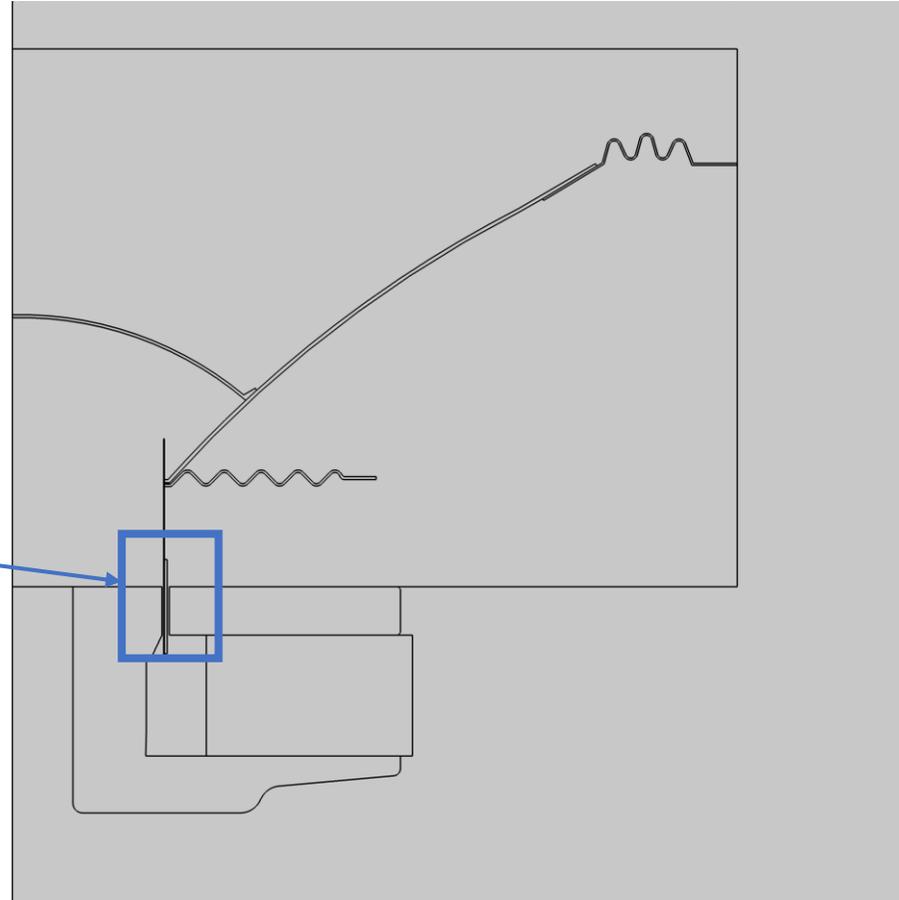
Magnetic Fields (mf)

$$\begin{aligned} \nabla \times H &= J \\ B &= \nabla \times A \\ J &= \sigma E + \sigma v \times B + J_e \\ E &= -\frac{\partial A}{\partial t} \end{aligned}$$

$$V_{coil} = V_0 \sin(2\pi f_0 t) \cdot rm1(t)$$

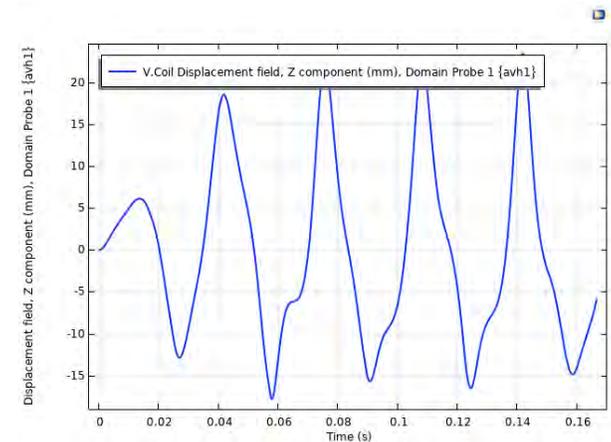
Lorentz Coupling 1 (ltzc1)

$$\begin{aligned} F &= J \times B \\ E &= v \times B \end{aligned}$$



Solid Mechanics (solid)

$$\rho \frac{\partial^2 u_{solid}}{\partial t^2} = \nabla \cdot S + F_v$$

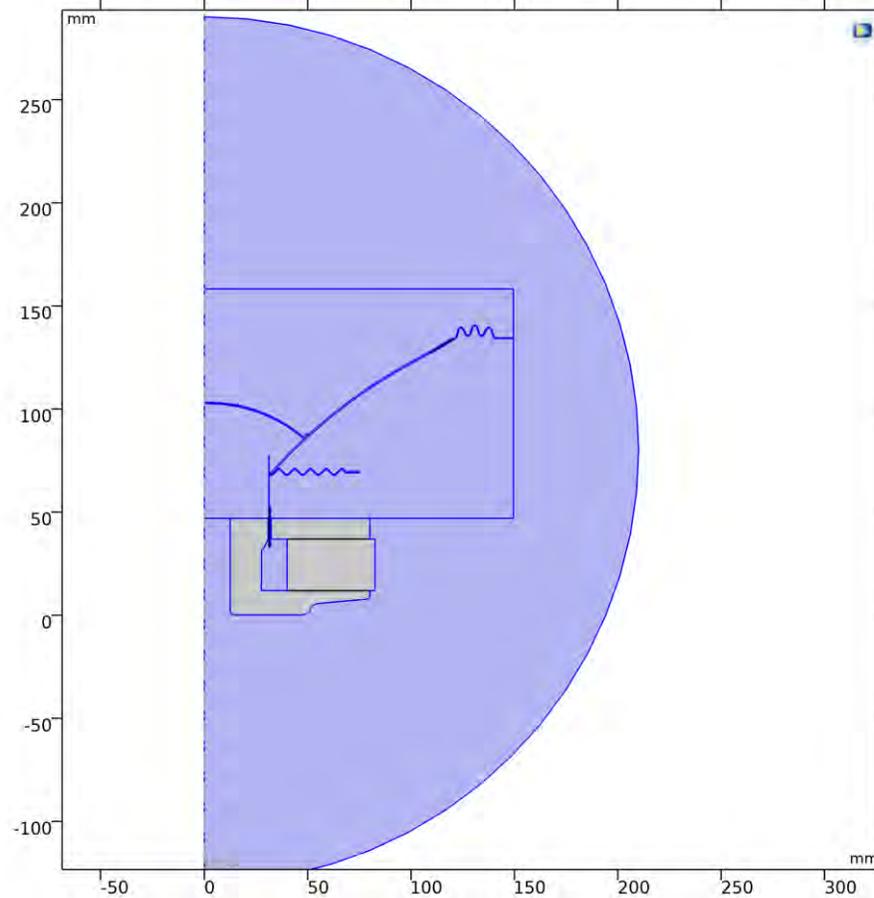


Interfaces Físicas

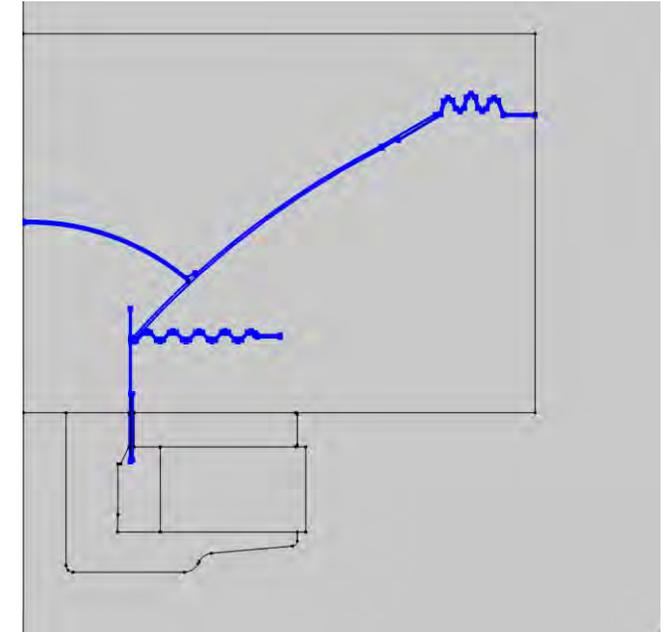
Laminar Flow (spf)

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho u_{fluid}) = 0$$

$$\rho \frac{\partial u_{fluid}}{\partial t} + \rho (u_{fluid} \cdot \nabla) u_{fluid} = \nabla \cdot [-pI + K] + F$$



Fluid-Structure Interaction



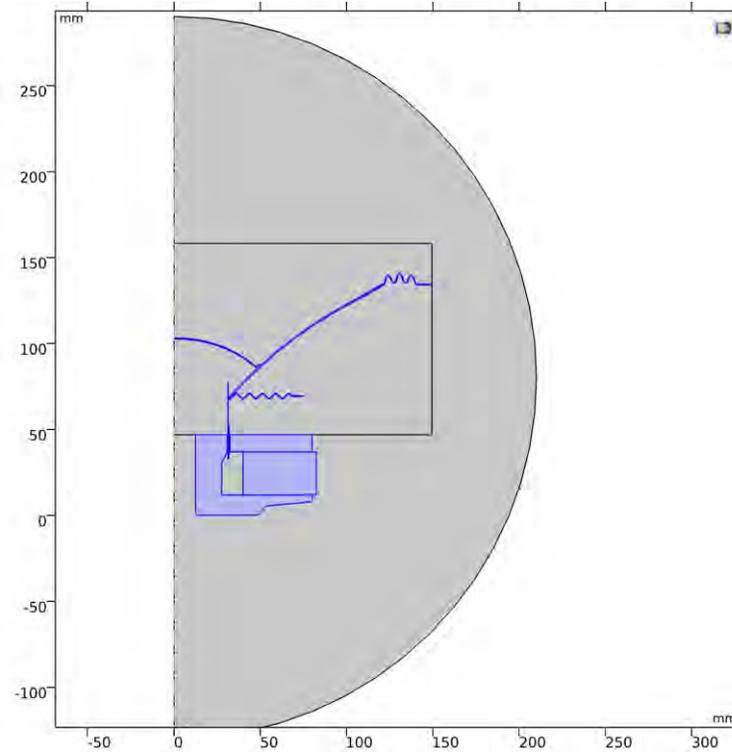
Interfaces Físicas

Heat Transfer in Solids and Fluids (ht)

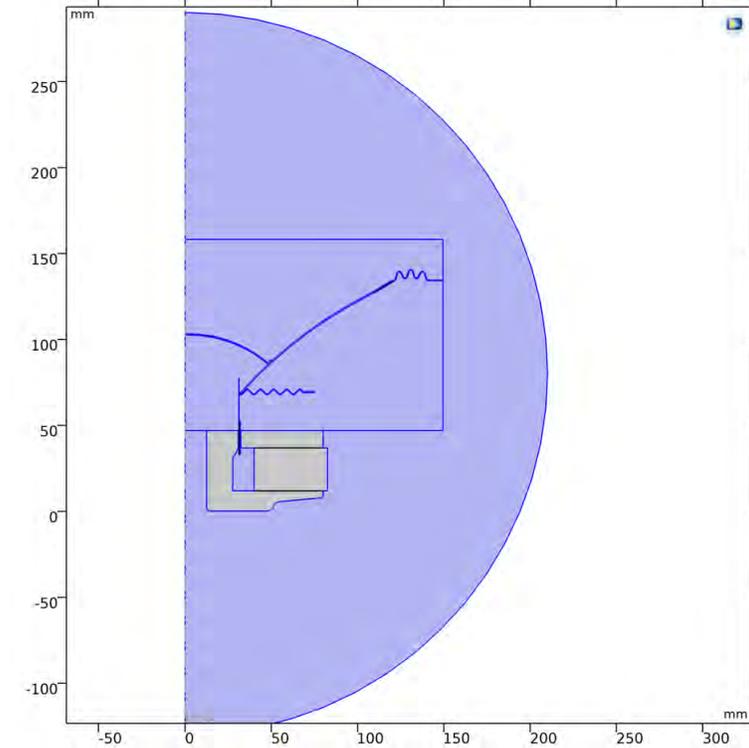
$$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} + \rho C_p u \cdot \nabla T + \nabla \cdot q = Q$$

Electromagnetic Heating

$$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} + \rho C_p u \cdot \nabla T = \nabla \cdot (k \nabla T) + Q_e$$

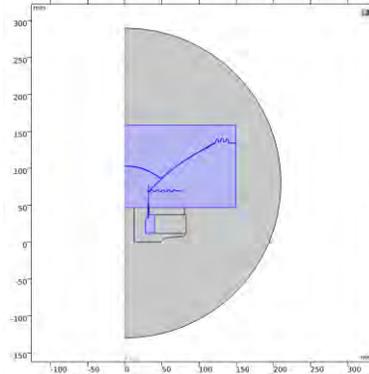


Nonisothermal Flow



Malla móvil

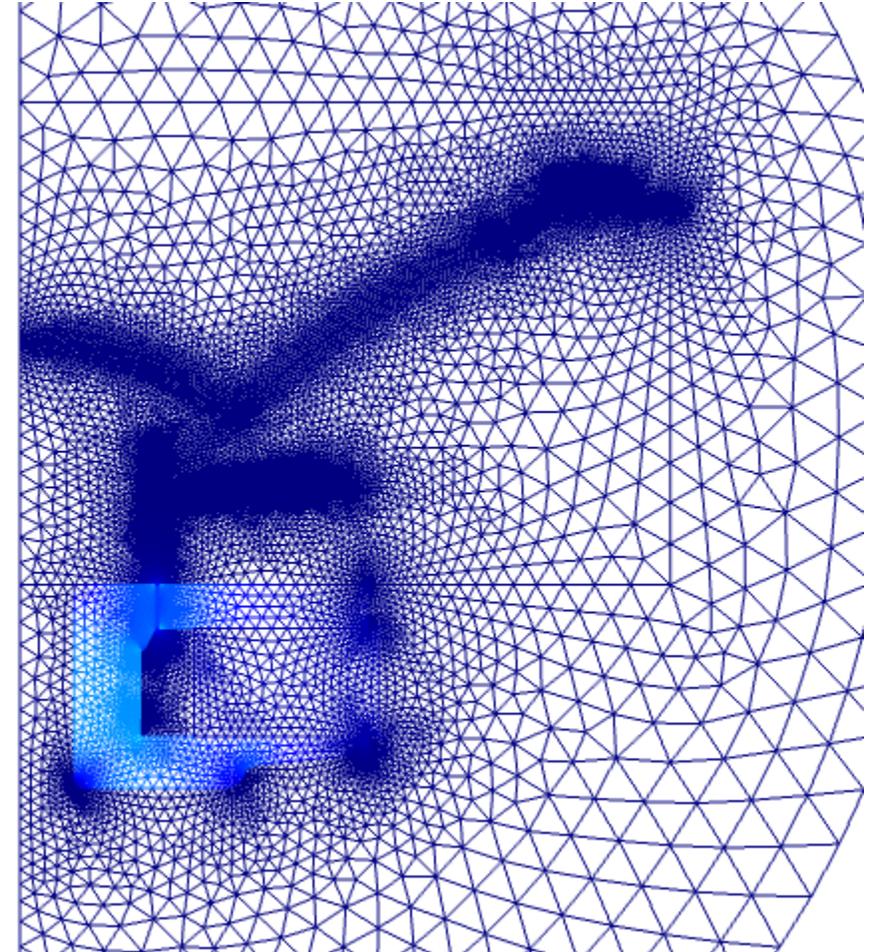
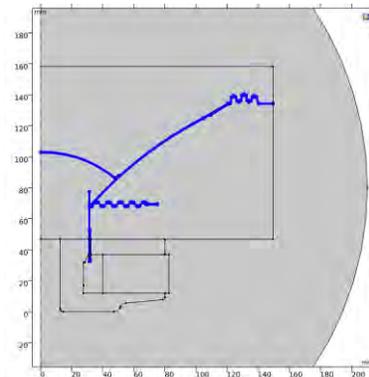
- Dominios deformables



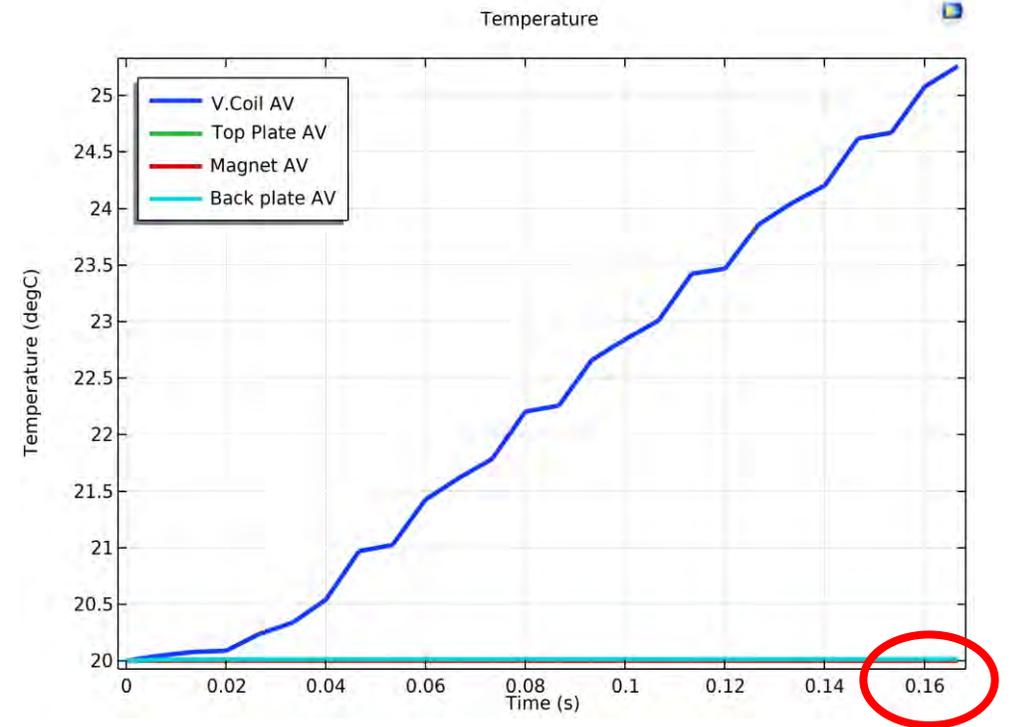
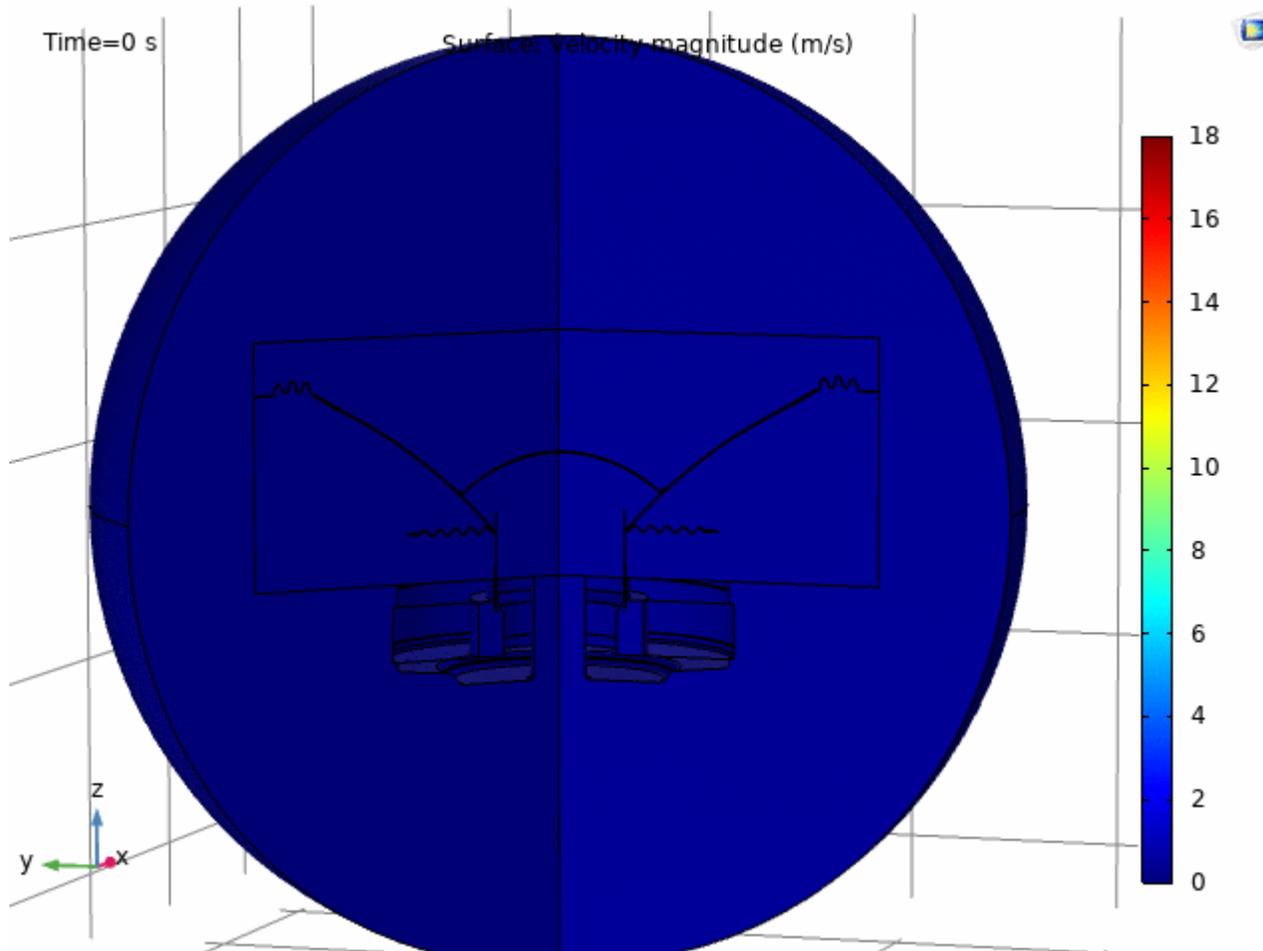
- Prescribed mesh displacement

Prescribed mesh displacement:

dx	u_solid	R	m
	w_solid	Z	



Resultados (I)



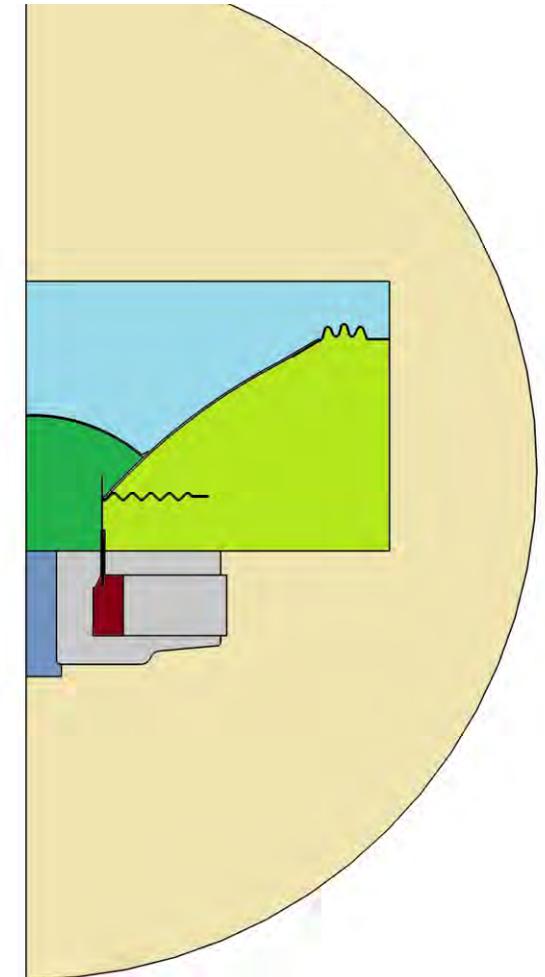
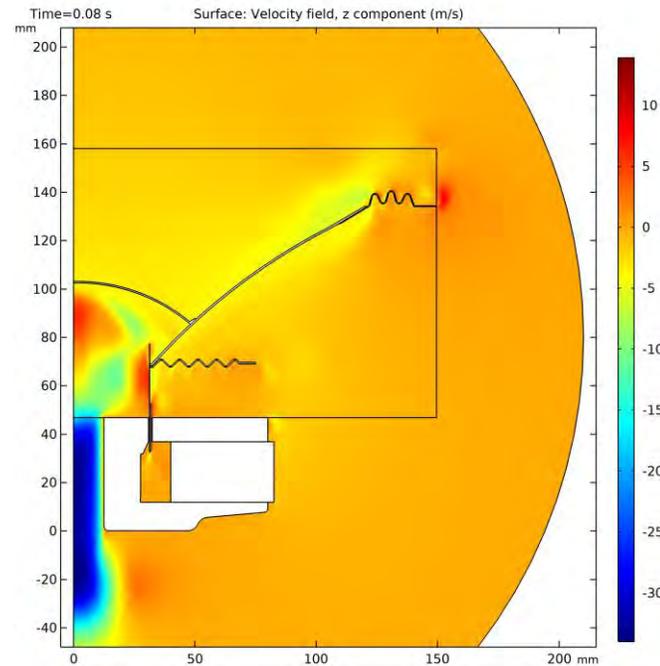
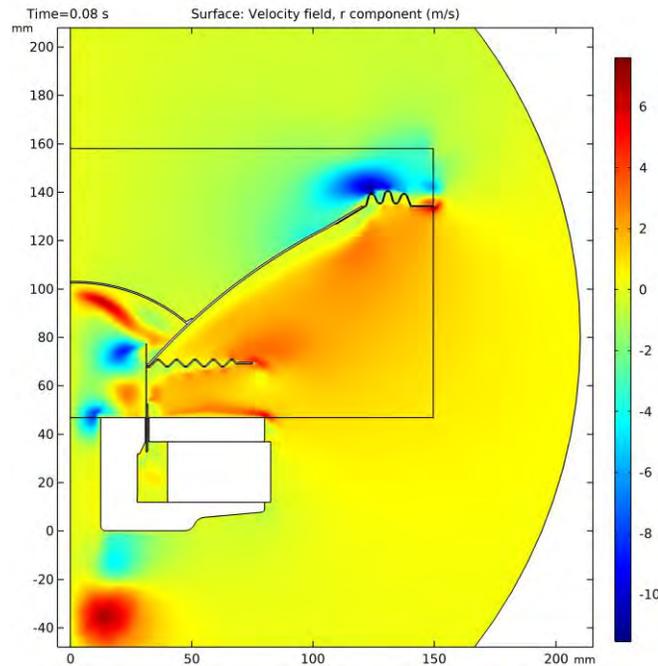
Last computation time:
6 h 6 min 31 s



Last computation time:
2 h 1 min 9 s

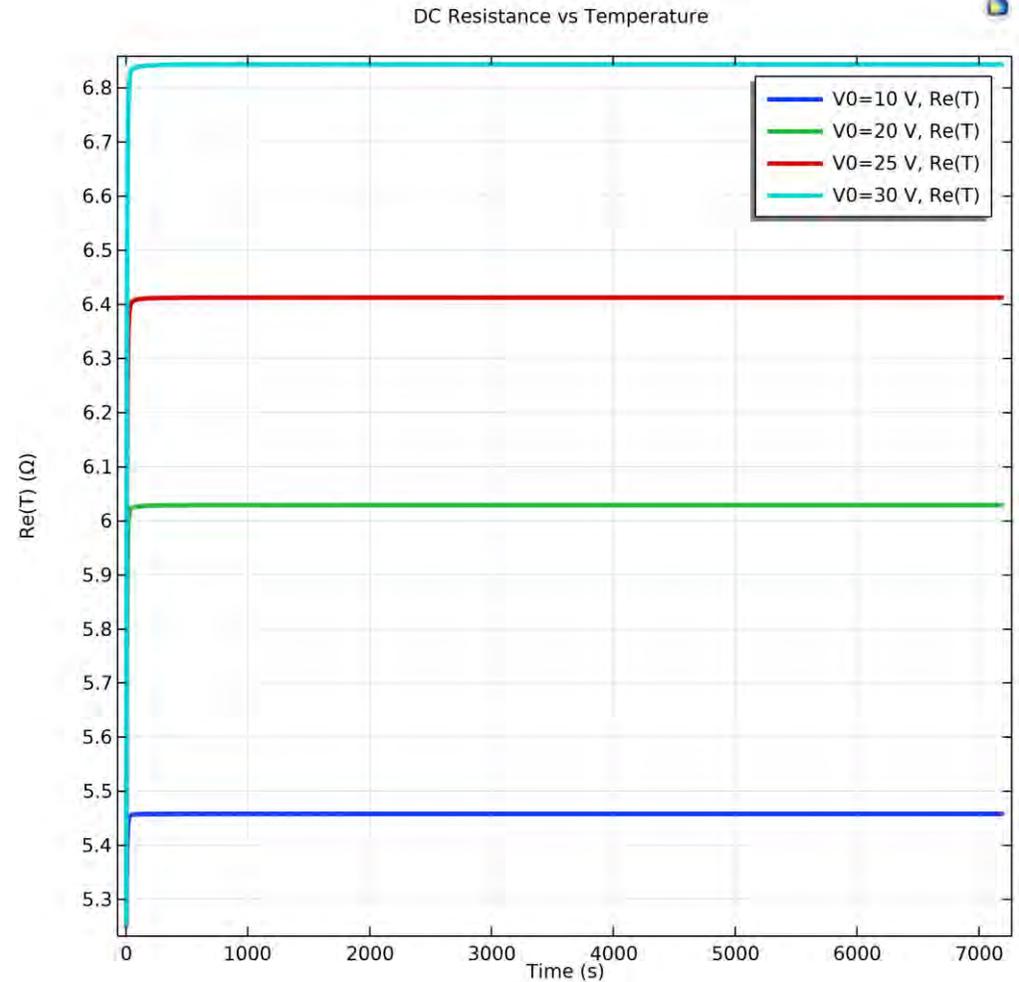
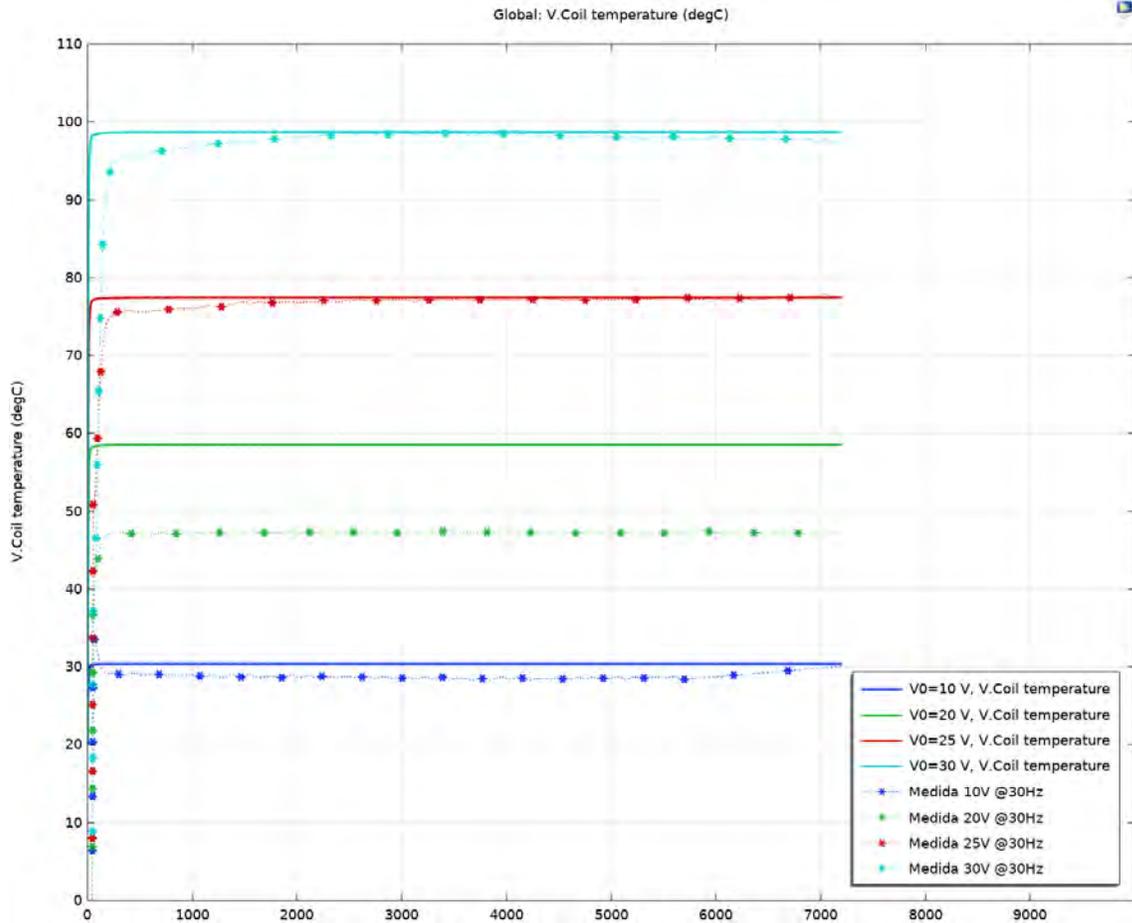
Problemas simplificados

- Estudio en DC (sin movimiento)
- Ajuste la convección forzada, aplicaremos diferentes valores del vector de velocidades



Resultados (II)

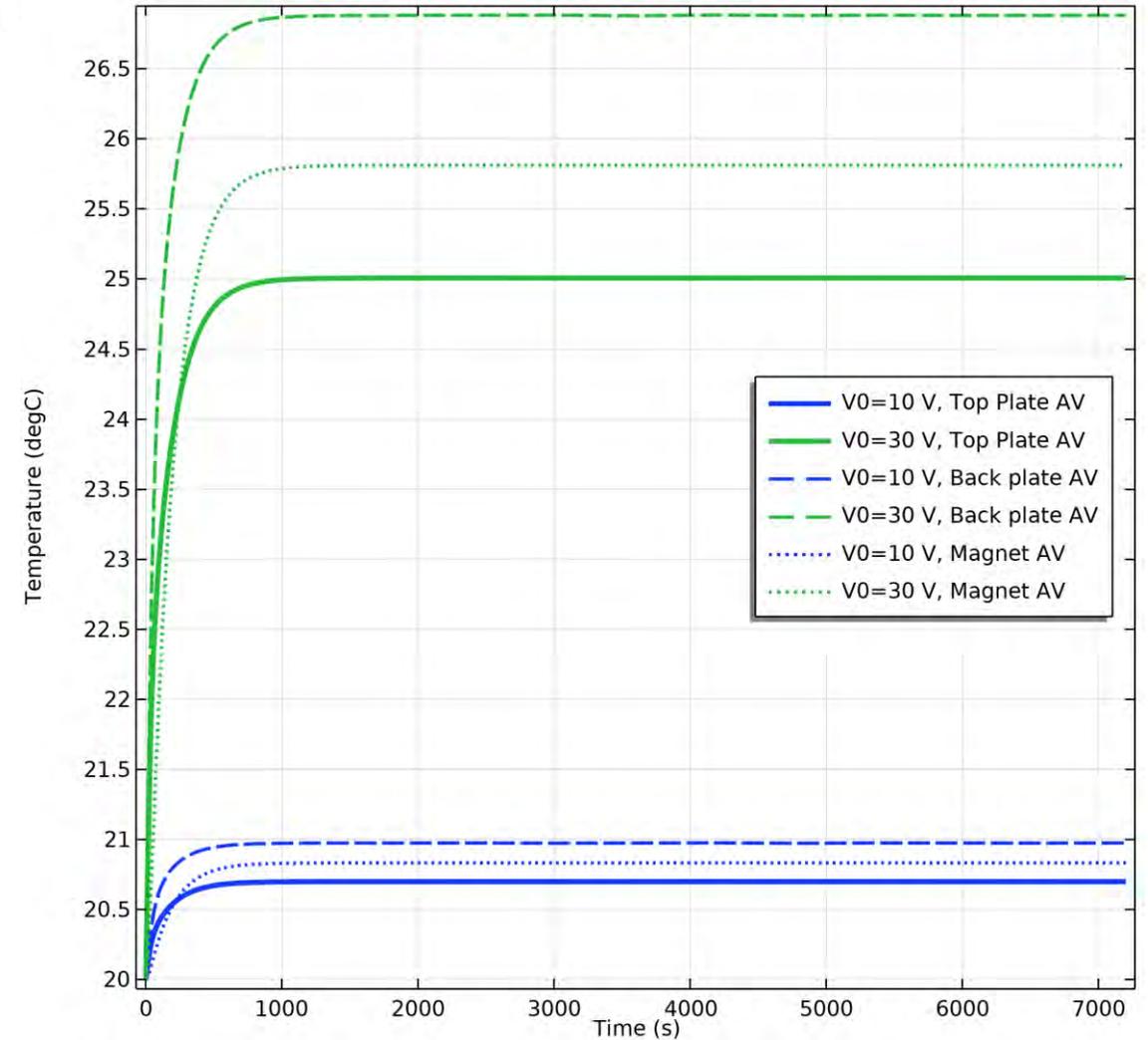
- Study 1 - Magnetic Study ($i=1A$) {std1}
- Study 2 - DC Time Dependant (no CFD) {std2}
- Parametric Sweep {param}
- Step 1: Stationary {stat}
- Step 2: Time Dependent {time}



Resultados (II)

Study 1 - Magnetic Study (i=1A) {std1}
 Study 2 - DC Time Dependant (no CFD) {std2}
 Parametric Sweep {param}

Temperature Iron & Magnet



- Derived Values

Force Factor (N/A)	DC Resistance (Ω)	Efficiency (%)	Sensitivity (dB)
18.156	5.2476	3.0397	97.028

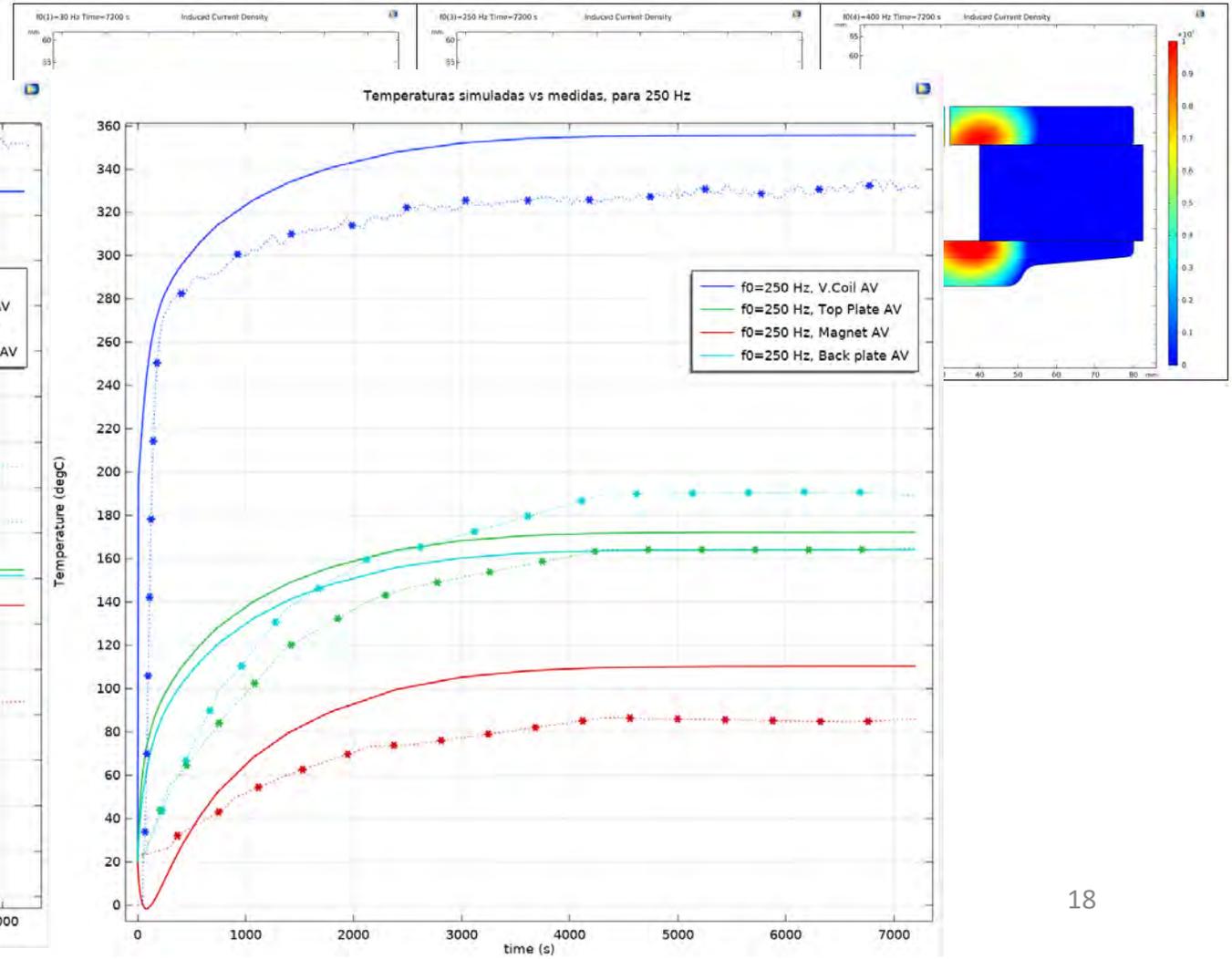
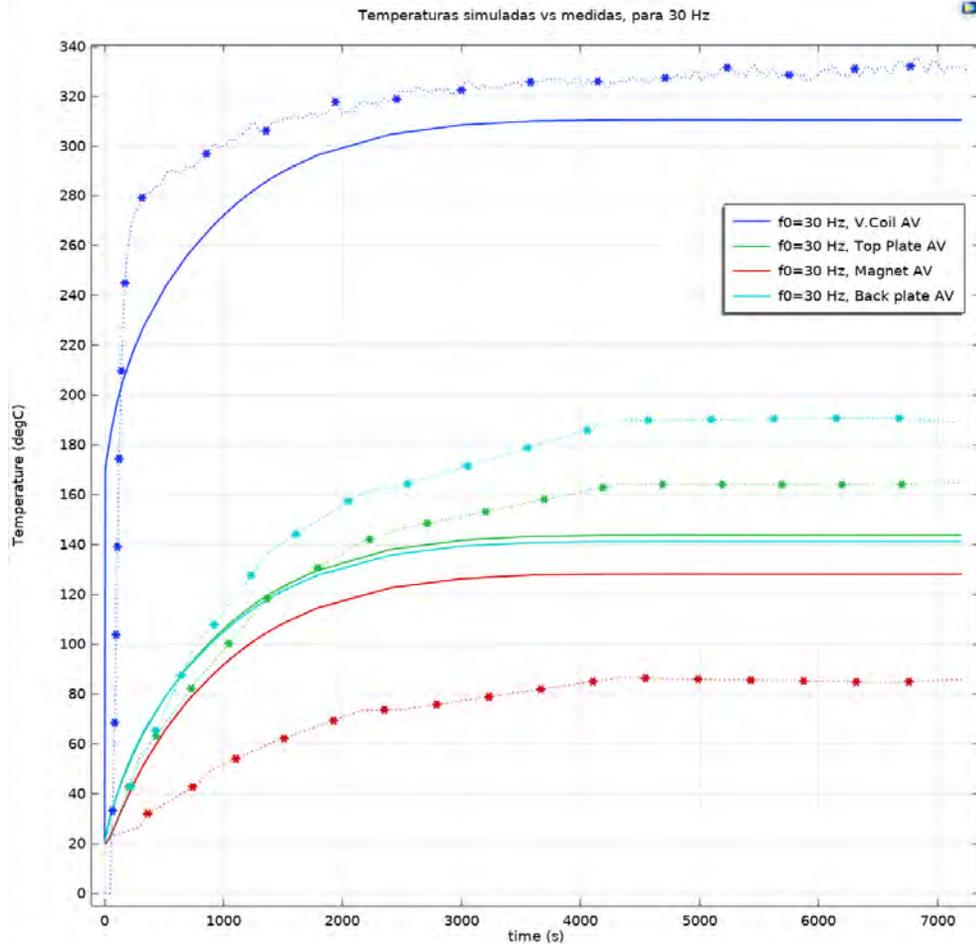
V0 (V)	t (s)	Power Heating V.Coil (W)	Nominal Electric input Power (W)	Power Compression Losses
10.000	7200.0	17.772	18.322	-0.34142
20.000	7200.0	64.363	66.353	-1.2047
25.000	7200.0	94.551	97.475	-1.7405
30.000	7200.0	127.58	131.53	-2.3051

- Al no haber inducción, no se generan Eddy Currents

Resultados (II)

- Magnetic Induction Study {std2}
- Parametric Sweep {param}
- Step 1: Stationary {stat}
- Step 2: Frequency-Transient {ftrans}

- Efectos de corrientes inducidas en el hierro



Conclusiones

- Se ha conseguido modelar el problema multifísico acoplado de los fenómenos más relevantes que intervienen en la transferencia de calor en un transductor electrodinámico de baja frecuencia. Desafortunadamente, el coste computacional para resolver un experimento que nos aporte conclusiones es muy alto.
- Se ha demostrado que la fuente principal de calor en el altavoz es la **bobina**, y que las **corrientes inducidas** son una fuente de calor importante a considerar. Además, se ha comprobado el importante papel que juega la convección forzada como mecanismos de refrigeración en este tipo de transductores.

Futuro

- El modelo es aplicable a otros tipos de transductores de bobina móvil.
- Las aproximaciones que se han realizado podrían mejorarse haciendo el campo de velocidades (\mathbf{u}_{fluid}) dependiente del tiempo.
- Se podrían utilizar también condiciones de contorno de flujo de calor convectivo, siempre que se conozca o pueda ajustarse el coeficiente de transferencia de calor.
- Una vez se tengan calibrados los coeficientes de convección y gracias al potencial del software Comsol Multiphysics podría desarrollarse una aplicación para mejorar el flujo de trabajo en el análisis de este tipo de problemas.



Muchas gracias por su atención

Contacto autor: adrian@beyma.com

MUCCOM



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

| uma.es

