



Instituto
Nacional
de Técnica
Aeroespacial



VI JORNADAS ESPAÑOLAS
DE COMPATIBILIDAD
ELECTROMAGNÉTICA (EMC)

Caracterización electromagnética de materiales aeroespaciales a baja temperatura

Borja Plaza Gallardo, Pablo Zamorano Fernández, David Ramos Somolinos,
David Poyatos Martínez

Laboratorio de Electromagnetismo Computacional y Aplicado

Área de Radiofrecuencia

Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA)

- Motivación y objetivo
- Diseño del sistema
- Ensayos realizados
- Resultados
- Resumen final: Conclusiones, problemas y trabajos futuros



Instituto
Nacional
de Técnica
Aeroespacial



VI JORNADAS ESPAÑOLAS
DE COMPATIBILIDAD
ELECTROMAGNÉTICA (EMC)

Motivación y objetivo

Motivación y objetivo

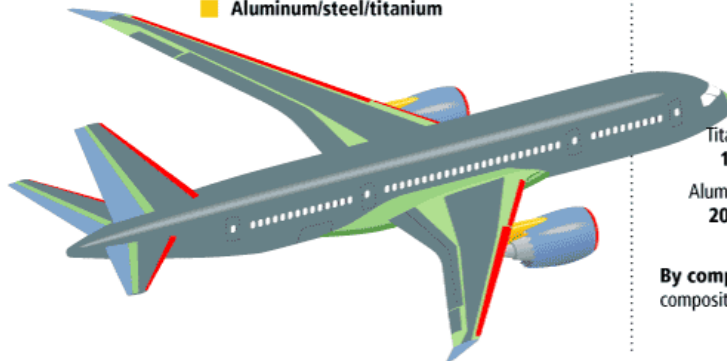
Motivación

¿Por qué necesitamos caracterizar materiales?

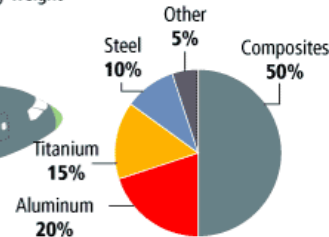
¿Por qué a bajas temperaturas?

Materials used in 787 body

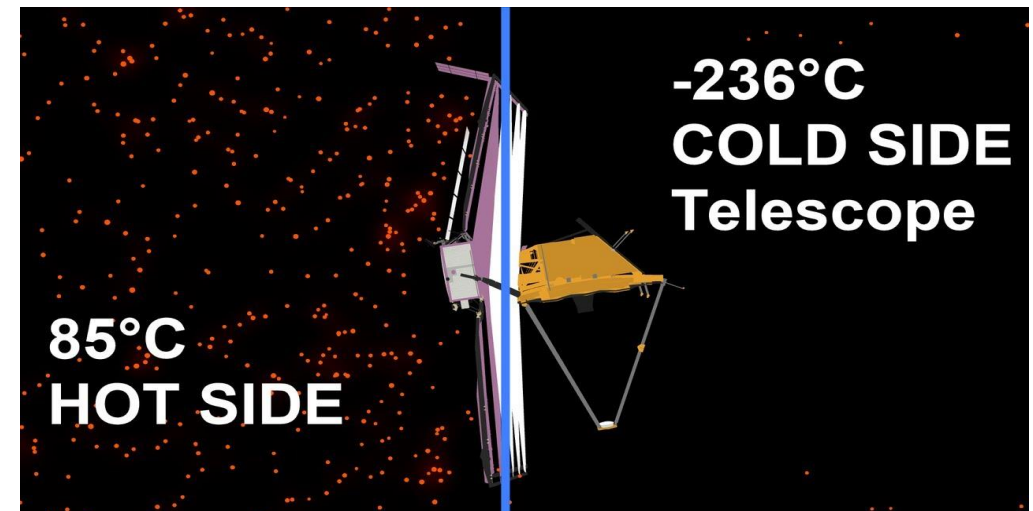
- Fiberglass
- Aluminum
- Carbon laminate composite
- Carbon sandwich composite
- Aluminum/steel/titanium



Total materials used
By weight



By comparison, the 777 uses 12 percent composites and 50 percent aluminum.



Motivación y objetivo

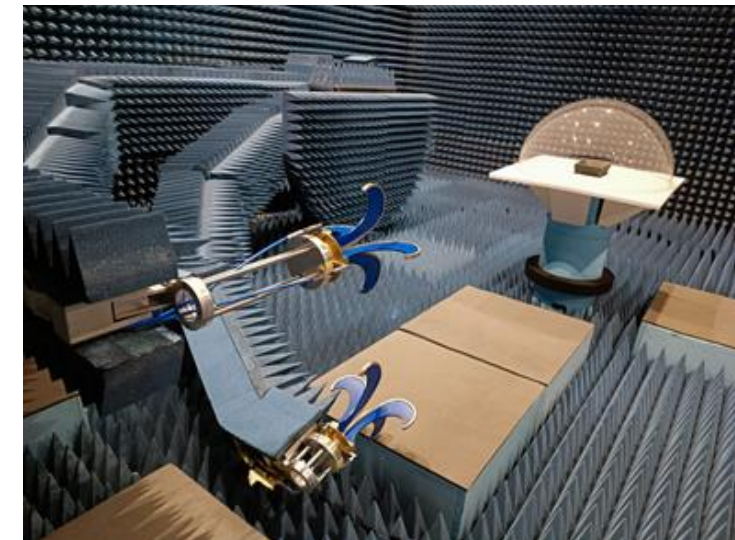
Objetivo

- Diseño de sistema de caracterización electromagnética para materiales a baja temperatura
- Requisitos:
 - Materiales dieléctricos
 - Bajas y altas temperaturas
 - Amplios rangos de frecuencia
 - Precisión
 - Válido para distintas muestras y grosores
 - Agilidad y facilidad de medida

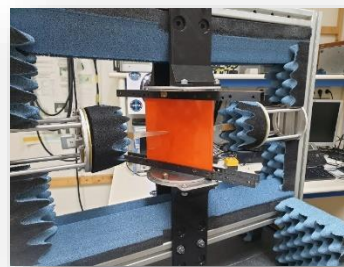
Motivación y objetivo

Objetivo

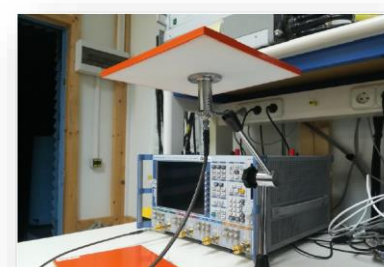
- eSAFE: PID2019-106120RB- C32
 - Efectos Ambientales Electromagnéticos (E3) en Fuselajes Inteligentes y Nuevas Tecnologías de Ensamblado para Vehículos Aéreos no Tripulados (UAV)



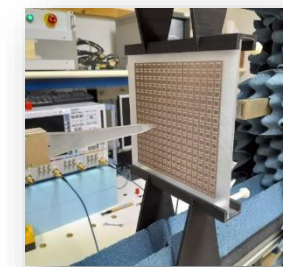
Fibras de carbono



Fibra de vidrio



Material de
impresión 3D

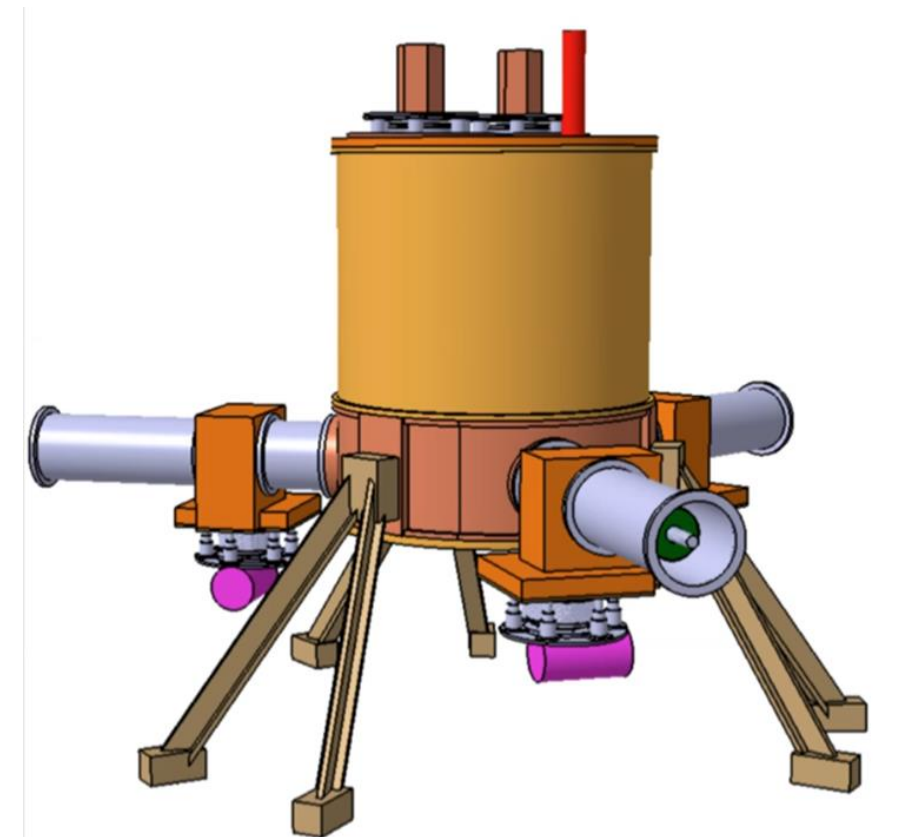


FSS (Frequency
Selective Surfaces)

Motivación y objetivo

Objetivo

- FICS: PID2020-115325GB-C31
 - Desarrollo, fabricación, integración y verificación de un criostato para ensayo y caracterización





Instituto
Nacional
de Técnica
Aeroespacial



VI JORNADAS ESPAÑOLAS
DE COMPATIBILIDAD
ELECTROMAGNÉTICA (EMC)

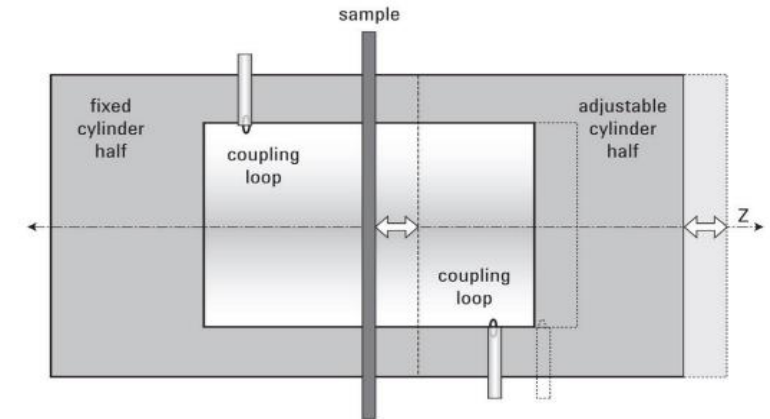
Diseño del sistema

CAEM-Lab



Estado del Arte

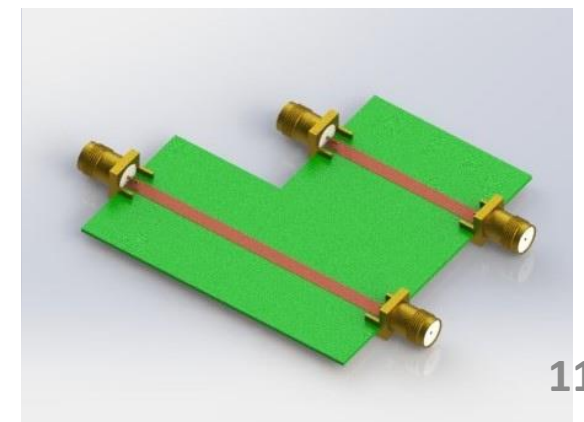
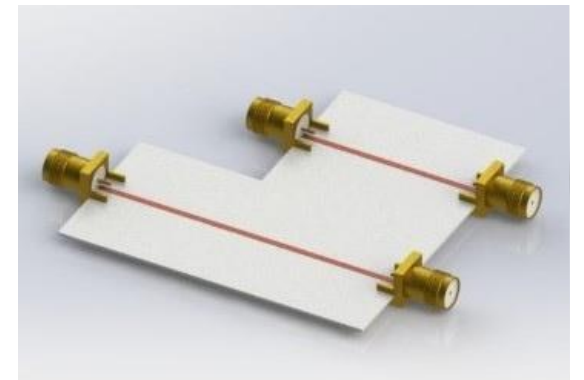
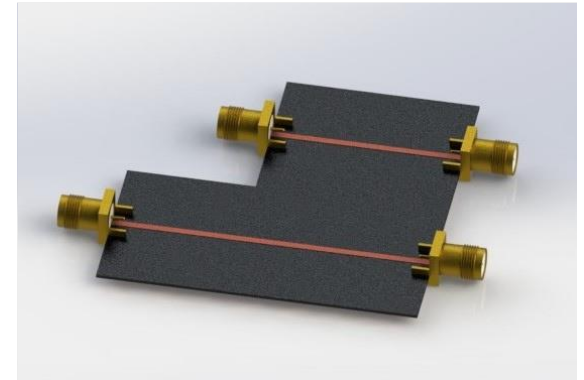
- Métodos resonantes
 - Gran complejidad
 - Capacidad de medir solo a la frecuencia de resonancia
 - Necesario una gran estabilidad en temperatura (± 0.01 K)
 - Dificultad de medir por debajo de 100 MHz debido al tamaño de la cavidad requerida
 - Gran precisión



Ref: “Basics of Measuring the Dielectric Properties of Materials”

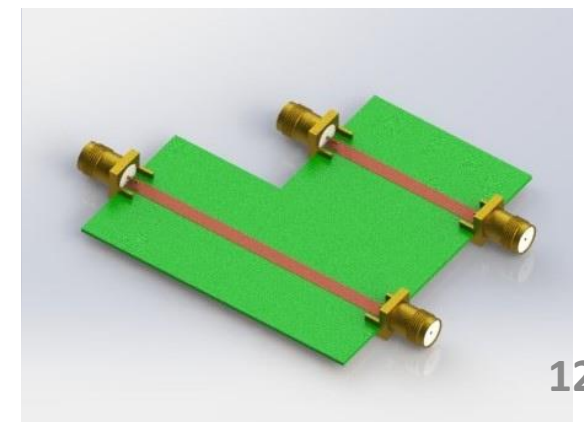
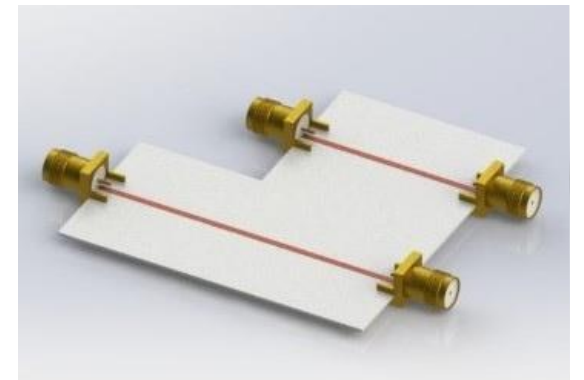
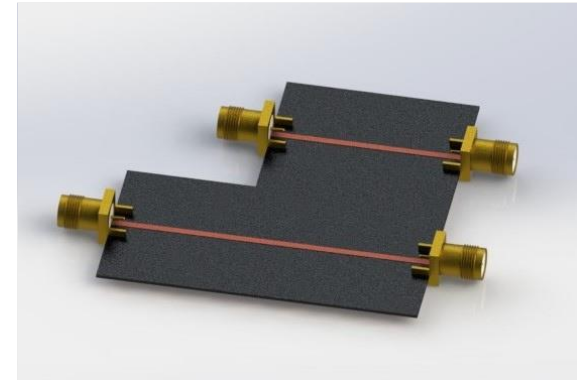
Sistema seleccionado

- Doble línea microstrip
 - Materiales dieléctricos ✓
 - Bajas y altas temperaturas ✓
 - Amplios rangos de frecuencia ✓
 - Precisión ?
 - Válido para distintas muestras y grosores ||
 - Agilidad y facilidad de medida ✓



Sistema seleccionado

- Doble línea microstrip
 - Materiales a estudiar
 - FR-4, RO4350B y CuClad250
 - Dimensiones del sustrato
 - Línea larga: 5 cm de largo y 2,5 cm de ancho
 - Línea corta: 3 cm de largo y 2,5 cm de ancho
- Post-proceso
 - Extracción de ϵ y tangente de pérdidas a partir de los parámetros S





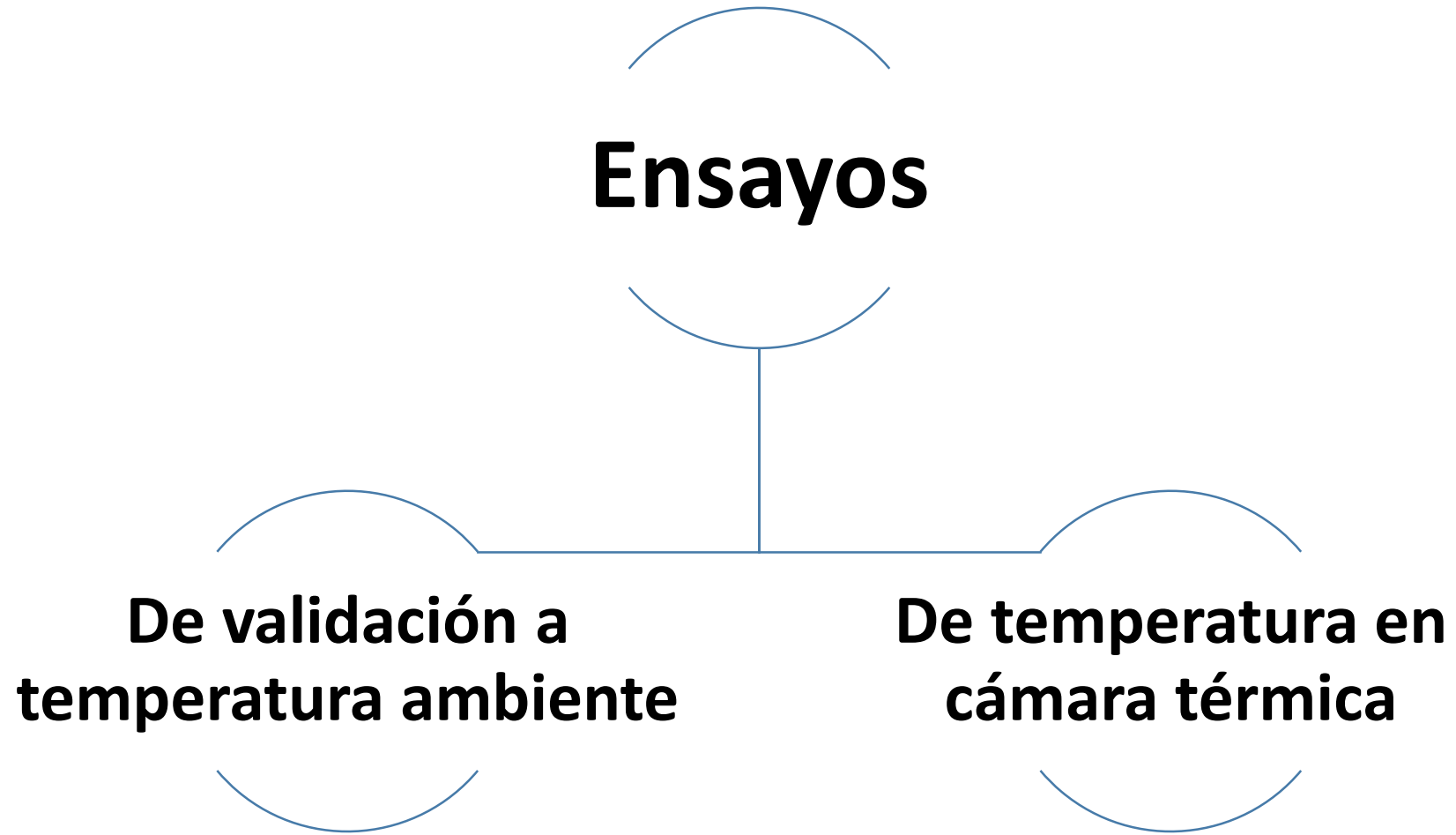
Instituto
Nacional
de Técnica
Aeroespacial



VI JORNADAS ESPAÑOLAS
DE COMPATIBILIDAD
ELECTROMAGNÉTICA (EMC)

Ensayos realizados

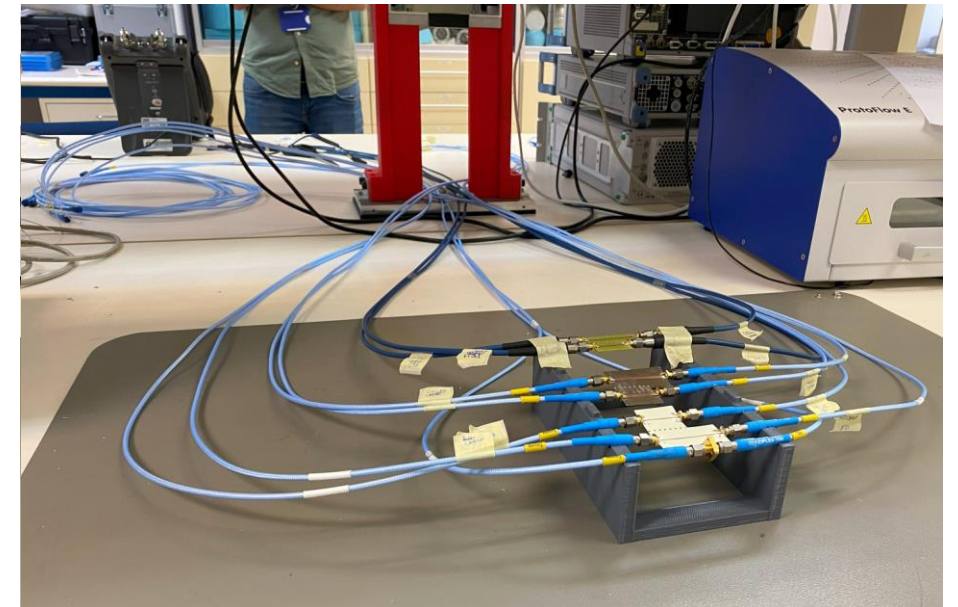
Ensayos realizados



Ensayos realizados

Ensayos de validación

- Comprobar que el sistema proporciona resultados fiables
- Establecer la configuración óptima del Analizador Vectorial de Redes (VNA)
- Acotar los errores que aparezcan para medir en cámara térmica adecuadamente



Ensayos realizados

Ensayos en cámara térmica



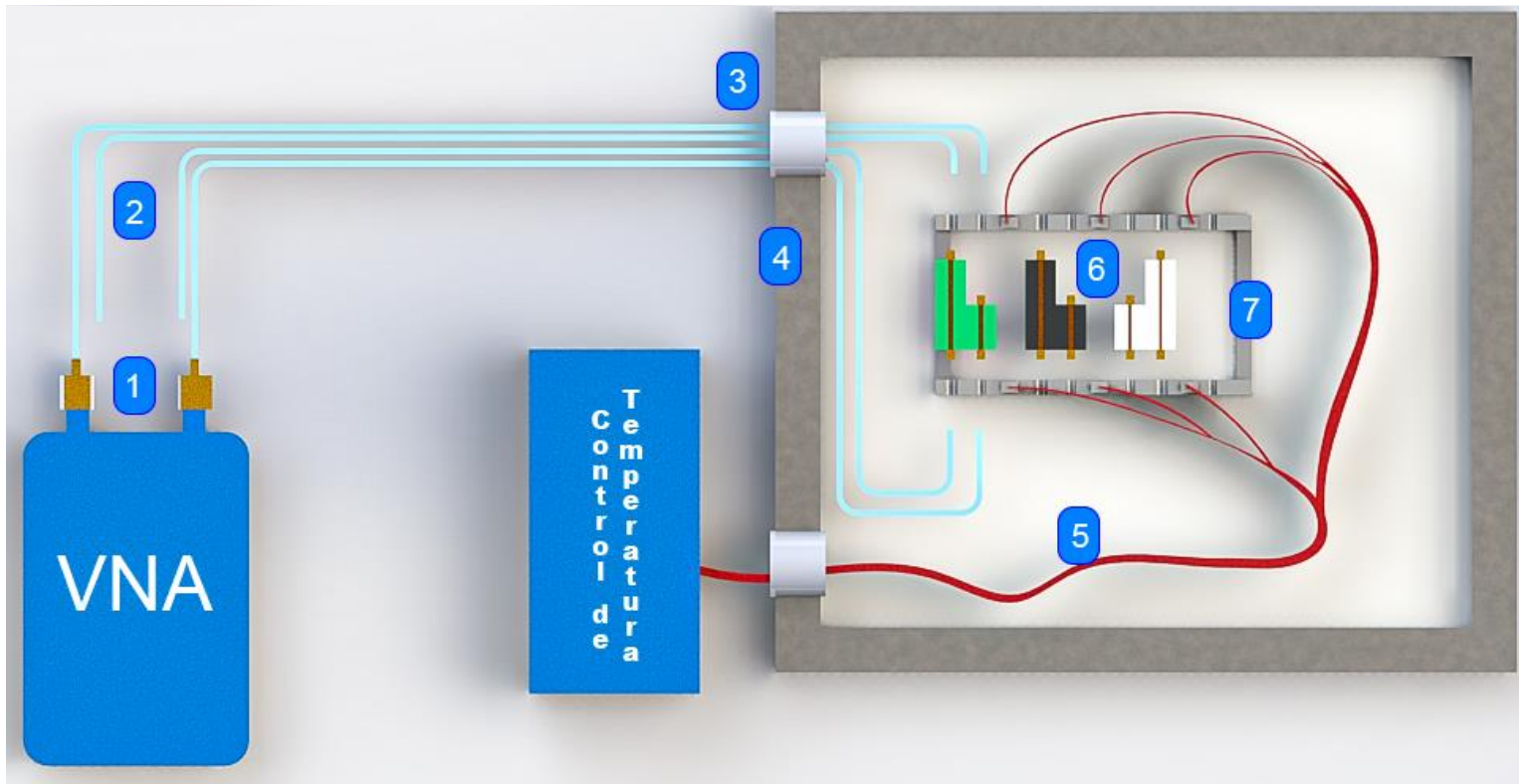
| TESTING CAPABILITIES | |
|--|---|
| Facility System tests available | <ul style="list-style-type: none"> - Thermal cycling and Relative humidity (HR) - Altitude. |
| Maximum test equipment dimensions | (600 mm x 600 mm x 700 mm) W x D x H |
| Restrictions / Limitations | <ul style="list-style-type: none"> - High temperature limitation (+ 150 °C) - Low temperature limitation (- 75 °C) - Low Pressure (5 mbar) - Relative Humidity (HR) – (20 – 85) % |
| Remarks | DUT's can be set positioning on one metal tray available into the chamber or on the chamber base |

OSA MENOR: Cámara de temperatura, humedad y altitud

Ensayos realizados

Ensayos en cámara térmica

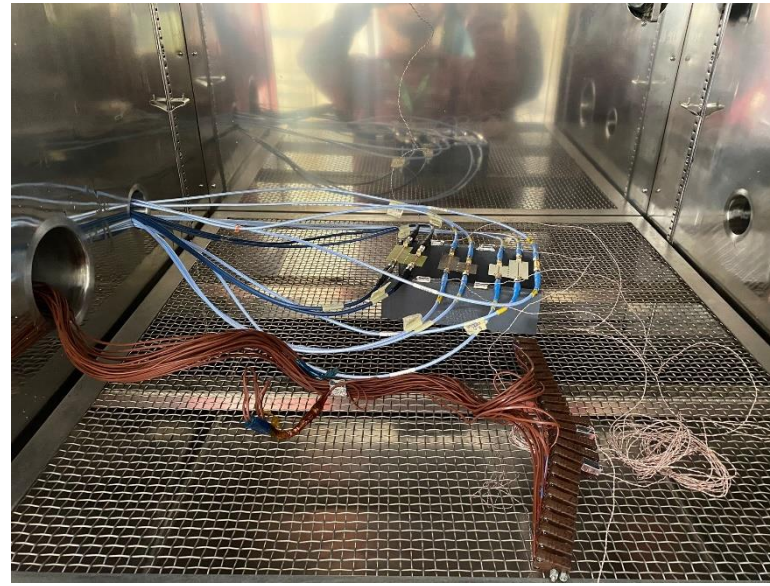
- Equipos y sistemas utilizados



- 1 - Transiciones N-3.5 mm
- 2 - Cables coaxiales 3.5 mm M-M
- 3- Pasamuros
- 4- Cámara térmica
- 5- Termopares
- 6- Dobles líneas microstrip
- 7- Soporte

Ensayos realizados

Ensayos en cámara térmica





Instituto
Nacional
de Técnica
Aeroespacial

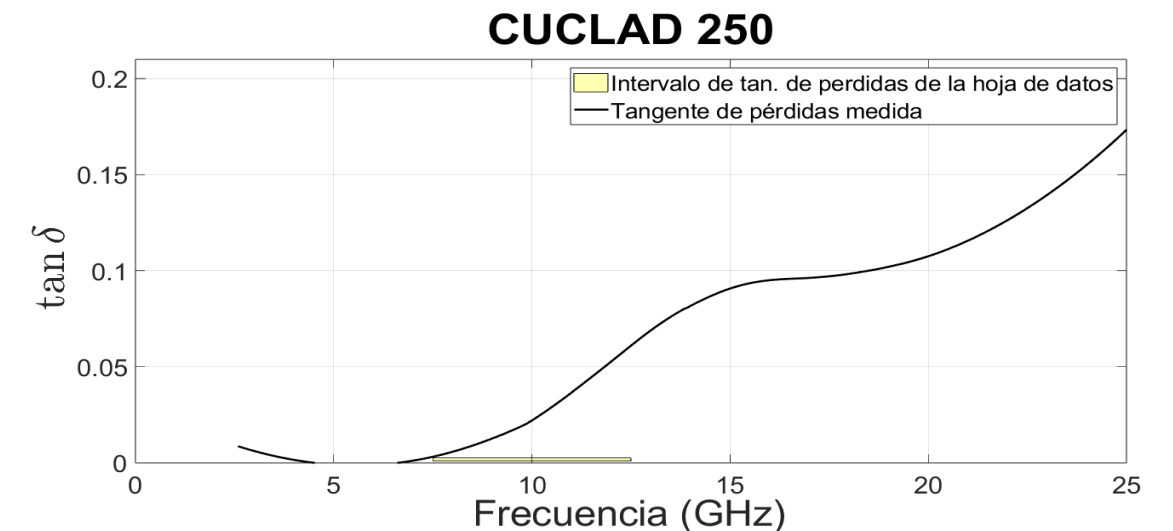
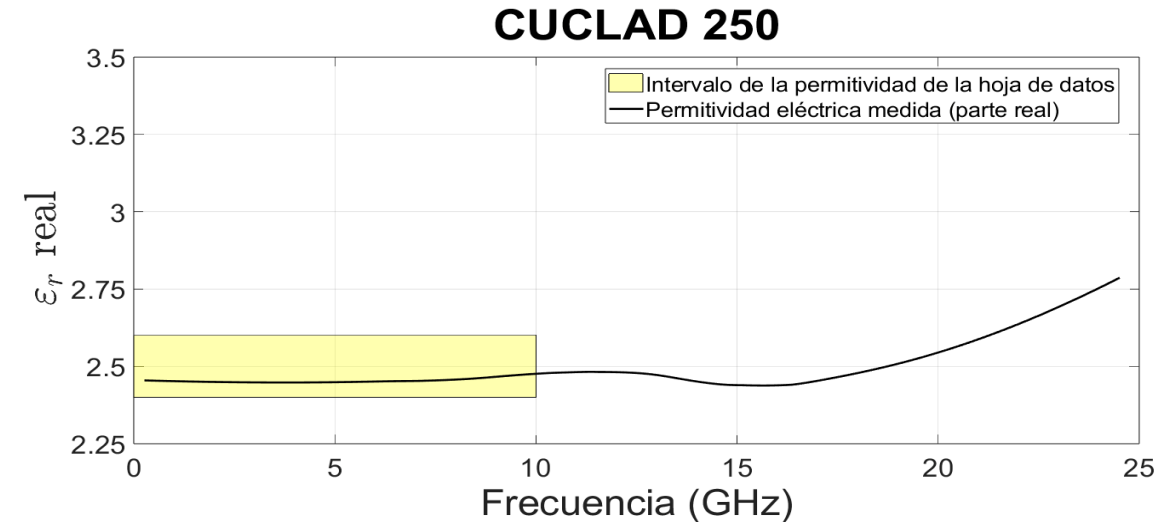


VI JORNADAS ESPAÑOLAS
DE COMPATIBILIDAD
ELECTROMAGNÉTICA (EMC)

Resultados

Ensayos de validación

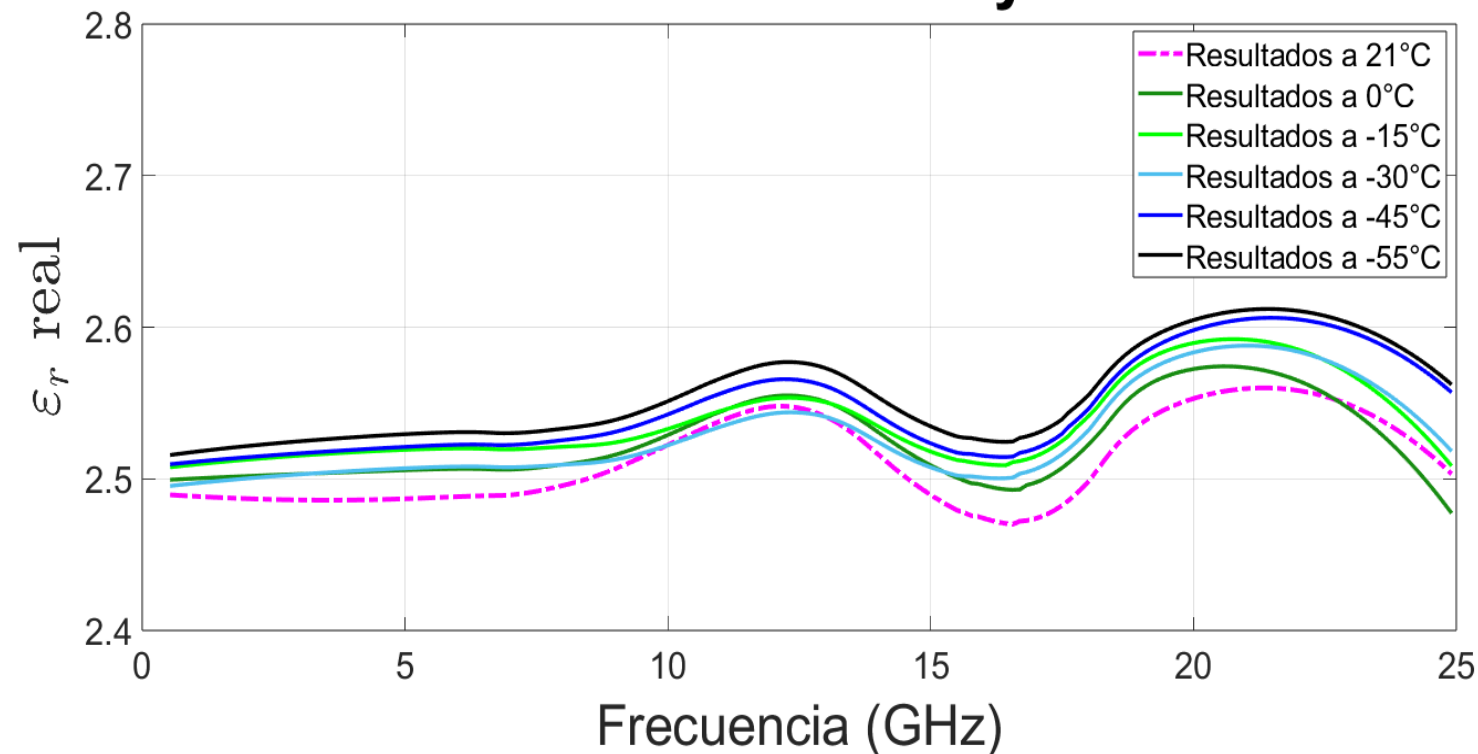
- La parte real de la permitividad eléctrica se puede obtener con gran precisión
- La tangente de pérdidas solo se puede analizar de forma cualitativa



Resultados

Ensayos en cámara térmica

CuClad 250: Ensayo 1

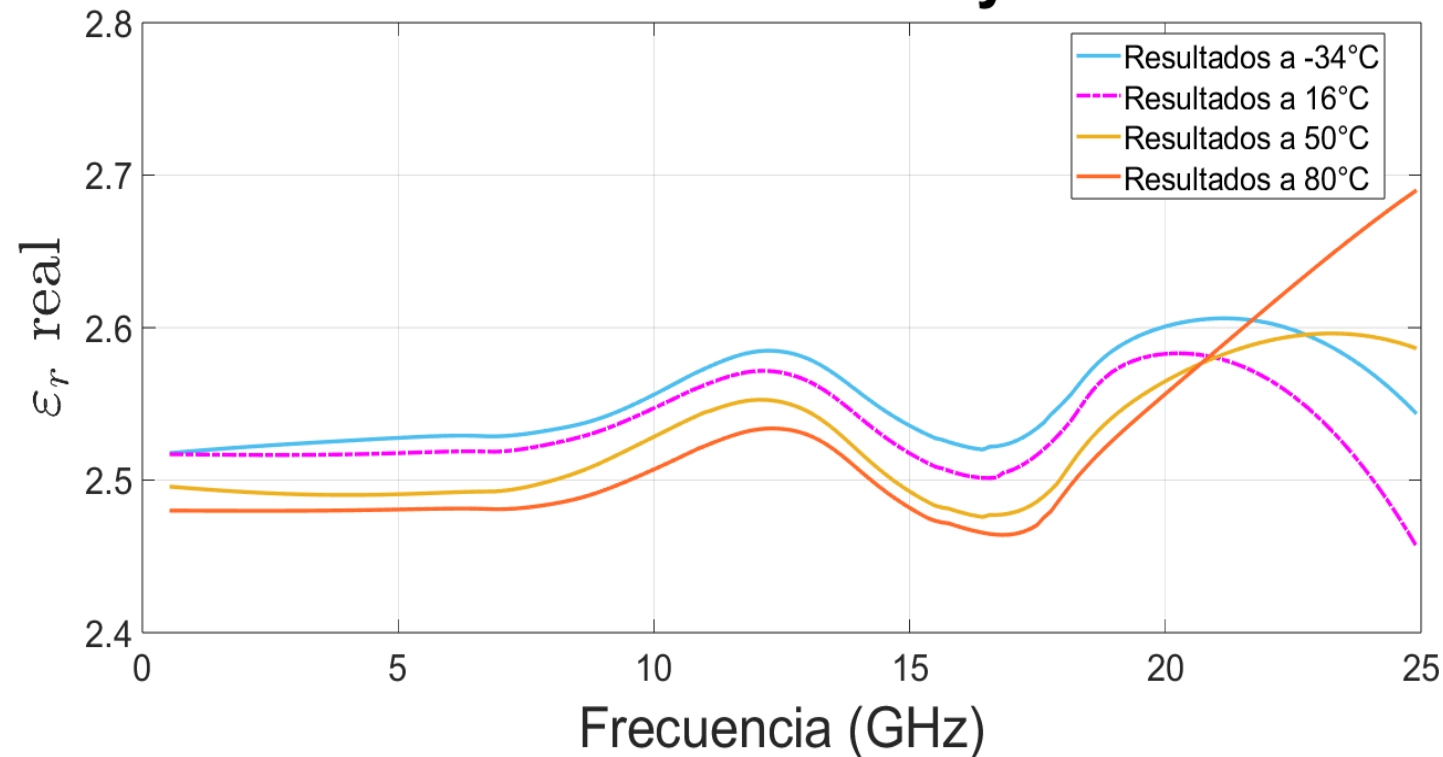


Al disminuir la temperatura, la parte real de la permitividad aumenta

Resultados

Ensayos en cámara térmica

CuClad 250: Ensayo 2

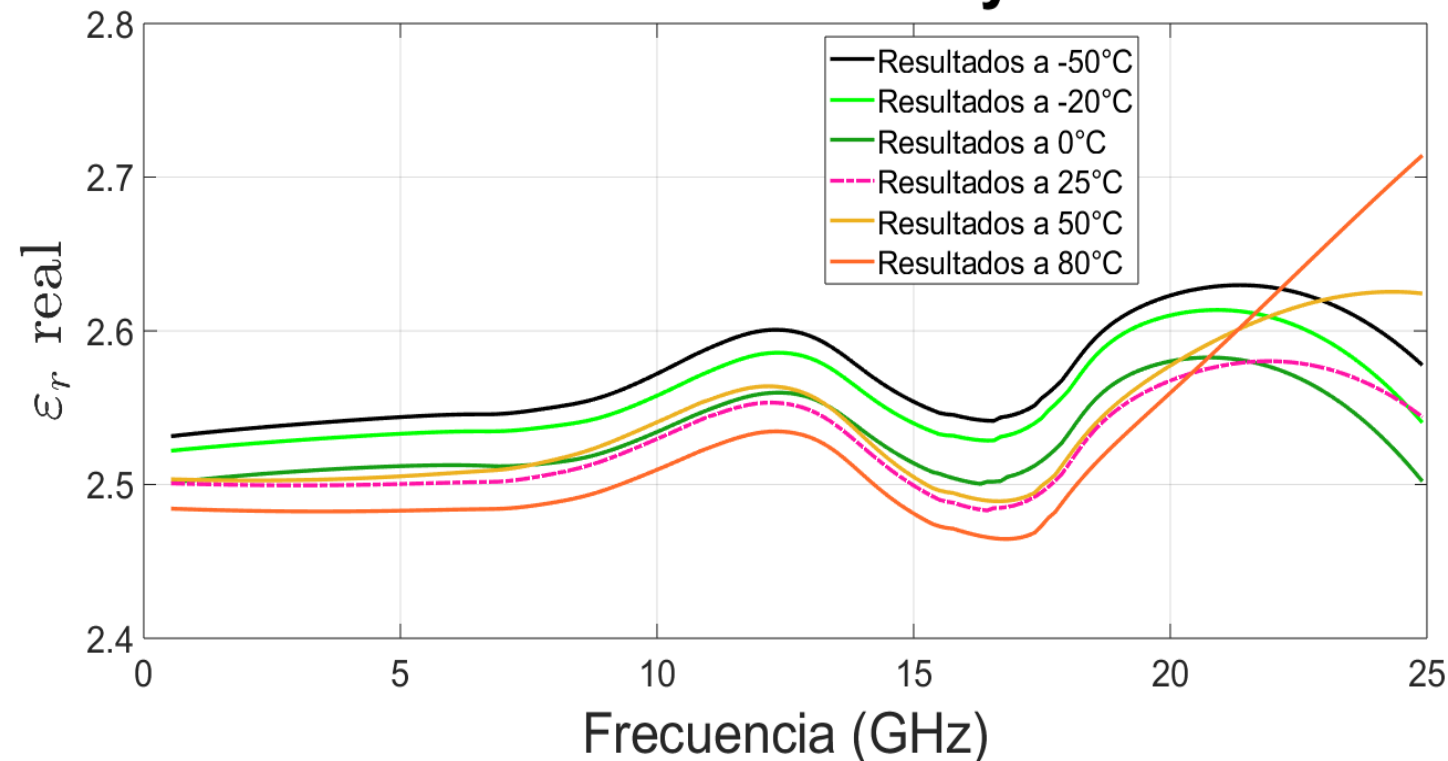


Al disminuir la temperatura, la parte real de la permitividad aumenta

Resultados

Ensayos en cámara térmica

CuClad 250: Ensayo 3



Al disminuir la temperatura, la parte real de la permitividad aumenta



Instituto
Nacional
de Técnica
Aeroespacial



VI JORNADAS ESPAÑOLAS
DE COMPATIBILIDAD
ELECTROMAGNÉTICA (EMC)

Conclusiones, problemas y trabajos futuros

Conclusiones

- Diseño de un prototipo de sistema de caracterización electromagnética para materiales a baja temperatura
 - Método no resonante capaz de medir en un amplio rango de frecuencias
 - Capaz de medir a altas y bajas temperaturas
 - Resultados consistentes y fiables en el cálculo de la parte real de la permitividad
 - Análisis cualitativos los efectos de la temperatura sobre las pérdidas intrínsecas del material

Problemas

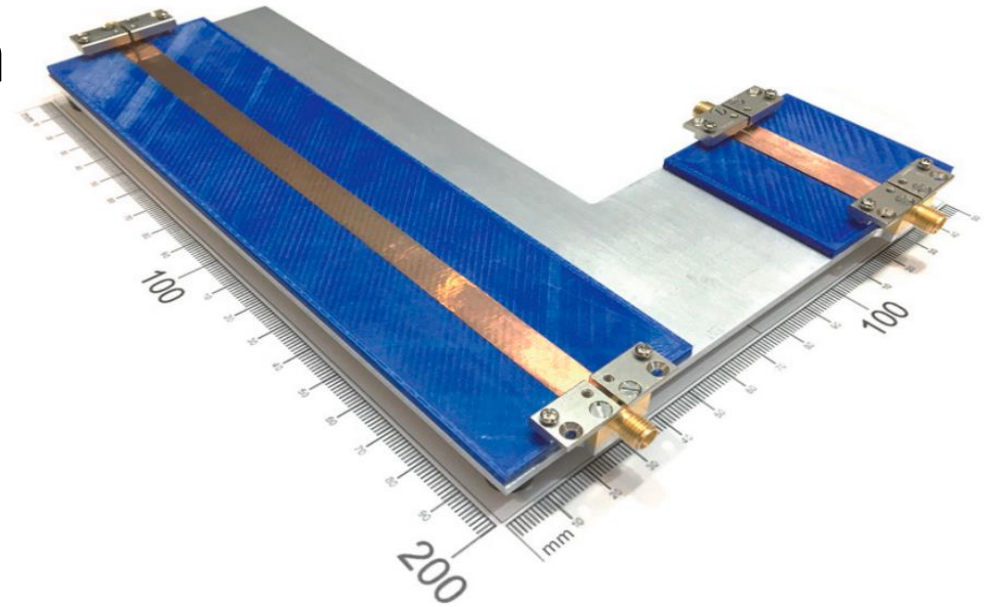
- Rango limitado de temperatura de los cables utilizados
- Condensaciones dentro de la cámara térmica
- Diseño inicial no permite el intercambio de sustratos
- Resultados no consistentes en el cálculo de la tangente de pérdidas

Trabajos futuros

- Aumentar le rango de temperaturas
 - Adquisición de cables especialmente diseñado para trabajar hasta temperaturas criogénicas
- Evitar condensación en la cámara térmica
 - Adquisición de feedthrough conectorizado
- Realización de balance de errores
- Medir materiales dieléctricos de pérdidas medias y altas
- Medir permitividad y permeabilidad

Trabajos futuros

- Diseño de un nuevo sistema de caracterización electromagnética de doble línea microstrip:
 - Capacidad de intercambiar sustratos
 - Diferencia de longitudes mayor para ganar precisión en el cálculo de la tangente de pérdidas



Ref: “Comparison of Measured and Predicted Permittivity Values for 3D Printed PLA Substrates”



Instituto
Nacional
de Técnica
Aeroespacial



VI JORNADAS ESPAÑOLAS
DE COMPATIBILIDAD
ELECTROMAGNÉTICA (EMC)

Gracias por su atención

Trabajo Fin de Grado

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE
CARACTERIZACIÓN ELECTROMAGNÉTICA
PARA MATERIALES A BAJA TEMPERATURA**

Pablo Zamorano Fernández





Instituto
Nacional
de Técnica
Aeroespacial



VI JORNADAS ESPAÑOLAS
DE COMPATIBILIDAD
ELECTROMAGNÉTICA (EMC)

Caracterización electromagnética de materiales aeroespaciales a baja temperatura

Borja Plaza Gallardo, Pablo Zamorano Fernández, David Ramos Somolinos,
David Poyatos Martínez

Laboratorio de Electromagnetismo Computacional y Aplicado

Área de Radiofrecuencia

Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA)