



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE ECONOMÍA  
Y COMPETITIVIDAD



# Jornada sobre Programas Nacionales e Internacionales de I+D

**PROYECTO GREENMAR**  
(**G**EOTHERMAL & **R**ENEWABLE ENERGY  
IN **M**ODULAR **A**RCHITECTURE SYSTEM )

**INNPACTO (IPT-2012-0231-120000)**



**CIEMAT, Salón de Actos. Lunes, 24 de abril de 2017**  
**Juan A. de Isabel**



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE ECONOMÍA  
Y COMPETITIVIDAD

**Proyecto GREENMAR.** Financiado por la Dirección General de Innovación y Competitividad del MINECO dentro del Programa Nacional de Cooperación Público Privada. INNPACTO 2012

# AGENDA

- **Participantes del consorcio**
- **Identificación del problema**
- **Preguntas abiertas**
- **Objetivos del Proyecto**
- **Resultados obtenidos**
- **Principales innovaciones**

# AGENDA

- **Participantes del consorcio**
- **Identificación del problema**
- **Preguntas abiertas**
- **Objetivos del Proyecto**
- **Resultados obtenidos**
- **Principales innovaciones**

# Participantes del consorcio

## Colaboración público privada

- **GEOTER.** Líder del proyecto y empresa pionera en desarrollo de grandes proyectos de eficiencia energética, integración de energías renovables, desarrollo de la geotermia en todas las fases desde: ingeniería, desarrollo, ejecución y mantenimiento.
- **CLYSEMA.** Instalaciones de climatización y Servicios Energéticos.
- **GAPTEK.** Diseño y cálculo de estructuras. Dilatada experiencia en hangares aerotransportables y especializada en la ejecución de proyectos singulares adaptados a las necesidades de sus clientes.
- **ITM.** Centro de excelencia dependiente del Ministerio de Defensa (INTA), siendo el **CIEMAT** responsable de la gestión y auditoría de resultados energéticos.

- Participantes del consorcio
- Identificación del problema
- Preguntas abiertas
- Objetivos del Proyecto
- Resultados obtenidos
- Principales innovaciones

# Participantes del consorcio

## Perfil tecnológico: ITM (INTA)

Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial "Esteban Terradas".

Organismo público de investigación, que ejecuta actividades de investigación científica y técnica, así como de prestación de servicios tecnológicos y está especializado en la investigación y el desarrollo tecnológico, de carácter dual, en los ámbitos aeroespacial de la aeronáutica, la hidrodinámica y de las tecnologías de la defensa y seguridad.



En la actualidad pertenece al Ministerio de Defensa y englobado en el INTA el Instituto Tecnológico "La Marañosa" y constituye la Subdirección General de Sistemas Terrestre.

- Participantes del consorcio
- Identificación del problema
- Preguntas abiertas
- Objetivos del Proyecto
- Resultados obtenidos
- Principales innovaciones

# Participantes del consorcio



## Asesoría tecnológica: CIEMAT

Dentro de los objetivos del CIEMAT se establece una colaboración estrecha con otros centros nacionales de I+D+i, instituciones, universidades y empresas del sector de nuestro país con el fin de transferir los conocimientos y la tecnología que se han generado, y con ello apoyar y ayudar al impulso de la innovación y al cambio del modelo económico basándose en el conocimiento, siendo el Área de Energía responsable de la auditoría y gestión energética de este proyecto GREENMAR.

# AGENDA

- Participantes del consorcio
- **Identificación del problema**
- Preguntas abiertas
- Objetivos del Proyecto
- Resultados obtenidos
- Principales innovaciones

# Identificación del problema

- Participantes del consorcio
- **Identificación del problema**
- Preguntas abiertas
- Objetivos del Proyecto
- Resultados obtenidos
- Principales innovaciones

- **Misiones humanitarias y catástrofes naturales:**
  - Garantizar la continuidad de la misión.
  - Independencia sobre posibles abastecimientos locales (no siempre fiables).
  - Seguridad en operaciones militares.
- **Incremento coste combustibles.**
- **Características energéticas de la construcción: envolvente y bioclimatismo.**
- **Sostenibilidad**
- **Logística**



# Identificación del problema

- Participantes del consorcio
- **Identificación del problema**
- Preguntas abiertas
- Objetivos del Proyecto
- Resultados obtenidos
- Principales innovaciones

## Abastecimiento anual Afganistán:

- > **1.2 Billones litros de combustible**
  - > **300.000 Generadores fueron repostados**
  - > **65 Millones galones fueron empleados para HVAC y DHW**
- “climatización y A.C.S.”**

### Fuente:

Supreme Fuels / EDA Sustainable Energy for EU Crisis  
Management Conference  
5-6 May 2011 in Budapest

9

# Identificación del problema

- Participantes del consorcio
- **Identificación del problema**
- Preguntas abiertas
- Objetivos del Proyecto
- Resultados obtenidos
- Principales innovaciones







# AGENDA

- Participantes del consorcio
- Identificación del problema
- Preguntas abiertas
- Objetivos del Proyecto
- Resultados obtenidos
- Principales innovaciones

# Preguntas abiertas

- ¿Qué impacto tiene la eficiencia energética en la calidad de la edificación?
- ¿Cómo se puede optimizar la logística completa de implantación?
- ¿Cuántas vidas podrían salvarse?
- ¿Qué disminución de emisiones de CO<sub>2</sub> representa? ¿huella de Carbono?
- ¿Cuántos litros por año podríamos ahorrar en misiones humanitarias / militares en el mundo sustituyendo combustibles fósiles por fuentes renovables?

# AGENDA

- **Participantes del consorcio**
- **Identificación del problema**
- **Preguntas abiertas**
- **Objetivos del Proyecto**
- **Resultados obtenidos**
- **Principales innovaciones**

# Objetivos del proyecto

- Participantes del consorcio
- Identificación del problema
- Preguntas abiertas
- **Objetivos del Proyecto**
- Resultados obtenidos
- Principales innovaciones

- Desarrollo, construcción y validación de un **prototipo real**.
- Prototipo de “ sistema de edificación **rápida** en arquitectura **modular** y alta **eficiencia** energética”.
- Aprovechamiento mediante **energías renovables** para su climatización y abastecimiento eléctrico.
- Capacidad de ser: **Aerotransportable**, Montable, desmontable y reinstalable. **Modulabilidad**, cumplimiento del CTE, **eficiente** en términos energéticos, con mínimo mantenimiento.
- **Rapidez** en el despliegue. Durabilidad. **Económico**. Confortable y Reciclable.



# Objetivos del proyecto

- Participantes del consorcio
- Identificación del problema
- Preguntas abiertas
- **Objetivos del Proyecto**
- Resultados obtenidos
- Principales innovaciones

## Cronograma

	2012					2013												2014																
	M1 ago	M2 sep	M3 oct	M4 nov	M5 dic	M6 ene	M7 feb	M8 mar	M9 abr	M10 may	M11 jun	M12 jul	M13 ago	M14 sep	M15 oct	M16 nov	M17 dic	M18 ene	M19 feb	M20 mar	M21 abr	M22 may	M23 jun	M24 jul	M25 ago	M26 sep	M27 oct	M28 nov	M29 dic					
<b>Tarea 0.- ESTADO DEL ARTE (ITM)</b>																																		
0.1. Estructuras modulares de alta eficiencia energética (GAPTEK)						E0.1																												
0.2. Sistemas de climatización mediante aerotermia y geotermia (GEOTER)						E0.2																												
0.3. Sistemas de abastecimiento eléctrico mediante energías renovables (GEOTER)						E0.2																												
0.4. Protocolización de los trabajos de Acreditación Certificación energética (ITM)						E0.2																												
<b>Tarea 1. EDIFICACIÓN MODULAR (GAPTEK)</b>																																		
1.1. Requisitos generales del diseño (ITM)						E1.1																												
1.2. Proyecto y seguimiento (GAPTEK)						E1.1																												
1.3. Producción de material para pruebas (GAPTEK)						E1.2																												
1.4. Primera prueba de ensamblaje (GAPTEK)						E1.2																												
1.5. Correcciones y modificaciones (GAPTEK)						E1.2																												
1.6. Producción de todo el material necesario para el prototipo (GAPTEK)						E1.2																												
1.7. Montaje del prototipo (GAPTEK)						E1.2																												
1.8. Montaje de las instalaciones (GAPTEK)						E1.2																												
1.9. Certificación del prototipo (GAPTEK)						E1.2																												
<b>Tarea 2. CONTENEDOR (GEOTER)</b>																																		
2.1. Requisitos generales de diseño (ITM)						E2.1																												
2.2. Sistemas de climatización por geotermia o aerotermia (GEOTER)						E2.1																												
2.3. Sistemas para abastecimiento eléctrico y de agua potable (GEOTER)						E2.1																												
2.4. Ejecución de la captación geotérmica (GEOTER)						E2.1																												
2.5. Ejecución abastecimiento eléctrico y planta potabilizadora (GEOTER)						E2.1																												
2.6. Adaptación a la estructura modular (CLYSEMA)						E2.3																												
2.7. Ejecución (CLYSEMA)						E2.3																												
2.8. Validación (ITM)						E2.3																												
<b>Tarea 3. VALIDACIÓN DEL PRODUCTO FINAL (ITM)</b>																																		
3.1. Prototipo final						E2.3																												
3.2. Legalización RITE						E2.3																												
<b>Tarea 4. DIFUSIÓN DE LOS RESULTADOS (ITM)</b>																																		
4.1. Elaboración de un plan de difusión (GEOTER)						E4.1																												
4.2. Actividades de difusión (ITM)						E4.1																												
<b>Tarea 5. COORDINACIÓN DEL PROYECTO (GEOTER)</b>																																		
						E4.1																												



**Proyecto GREENMAR.** Financiado por la Dirección General de Innovación y Competitividad del MINECO dentro del Programa Nacional de Cooperación Público Privada. INNPACTO 2012



# Objetivos del proyecto

- Participantes del consorcio
- Identificación del problema
- Preguntas abiertas
- **Objetivos del Proyecto**
- Resultados obtenidos
- Principales innovaciones

## Trabajos realizados por participantes

	GEOTER	GAPTEK	CLYSEMA	ITM
<b>Tarea 1.- Edificación modular</b>		<b>Lidera</b>		
1.1.- Requisitos generales de diseño	Participa	Participa	Participa	<b>Lidera</b>
1.2.- Proyecto y seguimiento	Participa	<b>Lidera</b>	Participa	Participa
1.3.- Producción de material para pruebas		<b>Lidera</b>		
1.4.- Primera prueba de ensamblaje	Participa	<b>Lidera</b>	Participa	Participa
1.5.- Correcciones y modificaciones	Participa	<b>Lidera</b>	Participa	Participa
1.6.- Producción de todo el material necesario para el prototipo		<b>Lidera</b>		
1.7.- Montaje del prototipo		<b>Lidera</b>		
1.8.- Montaje de las instalaciones	Participa	<b>Lidera</b>	Participa	Participa
1.9.- Certificación del prototipo	Participa	Participa	Participa	<b>Lidera</b>
<b>Tarea 2.- Contenedor</b>	<b>Lidera</b>			
2.1.- Requisitos generales de diseño	Participa	Participa	Participa	<b>Lidera</b>
2.2.- Sistemas de climatización por geotermia o aerotermia	<b>Lidera</b>	Participa	Participa	
2.3.- Sistemas para abastecimiento eléctrico y de agua potable	<b>Lidera</b>	Participa	Participa	
2.4.- Ejecución de la captación geotérmica	<b>Lidera</b>		Participa	
2.5.- Ejecución abastecimiento eléctrico y planta potabilizadora	<b>Lidera</b>		Participa	
2.6.- Adaptación a la estructura modular	Participa	Participa	<b>Lidera</b>	Participa
2.7.- Ejecución	Participa		<b>Lidera</b>	Participa
2.8.- Validación	Participa		Participa	<b>Lidera</b>
<b>Tarea 3.- Validación del producto final</b>				<b>Lidera</b>
3.1.- Prototipo final	Participa	Participa	Participa	<b>Lidera</b>
3.2.- Legalización RITE	Participa	Participa	<b>Lidera</b>	Participa
<b>Tarea 4.- Difusión de los resultados</b>				<b>Lidera</b>
4.1.- Elaboración de un plan de difusión	<b>Lidera</b>	Participa	Participa	Participa
4.2.- Actividades de difusión	Participa	Participa	Participa	<b>Lidera</b>
<b>Tarea 5.- Coordinación del proyecto</b>	<b>Lidera</b>			

17

# AGENDA

- **Participantes del consorcio**
- **Identificación del problema**
- **Preguntas abiertas**
- **Objetivos del Proyecto**
- **Resultados obtenidos**
- **Principales innovaciones**

# Resultados obtenidos.

- Participantes del consorcio
- Identificación del problema
- Preguntas abiertas
- Objetivos del Proyecto
- **Resultados obtenidos**
- Principales innovaciones

1. Estructura
2. Climatización
3. Validación

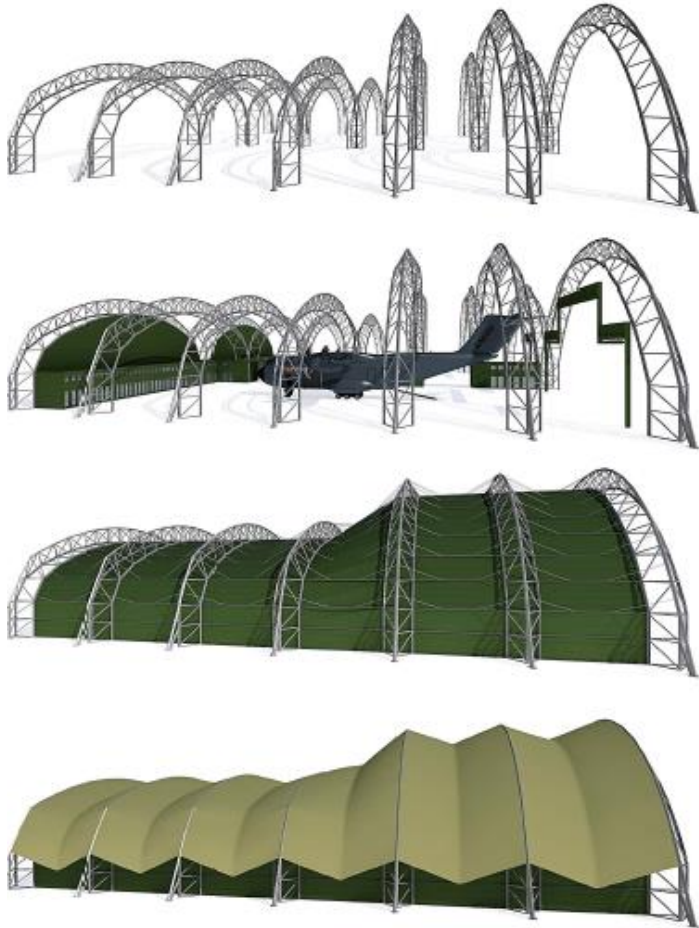
- Participantes del consorcio
- Identificación del problema
- Preguntas abiertas
- Objetivos del Proyecto
- Resultados obtenidos
- Principales innovaciones

# 1. Estructura

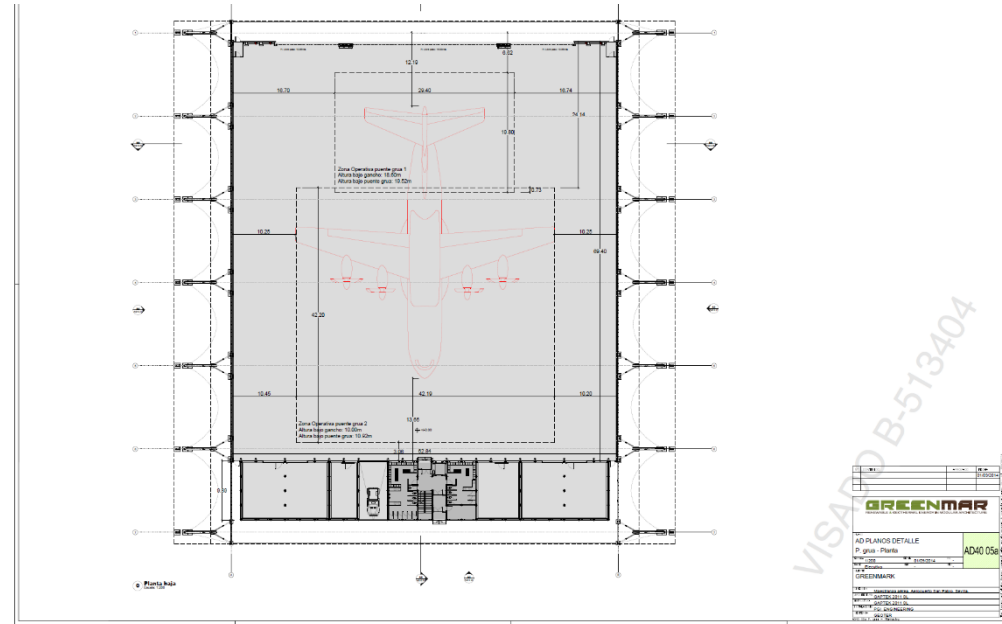
- ① Proyectos según CTE.
- ② Desplegabilidad y facilidad de montaje.
- ③ Certificación de los resultados obtenidos.
- ④ Tiempos de respuestas mínimos en caso de despliegue.

# 1. Estructura

## ① Proyecto según CTE



- Participantes del consorcio
- Identificación del problema
- Preguntas abiertas
- Objetivos del Proyecto
- Resultados obtenidos
- Principales innovaciones



**Normativa** considerada:

**CTE** - Código técnico de la Edificación.

**EC9** - Eurocódigo 9 para Estructuras de Aluminio.

Mercado **CE** - UNE-1090

21

- Participantes del consorcio
- Identificación del problema
- Preguntas abiertas
- Objetivos del Proyecto
- Resultados obtenidos
- Principales innovaciones

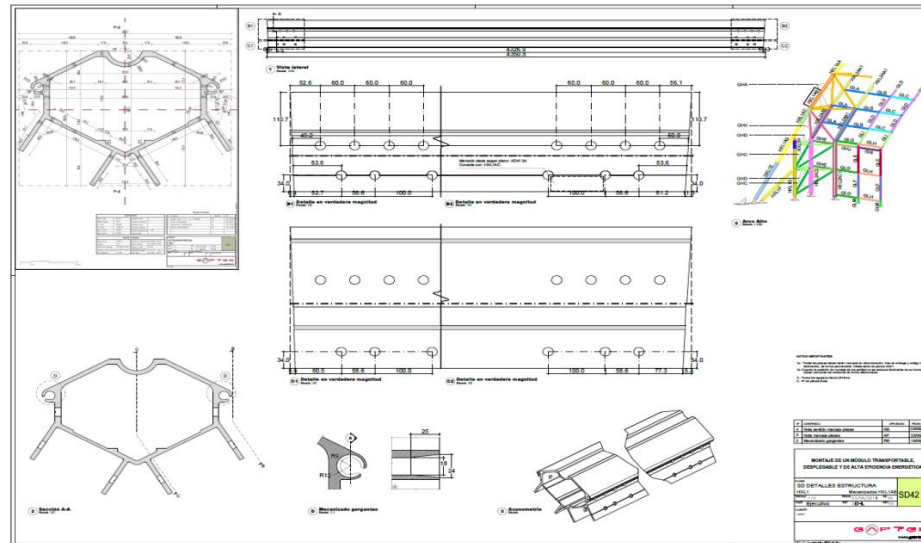
# 1. Estructura

## ② Módulo desplegable

Estructura formada por **elementos modulares** que se repiten: pirámides, arcos, subestructura y una estructura básica de 2,40 x 2,40 m para el módulo habitable.

Todas las **uniones atornilladas**, por lo que el desmontaje y montaje posterior no requiere sustitución de piezas.

Piezas más ligeras al ser de **aluminio** y fácilmente manipulables, lo que permite su instalación de forma **manual** en muchos casos.





# 1. Estructura

## ② Módulo desplegable

- Participantes del consorcio
- Identificación del problema
- Preguntas abiertas
- Objetivos del Proyecto
- **Resultados obtenidos**
- Principales innovaciones



# 1. Estructura

## ② Módulo desplegable

- Participantes del consorcio
- Identificación del problema
- Preguntas abiertas
- Objetivos del Proyecto
- Resultados obtenidos
- Principales innovaciones





# 1. Estructura

## ③ Certificación de los resultados obtenidos.

### Proyecto según CTE

- Certificado final por técnico colegiado.

### Desplegabilidad y facilidad de Montaje

- Montaje por personal militar no especializado.
- Todos los elementos se pueden transportar en contenedores de 20ft.

### Modulabilidad

- La estructura se compone de elementos idénticos repetidos según módulos constantes.

- Participantes del consorcio
- Identificación del problema
- Preguntas abiertas
- Objetivos del Proyecto
- **Resultados obtenidos**
- Principales innovaciones

# 1. Estructura

## ④ Tiempos de respuesta mínimos en caso de despliegue

**Proyecto:** Replicable en otros escenarios sin necesidad de modificaciones sustanciales.

**Fabricación:** elementos compuestos por piezas industrializadas según un catalogo.

**Transporte:** las piezas se han diseñado para optimizar el volumen y peso.

**Montaje:** tiempos reducido por uniones atornilladas, ligereza del material y claridad estructural.

- Participantes del consorcio
- Identificación del problema
- Preguntas abiertas
- Objetivos del Proyecto
- **Resultados obtenidos**
- Principales innovaciones

# 2. Climatización

## PRODUCCIÓN

- ① Definición de las necesidades energéticas del edificio modular.
- ② Caracterización recurso geotérmico.
- ③ Contenedor.

## DISTRIBUCIÓN

- ① Desarrollo del kit hidráulico y conexionado.
- ② Distribución por suelo radiante
- ③ Optimización en la generación: geotermia vs “otras fuentes”

- Participantes del consorcio
- Identificación del problema
- Preguntas abiertas
- Objetivos del Proyecto
- **Resultados obtenidos**
- Principales innovaciones

## 2. Climatización

**SOLUCIÓN:** Un sistema basado en el aprovechamiento de las energías renovables disponibles, con el objeto de disminuir la dependencia de combustibles fósiles y la energía primaria, representando una solución capaz de reducir las emisiones de gases contaminantes la huella del carbono.

**Menor coste en comparación a una estructura convencional**



28

# 2. Climatización

- Participantes del consorcio
- Identificación del problema
- Preguntas abiertas
- Objetivos del Proyecto
- **Resultados obtenidos**
- Principales innovaciones

## PRODUCCIÓN

### ① Definición de las necesidades energéticas del edificio modular.



29



# 2. Climatización

- Participantes del consorcio
- Identificación del problema
- Preguntas abiertas
- Objetivos del Proyecto
- Resultados obtenidos
- Principales innovaciones

## PRODUCCIÓN

### ② Geotermia



- Participantes del consorcio
- Identificación del problema
- Preguntas abiertas
- Objetivos del Proyecto
- Resultados obtenidos
- Principales innovaciones

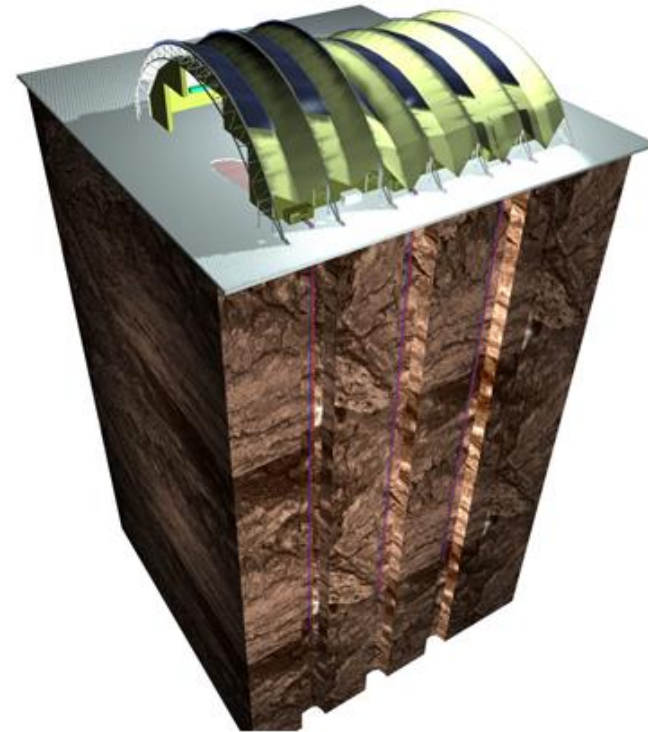
# 2. Climatización

## PRODUCCIÓN

### ② Geotermia

#### MODOS DE FUNCIONAMIENTO

- CALEFACCION GEOTERMIA
- CALEFACCION AEROTERMIA
- REFRIGERACION GEOTERMIA
- REFRIGERACION AEROTERMIA
- REFRESCAMIENTO PASIVO
- PRODUCCION DUAL



- Participantes del consorcio
- Identificación del problema
- Preguntas abiertas
- Objetivos del Proyecto
- **Resultados obtenidos**
- Principales innovaciones

# 2. Climatización

## PRODUCCIÓN

③ Contenedor como elemento climatizador que regula el empleo de distintos tipos de energías renovables, obteniendo altos coeficientes de rendimiento energético.



32



# 2. Climatización

- Participantes del consorcio
- Identificación del problema
- Preguntas abiertas
- Objetivos del Proyecto
- **Resultados obtenidos**
- Principales innovaciones

## DISTRIBUCIÓN

④ Una vez climatizada el agua de distribución se almacenada en el kit hidráulico.



- Participantes del consorcio
- Identificación del problema
- Preguntas abiertas
- Objetivos del Proyecto
- **Resultados obtenidos**
- Principales innovaciones

## 2. Climatización

### DISTRIBUCIÓN mediante suelo radiante y conductos textiles para calefacción y refrigeración

⑤ El agua de climatización se distribuye por el hangar a través del sistema de suelo radiante y climatizadores colocados en la parte superior del módulo de oficinas. Colectores de suelo radiante en un extremo del hangar y circuitos transversalmente al hangar para lograr una correcta distribución de la energía minimizando la pérdida de carga del sistema.



# Resultados obtenidos. Climatización.

## DISTRIBUCIÓN: Suelo radiante

### CALEFACCIÓN

Tabla de resultados.

Temperatura de impulsión (°C)	T media imp-ret (°C)	Temperatura media de pavimento (°C)	Potencia emitida W/m <sup>2</sup>
45	42,5	32,3	147,74

### REFRIGERACIÓN

Tabla de resultados.

Temperatura de impulsión (°C)	T media imp-ret (°C)	Temperatura media de pavimento (°C)	Potencia emitida W/m <sup>2</sup>
12	14,5	17,98	49,17

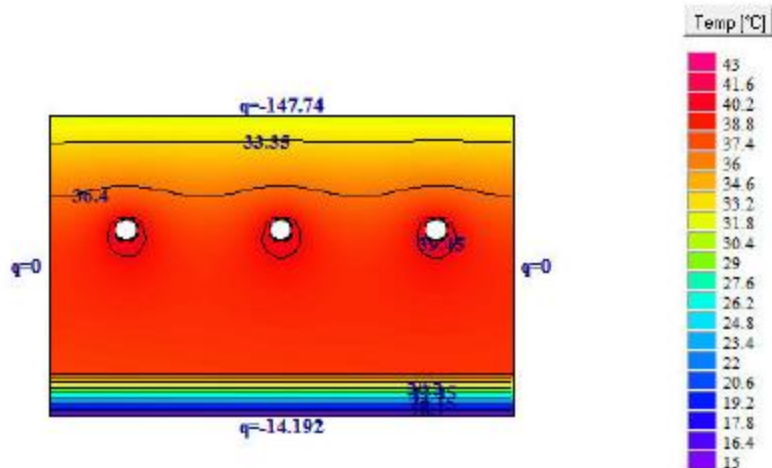
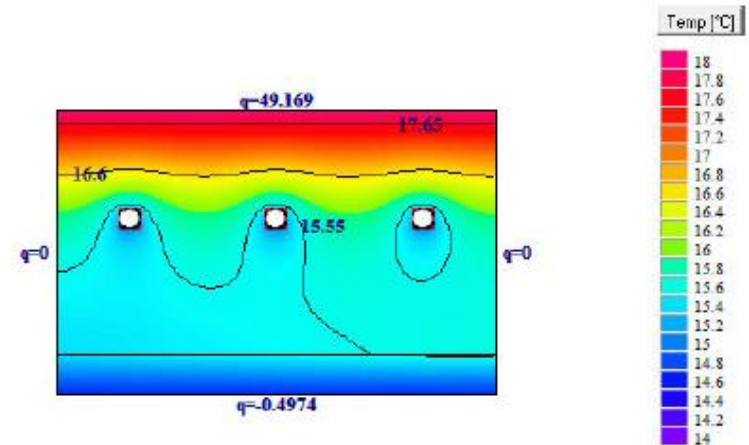


Gráfico Potencia impulsión 12 °C.

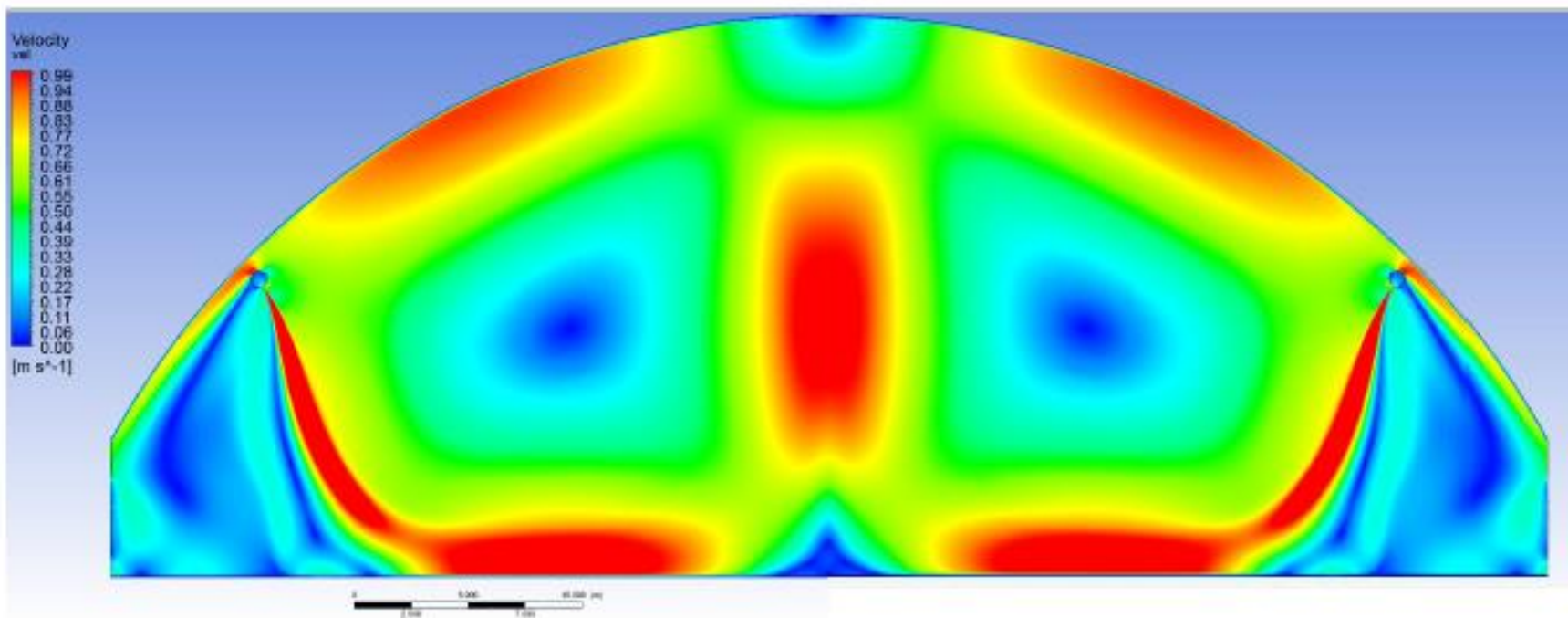




# Resultados obtenidos. Climatización.

DISTRIBUCIÓN: modo calefacción

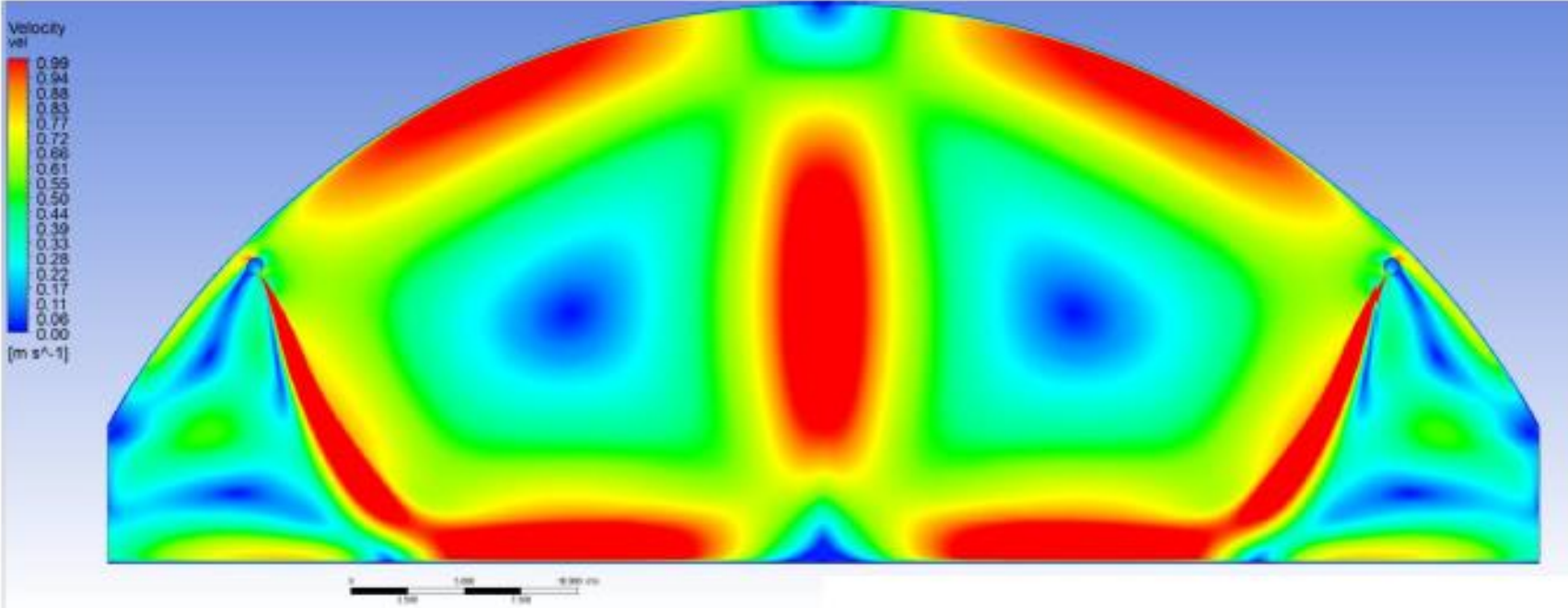
Option1 Mode heating dT = 8K



# Resultados obtenidos. Climatización.

DISTRIBUCIÓN: modo refrigeración

Option1 Mode cooling dT = 8K

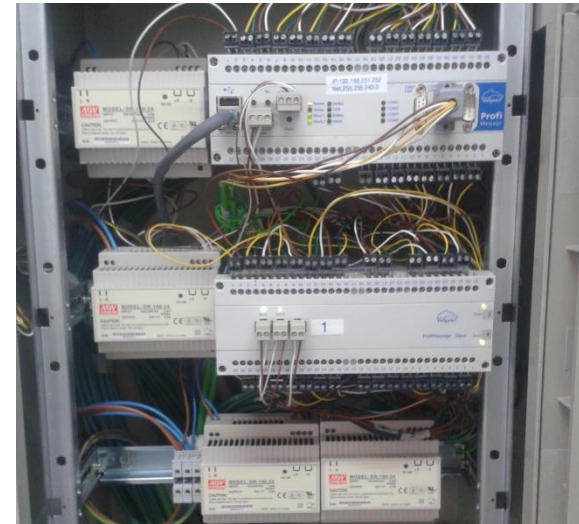


- Participantes del consorcio
- Identificación del problema
- Preguntas abiertas
- Objetivos del Proyecto
- **Resultados obtenidos**
- Principales innovaciones

# 2. Climatización

## MONITORIZACIÓN

- Diseño e instalación de un sistema de monitorización con cerca de 300 sensores que permiten la obtención de datos ambientales para la evaluación de la eficiencia energética del conjunto. Para ello ha contado con la colaboración técnica del CIEMAT.
- Captación análisis de datos para la evaluación de eficiencia energética.



# Resultados obtenidos

## VALIDACIÓN

- Datos obtenidos en días previos a la entrega de documentación (sin ocupación y con sistemas en pruebas).
- Resultados iniciales indican que los coeficientes de rendimiento en ocupación real serán similares a los obtenidos para el demostrador del ITM (entregable 2.6)

# AGENDA

- Participantes del consorcio
- Identificación del problema
- Preguntas abiertas
- Objetivos del Proyecto
- Resultados obtenidos
- Principales innovaciones

- Participantes del consorcio
- Identificación del problema
- Preguntas abiertas
- Objetivos del Proyecto
- Resultados obtenidos
- Principales innovaciones



# Principales innovaciones

- ✓ **Sistema constructivo** innovador y replicable
- ✓ Reducción de los **tiempos** de proyecto
- ✓ **Aluminio** como elemento estructural industrializado
- ✓ **Producción** del modulo en tiempos mínimos
- ✓ Nuevos materiales en paneles de **cerramientos**
- ✓ **Contenedor** de alta eficiencia energética de 100 kW de potencia
- ✓ **Geotermia y/o aerotermia**
- ✓ **Desmontable y trasladable**
- ✓ **Monitorización** de eficiencia energética en un recinto de dimensiones y características tan especiales.

# Principales innovaciones

Los ahorros se consiguen gracias a:

- ✓ **Eficiencia energética:** autoabastecimiento energético mediante la integración de energías renovables: geotermia y aerotermia.
- ✓ **Durabilidad**, economía, mantenibilidad y sostenibilidad ambiental.
- ✓ Desarrollo único para climatizar un hangar mediante soluciones energéticas renovables y conseguir **temperaturas óptimas de trabajo** para labores de mantenimiento en “tratamiento de materiales”.
- ✓ **Rápida amortización** por ahorros en energía y mantenimiento a lo largo de su ciclo de vida.
- ✓ **Ahorro económico** de hasta el 60% en climatización, que representa más del 60% de los costes energéticos.
- ✓ **Compromiso con el medio ambiente** y respetuoso con el entorno cumpliendo con el objetivo de disminuir la huella de C y las emisiones de CO.

# GREENMAR

Gracias por su atención