

# V Jornadas de Supercomputación y Avances en Tecnología

*“Supercomputación aplicada a la Ingeniería”*

*César Gómez Martín*  
[cesar.gomez@cenits.es](mailto:cesar.gomez@cenits.es)

*Escuela Politécnica de Cáceres (Uex)*  
*19/11/2012*

# Resumen

- Supercomputación en el siglo XXI
  - Abaratamiento de costes de cómputo
- Pilares de la ciencia y la ingeniería
  - Simulación como tercer pilar básico de la investigación
- Ejemplos de avances en Ingeniería y Ciencia
  - Supercomputación aplicada a la ciencia y la ingeniería
- Ejemplo práctico
  - Fractales - Conjuntos de Mandelbrot

# *Supercomputación en el s. XXI*

- Gran progreso en la última década en Supercomputación.
  - Antes los científicos usaban sólo los ordenadores para hacer cálculos de ecuaciones teóricas.
  - Con un supercomputador los científicos pueden simular situaciones en las que no hay ecuaciones para simplificar el problema.



# *Supercomputación en el s. XXI*

- David Keyes. Crema de cacahuete
  - En 2004, \$3.19: hacer sandwiches.
  - En 2007, \$0.80: como sustituto de otros ingredientes.
  - En 2010, \$0.20: materia prima para biopolímeros, plásticos, etc.
  - En 2013, \$0.05: para calentar casas.
  - En 2016, \$0.012: **!!!pavimentar carreteras!!!**



# *Supercomputación en el s. XXI*

## • CDC 6600

- Primera supercomputadora de la historia.
- Diseñada en **1965** por Seymour Cray.
- Fabricada por Control Data Corporation.
- MegaFLOP/seg = **1**.
- Coste con inflación a 2012: **49 millones €**
- Coste por MegaFLOP/seg:

!!! **49 millones €!!!**

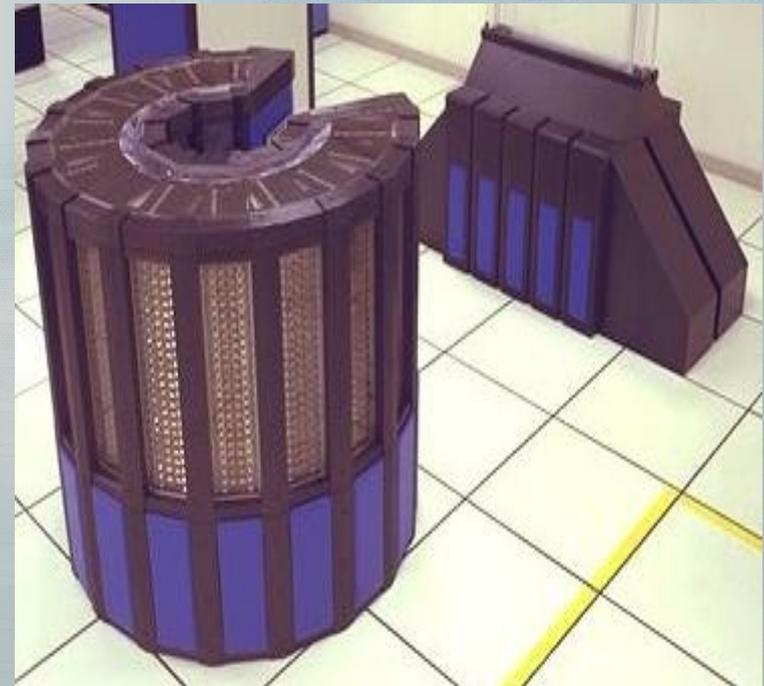


# *Supercomputación en el s. XXI*

## • Cray-2

- Supercomputadora vectorial.
- Diseñada en **1985** por Cray Research.
- MegaFLOP/seg = **1000**.
- Coste con inflación a 2012: **32 millones €**
- Coste por MegaFLOP/seg:

**!!! 32.000€ !!!**



# *Supercomputación en el s. XXI*

- **Ordenador de escritorio (i5, 2.66GHz, quad core, 16GB ram)**
  - MegaFLOP/seg = **40.000**
  - Coste en 2012: **1700 €**
  - Coste por MegaFLOP/seg: **!!! 0,43€ !!!**



# *Supercomputación en el s. XXI*

## • iPad

- MegaFLOP/seg = **1.650**
- Coste en 2012: **500 €**
- Coste por MegaFLOP/seg: **!!! 0,30€ !!!**



# *Supercomputación en el s. XXI*

## • Supercomputador TITAN

- Desarrollado por Cray Inc. Operativo desde Octubre de 2012
- **Número 1** en el [www.top500.org](http://www.top500.org) de Noviembre de 2012
- MegaFLOP/seg = **17.590.000.000 (17,59 PetaFLOPs)**
- Coste en 2012: **76 millones €**
- Coste por MegaFLOP/seg: **!!! 0,004€ !!!**



# *Supercomputación en el s. XXI*

- **Coste del cómputo**

- Ha ido decreciendo durante las últimas 5 décadas.
- Está previsto que continúe durante otra década más.

**49.000.000€/MFLOP → 0,004€/MFLOP**



# *Supercomputación en el s. XXI*

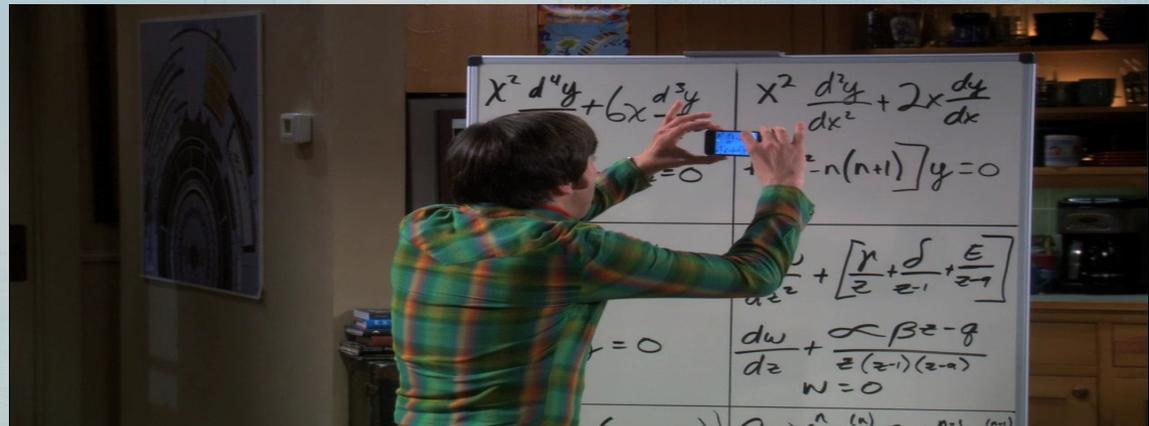
∴ **LOS INGENIEROS Y CIENTÍFICOS HAN DE  
PENSAR EN UTILIZAR EL PODER DE LA  
COMPUTACIÓN EN MÁS RAMAS DEL  
CONOCIMIENTO !!**



# *Pilares de la ciencia y la ingeniería*

- Antes de la supercomputación 2 pilares

– Teoría

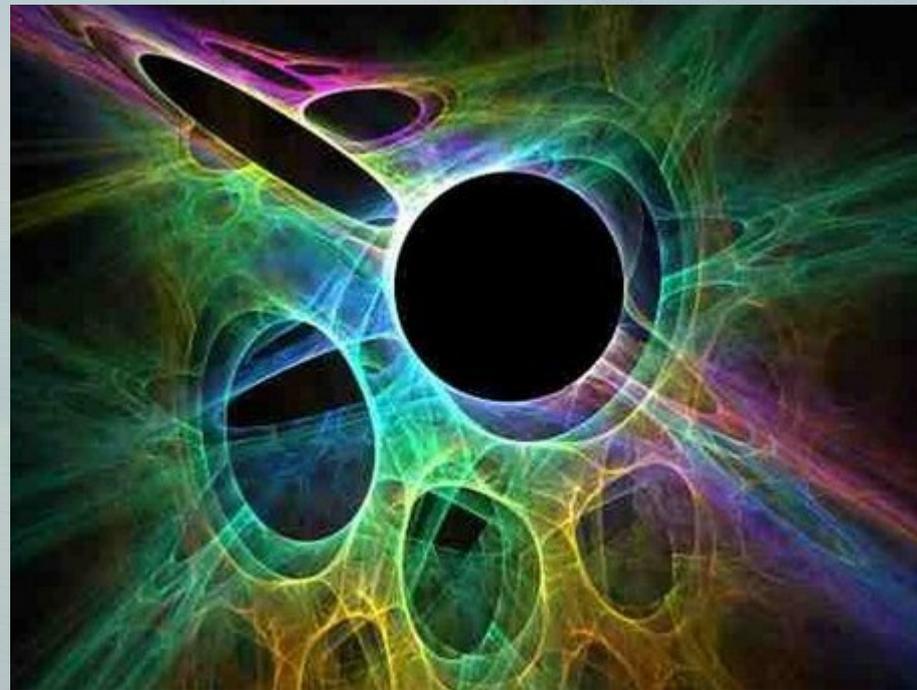


– Experimentación



# *Pilares de la ciencia y la ingeniería*

- Con la supercomputación 3 pilares
  - Teoría
  - Experimentación
  - **Simulación**



# *Pilares de la ciencia y la ingeniería*

- Simulación

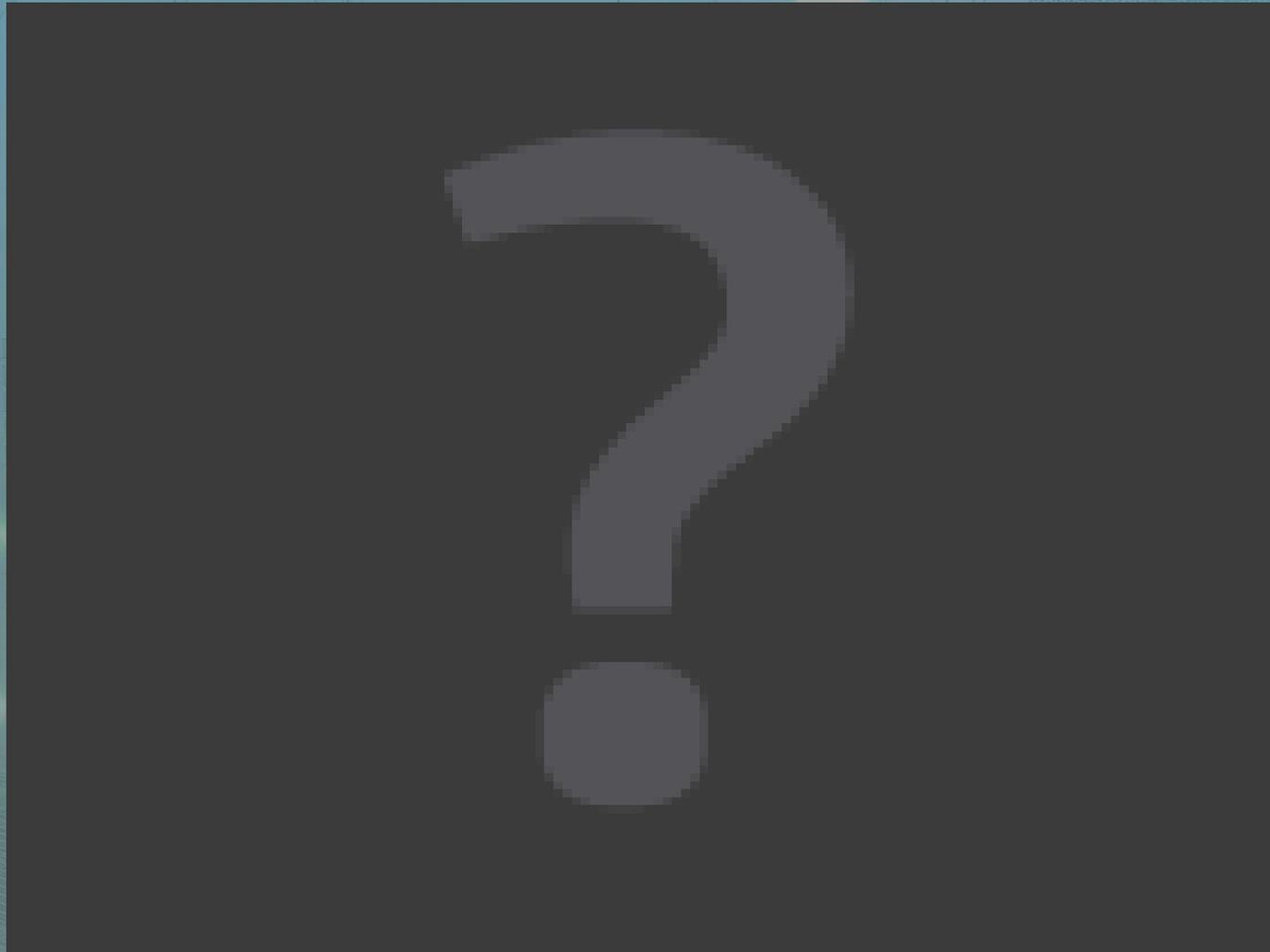
- A veces no tenemos todas las fórmulas y ecuaciones (modelado del clima, erupciones volcánicas, etc.).
- Otras veces no podemos hacer el experimento (big bang, experimentos sobre el origen de la vida, etc.)
- O es muy caro realizarlo.

**Por esto es importante hacer simulaciones con un  
Supercomputador**

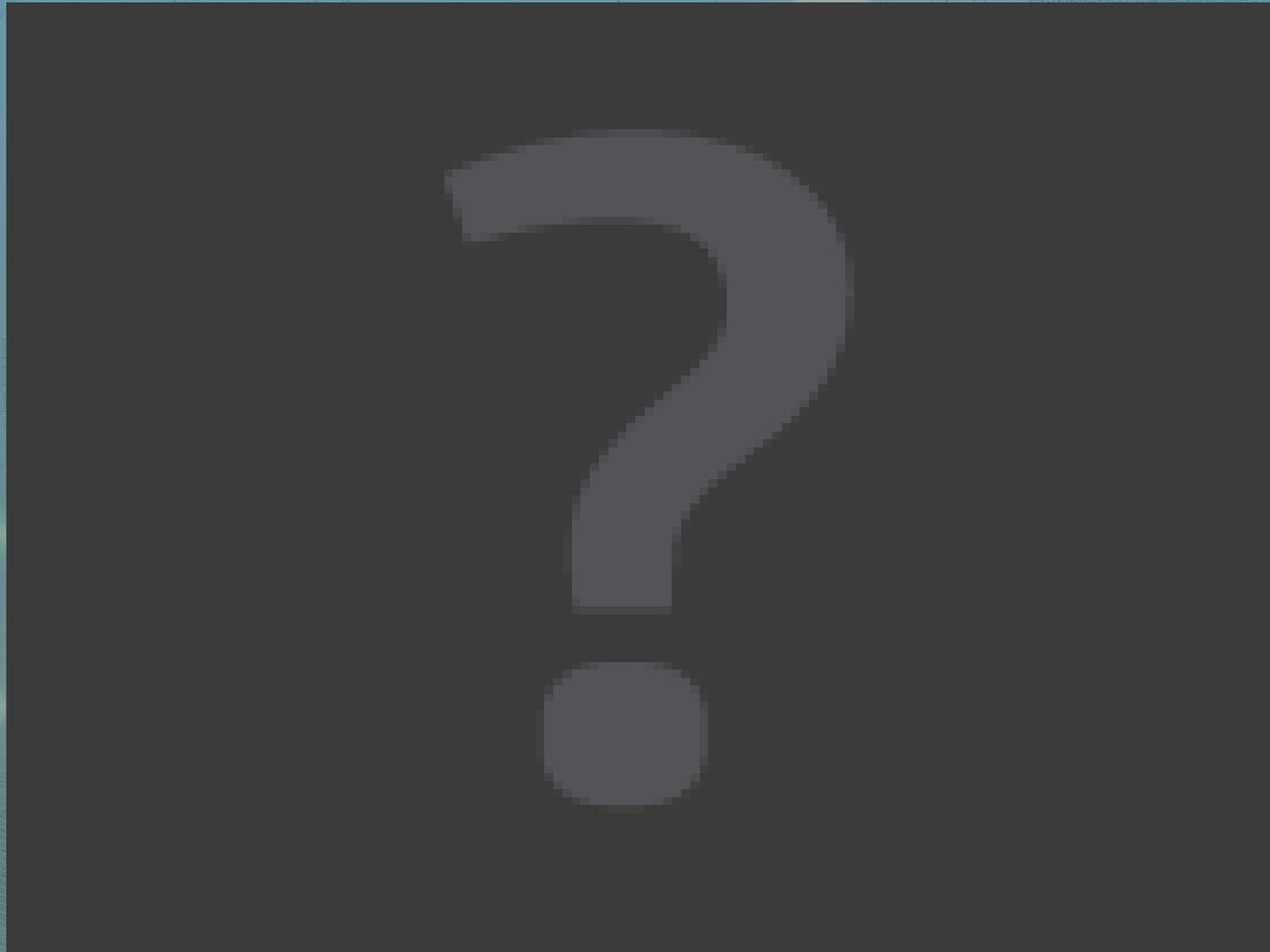
# *Ejemplos de avances en Ingeniería*



# *Ejemplos de avances en Ingeniería*



# *Ejemplos de avances en Ingeniería*



# *Ejemplos de avances en Ingeniería*

- Ahorro en consumo energético
  - Un camión grande recorre anualmente 100.000 kms
    - Con 1 litro de gasoil recorre ~2,5 kms
    - 1 litro de gasoil cuesta 1,4 €



$$((100.000 \text{ kms/año}) / (2,5 \text{ kms/litro})) * (1,4 \text{ €/litro}) =$$
$$56000 \text{ €/año}$$

# *Ejemplos de avances en Ingeniería*

- Ahorro en consumo energético
  - BMI ha conseguido mediante simulaciones de mecánica de fluidos un ahorro de un 7% de combustible

7% de 56000 € = 3920 € anuales

¡Sólo cambiando una pieza de plástico del camión!

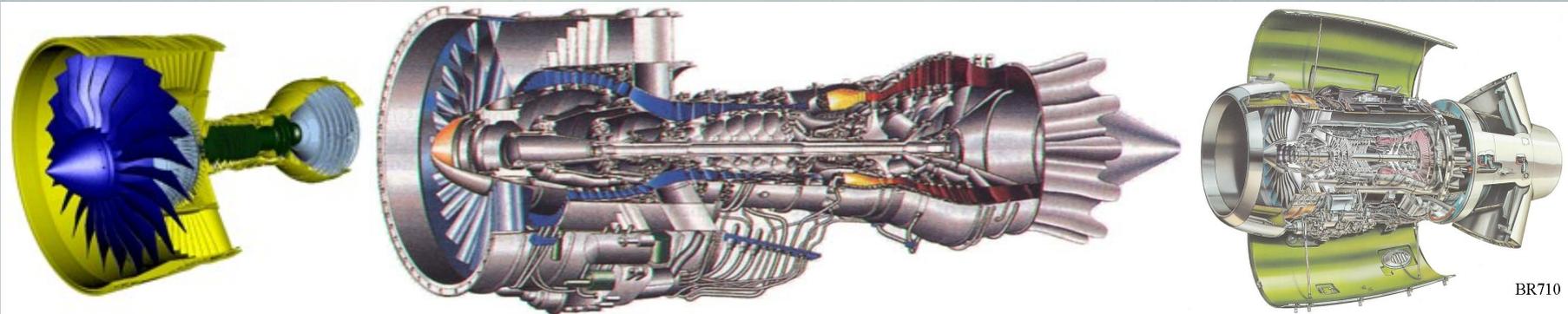
# Ejemplos de avances en Ingeniería

## Ejemplos de coeficientes aerodinámicos de coches

Cuerpo	Superficie frontal ( $m^2$ )	$C_x$	$SC_x$ ( $m^2$ )
Opel Insignia (2009)		0,27	
Audi A3 (2003)	2,13	0,32	0,68
Audi A6 (1997)		0,28	
Opel Kadett (1989)		0,38	
BMW Serie 1 (2004)	2,09	0,31	0,65
Citröen CX (1974)	1,93	0,36	0,71
Citröen C4 coupe 		0,28	
Opel Astra (2004)	2,11	0,32	0,68
Peugeot 807 (2002)	2,85	0,33	0,94
Renault Espace (1997)	2,54	0,36	0,92
Renault Espace (2002)	2,8	0,35	0,98
Renault Vel Satis (2002)	2,37	0,33	0,79
Hispano Divo (2003) <sup>1</sup>	9,2	0,349	3,21
Irizar PB (2002) <sup>1</sup>	9,2	0,55	5,06
Camión con deflectores <sup>1</sup>	9	0,70	
Autobús <sup>1</sup>	9	0,49	
Motocicleta <sup>1</sup>		0,70	
Fórmula 1 en Mónaco (el mayor) <sup>2</sup>		1,084	
Fórmula 1 en Monza (el menor) <sup>2</sup>		0,7	
Paracaídas <sup>1</sup>		1,33	
Perfil alar simétrico <sup>1</sup>		0,05	
Esfera <sup>1</sup>		0,1	
Cubo valor de referencia <sup>1</sup>		1	

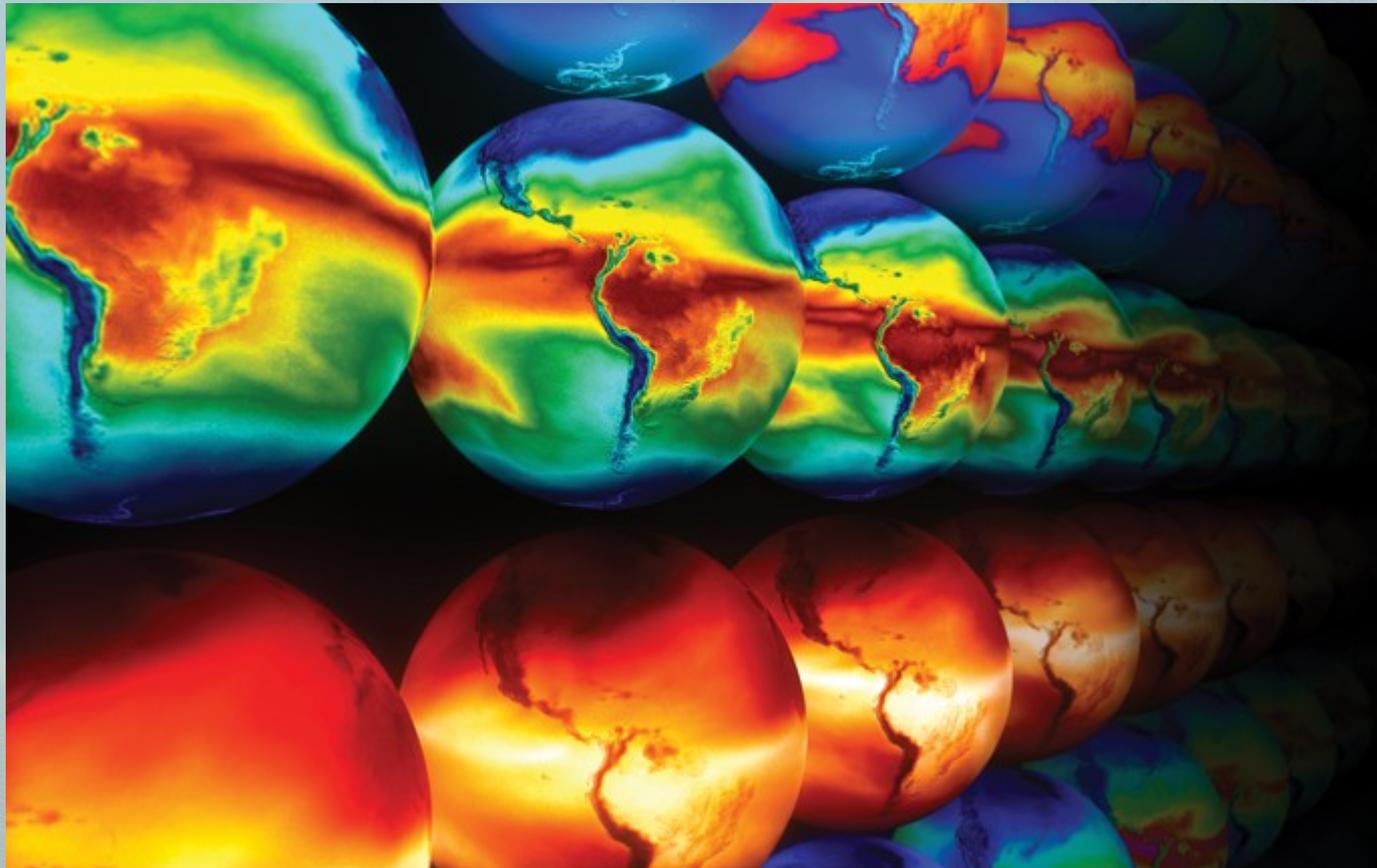
# *Ejemplos de avances en Ingeniería*

- Aviones más aerodinámicos
- Motores más eficientes



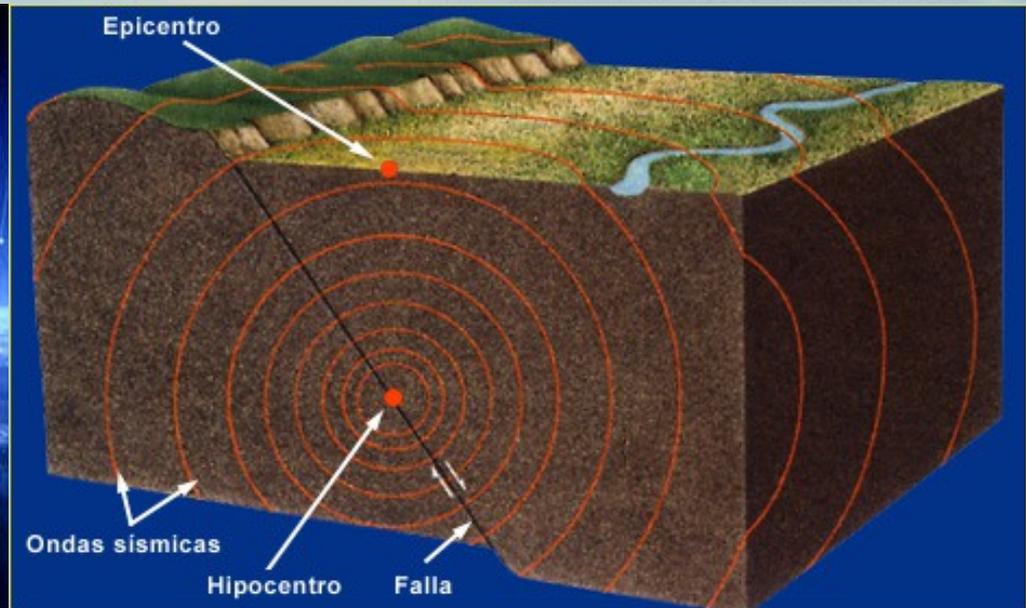
# *Ejemplos de avances en Ingeniería*

- Simulaciones climáticas o marinas



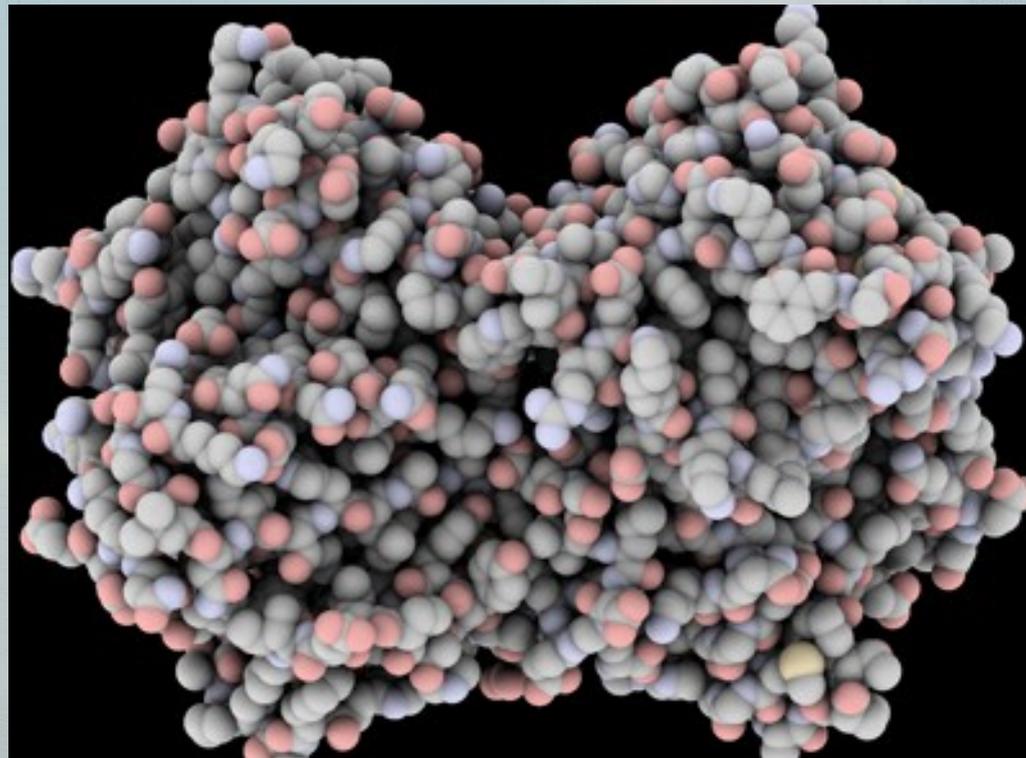
# *Ejemplos de avances en Ingeniería*

- Simulaciones de catástrofes



# *Ejemplos de avances en Ciencia*

- Simulaciones de dinámica molecular

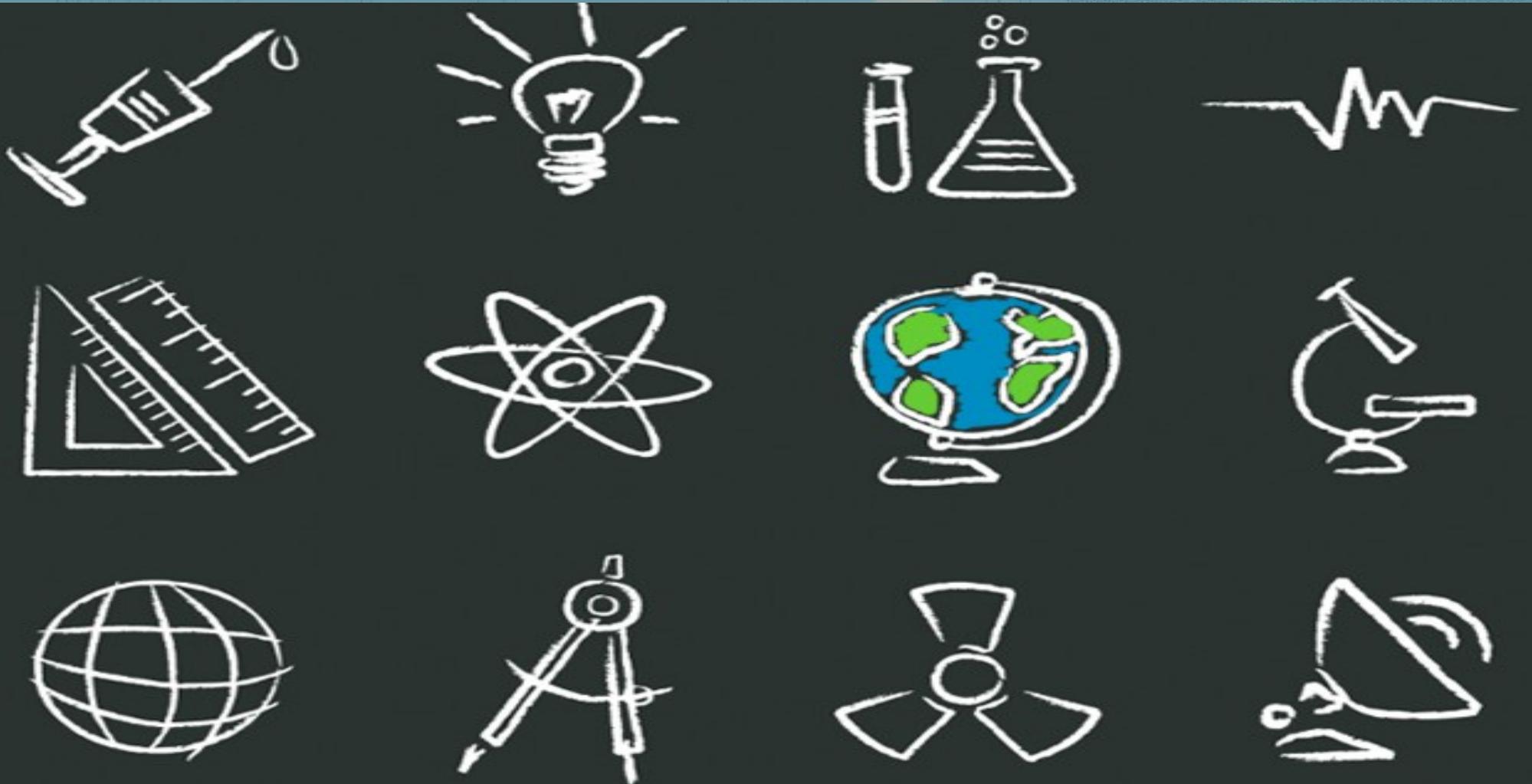


# *Ejemplos de avances en Ciencia*

- Estudios de enfermedades genéticas y microbiológicas



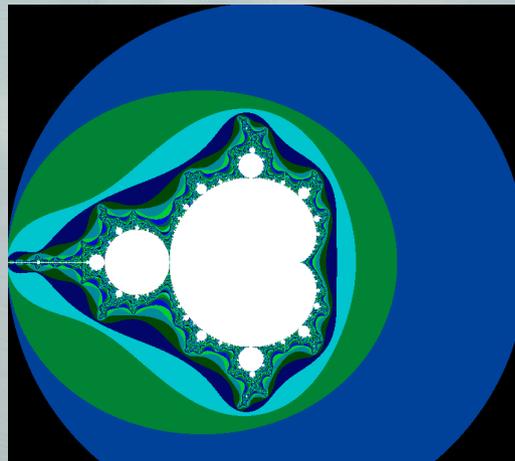
# *Ejemplos de avances*



# Ejemplo práctico

- Fractales

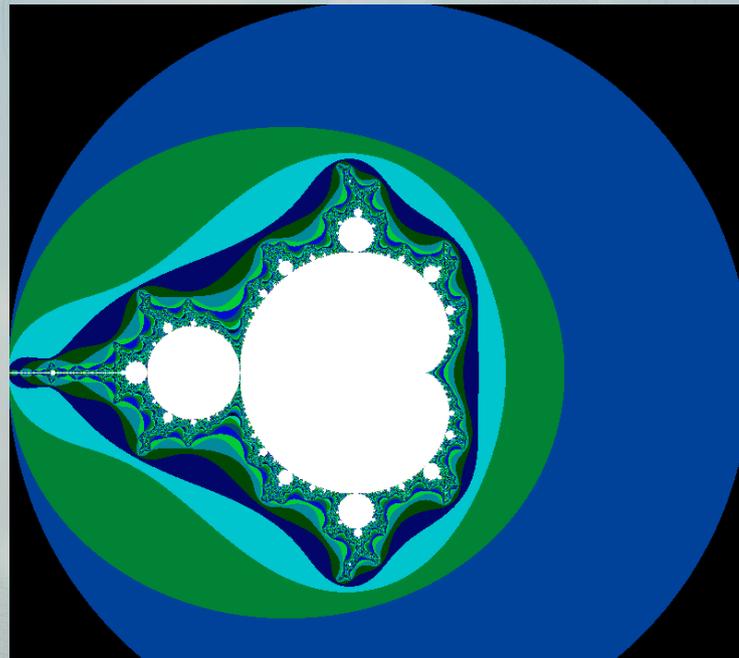
- Ente geométrico “distinto”.
- Ente geométrico “infinito”.
- “Un cuerpo fractal es aquel que tiene la Dimensión Topológica estrictamente menor que su Dimensión de Hausdorff-Besucovic”



# *Ejemplo práctico*

- Fractales

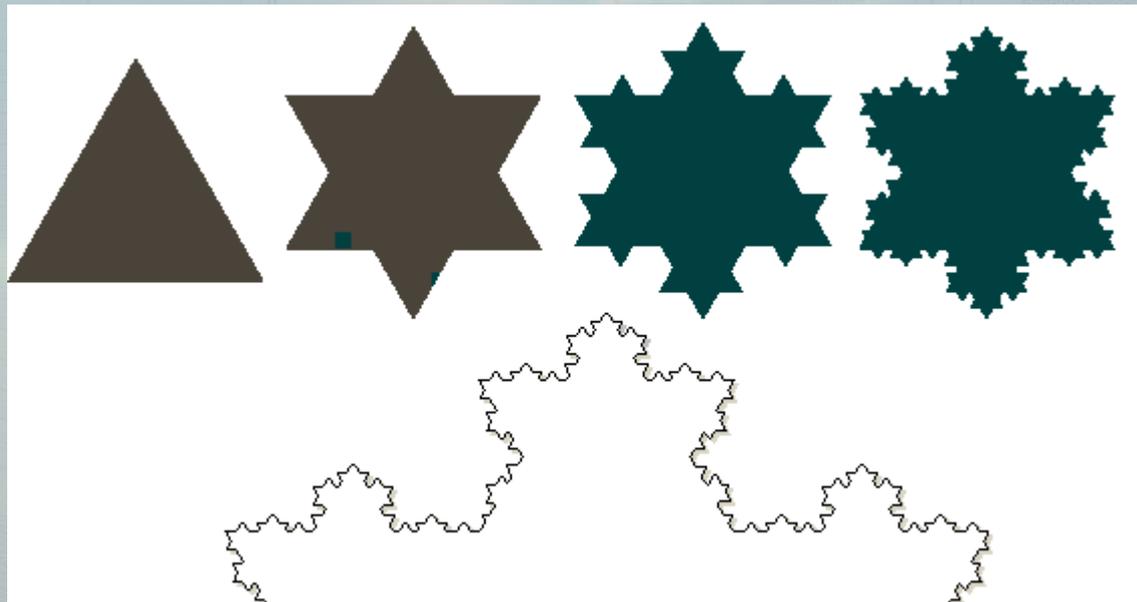
- Su área o superficie es finita, tiene límites.
- Por paradójico que resulte, su perímetro o longitud es infinita.



# *Ejemplo práctico*

- Fractales

- Se generan a través de iteraciones de un patrón geométrico establecido y fijo.



*Copo de nieve de Koch*

# *Ejemplo práctico*

- ¿Para qué sirven los fractales?
  - **Comunicaciones:** Modelado del tráfico en redes de datos.
  - **Informática:** Técnicas de compresión (audio y vídeo).
  - **Biología:** Crecimiento de tejidos, organización celular, evolución de poblaciones.
  - **Matemáticas:** convergencia de métodos numéricos.
  - **Física:** transiciones de fase en magnetismo.
  - **Química:** agregación por difusión limitada (DLA).
  - **Geología:** análisis de patrones sísmicos, erosión, formaciones geológicas.
  - **Economía:** análisis bursátiles y de mercado.
  - Etc.

# *Ejemplo práctico*



# *Ejemplo práctico*

- Conjunto de Mandelbrot

- Es el más conocido de los conjuntos fractales.
- Se forma mediante un número complejo

$$Z = A + Bi$$

- Z se eleva sucesivamente al cuadrado, sumándole el mismo Z y así infinitamente (**ITERACIÓN**)
  - 1ª iteración:  $Z^2 + Z$
  - 2ª iteración:  $(Z^2 + Z)^2 + Z$
  - 3ª iteración:  $((Z^2 + Z)^2 + Z)^2 + Z$
  - ...

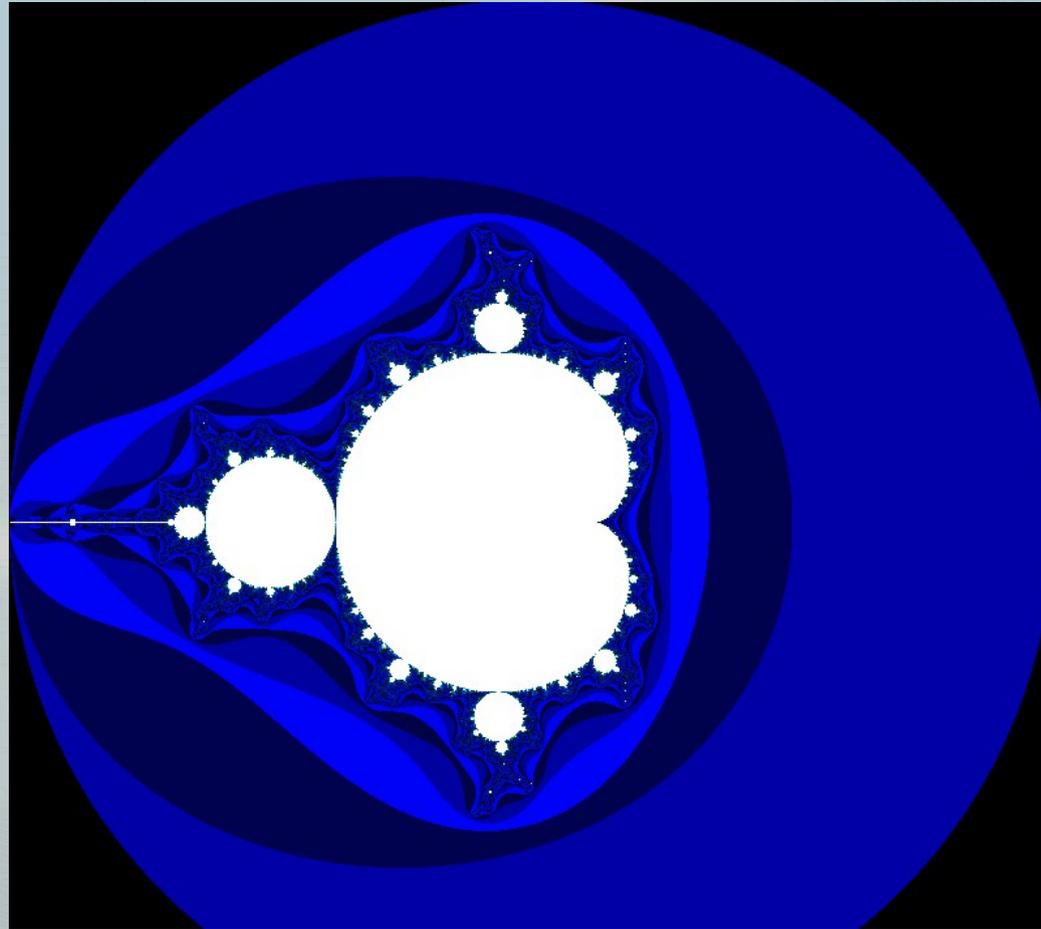
# *Ejemplo práctico*

- Conjunto de Mandelbrot

- Vamos a ver los números que pertenecen al “Conjunto de Mandelbrot”, se representan en **BLANCO**.
- El resto de puntos, los que no pertenecen al conjunto, se representan dependiendo del número de iteraciones que se han necesitado para hallarlo.
  - De más a menos:
    - Amarillo
    - Naranja
    - Celeste
    - Azul
    - Azul oscuro
    - Negro

# *Ejemplo práctico*

- Conjunto de Mandelbrot



# ¿Preguntas?

## *“Supercomputación aplicada a la Ingeniería”*

*César Gómez Martín*  
*cesar.gomez@cenits.es*

*Escuela Politécnica de Cáceres (Uex)*  
*19/11/2012*