

*COMPUTACIÓN EN PARALELO
EN LA MODELACIÓN
MATEMÁTICA Y COMPUTACIONAL
DE LA
CIENCIA Y LA INGENIERÍA*

ISMAEL HERRERA REVILLA

PREMIO NACIONAL DE CIENCIAS

INVESTIGADOR NACIONAL DE EXCELENCIA

Instituto de Geofísica, UNAM

**A. ESTA PLÁTICA ES UNA
INTRODUCCIÓN AL TALLER
DE CÓMPUTO EN PARALELO
DE LOS SISTEMAS DE LA
CIENCIA Y LA INGENIERÍA**

ANTECEDENTES

- En época reciente, la capacidad de la **Modelación Matemática y Computacional (MMC)** para predecir el comportamiento de los sistemas naturales, y otros de interés para los humanos, se ha ampliado enormemente.
- En el ámbito internacional, la **MMC** constituye un factor sumamente innovador de la Ciencia y la Ingeniería.

ES IMPORTANTE

- Dar a conocer los alcances de la modelación matemática y computacional
- Sus avances mundiales
- La actividad que se lleva a cabo en México
- Motivar a los estudiantes y los académico jóvenes a dedicarse a esta disciplina emergente
- Contribuir a que los estudiantes, investigadores y profesionales de los diversos campos aprovechen este poderoso recurso
- Dar a conocer métodos eficientes para la enseñanza y aprendizaje de la MMC

OBJETIVO DE ESTE TALLER

*Contribuir a que los estudiantes, investigadores,
y profesionales de los diversos campos
aprovechen este poderoso recurso*

- A través de un ejemplo sencillo, pero típico, se introducen los procedimientos básicos del cálculo en paralelo de los modelos de la Ciencia y la Ingeniería
- Quienes deseen profundizar más, deberían realizar otros cursos y actividades que han de organizarse.

¿A QUIÉNES VA DIRIGIDO?

- A estudiantes en la fase final de su licenciatura
- A estudiantes de posgrado
- A profesionales, profesores y miembros del personal académico que no estén familiarizados con esta metodología emergente

B. ¿QUÉ ES LA *MMC*?

PREDECIR LA NATURALEZA

ES UN ANHELO HUMANO

ANCESTRAL

LA MMC ES LA RESPUESTA
CONTEMPORÁNEA A ESTE ANHELO

- LOS HUMANOS HAN CONSTRUIDO A LA CIENCIA MOTIVADOS, EN GRAN MEDIDA, POR ESTE PROPÓSITO
- PORQUE LA PREDICCIÓN CIENTÍFICA REQUIERE DE CONOCIMIENTOS PROFUNDOS DE LOS FENÓMENOS

- SIN EMBARGO, LOS CONOCIMIENTOS CIENTÍFICOS NO BASTAN PARA PREDECIR EL COMPORTAMIENTO DE LA NATURALEZA
- LOS MODELOS MATEMÁTICOS Y COMPUTACIONALES SON INDISPENSABLES PARA REALIZAR LA PREDICCIÓN CIENTÍFICA

LOS CONOCIMIENTOS
CIENTÍFICOS Y TECNOLÓGICOS
SE INTEGRAN EN LOS MODELOS MATEMÁTICOS
Y COMPUTACIONALES
Y
SON ÉSTOS LOS QUE REALIZAN LA PREDICCIÓN
DEL COMPORTAMIENTO DE LA NATURALEZA

LA MMC ES EL ELEMENTO
INTEGRADOR FUNDAMENTAL
DE LA
PREDICCIÓN CIENTÍFICA

¿Y LA MATEMÁTICA APLICADA?

Hoy en día, la Matemática Aplicada
es, sobre todo, Modelación
Matemática y Computacional.

C. LA MMC EN LA INGENIERÍA

LA DIVERSIDAD DE LOS SISTEMAS DE INTERÉS ES ENORME

- Geociencias
- Ciencia de Materiales
- Ciencias del mar
- Física
- Ambientales
- Ingeniería sísmica
- Obras Civiles
- Suelos y Cimentaciones
- Biología
- Biomédicas
- Atmosféricos
- Químicos
- Petroleros
- Geotérmicos
- Clima
- Eléctricos

FINALIDADES DE LA INGENIERÍA

- **CONSTRUIR** sistemas que realicen funciones para satisfacer necesidades muy diversas
- **CONTROLAR** los sistemas así contruidos y, también, los fenómenos naturales que afectan al ser humano

ACTIVIDADES DE LA INGENIERÍA

- DISEÑO
- OPERACIÓN
- PREVISIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS SISTEMAS NATURALES
- PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES
- ADMINISTRACIÓN CIENTÍFICA
- ETCÉTERA

SI TUVIÉRAMOS LA CAPACIDAD PARA PREDECIR
EL COMPORTAMIENTO
DE LOS SISTEMAS DE INTERÉS
EN LA INGENIERÍA Y LA TECNOLOGÍA,
ESTAS FUNCIONES SERÍAN MUY FÁCILES

ESE ES EL MOTIVO POR EL QUE
LA PREDICCIÓN CIENTÍFICA
ES FUNDAMENTAL EN LA
INGENIERÍA

EN EL ÁMBITO MUNDIAL,
LA MMC
ES LA COLUMNA VERTEBRAL DE LA
INGENIERÍA AVANZADA

D. METODOLOGÍA

OBJETIVO GENERAL

*PREDECIR EL COMPORTAMIENTO DE
LOS SISTEMAS DE LA CIENCIA Y LA
INGENIERIA*

COMENTARIO: Éste es un concepto unificador

MÉTODO
PARA EL OBJETIVO GENERAL

LA MODELACIÓN

¿QUÉ SON LOS MODELOS?

Un sustituto del sistema cuyo
comportamiento se desea predecir

MODELOS MATEMÁTICOS Y COMPUTACIONALES

- Los modelos más eficaces son los matemáticos y computacionales
- Ellos son versátiles y económicos
- Ahorran recursos y tiempo

LAS DOS FÍSICAS

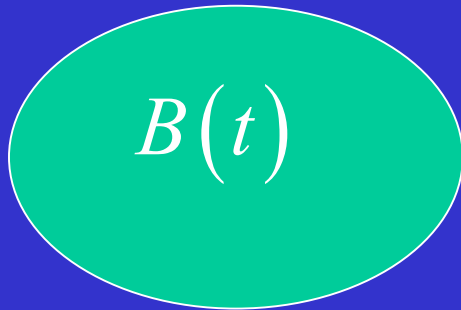
- La física microscópica
- La física macroscópica

BASE GENERAL DE LOS MODELOS

Contabilidad

$$\Delta C = I - E$$

PROPIEDADES EXTENSIVAS



$$E(t) = \int_{B(t)} \varphi(\underline{x}, t) dx$$

EL INTEGRANDO ES LA
PROPIEDAD INTENSIVA

PRINCIPIO FUNDAMENTAL

Al transcurrir el tiempo, las propiedades extensivas solamente varían porque se producen en el interior del sistema o porque se importan por la frontera.

EL MODELO BÁSICO

CONDICIÓN DE BALANCE PARA LA
PROPIEDAD INTENSIVA φ

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} + \nabla \cdot (\underline{v} \varphi) = \nabla \cdot \underline{\tau} + g$$

MODELOS DE LOS SISTEMAS MACROSCÓPICOS

EL MODELO MATEMÁTICO DE CADA
SISTEMA ESTÁ CONSTITUIDO POR:

- Las ecuaciones de balance correspondientes a una familia de propiedades extensivas
- Relaciones que determinan a $'g'$ y a $'\tau'$ en términos de la familia de propiedades intensivas del modelo, llamadas “Leyes Constitutivas”

LAS LEYES CONSTITUTIVAS

Es a través de estas relaciones que se incorporan los conocimientos científicos y tecnológicos disponibles acerca del sistema. Si el sistema es físico, son conocimientos físicos, si es químico son químicos y si es biológico son biológicos.

LOS MODELOS MATEMÁTICOS DE LOS SISTEMAS CONTINUOS SON SISTEMAS DE ECUACIONES DIFERENCIALES PARCIALES

- Las soluciones de estas ecuaciones son las que permiten predecir el comportamiento
- Hoy en día el camino más eficaz para obtenerlas es el método numérico, que se implementa por medio de las computadoras
- Los modelos de la ciencia y la ingeniería son matemáticos y computacionales

LOS MODELOS COMPUTACIONALES DE LOS SISTEMAS DE LA CIENCIA Y LA INGENIERÍA

- Contienen un gran número de grados de libertad
- El tratamiento de los sistemas complicados requiere de los recursos computacionales más avanzados
- La computación en paralelo es una técnica que distribuye esa gran carga entre muchos procesadores

LOS MÉTODOS DE DESCOMPOSICIÓN DE DOMINIO

- Introducen en la formulación matemática misma una separación de las tareas de los diversos procesadores
- Simplifican la transmisión de información entre ellos
- Los métodos de descomposición de dominio son los más efectivos para aplicar la computación en paralelo a los modelos de sistemas continuos

E. INTRODUCCIÓN DE UN EJEMPLO

MODELO DEL TRANSPORTE DE CONTAMINANTES

EL MODELO MATEMÁTICO ESTÁ CONSTITUIDO POR:

- La ecuación de balance de una propiedad extensiva: *masa del contaminante*
- Las Leyes Constitutivas:

La masa del contaminante se conserva

La Ley de Fick.

EL MODELO MATEMÁTICO

Propiedad Intensiva : C

Ecuación Constitutivas :

Conservación de masa : $g \equiv 0$

Ley de Fick : $\underline{\tau} \equiv D\nabla C$

Ecuación de Balance :

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \nabla \cdot (\underline{v}C) = \nabla \cdot (D\nabla C)$$

ESTADO ESTACIONARIO

$$\nabla \cdot (D \nabla C) = 0$$

$$\nabla \cdot \nabla C = 0$$