

CI66J

**CI66J/CI71T
MODELACION NUMERICA DE AGUAS
SUBTERRANEAS**

**TEMA 1
INTRODUCCION A LOS MODELOS DE SIMULACION
OTOÑO 2006**



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL



CI66J

- **INTRODUCCION**
- **CONCEPTO DE MODELO**
- **TIPOS DE MODELOS**
- **UTILIDAD DE LOS MODELOS**
- **ESCALAS DE MODELACION**
- **PERFIL DEL MODELADOR**



CI66J

¿QUE ES UN MODELO?

Una representación **simplificada** y **seleccionada** de un sistema real, la que reproduce en **forma aproximada** las **relaciones causa-efecto** de interés.

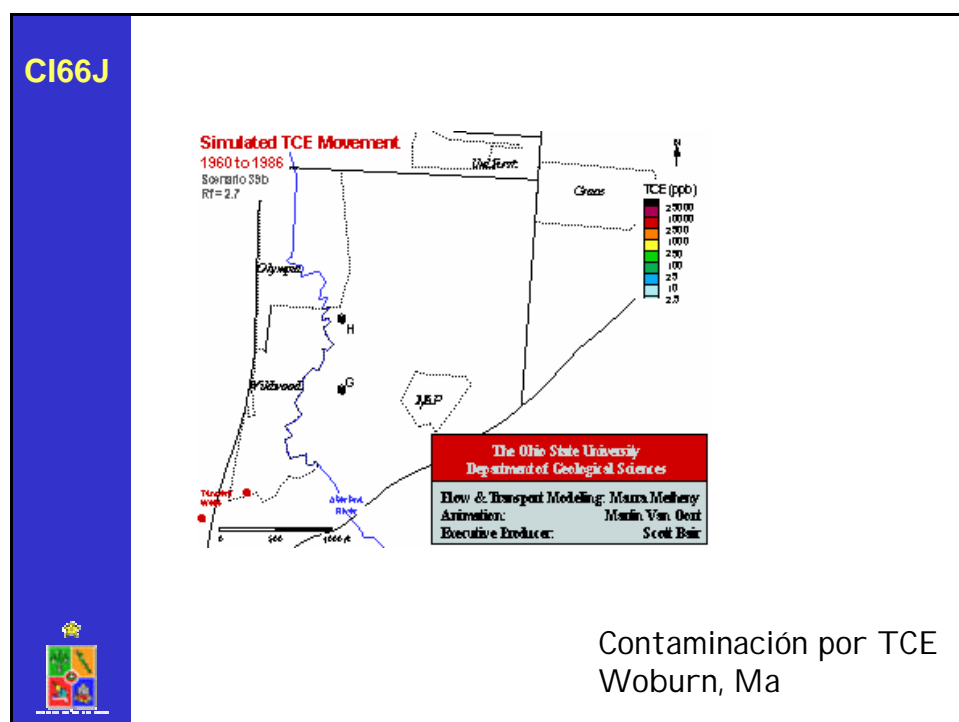
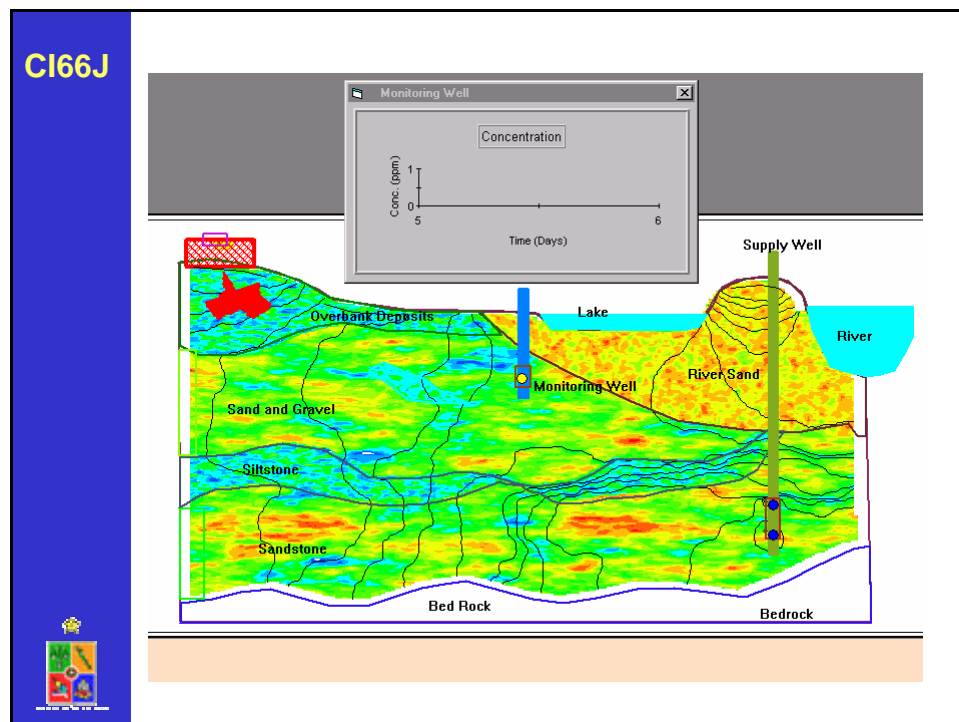
MAPA CARRETERO

INTRODUCCION



CI66J





CI66J

- INTRODUCCION
- **CONCEPTO DE MODELO**
- TIPOS DE MODELOS
- UTILIDAD DE LOS MODELOS
- ESCALAS DE MODELACION
- PERFIL DEL MODELADOR



CI66J

¿QUE ES UN MODELO DE AGUA SUBTERRANEA?

Una **representación física, analógica, o matemática** que simplifica la compleja hidrología y química de un sitio seleccionado.

Utiliza las **ecuaciones** que gobiernan el flujo y conservación de la masa para simular flujo de agua y transporte de sustancias contaminantes.

Utiliza **analogías** con procesos o fenómenos diferentes para estudiar sistemas hidrogeológicos.

Se basa en **observaciones** del "mundo real" y percepciones del sitio seleccionado.

CONCEPTO DE MODELO



CI66J

¿QUE ES UN MODELO DE AGUA SUBTERRANEA?

IGWMC (1993) define un modelo como "una descripción matemática, no única, simplificada de un sistema de aguas subterráneas existente, codificado en un lenguaje de programación, junto con una cuantificación del sistema acuífero que incluya las condiciones de borde relevantes, los parámetros del sistema, así como las presiones o acciones sobre éste".

International GroundWater Modelling Center

US DoE (1991) define un modelo como "una descripción simplificada de un sistema físico".

US Department of Energy



CONCEPTO DE MODELO

CI66J

¿QUE ES UN MODELO DE AGUA SUBTERRANEA?

ASTM (1992) define un modelo de aguas subterráneas como "una aplicación de un modelo matemático para representar un sistema específico de flujo".

American Society of Testing and Materials

NRC (1992) lo define como una "réplica de un sistema del mundo real".

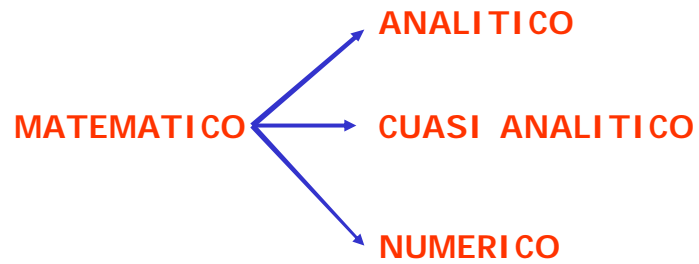
Nuclear Regulatory Commission



CONCEPTO DE MODELO

CI66J

¿QUE ES UN MODELO NUMERICO DE AGUA SUBTERRANEA?



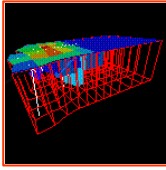
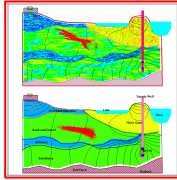
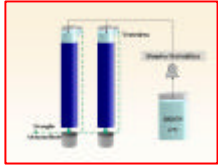
$$\frac{\partial}{\partial x} \left(K_x \cdot \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_y \cdot \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_z \cdot \frac{\partial h}{\partial z} \right) = S_s \cdot \frac{\partial h}{\partial t} \quad \rightarrow \quad h(x, y, z, t)$$

CONCEPTO DE MODELO

CI66J

- INTRODUCCION
- CONCEPTO DE MODELO
- TIPOS DE MODELOS
 - IMPLEMENTACION
 - PROCESO
- UTILIDAD DE LOS MODELOS
- ESCALAS DE MODELACION
- PERFIL DEL MODELADOR

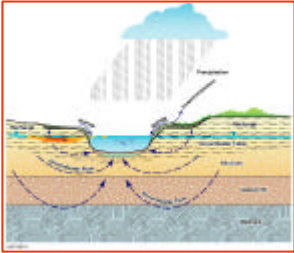

CI66J

TIPOS DE MODELOS

IMPLEMENTACION

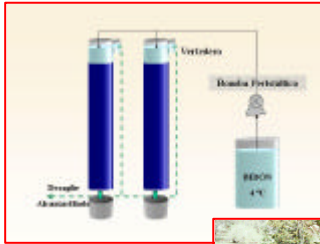


Físico
Analógico
Conceptual
Matemático

TIPOS DE MODELO

CI66J

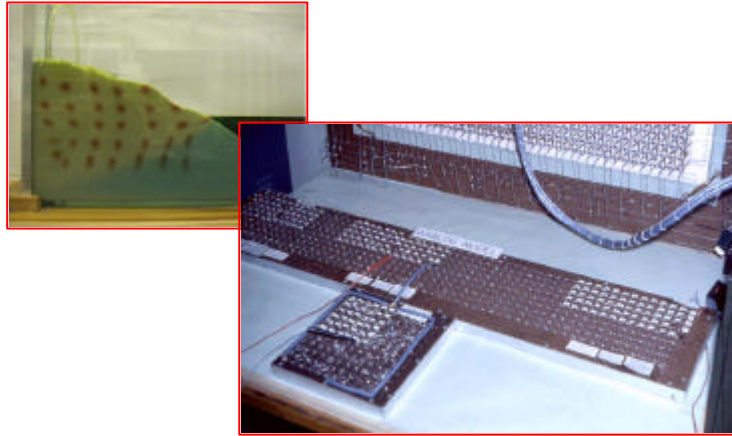
FÍSICO: representa a escala la geometría y propiedades de los materiales de un sistema: maquetas en arquitectura y modelos hidráulicos de un canal o una central hidroeléctrica a escala.

TIPOS DE MODELO

CI66J

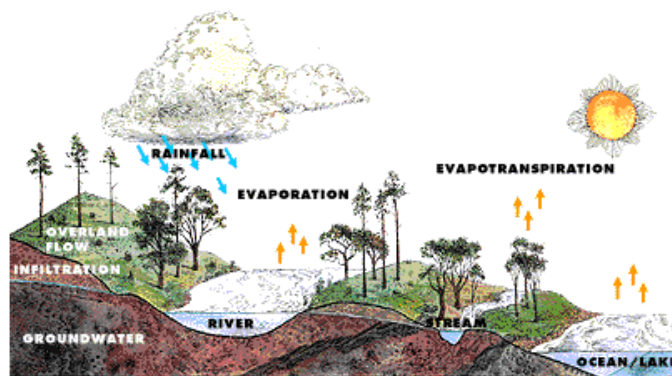
ANALOGICO: representan las propiedades del sistema a través de fenómenos diferentes pero que tiene un comportamiento similar: escurrimiento de agua subterránea y flujo de una corriente eléctrica en un conductor.



TIPOS DE MODELO

CI66J

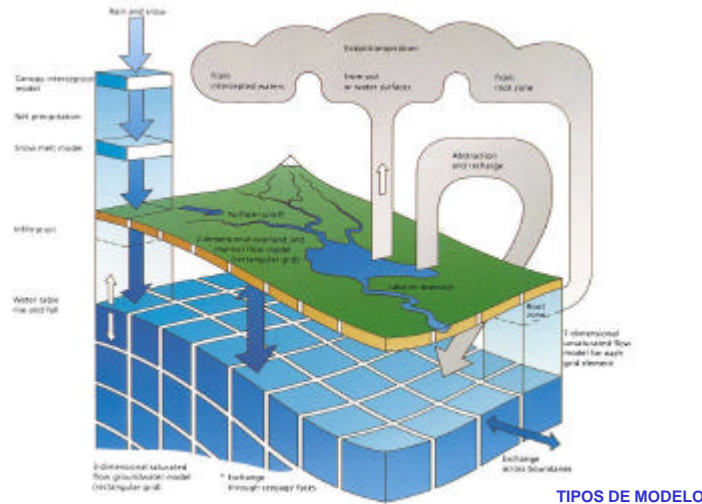
CONCEPTUAL: identifica las características más relevantes de un sistema, sin llegar a representarlas cuantitativamente. Se utilizan para tener una mejor comprensión del sistema real.



TIPOS DE MODELO

CI66J

CONCEPTUAL: identifica las características más relevantes de un sistema, sin llegar a representarlas cuantitativamente. Se utilizan para tener una mejor comprensión del sistema real.

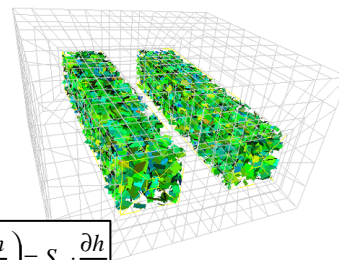
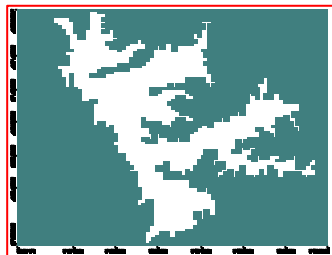


TIPOS DE MODELO

CI66J

MATEMATICO: relaciones principales entre elementos relevantes de un sistema se reemplazan por relaciones matemáticas que las representan en forma aproximada.

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(D_x \cdot \frac{\partial C}{\partial x} - v_x \cdot C \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D_y \cdot \frac{\partial C}{\partial y} - v_y \cdot C \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(D_z \cdot \frac{\partial C}{\partial z} - v_z \cdot C \right) = \frac{\partial C}{\partial t}$$



$$\frac{\partial}{\partial x} \left(K_x \cdot \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_y \cdot \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_z \cdot \frac{\partial h}{\partial z} \right) = S_s \cdot \frac{\partial h}{\partial t}$$

TIPOS DE MODELO

CI66J

- INTRODUCCION
- CONCEPTO DE MODELO
- TIPOS DE MODELOS
 - IMPLEMENTACION
 - PROCESO
- UTILIDAD DE LOS MODELOS
- ESCALAS DE MODELACION
- PERFIL DEL MODELADOR



CI66J

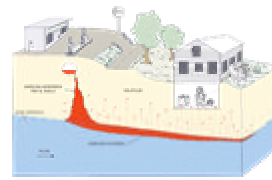
$$\frac{\partial}{\partial x} \left(D_x \cdot \frac{\partial C}{\partial x} - v_x \cdot C \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D_y \cdot \frac{\partial C}{\partial y} - v_y \cdot C \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(D_z \cdot \frac{\partial C}{\partial z} - v_z \cdot C \right) = \frac{\partial C}{\partial t}$$

TIPOS DE MODELOS



PROCESO

Flujo
Transporte



$$\frac{\partial}{\partial x} \left(K_x \cdot \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_y \cdot \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_z \cdot \frac{\partial h}{\partial z} \right) = S_s \cdot \frac{\partial h}{\partial t}$$

TIPOS DE MODELO

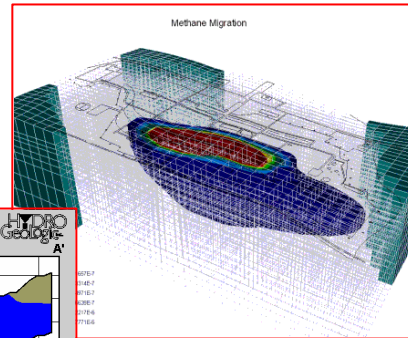
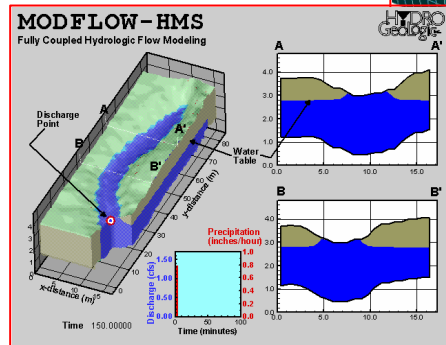


CI66J

TIPOS DE MODELO

TRANSPORTE

FLUJO



TIPOS DE MODELO

CI66J

- INTRODUCCION
- CONCEPTO DE MODELO
- TIPOS DE MODELOS
- **UTILIDAD DE LOS MODELOS**
- ESCALAS DE MODELACION
- PERFIL DEL MODELADOR

CI66J

POTENCIALES APLICACIONES DE MODELOS DE AGUA SUBTERRANEA

- Mejorar conocimiento de la hidrogeología

- Manejo o gestión de recursos hídricos

Determinar tasas de bombeo máximas en un sector
Calcular áreas de protección del agua subterránea

- Predecir impactos sobre el agua subterránea a través de casos estudio

Influencia de una presa sobre el flujo regional de agua subterránea
Analizar fallas en sistema de drenaje de una presa

- Diseñar y optimizar sistemas de remediación

- Analizar riesgos ambientales

Determinar dirección más probable de una pluma de contaminante



UTILIDAD DE LOS MODELOS

CI66J

MODELACION COMO HERRAMIENTA DE GESTION

• La **gestión o manejo de recursos hídricos** requiere de herramientas adecuadas para estimar las consecuencias de las decisiones adoptadas, tanto en términos económicos, técnicos, como ambientales.

• Una parte esencial de un adecuado proceso de toma de decisiones implica conocer la **respuesta del sistema** antes de llevar a cabo la **acción o estrategia** seleccionada.

• Modelación numérica de recursos hídricos (flujo y transporte) es **una herramienta** utilizada para informar al tomador de decisiones sobre las consecuencias de determinada acción sobre la cantidad y calidad del recurso hídrico.



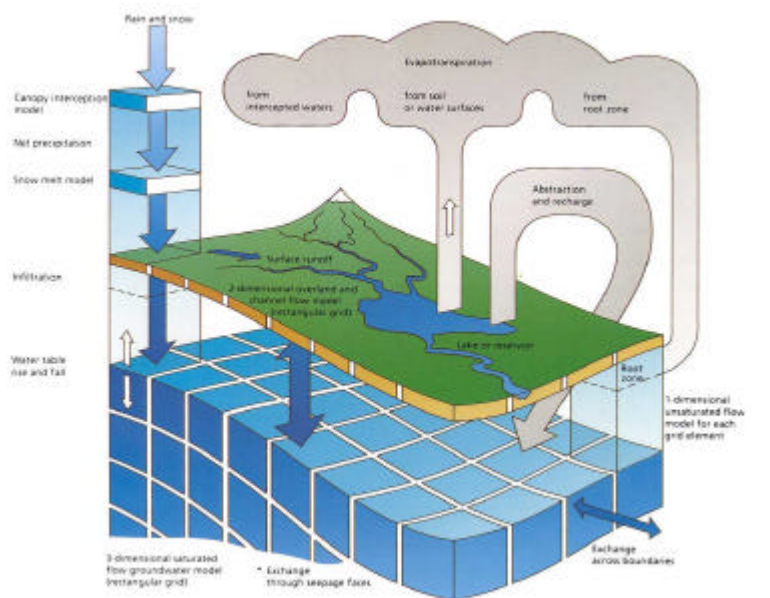
UTILIDAD DE LOS MODELOS

CI66J

- INTRODUCCION
- CONCEPTO DE MODELO
- TIPOS DE MODELOS
- UTILIDAD DE LOS MODELOS
- **ESCALAS DE MODELACION**
- PERFIL DEL MODELADOR



CI66J



ESCALAS DE LOS MODELACION

CI66J

ESCALAS

AREA	< 100 m	100 – 1000 m	1000 – 10000 m	> 10.000 m
EJEMPLOS	TRAZADOR, PRUEBA DE BOMBEO	FUENTE PUNTUAL	PEQUEÑOS ACUIFEROS	CUENCAS
GEOLOGIA	HOMOGENEO	UNIDADES HORIZONTALES, ALGO DE ESTRATIFICACION	UNIDADES HORIZONTALES, ESTRATIFICACION VERTICAL	HETEROGENEO EN HORIZONTAL Y VERTICAL
FLUJO	ACUIFERO INDIVIDUAL	ACUIFERO INDIVIDUAL	ACUIFEROS MULTIPLES	ACUIFEROS MULTIPLES
TRANSPORTE	HOMOGENEO	HOMOGENEO EN DIRECCION HORIZONTAL	HETEROGENEO Y ESTRATIFICADO	HETEROGENEO Y ESTRATIFICADO

ESCALAS DE LOS MODELACION

CI66J

- INTRODUCCION
- CONCEPTO DE MODELO
- TIPOS DE MODELOS
- UTILIDAD DE LOS MODELOS
- ESCALAS DE MODELACION
- **PERFIL DEL MODELADOR**

CI66J

¿PERFIL DEL MODELADOR (1970-1990)?

Experto en FORTRAN.
 Experto en métodos numéricos y ecuaciones diferenciales parciales.

Podía reducir fácilmente un problema complejo en 3D (heterogéneo) a un modelo simple en 2D (homogéneo).

Poca experiencia en hidrogeología y métodos de terreno.

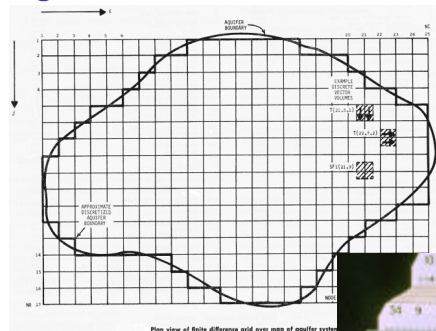
Manejo de mucha información impresa y compleja de digerir.
 Pensamiento abstracto.



PERFIL DEL MODELADOR

CI66J

¿PERFIL DEL MODELADOR (1970-1990)?



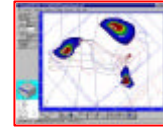
PERFIL DEL MODELADOR

CI66J

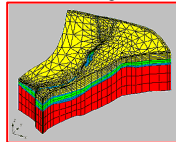
¿PERFIL DEL MODELADOR (1990-)?

Herramientas visuales

- Definir geometrías
- Incorporar parámetros
- Incluir condiciones de borde
- Herramientas para apoyar proceso de calibración
- Salidas gráficas

Resultados

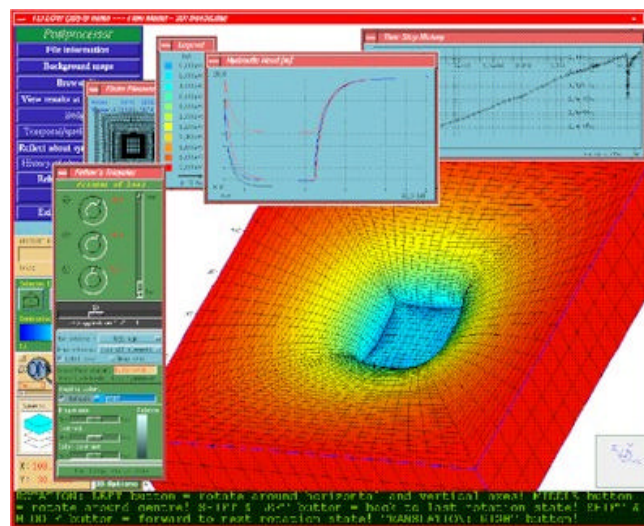
- Modelación hidrogeológica puede ser abordada por hidrogeólogos.
- Mejores modelos conceptuales
- Mejor comprensión de los resultados de un modelo



PERFIL DEL MODELADOR

CI66J

¿PERFIL DEL MODELADOR (1990-)?



PERFIL DEL MODELADOR