

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura

Unidad Profesional “Adolfo López Mateos”

Sección de Estudios de Posgrado e Investigación

« La técnica al servicio de la Patria »

**APRENDIZAJE Y DESARROLLO
DE MODELOS NUMÉRICOS DEL CONCRETO
EN EL POSGRADO**

Norberto Domínguez Ramírez

Doctor en Mecánica, Ingeniería Mecánica e Ingeniería Civil

ENS-Cachan, Francia

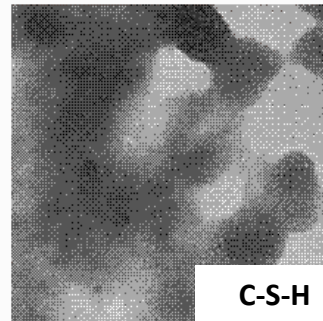
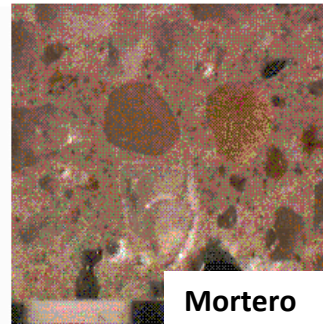
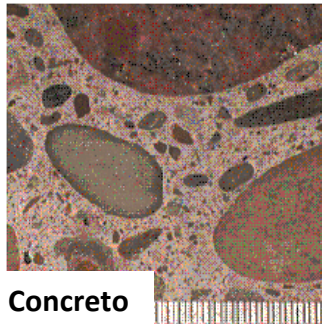


PREÁMBULO

1

PREÁMBULO

Entre lo qué es,



CONCRETO

ásicamente, el concreto es un gel formado por Hidratos de Silicio y Calcio, sujeto a un proceso de maduración y endurecimiento.

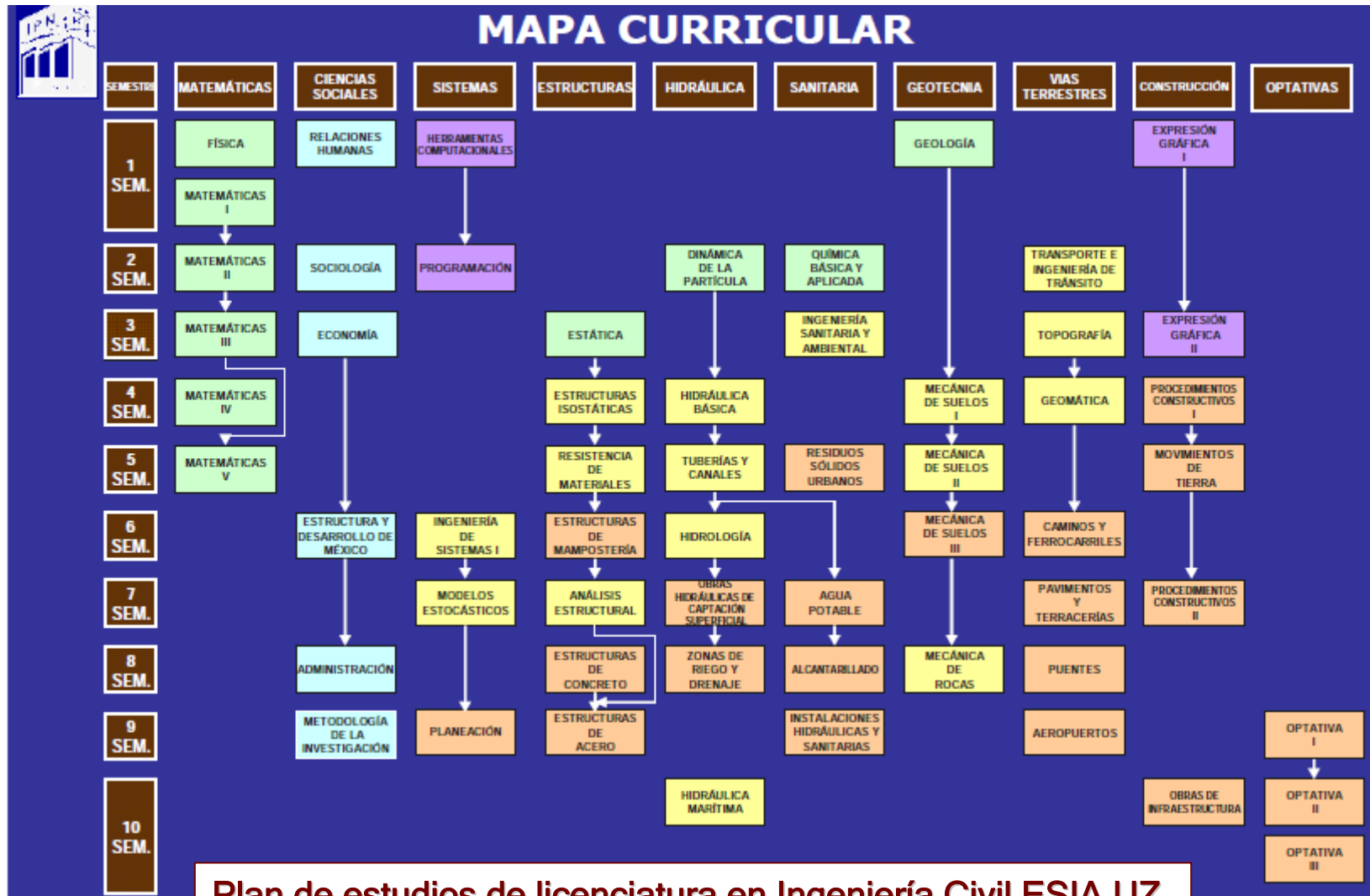
- Heterogeneidad y fuerte anisotropía
- Porosidad
- Agrietamiento
- Degradación por agentes agresivos
- Etc.

Imágenes micro-estructurales del concreto

cortesía NIST

PREÁMBULO

Entre lo qué es, lo que se enseña



PREÁMBULO

Entre lo qué es, lo que se enseña, lo que se hace,

En los despachos de ingeniería, en los sitios de construcción

Respecto a los materiales:

- Se desconoce la físico-química del material
- Incierta definición de la durabilidad

Respecto al análisis y diseño:

- Hoy en día, uso indiscriminado de programas de cálculo sin verdadero conocimiento
- Modelos de comportamiento elástico, considerando pseudo-agrietamiento
- Comportamiento inelástico: métodos de análisis límite con muy poco uso
- Adopción generalizada de los reglamentos como guías de diseño tipo “formulario”

Respecto a las resistencias:

- Se toma el valor del f'_c como el parámetro central para evaluar un concreto
- Se asume nula resistencia a la tensión en el concreto, sin entender la fenomenología
- Pobre evaluación de los módulos de elasticidad verdaderos

Respecto a las prácticas constructivas:

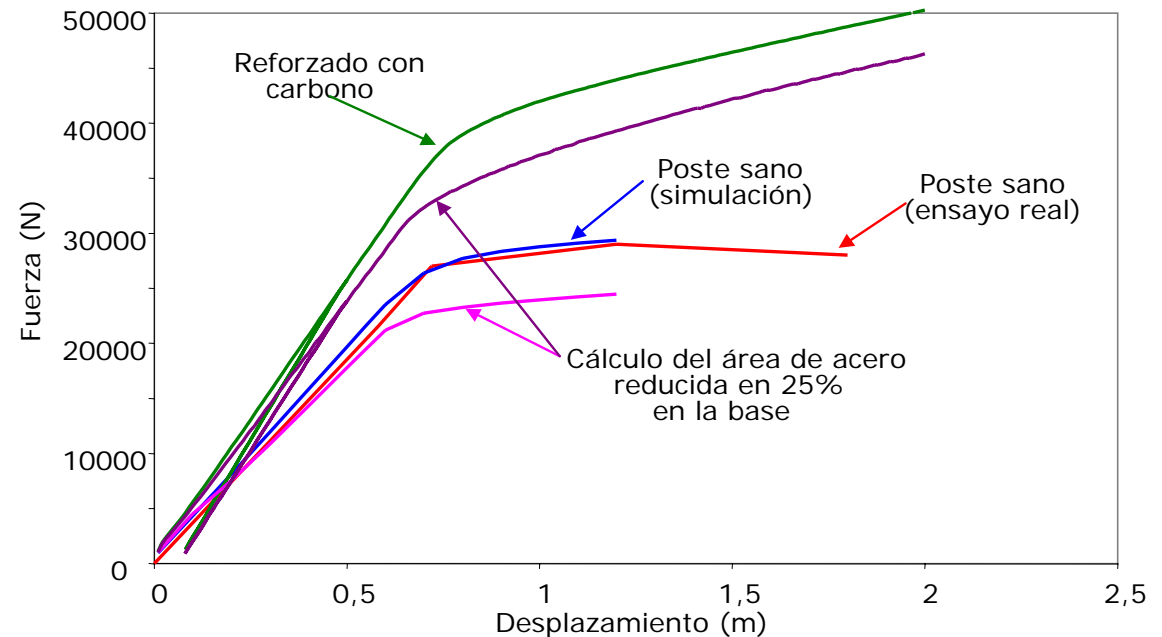
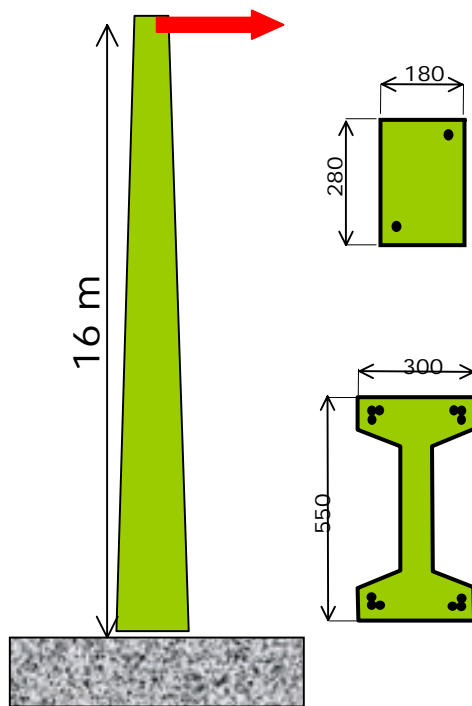
- Empleo de procedimientos no unificados (desde lo artesanal hasta lo estandarizado)
- Desconocimiento de las hipótesis de diseño, y por ello, cambios indiscriminados mal justificados

PREÁMBULO

Entre lo qué es, lo que se enseña, lo que se hace, y lo que se necesita

Adicionalmente en México, el estudio y enseñanza del concreto se ha enfocado a sus aplicaciones en edificación. Sin embargo, existe una gran cantidad de estructuras no convencionales en los que se requiere determinar el margen de seguridad con el que cuenta dicho sistema. Muchos de estos análisis de confiabilidad deben apoyarse en simulaciones deterministas diversas.

- **Simulaciones experimentales: benchmarks**
- **Modelos analíticos (si están disponibles)**
- **Modelos y simulaciones numéricas**
- **Procesos de validación, calibración y optimización**



EL CONCRETO Y EL POSGRADO

2

La nueva Maestría en Ingeniería Civil en el Politécnico

CINCO ÁREAS DISCIPLINARIAS

- I. Estructuras
- II. Geotécnia
- III. Hidráulica
- IV. Ambiental
- V. Planeación territorial

- Mecánica aplicada al comportamiento de las estructuras
- Mecánica de la fractura con fractales

Materias obligatorias:

- Seminario I
- Seminario II
- Seminario III
- Matemáticas
- Análisis estructural
- Mecánica estructural
- Dinámica estructural
- Mecánica de la fractura

Materias opcionales:

- Análisis numérico
- Confiabilidad estructural
- Comportamiento y respuesta no lineal de estructuras
- Comportamiento y diseño del acero
- Comportamiento y diseño del concreto
- Dinámica probabilista
- Elemento finito
- Estructura de puentes
- Ingeniería sísmica
- Laboratorio de Mecánica
- Mecánica del medio continuo
- Probabilidad y estadística
- Tópicos especiales de estructuras

EL CONCRETO Y EL POSGRADO

Materias de Posgrado relacionadas con el estudio del concreto

Un ejemplo de estudiante de posgrado:

Ing. Jesús Pérez Mota

Proveniencia:
Tijuana, Baja California Norte

Tema de tesis:

**Estudio de la respuesta no lineal de una
conexión trabe-columna**

Motivación:
la inquietud de saber cómo se diseñan dichas uniones, que a su parecer, están sobradas de acero

Herramientas por explotar:
FEAP, ANSYS, CODE-ASTER

Modelos No Lineales por utilizar:
Mazars para el concreto, Plasticidad para acero, adherencia por definir

3 seminarios + 4 materias obligatorias +

ELEMENTO FINITO

COMP. Y RESP. NO LINEAL DE ESTRUCT.

COMP. Y DISEÑO DEL CONCRETO

ANÁLISIS NUMÉRICO

TÓPICOS ESPECIALES DE ESTRUCT.

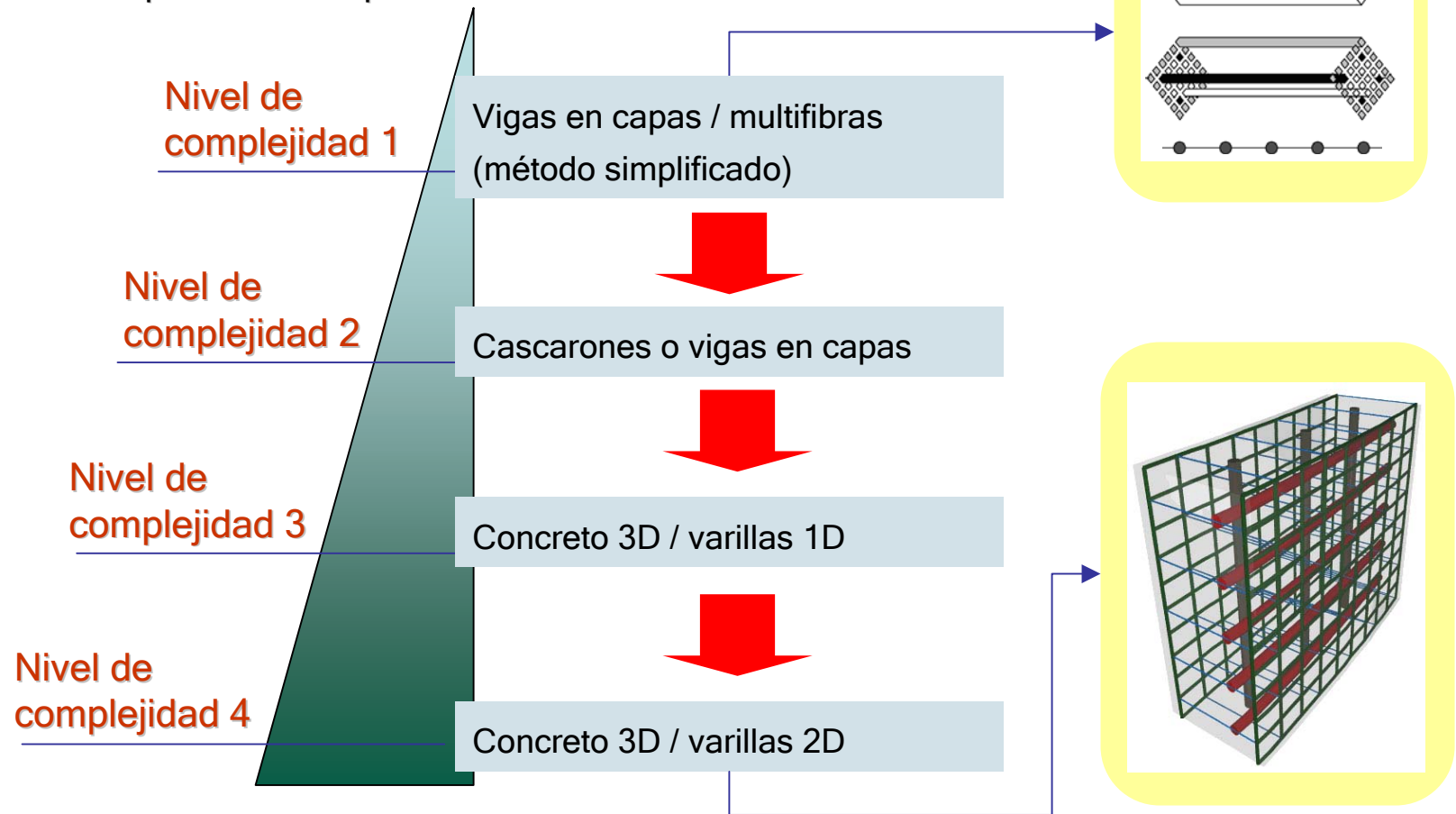
EL MODELADO NO LINEAL DEL CONCRETO

3

EL MODELADO NL DEL CONCRETO

Agrietamiento, plastificación, incompatibilidad de deformaciones...

- Resistencia de materiales
- Análisis en función del nivel de complejidad
- Soluciones adaptadas a cada problema



EL MODELADO NL DEL CONCRETO

El Método de los Elementos Finitos y los modelos Termodinámicos

MATERIAL / GEOMETRÍA	ELÁSTICO	INELÁSTICO	RUPTURA
Pequeñas deformaciones	ELASTICO LINEAL	PLASTICIDAD	
CAUCHY		DAÑO CONTINUO	FRACTUR A
		OTROS	

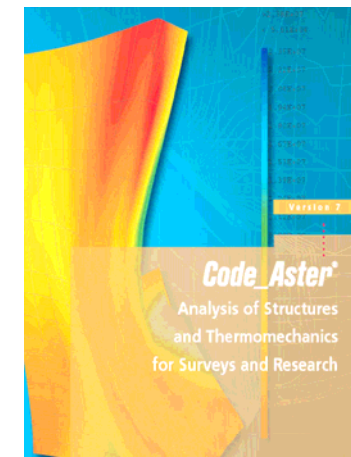


FEAP

Programa de Elementos Finitos
desarrollado por el
Prof. R.L. Taylor
para uso académico y de investigación

Code_Aster

Código Numérico para el Análisis
de Estructuras y Termo-Mecánica
para Proyectos e Investigación



EL MODELADO NL DEL CONCRETO

Trabajos recientes y posibles aplicaciones

- **Marco Aurelio Fernández:** Implementación del método del elemento finito extendido para el estudio de propagación de grietas.
- **José Manuel Domínguez:** Evaluación del comportamiento mecánico estructural en túneles por medio de simulaciones numéricas.
- **Gabriel Vergara:** Estudio del comportamiento no lineal de estructuras mixtas o híbridas acero-concreto.
- **Israel Trujeque:** Estudio experimental del comportamiento de la adherencia en estructuras de concreto reforzado con acero degradado.
- **Jesús Pérez Mota:** Estudio y optimización del acero de refuerzo en la unión trabe-columna en estructuras de concreto reforzado sujetas a solicitaciones sísmicas, por medio de simulaciones numéricas.

Proyectos de investigación SIP 2007-0829, 2008-2373, 2009-0407

Simulación numérica de problemas convencionales y no convencionales de Ingeniería Civil, tanto con comportamiento lineal como no lineal

POTENCIALIDADES Y NECESIDADES

4

POTENCIALIDADES Y NECESIDADES

En la enseñanza del concreto tenemos estas fortalezas:

- El modelado No Lineal del Concreto Reforzado representa una alternativa moderna que poco a poco deberá adoptarse para el análisis y diseño de estructuras de RC, y se está trabajando en ello.
- Se ha conformado un grupo fuerte de investigadores en análisis numérico
- Nuestro nicho de oportunidad es muy grande al tener la mayor cantidad de estudiantes de Ingeniería Civil.
- Tenemos relación con grupos académicos internacionales especializados en concreto
- Se han impartido cursos de Elementos Finitos internos y a Instituciones gubernamentales

POTENCIALIDADES Y NECESIDADES

Sin embargo, necesitamos:

- Establecer una vinculación directa con otros centros de investigación y universidades , a quienes podemos apoyar en sus experimentaciones.
- Promover la movilidad e intercambio de profesores, estudiantes, tecnologías y conocimientos.
- Aumentar nuestra relación con grupos industriales para el desarrollo de proyectos conjuntos de consultoría e ingeniería.
- Desarrollar cursos de especialización integrados (visión análisis – visión procedimientos) que satisfagan las necesidades de los grupos industriales.
- Obtener apoyo externo para generar capital humano de vanguardia (Tesis, congresos, estancias, doctorados, etc.) e integrarlo al mercado de trabajo.

Gracias por su atención

