

Curso: HORMIGÓN ESTRUCTURAL 1

MÓDULO 1: INTRODUCCIÓN AL CURSO

Agustin Spalvier (aspalvier@fing.edu.uy)

1^{er} Semestre - 2025

Universidad de la República - Uruguay



PRESENTACIONES

1^{er} Semestre 2025 Agustin Spalvier Curso: Hormigón Estructural 1

2



Profesor responsable de Hormigón Estructural 1: Agustin Spalvier (hola!)

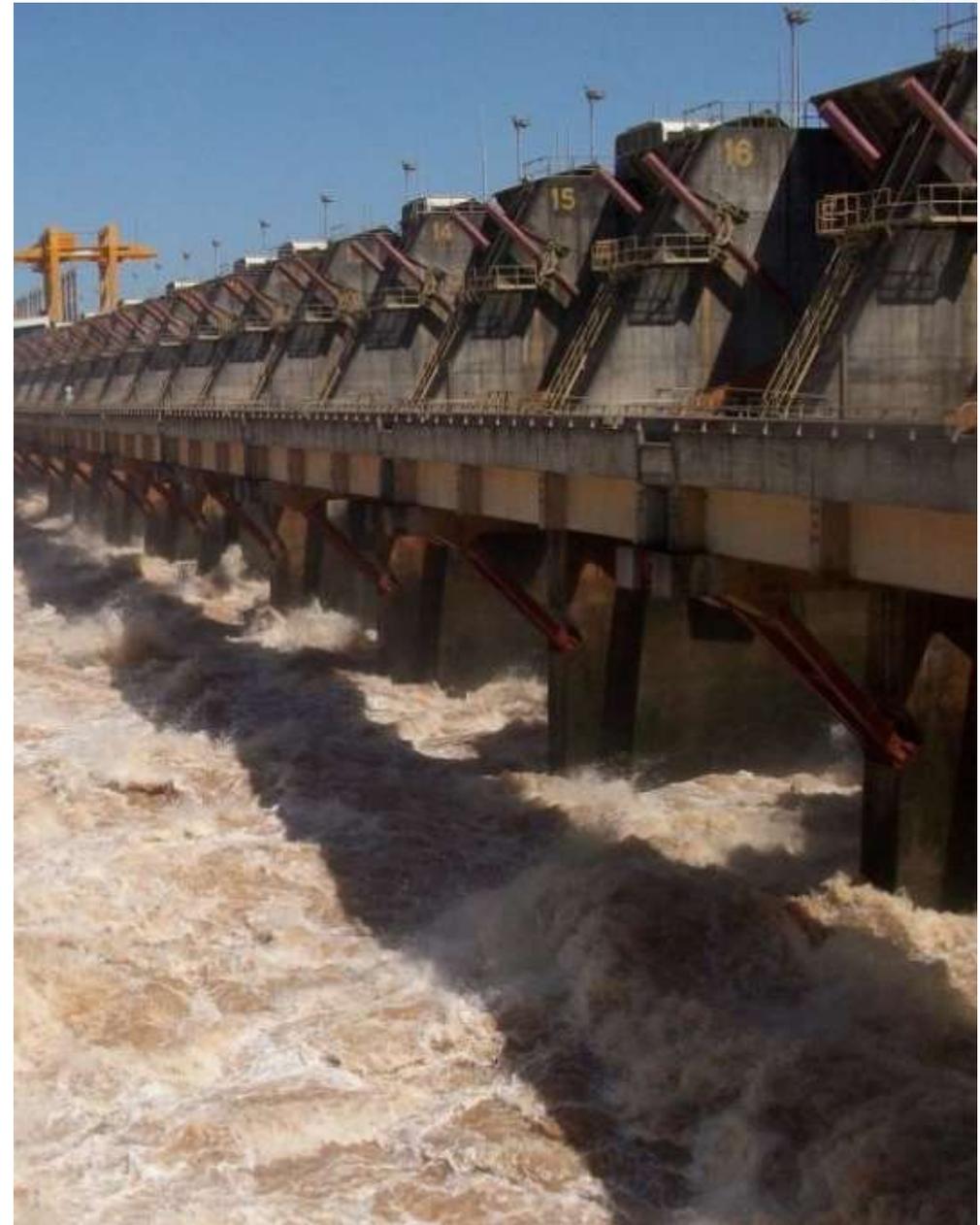
Hormigón Estructural 1 ¡primer curso de diseño estructural de la carrera!

Aplicación real y directa en el diseño de estructuras de hormigón armado.

¿Saben qué es eso? →

¿perfiles de ing. civil?

¿investigadores?



RESUMEN

- **Presentación del curso**
- **Alcance y objetivos del curso**
- **¿Qué es el hormigón armado?**
- **Razón de ser**
- **Compatibilidad hormigón-acero**
- **Fisuración**
- **Ventajas e inconvenientes**
- **Algunas aplicaciones**

ACLARACIÓN: Estas diapositivas se preparan únicamente como una guía para las clases, las cuales cumplen la función de ser una presentación de los temas que el estudiante debe aprender para aprobar el curso, indicados en la bibliografía.

Presentación del curso

• Docentes:

- Agustin Spalvier, Dr. Ing. (responsable)
- Santiago Laco. Ing. (encargado del práctico)
- Agustin Vidal, Ing.

• Bibliografía básica:

- Libros:
 - Jiménez Montoya – 15^a Edición
 - Calavera – 2^a Edición
 - Complementaria: Leonhardt
- Instrucciones y Normas:
 - CE 2021 (España)
 - Eurocódigo 2 parte 1 (Europea)
 - ~~EHE2008~~
 - ~~UNIT1050 (Uruguay)~~

• Medios de comunicación oficial:

- EVA del curso, clases, email.

Opción de Evaluación 1

Aprobación de la asignatura:

- Curso de naturaleza teórico-práctica
 - Evaluaciones basadas en preguntas teóricas y ejercicios aplicados.
- 2 Evaluaciones parciales
 - 50 puntos cada una
 - total ≥ 60 puntos: exoneración (mín. 50% en cada parte teórica y práctica)
 - $60 > \text{total} \geq 25$: aprobación del curso
 - $25 > \text{total}$: insuficiencia en el curso

• Clases:

- Teórico-prácticas
 - (2 veces por semana de 1,5 hs.):
 - Se explica la base teórica, y se hacen ejemplos simples de aplicación de los conceptos
- Prácticas-Consulta
 - (Al menos 1 vez por semana de 2 hs.)
 - Se sintetizan conceptos, se hacen ejemplos del nivel de las evaluaciones, y se responden dudas.

Presentación del curso (cont.)

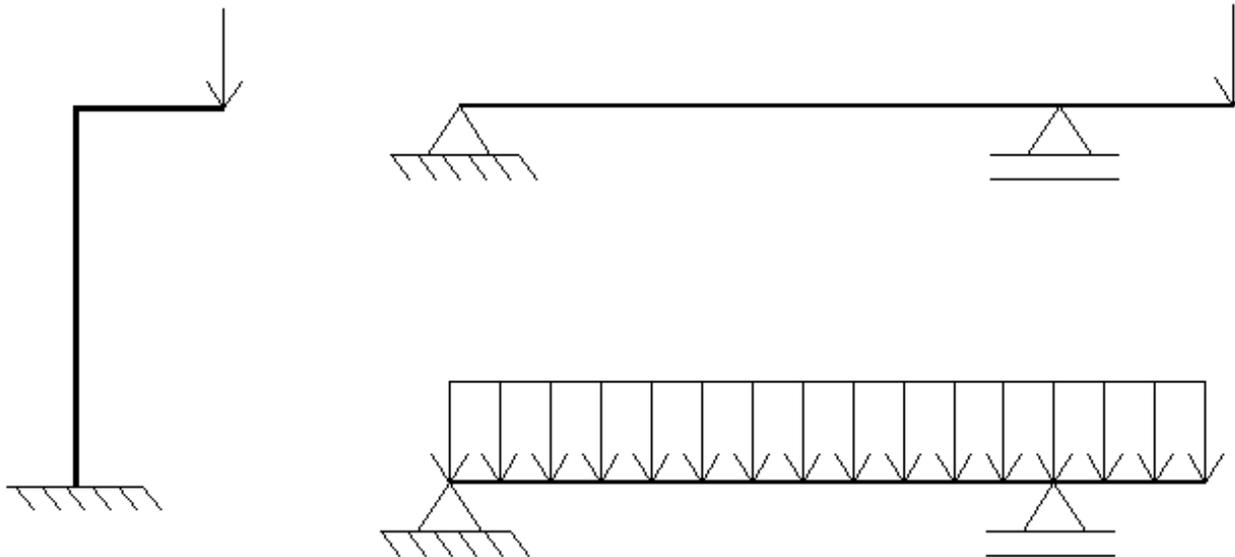
• Criterios de evaluación:

- En las evaluaciones (y en la ingeniería en general) el orden de magnitud de los valores que calculemos es muy importante.
- Si queremos determinar la cantidad de **acero** que nuestra viga debe resistir para llevar una **flexión, el valor** que indiquemos **no se debe alejar más de un 50% del valor correcto.**
 - **Atención:** Consideraremos todo el ejercicio como incorrecto si se sobrepasa esta tolerancia.
 - Tengan en cuenta que un error de cálculo aceptable en proyectos de ingeniería es menor al 5%.
- Se entiende a su vez, que los estudiantes dominan con soltura los conceptos básicos de Resistencia de materiales 1 y 2.
 - Los estudiantes deben ser capaces de trazar diagramas de sollicitación cualitativos de estructuras simples (vigas SA, ménsulas, bi-empotradas, continuas) en menos de 1 minuto.
- Durante el curso indicaremos en qué casos seremos estrictos, y las formas simplificadas de cálculo para que se aseguren estar dentro de estas tolerancias.
- También está abierta en EVA la sección “Bitácora”, en donde se irán actualizando estos criterios básicos.

Presentación del curso

- **Ejercicios básicos obligatorios:**

- Hay ciertas estructuras básicas que el estudiante debe saber calcular de forma rápida y correcta para poder afrontar satisfactoriamente los nuevos contenidos del curso.
- Las evaluaciones podrán incluir ejercicios básicos de Resistencia de Materiales, el cual el estudiante deberá resolver satisfactoriamente o la evaluación será considerada reprobatoria.
- Ej:



Presentación del curso

• Opción de Evaluación 2

- Se trata de 10 instancias de evaluación continua muy cortas (menos de media hora)
- Al inicio de cada práctico (viernes, presencial)
- Un ejercicio práctico a resolver, sin material, igual a un ejercicio del práctico anterior.
- Puntajes posibles de cada instancia:
 - 1: perfecto o significativamente bien
 - 0,5: con errores menores pero en general bien
 - 0: con errores o sin hacer
- Distribución del puntaje global
 - Puntos de eval. cont. se suman a los parciales
 - Solo sirven para exonerar
 - Mínimo de 5 pts para sumar (sino valen 0)
 - NO cuenta para el mínimo del 50 % de práctico

Calendario tentativo colgado

Calendario tentativo Curso Hormigón Estructural 1 - 2025

Semana Lun-Vie		Teórico		Práctico Grupo 1
		Martes	Jueves	Viernes
1	3/3 - 7/3	03/03 feriado Carnaval	M1: Introducción al hormigón estructural / M2: Ppios. generales de cálculo bajo solicit. Norm.	P0: repaso e introducción
2	10/3 - 14/3	M2: Ecuación de equilibrio	M2: Diagrama de pivotes	P1: Equilibrio de secciones
3	17/3 - 21/3	M3: Flexión pura en V.S.A.	M3: Procedimiento de cálculo y ecuaciones adimensionales	P2: Dominios de deformación (def. límite), y Eval.Cont. P0
4	24/3 - 28/3	M3b: Flexión pura en V.D.A.	M4: Cortante	P3: VSA y VDA (ecuaciones adimensionales), y Eval.Cont. P1
5	31/3 - 4/4	M4: Cortante	M4: Cortante	P4: Cortante, y Eval.Cont. P2
6	7/4 - 11/4	M5: Análisis del proceso de rotura	M6: Anclaje y empalme de armaduras	P5: Análisis de rotura, y Eval.Cont. P3
	14/4 - 18/4	Semana de Turismo		
7	21/4 - 25/4	M6: Anclaje y empalme de armaduras	Consulta	

Presentación del curso

- **USO DE DIAPOSITIVAS**

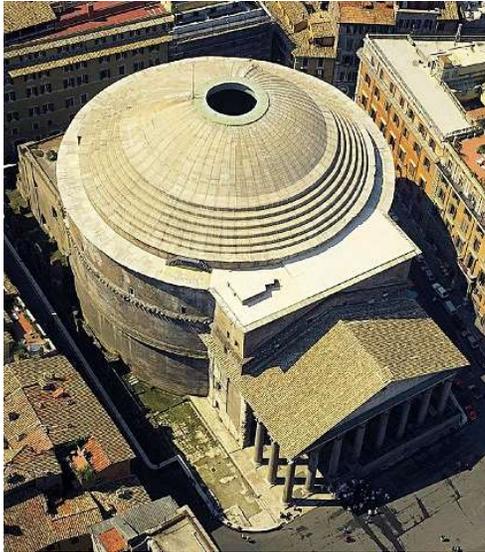
- La idea es presentar parte de la información de forma digital (en estas diapositivas) y dejar espacio para que los estudiantes las llenen con apuntes en clase.

Escribir notas en estos espacios

- También se aconseja tener otro cuaderno de apuntes además de estas diapositivas impresas.

¿Qué es el hormigón armado?

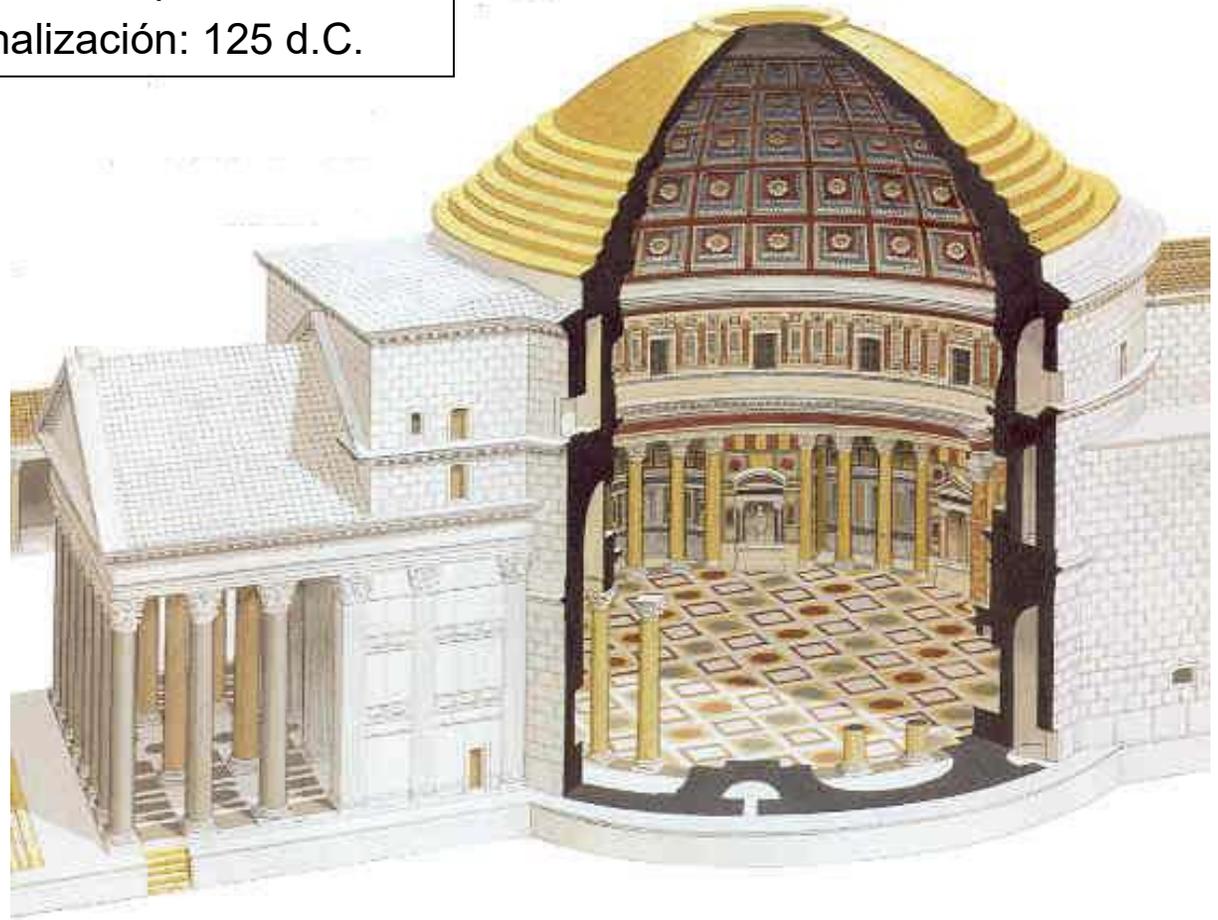
- **Hormigón en masa: Material con siglos de historia.**



Panteón de Agripa, Roma
Hormigón en masa
Diámetro de la cúpula: 43,44 m
Año de finalización: 125 d.C.

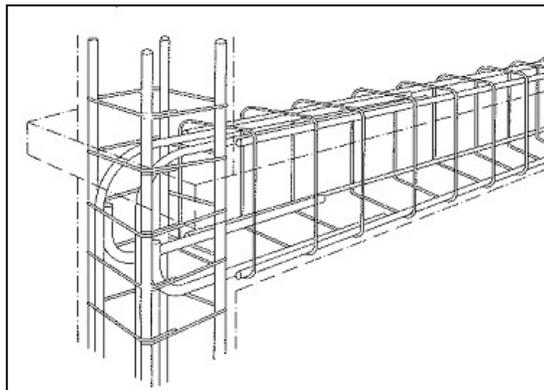
Después de 2000 años sigue en pie. ¿cómo es posible?

¿ventajas y desventajas?



¿Qué es el hormigón armado?

- **Hormigón: “Roca artificial”, como un conglomerado**
 - Como cualquier roca: buen comportamiento a compresión, baja resistencia a tracción.
- **Hormigón: Agua + áridos + Cementante**
 - Cementante:
 - Romanos: Puzolanas (productos volcánicos)
 - Actualidad: cemento (principalmente tipo Portland)
 - Dada la baja resistencia a tracción, se combina con el acero: **Hormigón armado.**
- **Usualmente, acero en forma de barras, puestas donde estarán las tracciones principales del elemento.**
- **Material mixto:**
 - Acero en Barras y hormigón
 - Se busca aprovechar lo mejor de cada uno



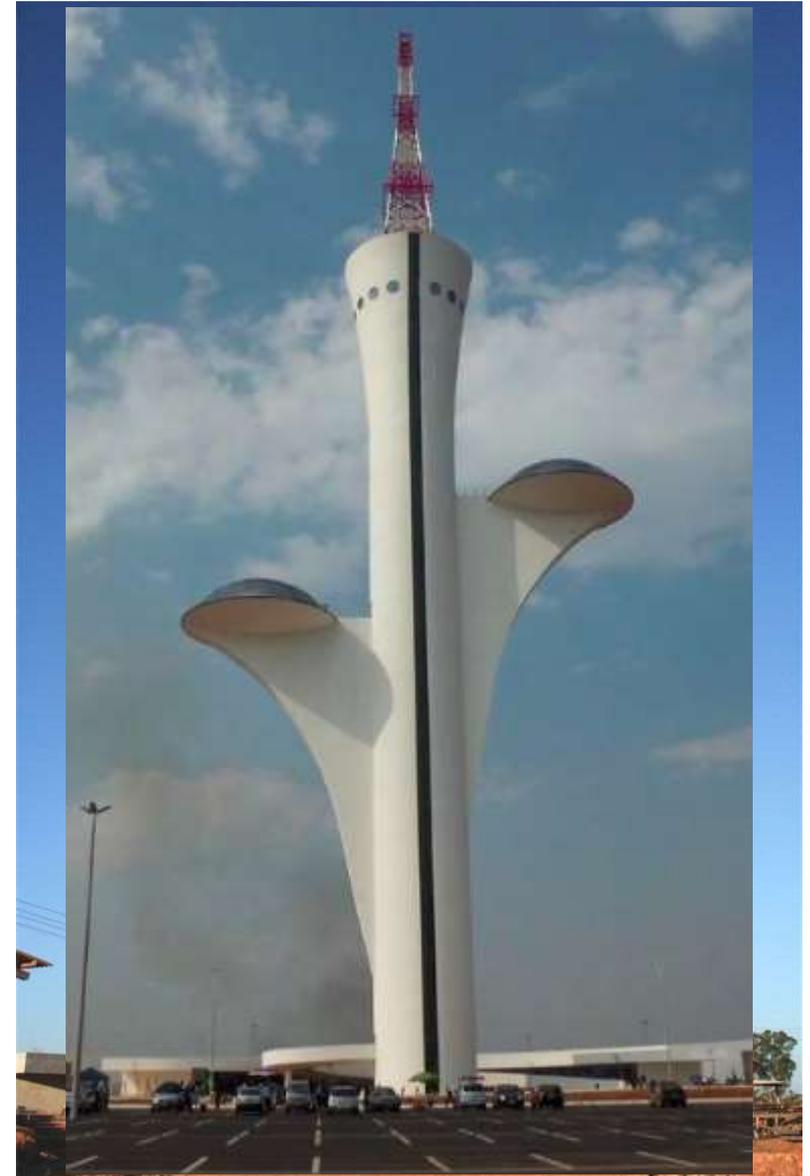
¿Qué es el hormigón armado?

- **Fabricación:**

- Inicialmente: se comporta como un fluido
 - Precisa de un elemento que le de forma:
 - *encofrado o moldes*
 - Y una estructura auxiliar para sostenerlo:
 - *cimbra*



Torre digital de Brasilia



¿Qué es el hormigón armado?

• Ejecución del H.A.

- Ferrallado: Fabricación, cortado, doblado y colocación de las barras de acero.
- Hormigonado: Colocación del hormigón fresco.
- Desencofrado: retirar el encofrado. **¿Cuándo? (ver p 54 del J-M)**

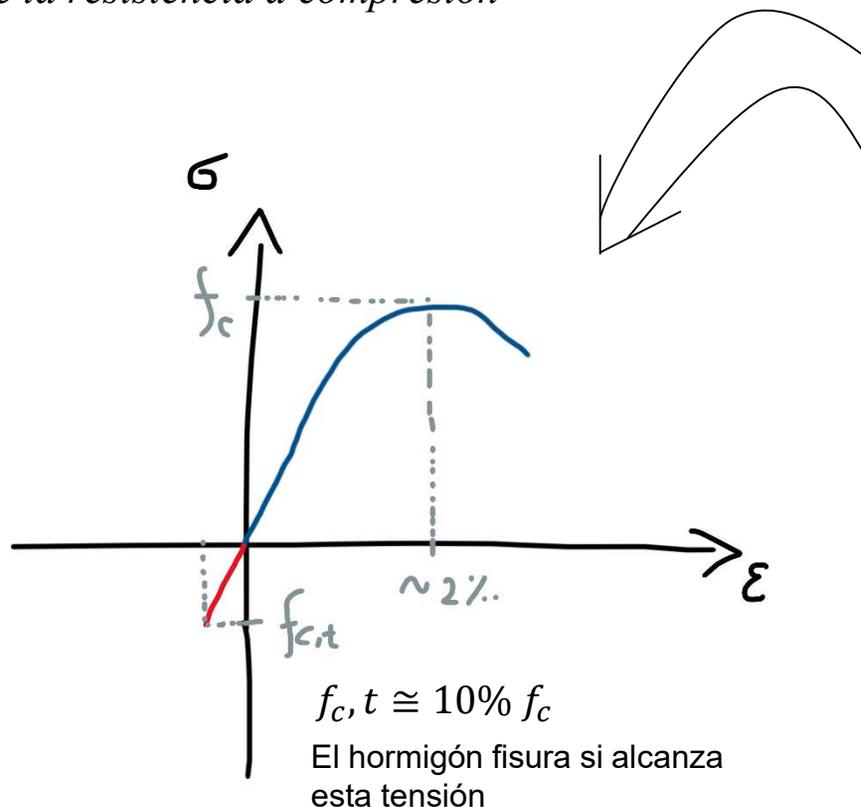
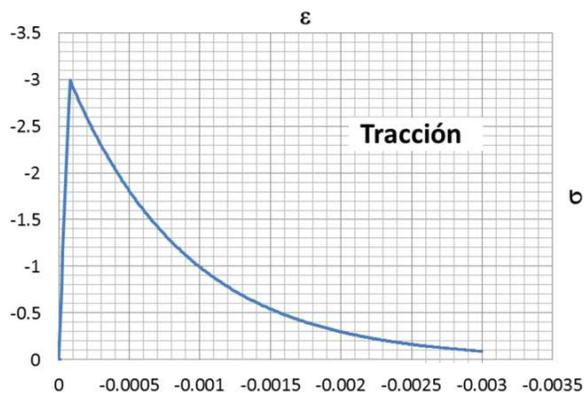
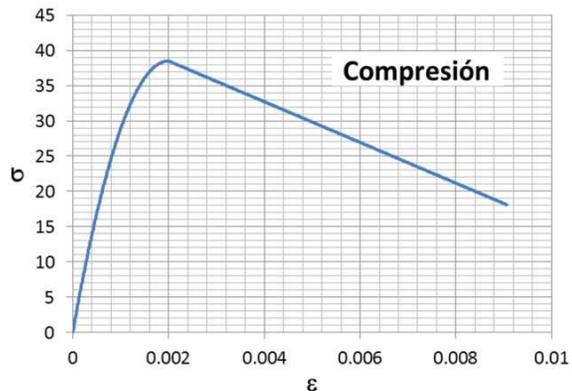


Razón de ser del hormigón armado

• Aprovechamiento de las propiedades de cada uno de sus materiales

– Hormigón:

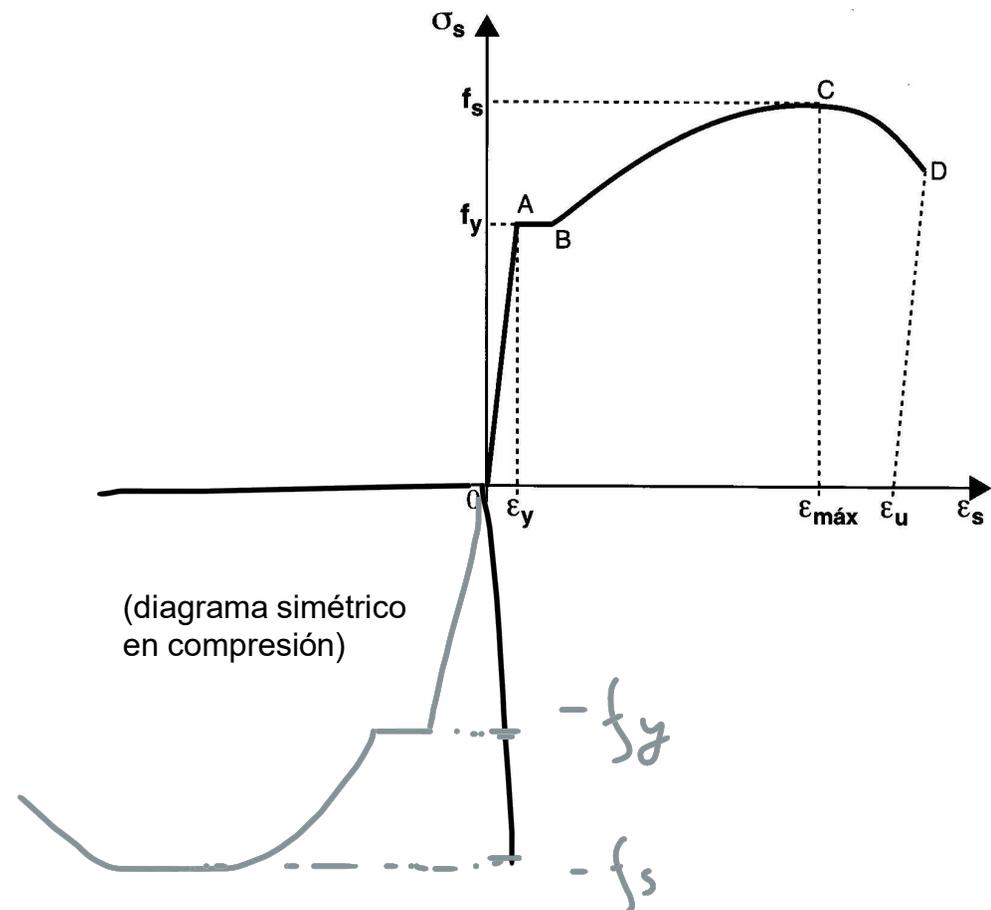
- Buena resistencia a compresión f_c
 - *Hormigón convencional, entre 20 y 50 MPa*
- Mala resistencia a tracción $f_{c,t}$
 - *Aproximadamente un 10% de la resistencia a compresión*



Ensayo de compresión

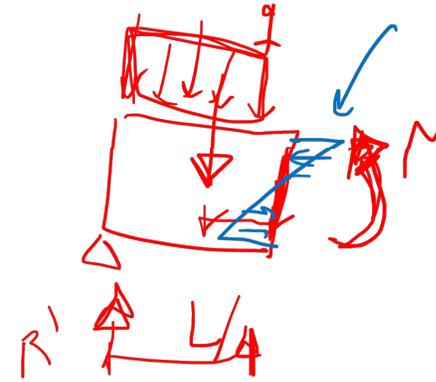
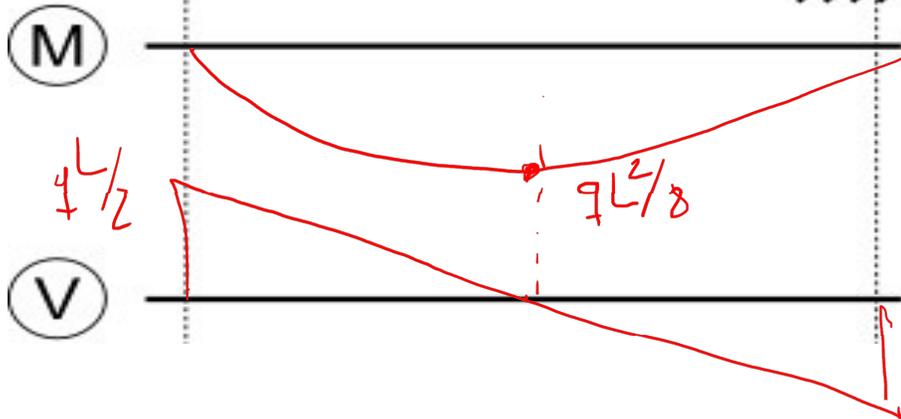
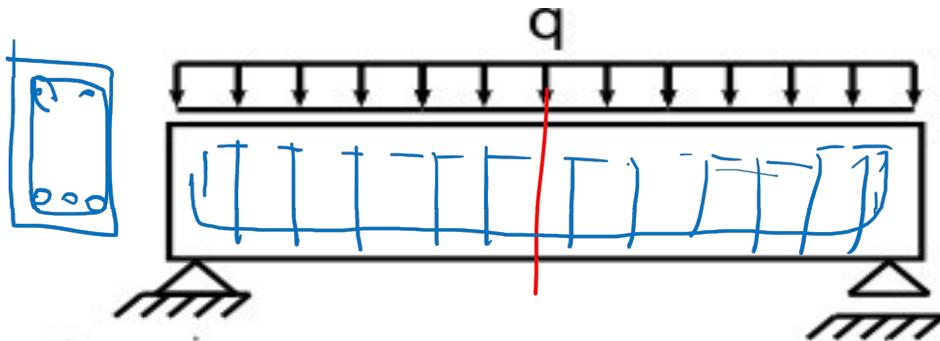
Razón de ser del hormigón armado

- Acero:
 - Buena resistencia tanto a compresión como a tracción
 - Tensión de fluencia (f_y) entre 400 y 500 MPa.
- El acero lo ubicaremos en las zonas donde sabemos estarán las tracciones.



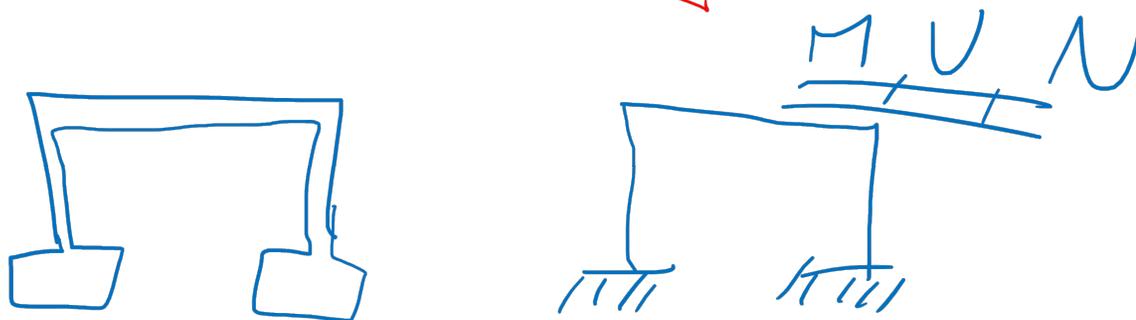
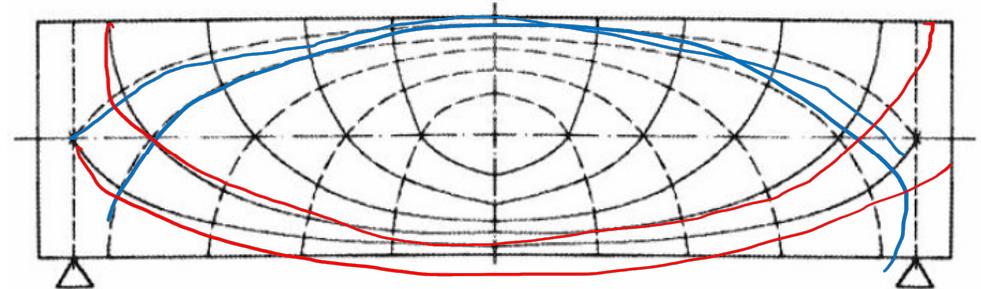
Razón de ser del hormigón armado

• Ejemplo 1: Viga simplemente apoyada



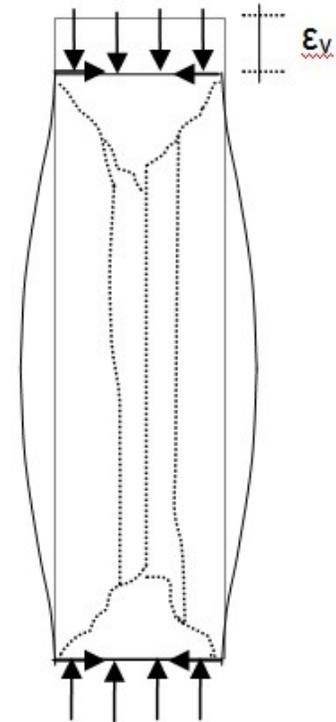
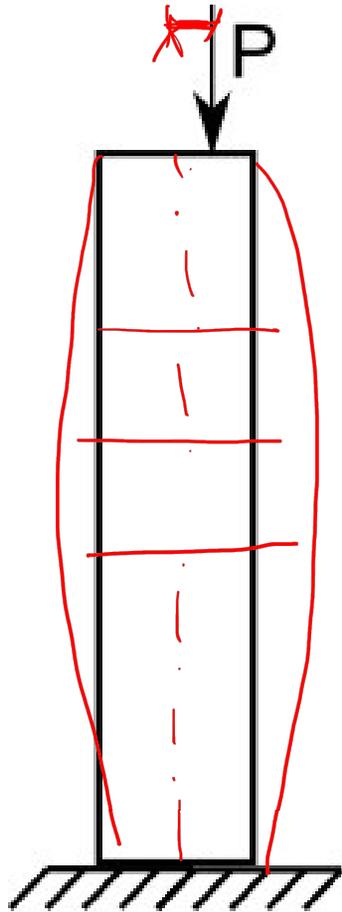
¿Dónde se debe colocar el acero?

$$R_1 \cdot L/2 - q \cdot L^2/8 = M$$



Razón de ser del hormigón armado

- Ejemplo 2: Elemento ppte. a compresión (Pilar)



¿Dudas?



Esta será la única diapositiva que haremos para preguntar si hay dudas.

Durante el curso: Ustedes pueden (y deberían) **preguntar** siempre que no entiendan algo.

Razón de ser del hormigón armado

- **Armaduras principales:**

- Longitudinales:
 - Absorber las tracciones principales (Flexión o tracción directa)
 - Reforzar las zonas comprimidas (“ayudar al hormigón”)
- Transversales
 - Absorber esfuerzos producidos por tensiones tangenciales (cortante y torsor)
 - Zunchar al hormigón comprimido (efectos por “Poisson”)
 - Impedir el pandeo de armaduras en compresión

- **Armaduras secundarias:**

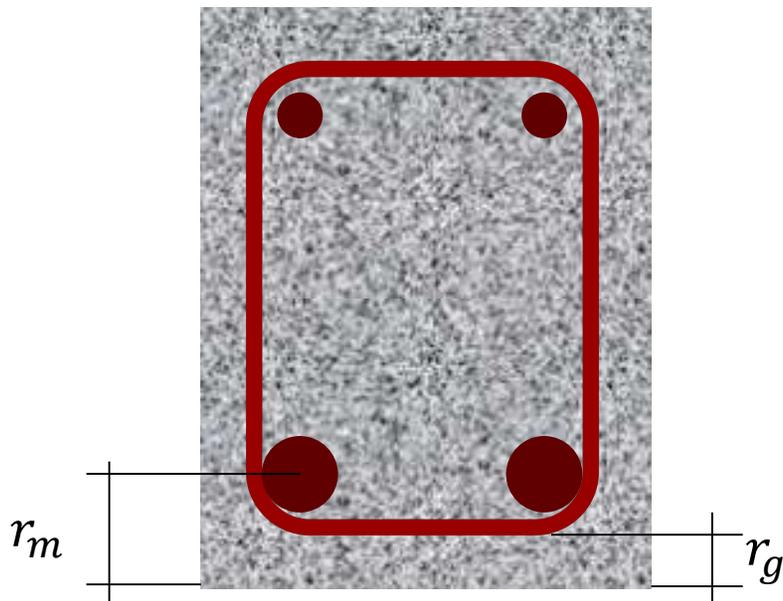
- Por razones constructivas: de montaje
- Absorber esfuerzos secundarios (parásitos)
 - Principalmente, control de fisuración:
 - *Armadura de piel por efectos higrotérmicos*
 - *Armaduras de reparto*

Compatibilidad entre hormigón y acero

- **El H.A. es posible debido a la buena compatibilidad que existe entre ambos materiales**

- Compatibilidad química:

- Ausencia de reacciones químicas importantes entre ellos
- Bien diseñado, el Hormigón protege al acero ante la corrosión



Recubrimiento geométrico (r_g)

Para proteger al acero

Del orden de 2 o 3 cm (depende de la agresividad del ambiente, se verá en H2).

Recubrimiento mecánico (r_m):

Usado en el cálculo

Distancia del baricentro de la armadura a la cara exterior del elemento.

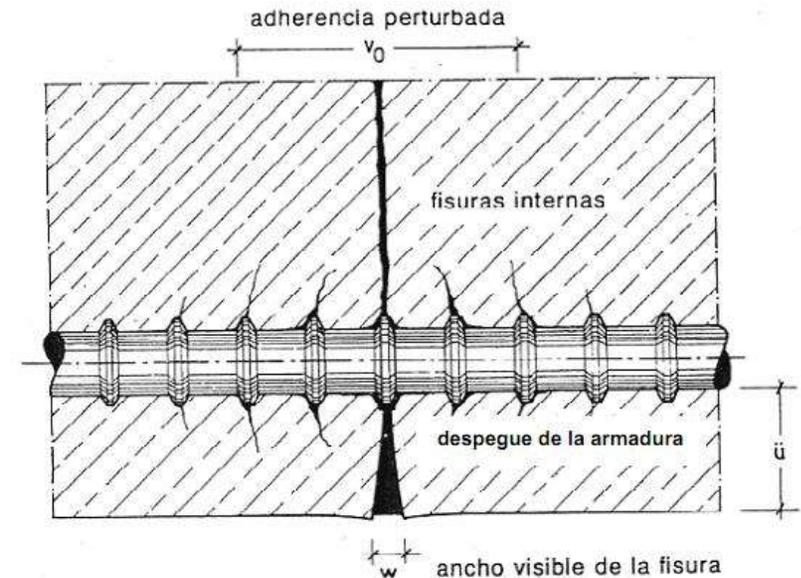
Compatibilidad entre hormigón y acero

– Adherencia:

- Imprescindible para el funcionamiento de ambos materiales como conjunto. Sin adherencia, las barras deslizarían.
- De dos tipos:
 - *Físico-químico (fuerzas desarrolladas en la interfaz hormigón-acero)*
 - *Mecánico (rozamiento)*
 - » Se potencia con el uso de barras corrugadas (acuñamiento)

– Comportamiento térmico:

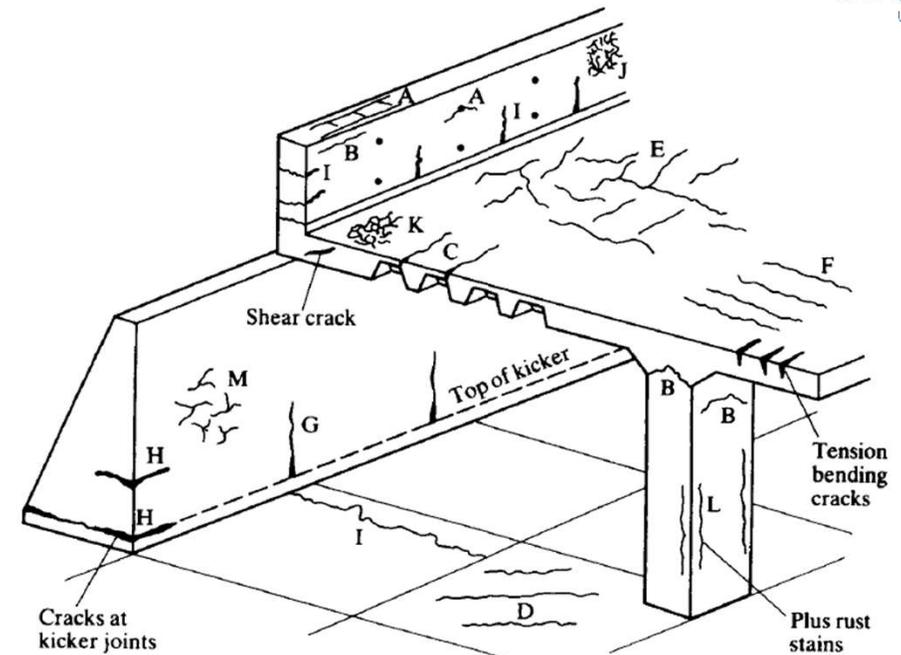
- Coeficientes de dilatación térmica de ambos materiales muy similares (en K^{-1}):
 - *Hormigón:* $\alpha = 1.0 \times 10^{-5}$
 - *Acero:* $\alpha = 1.2 \times 10^{-5}$
- Ante variaciones de temperatura, ambos materiales experimentan deformaciones similares, no apareciendo, por lo tanto, tensiones internas significativas.



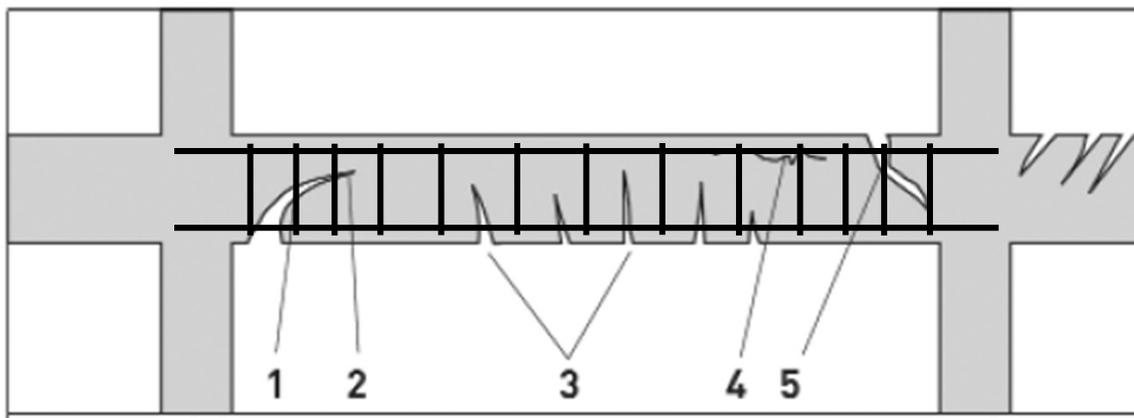
Fisuración del hormigón

- **Imposible de evitar totalmente**

- Cuando el hormigón “rompe” a tracción (se fisura) transfiere las tensiones al acero
- Comportamiento no lineal
- Reduce rigidez del elemento
- Se debe controlar el ancho de fisura
 - *Durabilidad del hormigón*
 - *Estética*



CONCRETE SOCIETY
(London, 1982)



¿Qué se puede hacer para reducir o eliminar la fisuración?

Ventajas e inconvenientes

- **Ventajas**

- Flexibilidad de forma
- Reserva de resistencia
 - Por monolitismo
- Facilidad de puesta en obra
- Economía
- Durabilidad
- Resistencia al fuego

- **Inconvenientes**

- Tiempo de puesta en servicio
- Peso
 - Baja relación resistencia/peso específico
 - Grandes fundaciones
 - Cimbras importantes (más costo de obra)
- Propiedades reológicas

Aplicaciones - Edificación



Aplicaciones – Obras civiles

1er Semestre 2025 Agustin Spalvier Curso: Hormigón Estructural 1

24



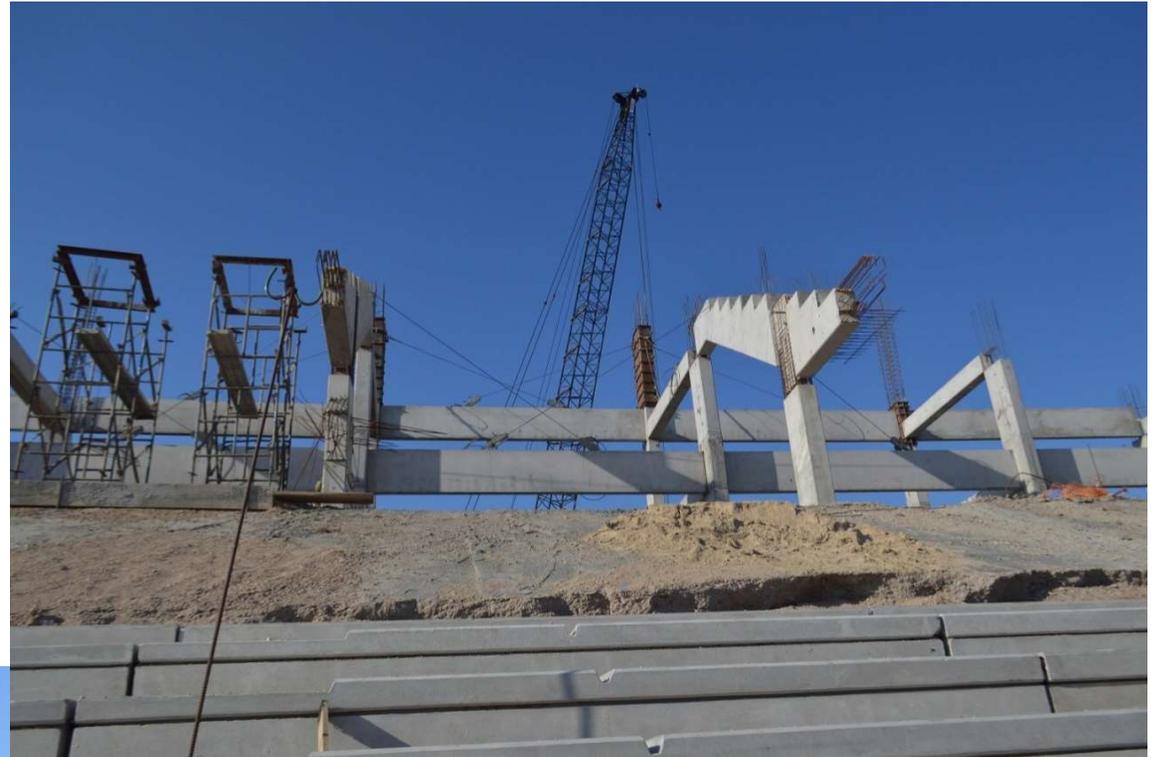
Puente Laguna Garzón



Aplicaciones – Obras civiles

1er Semestre 2025 Agustin Spalvier Curso: Hormigón Estructural 1

25



Aplicaciones – Obras civiles

1er Semestre 2025 Agustin Spalvier Curso: Hormigón Estructural 1

26



Aplicaciones – Obras civiles

1er Semestre 2025 Agustin Spalvier Curso: Hormigón Estructural 1

27



Aplicaciones – Estructuras especiales

1^{er} Semestre 2025 Agustin Spalvier Curso: Hormigón Estructural 1

28

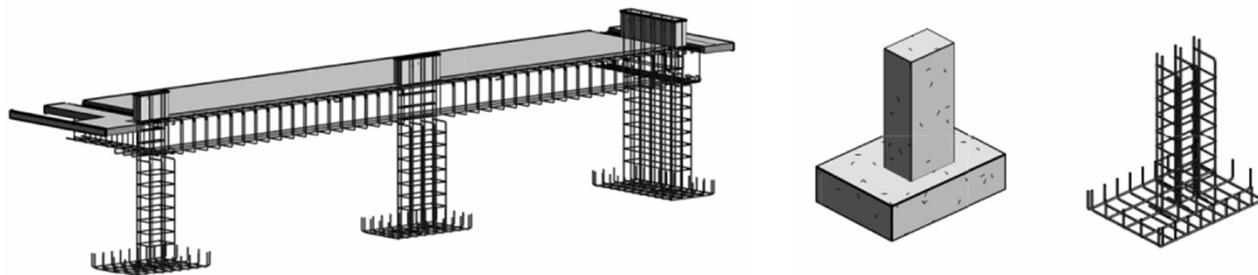
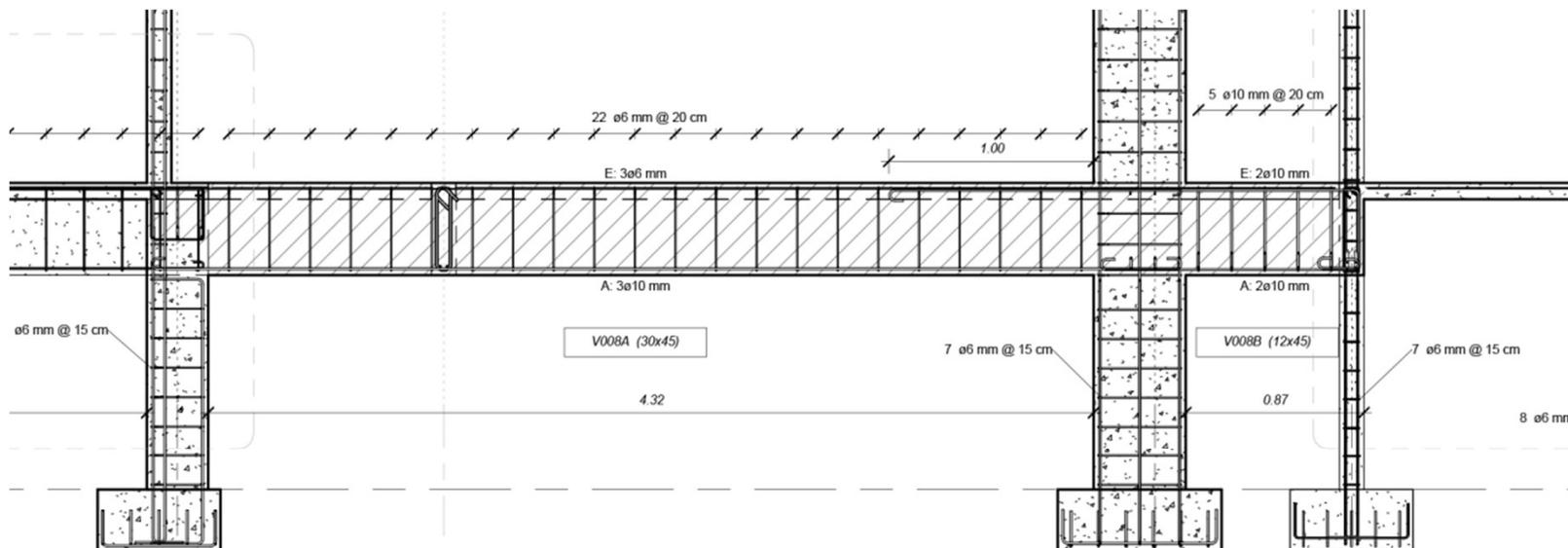
Parque oceanográfico de
Valencia



Objetivo: aprender los cálculos básicos de HA

- Dimensionado y verificación de la armadura de elementos básicos de hormigón armado, para resistir *Estados Límites Últimos (Rotura)*:

- Elementos: Vigas, Pilares, Tensores, Losas y Cimentaciones.
- Esfuerzos: Momento, Directa y Cortante



Objetivo: aprender los cálculos básicos de HA

- **Bajo condiciones simplificadas:**

- Sin considerar efectos temporales (cálculos a *tiempo infinito*)
- Casos simplificados de carga
- No se verán en profundidad cálculos de situaciones “accidentales”.

- **Se atenderán indirectamente aspectos de “servicio”:**

- Se controlan mediante criterios simplificados:
 - Durabilidad
 - Deformaciones
 - Fisuración

- **Sólo dimensionado y verificación de la armadura:**

- Dimensiones y geometría de los elementos dados.
 - Es decir, la geometría del hormigón será por lo general dato del problema.
 - Se mencionarán criterios simples de dimensionado del hormigón.

Recursos didácticos y formato

- **Se valorará que se utilicen recursos didácticos.**
- **En particular, intentar realizar una exposición interactiva.**
- **Para plantear una pregunta a la clase:**
 - Recuadro con fondo verde

¿Pregunta?

- **Para resaltar algo que se considere importante:**
 - utilizar un recuadro con fondo salmón.

IMPORTANTE

- **Aspectos complementarios a resaltar:**
 - Recuadro simple

Recuadro

Fin

