

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
74.01 y 94.01 - HORMIGÓN I

HORMIGÓN I (74.01 y 94.01)  
**INTRODUCCIÓN**

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
74.01 y 94.01 - HORMIGÓN I

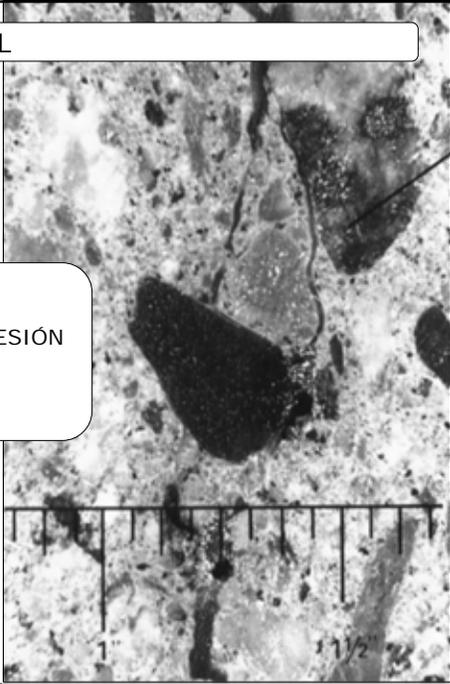
El objetivo de esta materia es aprender a diseñar elementos estructurales básicos de hormigón armado.

ESTA CLASE INCLUYE:

- QUÉ ES EL HORMIGÓN ARMADO Y CÓMO FUNCIONA
- ELEMENTOS ESTRUCTURALES BÁSICOS
- ANTEPROYECTO DE ESTRUCTURAS DE H<sup>º</sup>A<sup>º</sup>.

INTRODUCCIÓN

Lámina 2

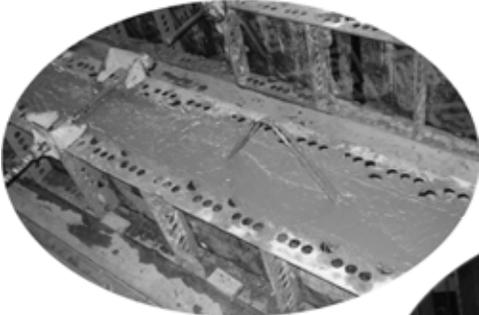
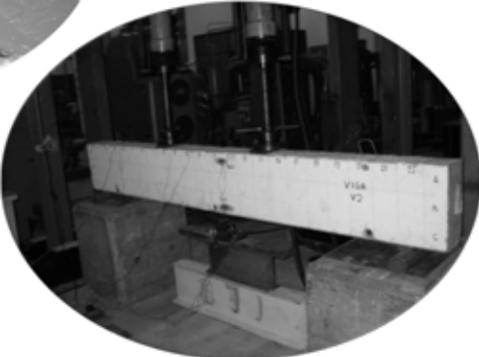
<p>FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras 74.01 y 94.01 - HORMIGÓN I</p>	<p><b>HORMIGÓN = ROCA ARTIFICIAL</b></p>	
	<p>ES EL MATERIAL MAS UTILIZADO EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN.</p> <p>PRESENTA</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- MUY BUENA RESISTENCIA A COMPRESIÓN</li> <li>- BAJA RESISTENCIA A TRACCIÓN</li> <li>- POCA DUCTILIDAD</li> </ul> <p>ES UN MATERIAL COMPUESTO</p>	
<p>INTRODUCCIÓN</p>		<p>Lámina 3</p>

<p>FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras 74.01 y 94.01 - HORMIGÓN I</p>	<p><b>HORMIGÓN ESTRUCTURAL</b></p>	
	<p>Encofrados</p> <p>Hormigón "in situ" Hormigón premoldeado</p>	
<p>INTRODUCCIÓN</p>		<p>Lámina 4</p>

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 74.01 y 94.01 - HORMIGÓN I	<b>HORMIGÓN ESTRUCTURAL</b>
	
	Proceso de Armado
	{ <ul style="list-style-type: none"> <li>Hormigón sin armar</li> <li>Hormigón armado</li> <li>Hormigón pretensado</li> </ul> }
INTRODUCCIÓN	Lámina 5

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 74.01 y 94.01 - HORMIGÓN I	<b>HORMIGÓN ESTRUCTURAL</b>
	
	Proceso de Fabricación del hormigón
	Hormigón elaborado
	Foto extraída de <a href="http://www.lomanegra.com.ar/servicios-hormigon-loma-negra.asp">http://www.lomanegra.com.ar/servicios-hormigon-loma-negra.asp</a>
INTRODUCCIÓN	Lámina 6

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 74.01 y 94.01 - HORMIGÓN I	<b>HORMIGÓN ESTRUCTURAL</b>		
			llenado tradicional
	Proceso de Llenado (o colado)		
			
	Foto extraída de <a href="http://kadampa.org/es/newsletters/1702/?height=500&amp;width=500">http://kadampa.org/es/newsletters/1702/?height=500&amp;width=500</a> Hormigón bombeado	Foto extraída de <a href="http://www.corbat.cat/ca/piscina-hormigon-proyectado.html">http://www.corbat.cat/ca/piscina-hormigon-proyectado.html</a> Hormigón proyectado	
<b>INTRODUCCIÓN</b>		Lámina 7	

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 74.01 y 94.01 - HORMIGÓN I	<b>HORMIGÓN ESTRUCTURAL</b>		
			
	Proceso de Fraguado		
		Elemento estructural terminado	
<b>INTRODUCCIÓN</b>		Lámina 8	

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
74.01 y 94.01 - HORMIGÓN I

### Qué se puede construir ?

- . Edificios de todo tipo
- . Puentes
- . Estructuras subterráneas
- . Reservorios, silos
- . Muros de contención
- . Torres de comunicaciones
- . Estructuras offshore
- . Represas, muelles
- Muebles
- . etc., etc.
- etc., etc.

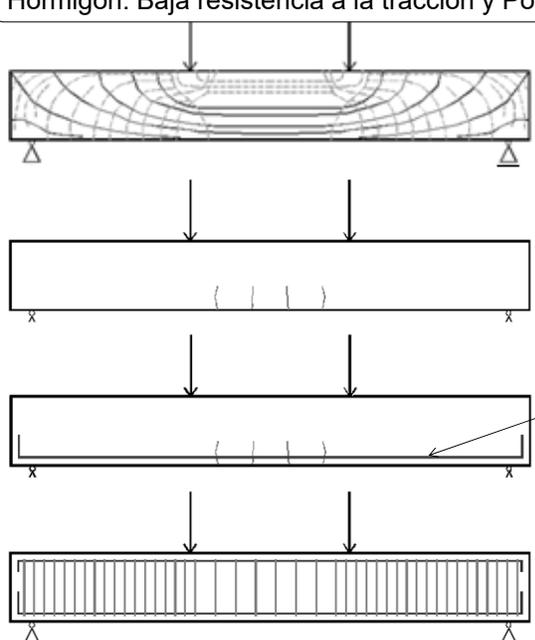


INTRODUCCIÓN

Lámina 9

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
74.01 y 94.01 - HORMIGÓN I

### Hormigón: Baja resistencia a la tracción y Poca ductilidad



**Líneas isostáticas de compresión y de tracción:**  
Son líneas trazadas de manera tal que la tangente en un punto de la curva, coincide con una de las direcciones principales en ese punto.

Armadura traccionada

**HORMIGÓN ARMADO**

INTRODUCCIÓN

Lámina 10

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras  
74.01 y 94.01 - HORMIGÓN I

Otra alternativa.....

**HORMIGÓN PRETENSADO**

Cable de pretensado

INTRODUCCIÓN Lámina 11

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras  
74.01 y 94.01 - HORMIGÓN I

Hormigón: Baja resistencia a la tracción y Poca ductilidad

**HORMIGÓN ARMADO**

INTRODUCCIÓN Lámina 12

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
74.01 y 94.01 - HORMIGÓN I

### FLEXIÓN EN UNA VIGA DE MATERIAL ELÁSTICO LINEAL

### FLEXIÓN EN UNA VIGA DE HORMIGÓN ARMADO

INTRODUCCIÓN

Lámina 13

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
74.01 y 94.01 - HORMIGÓN I

### EL FUNCIONAMIENTO DEL HORMIGÓN ARMADO SE BASA EN:

QUE EXISTE **ADHERENCIA**  
ENTRE EL HORMIGÓN Y EL ACERO  
(SE IGUALAN SUS DEFORMACIONES)

QUE EL HORMIGÓN Y EL ACERO  
TIENEN **COEFICIENTES DE  
DILATACIÓN TÉRMICA SIMILARES**

EL HORMIGÓN BRINDA  
**PROTECCIÓN A LA ARMADURA**

INTRODUCCIÓN

Lámina 14

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
74.01 y 94.01 - HORMIGÓN I

**HORMIGÓN ARMADO**  
**= HORMIGÓN + BARRAS DE ACERO**  
Se mejora la resistencia a tracción y la ductilidad de la estructura

OJO! No se evitan las fisuras

INTRODUCCIÓN

Lámina #

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
74.01 y 94.01 - HORMIGÓN I

CONCEPTO DE RECUBRIMIENTO

RECUBRIMIENTO

**EL HORMIGÓN PROTEGE AL ACERO**

- DE LA ACCIÓN DE AGENTES AGRESIVOS (CORROSIÓN)
- DE LA TEMPERATURA EN EL CASO DE INCENDIOS

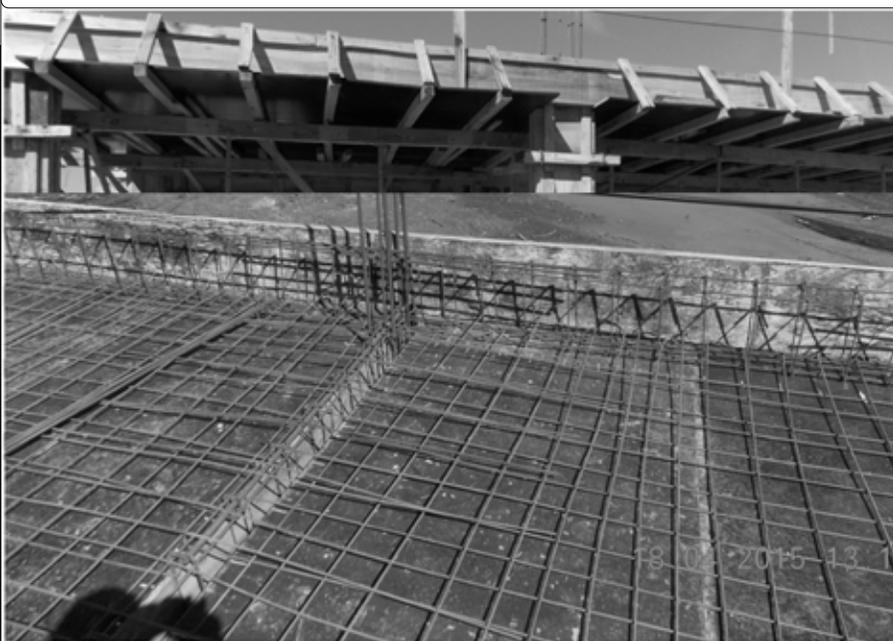
INTRODUCCIÓN

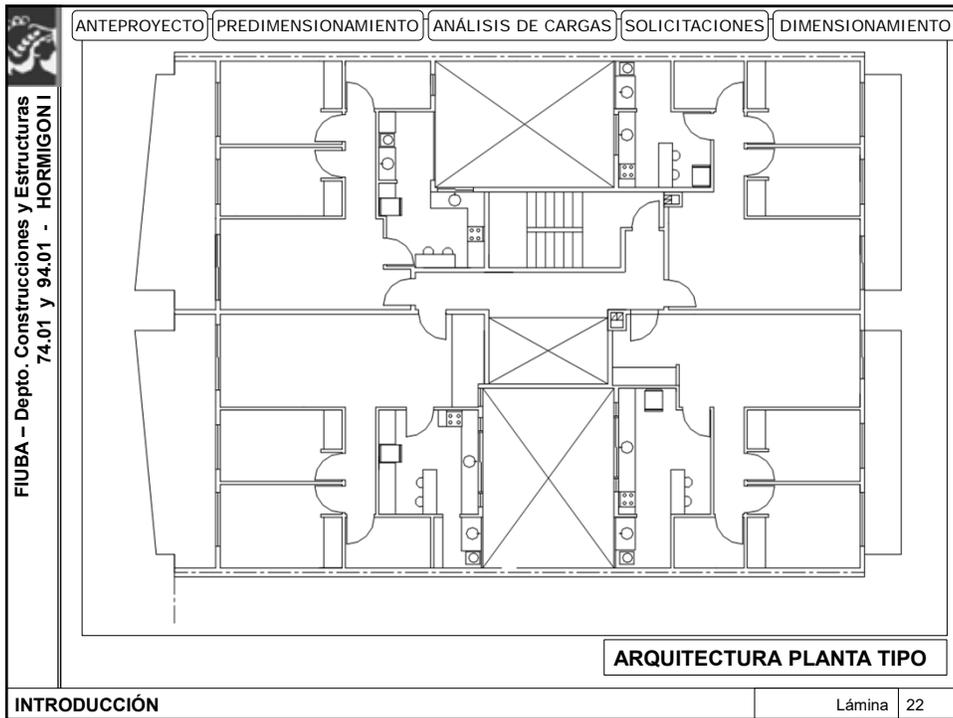
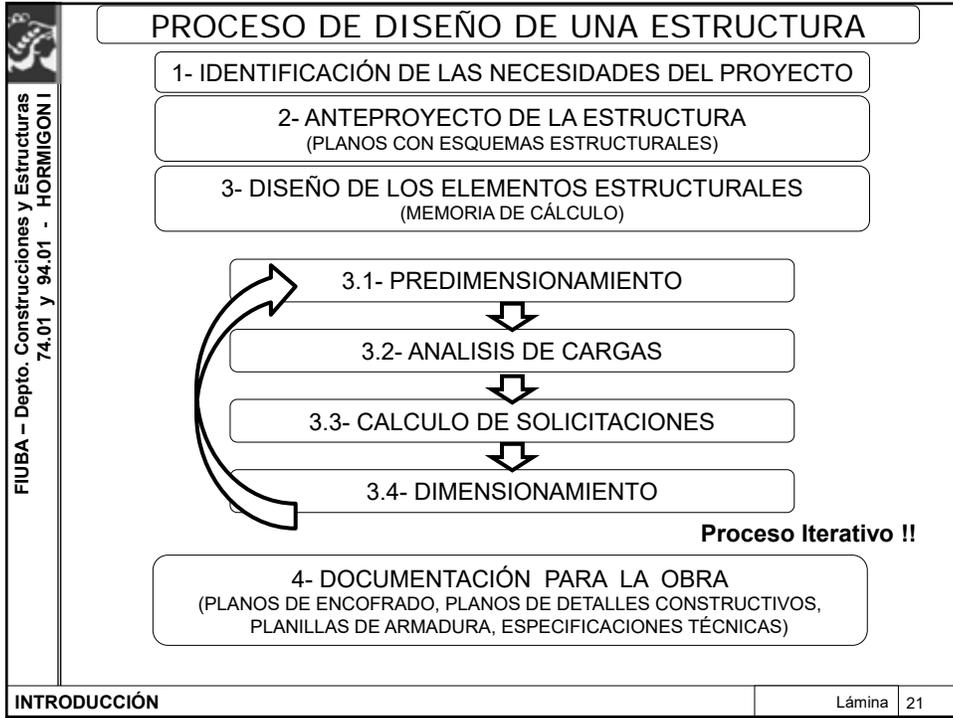
Lámina 16

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 74.01 y 94.01 - HORMIGON I	<b>Algo de historia....</b>
	<p>Los comienzos....</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lambot: bote de hormigón con malla de alambre (1848)</li> <li>- Monier: primer patente en 1867.</li> <li>- Wilkinson, Hennebique, Hyatt....</li> <li>- Ritter, Mörsch: recién entre fines 189..y comienzos del siglo XX, establecen los principios de funcionamiento</li> <li>- Freyssinet: hormigón pretensado (Patente 1920)</li> </ul>
	<div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p><b>En Argentina:</b>            el edificio KAVANAGH, construido en 1934, fue en su momento el edificio más alto del mundo construido en Hormigón Armado.</p> <p>Tiene 120 m de altura, 32 pisos, y la estructura se ejecutó en 9 meses.....</p> </div> </div>
INTRODUCCIÓN	Lámina 17

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 74.01 y 94.01 - HORMIGON I	<b>VENTAJAS DEL HORMIGON ARMADO</b>
	<b>1. MOLDEABILIDAD</b>
	<b>2. DISPONIBILIDAD DE SUS MATERIALES CONSTITUYENTES</b>
	<b>3. TECNOLOGIA DE CONSTRUCCION SENCILLA</b>
	<b>4. MONOLITISMO (ESTRUCTURAS HIPERESTATICAS)</b>
	<b>5. BUENA RESISTENCIA AL FUEGO</b>
	<b>6. MEJORES COSTOS ECONOMICOS Y FINANCIEROS</b>
	<b>7. ESTRUCTURAS MAS RIGIDAS</b>
	<b>8. RELATIVO BAJO MANTENIMIENTO</b>
INTRODUCCIÓN	Lámina 18

 FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 74.01 y 94.01 - HORMIGÓN I	<b>DESVENTAJAS DEL HORMIGON ARMADO</b>
	<b>A. EXISTEN FISURAS</b>
	<b>B. REQUIERE ENCOFRADOS Y APUNTALAMIENTOS</b>
	<b>C. RELATIVA BAJA RESISTENCIA POR UNIDAD DE VOLUMEN</b>
	<b>D. SU COMPORTAMIENTO VARIA CON EL TIEMPO, CON LA TEMPERATURA, CON LA VELOCIDAD DE APLICACION DE LA CARGA, CON EL ESTADO DE TENSIONES, ETC.</b>
<b>E. DISPERSION DE RESULTADOS</b>	
<b>INTRODUCCIÓN</b>	Lámina 19

 FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 74.01 y 94.01 - HORMIGÓN I	<b>ESTRUCTURA DE HORMIGÓN ARMADO</b>
	
<b>INTRODUCCIÓN</b>	Lámina 20



FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 74.01 y 94.01 - HORMIGÓN I		ANTEPROYECTO	PREDIMENSIONAMIENTO	ANÁLISIS DE CARGAS	SOLICITACIONES	DIMENSIONAMIENTO	
						ANTEPROYECTO FINAL	SI PLANTA TIPO
		INTRODUCCIÓN	Lámina	23			

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 74.01 y 94.01 - HORMIGÓN I		ANTEPROYECTO	PREDIMENSIONAMIENTO	ANÁLISIS DE CARGAS	SOLICITACIONES	DIMENSIONAMIENTO
		<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin-bottom: 10px;"> <p style="text-align: center;"><b>PREDIMENSIONAMIENTO</b></p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin-bottom: 10px;"> <p style="text-align: center;">SE HACE DE ACUERDO CON:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-PAUTAS REGLAMENTARIAS</li> <li>QUE SE BASAN EN QUE LAS DEFORMACIONES SEAN ACEPTABLES</li> <li>- LAS CARGAS</li> <li>- LA EXPERIENCIA</li> </ul> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin-bottom: 10px;"> <p style="text-align: center;"><b>ES UN PROCEDIMIENTO EMPÍRICO....</b></p> </div>				
		INTRODUCCIÓN	Lámina	24		

 FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 74.01 y 94.01 - HORMIGON I	ANTEPROYECTO   PREDIMENSIONAMIENTO   ANÁLISIS DE CARGAS   SOLICITACIONES   DIMENSIONAMIENTO		
	<b>CARGAS / ACCIONES SOBRE LAS ESTRUCTURAS</b>		
	<b>TIPOS</b>		
	<table border="1"> <tr> <td> <b>PERMANENTES</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Peso propio de la estructura</li> <li>• Peso propio de elementos no estructurales</li> </ul> </td> <td> <b>VARIABLES</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cargas variables gravitacionales (sobrecargas de uso)</li> <li>• Empujes del terreno</li> <li>• Efectos reológicos</li> <li>• Acciones térmicas</li> <li>• Asentamientos diferenciales</li> <li>• Acciones del viento</li> <li>• Acción sísmica</li> </ul> </td> <td> <b>EXTRAORDINARIAS</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Explosiones en general</li> <li>• Explosiones atómicas</li> <li>• Impactos de vehículos</li> <li>• Impactos de aviones</li> <li>• Acciones terroristas</li> <li>• Volcanes en erupción</li> </ul> </td> </tr> </table>	<b>PERMANENTES</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Peso propio de la estructura</li> <li>• Peso propio de elementos no estructurales</li> </ul>	<b>VARIABLES</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cargas variables gravitacionales (sobrecargas de uso)</li> <li>• Empujes del terreno</li> <li>• Efectos reológicos</li> <li>• Acciones térmicas</li> <li>• Asentamientos diferenciales</li> <li>• Acciones del viento</li> <li>• Acción sísmica</li> </ul>
<b>PERMANENTES</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Peso propio de la estructura</li> <li>• Peso propio de elementos no estructurales</li> </ul>	<b>VARIABLES</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cargas variables gravitacionales (sobrecargas de uso)</li> <li>• Empujes del terreno</li> <li>• Efectos reológicos</li> <li>• Acciones térmicas</li> <li>• Asentamientos diferenciales</li> <li>• Acciones del viento</li> <li>• Acción sísmica</li> </ul>	<b>EXTRAORDINARIAS</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Explosiones en general</li> <li>• Explosiones atómicas</li> <li>• Impactos de vehículos</li> <li>• Impactos de aviones</li> <li>• Acciones terroristas</li> <li>• Volcanes en erupción</li> </ul>	
<b>REGLAMENTOS y/o ANÁLISIS PARTICULARES</b>			
INTRODUCCIÓN	Lámina 25		

 FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 74.01 y 94.01 - HORMIGON I	ANTEPROYECTO   PREDIMENSIONAMIENTO   ANÁLISIS DE CARGAS   SOLICITACIONES   DIMENSIONAMIENTO
	<b>CARGAS / ACCIONES SOBRE LAS ESTRUCTURAS</b>
	<b>REGLAMENTO CIRSOC 101-2005 - NOMENCLATURA</b>
	<p>D: permanente (dead load)</p> <p>L: sobrecarga (live load)</p> <p>Lr: sobrecarga en cubiertas (roof live load)</p> <p>W: cargas de viento (wind loads)</p> <p>E: efectos de sismo (earthquake effects)</p> <p>T: temperatura, contracción, creep (cumulative effect of temperature, creep, shrinkage, differential settlement, and shrinkage-compensating concrete)</p> <p>S: cargas de nieve (snow)</p> <p>F: cargas de líquidos (fluids)</p> <p>H: cargas del suelo (loads due to lateral pressure of soil, water in soil)</p>
INTRODUCCIÓN	Lámina 26

 FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 74.01 y 94.01 - HORMIGÓN I	ANTEPROYECTO	PREDIMENSIONAMIENTO	ANÁLISIS DE CARGAS	SOLICITACIONES	DIMENSIONAMIENTO
	<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px auto; width: 80%;"> <h2 style="text-align: center;">SOLICITACIONES</h2> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px auto; width: 80%; border-radius: 15px;"> <p style="text-align: center;">           MEDIANTE UN ANÁLISIS ESTRUCTURAL SE DETERMINAN            LAS REACCIONES DE VÍNCULO, LOS MOMENTOS            FLEXORES, LOS ESFUERZOS DE CORTE Y LOS            ESFUERZOS NORMALES EN CADA ELEMENTO            ESTRUCTURAL         </p> </div>				
INTRODUCCIÓN					Lámina 27

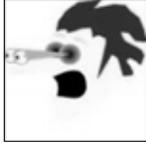
 FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 74.01 y 94.01 - HORMIGÓN I	ANTEPROYECTO	PREDIMENSIONAMIENTO	ANÁLISIS DE CARGAS	SOLICITACIONES	DIMENSIONAMIENTO
	<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px auto; width: 80%;"> <p>Se debe asegurar que una estructura cumpla con diversos requisitos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Equilibrio, resistencia y estabilidad</li> <li>- Serviciabilidad</li> <li>- Durabilidad</li> <li style="margin-left: 80px;">- Constructibilidad</li> <li style="margin-left: 80px;">- Sustentabilidad</li> </ul> </div>				
INTRODUCCIÓN					Lámina 28

 FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras 74.01 y 94.01 - HORMIGON I	ANTEPROYECTO   PREDIMENSIONAMIENTO   ANÁLISIS DE CARGAS   SOLICITACIONES   DIMENSIONAMIENTO
	<p style="text-align: center;"><b>EL CRITERIO DE DISEÑO DE ELEMENTOS DE HORMIGON ARMADO</b></p> <p style="text-align: center;"><b>- LOS ESTADOS LIMITES -</b></p> <p style="text-align: center;">UN ESTADO LIMITE ES UNA CONDICIÓN EN LA CUAL UNA ESTRUCTURA O UN ELEMENTO ESTRUCTURAL YA NO ES ACEPTABLE PARA EL USO QUE SE LE PRETENDE DAR.</p> <p style="text-align: center;">SE DISTINGUEN:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ESTADOS LÍMITES ÚLTIMOS</li> <li>- ESTADOS LÍMITES DE SERVICIO</li> <li>- ESTADOS LÍMITES ESPECIALES</li> </ul>
INTRODUCCIÓN	Lámina 29

 FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras 74.01 y 94.01 - HORMIGON I	ANTEPROYECTO   PREDIMENSIONAMIENTO   ANÁLISIS DE CARGAS   SOLICITACIONES   DIMENSIONAMIENTO
	<p style="text-align: center;">QUE SIGNIFICA QUE UNA ESTRUCTURA, O UN ELEMENTO ESTRUCTURAL SEA ACEPTABLE O ADECUADO?</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 10px; width: 45%;"> <p style="text-align: center;">Que no colapse!!</p> <p style="text-align: center;">Que sea estable!!</p> </div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 10px; width: 45%;"> <p style="text-align: center;">Que no se deforme, se fisure, vibre, o se incline de manera de quedar inutilizado</p> </div> </div> <p style="text-align: center;">↓      <b>REGLAMENTOS</b>      ↓</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 10px; width: 45%; text-align: center;"> <p><b>ESTADOS LIMITES ULTIMOS</b></p> <p><b>E.L.U.</b></p> </div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 10px; width: 45%; text-align: center;"> <p><b>ESTADOS LIMITES DE SERVICIO</b></p> <p><b>E.L.S.</b></p> </div> </div> <p style="text-align: center;">Cumpliendo condiciones de durabilidad y constructibilidad y <b>AL MENOR COSTO POSIBLE....</b></p>
INTRODUCCIÓN	Lámina 30

 FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 74.01 y 94.01 - HORMIGÓN I	ANTEPROYECTO   PREDIMENSIONAMIENTO   ANÁLISIS DE CARGAS   SOLICITACIONES   DIMENSIONAMIENTO
	<b>ESTADOS LIMITES ULTIMOS (ELU)</b>
	<b>COLAPSO (REAL O CONVENCIONAL)</b> <input type="checkbox"/> Deben tener una baja probabilidad de ocurrencia !!!
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>ESTADO LÍMITE DE AGOTAMIENTO:</b> COLAPSO DE UNA SECCIÓN POR ESFUERZOS NORMALES, POR FLEXIÓN, POR CORTE, POR TORSIÓN, POR PUNZONAMIENTO, POR ESFUERZOS RASANTES, o POR UNA COMBINACIÓN DE ESTOS TIPOS DE SOLICITACIÓN.</li> <li>• <b>ESTADO LÍMITE DE EQUILIBRIO:</b> PÉRDIDA DEL EQUILIBRIO DE UNA ESTRUCTURA PORQUE NO PUEDEN DESARROLLARSE LAS REACCIONES DE VÍNCULO NECESARIAS, O PORQUE SE TRANSFORMA EN UN MECANISMO. Ej. LEVANTAMIENTO DE APOYOS; DESLIZAMIENTOS, EMPOTRAMIENTOS QUE NO PUEDEN MATERIALIZARSE.</li> <li>• <b>ESTADO LÍMITE DE INESTABILIDAD (PANDEO):</b> LA INCIDENCIA DE LAS DEFORMACIONES EN LAS SOLICITACIONES LLEVA A LA ESTRUCTURA A LA FALLA. Ej. COLUMNAS ESBELTAS</li> <li>• <b>ESTADO LÍMITE DE FATIGA:</b> COLAPSO DEBIDO A DIVERSOS CICLOS DE CARGA Y DESCARGA. Ej. RIELES DE FERROCARRIL.</li> </ul>
INTRODUCCIÓN	Lámina 31

 FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 74.01 y 94.01 - HORMIGÓN I	ANTEPROYECTO   PREDIMENSIONAMIENTO   ANÁLISIS DE CARGAS   SOLICITACIONES   DIMENSIONAMIENTO
	<b>ESTADOS LIMITES DE SERVICIO (ELS)</b>
	<input type="checkbox"/> Se daña el uso funcional de la estructura, pero NO COLAPSA
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>ESTADO LÍMITE DE DEFORMACIONES</b></li> <li>• <b>ESTADO LÍMITE DE FISURACIÓN</b></li> <li>• <b>ESTADO LÍMITE DE VIBRACIÓN</b></li> <li>• <b>ESTADO LÍMITE DE FATIGA</b></li> </ul>
INTRODUCCIÓN	Lámina 32

 FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 74.01 y 94.01 - HORMIGON I	ANTEPROYECTO   PREDIMENSIONAMIENTO   ANÁLISIS DE CARGAS   SOLICITACIONES   DIMENSIONAMIENTO
	ESTADOS LIMITES ESPECIALES
	DAÑO O FALLA debido a ACCIONES EXTRAORDINARIAS
	<p><b>ACCIONES EXTRAORDINARIAS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Explosiones en general</li> <li>• Explosiones atómicas</li> <li>• Impactos de vehículos</li> <li>• Incendios</li> <li>• Acciones terroristas</li> <li>• Volcanes en erupción</li> <li>• Sismos extremos</li> </ul> <div style="text-align: right;">  </div>
INTRODUCCIÓN	Lámina 33

 FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 74.01 y 94.01 - HORMIGON I	ANTEPROYECTO   PREDIMENSIONAMIENTO   ANÁLISIS DE CARGAS   SOLICITACIONES   DIMENSIONAMIENTO
	<p>En general, primero se dimensiona la armadura en base a estados limites ultimos, y posteriormente se verifican los estados limites de servicio.</p>
	<p>Las condiciones de durabilidad y constructibilidad, las aseguramos respetando pautas establecidas en los reglamentos.</p>
	INTRODUCCIÓN

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 74.01 y 94.01 - HORMIGON I	ANTEPROYECTO   PREDIMENSIONAMIENTO   ANÁLISIS DE CARGAS   SOLICITACIONES   DIMENSIONAMIENTO
	<b>DISEÑO EN BASE A ESTADOS LIMITES ULTIMOS</b>
	<p><b>no podemos conocer con precisión ni S ni Q porque existen incertidumbres....</b></p>
INTRODUCCIÓN	Lámina 35

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 74.01 y 94.01 - HORMIGON I	ANTEPROYECTO   PREDIMENSIONAMIENTO   ANÁLISIS DE CARGAS   SOLICITACIONES   DIMENSIONAMIENTO			
	<b>DISEÑO EN BASE A ESTADOS LIMITES ULTIMOS</b>			
	Existen numerosas incertidumbres....			
	<table border="0"> <tr> <td style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; text-align: center;">           CAPACIDAD o RESISTENCIA S         </td> <td style="padding-left: 20px;"> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ La resistencia real de los materiales puede diferir de la especificada.</li> <li>➤ Se hacen hipótesis simplificativas del comportamiento de los materiales.</li> <li>➤ Las dimensiones reales pueden diferir con las especificadas</li> <li>➤ La posición final de la armadura puede diferir de la supuesta en el cálculo.</li> </ul> </td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; text-align: center;">           DEMANDA DE SOLICITACIONES Q         </td> <td style="padding-left: 20px;"> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ No se conoce el valor exacto ni la distribución exacta de las cargas que actuarán.</li> <li>➤ Se modelan los vínculos de manera simplificada.</li> </ul> </td> </tr> </table>	CAPACIDAD o RESISTENCIA S	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ La resistencia real de los materiales puede diferir de la especificada.</li> <li>➤ Se hacen hipótesis simplificativas del comportamiento de los materiales.</li> <li>➤ Las dimensiones reales pueden diferir con las especificadas</li> <li>➤ La posición final de la armadura puede diferir de la supuesta en el cálculo.</li> </ul>	DEMANDA DE SOLICITACIONES Q
CAPACIDAD o RESISTENCIA S	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ La resistencia real de los materiales puede diferir de la especificada.</li> <li>➤ Se hacen hipótesis simplificativas del comportamiento de los materiales.</li> <li>➤ Las dimensiones reales pueden diferir con las especificadas</li> <li>➤ La posición final de la armadura puede diferir de la supuesta en el cálculo.</li> </ul>			
DEMANDA DE SOLICITACIONES Q	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ No se conoce el valor exacto ni la distribución exacta de las cargas que actuarán.</li> <li>➤ Se modelan los vínculos de manera simplificada.</li> </ul>			
<p><b>NECESITAMOS ESTABLECER UN MARGEN DE SEGURIDAD!!!!!!</b></p>				
INTRODUCCIÓN	Lámina 36			

	ANTEPROYECTO   PREDIMENSIONAMIENTO   ANÁLISIS DE CARGAS   SOLICITACIONES   DIMENSIONAMIENTO
<b>ESTADOS LIMITES ULTIMOS</b>	
La resistencia estructural es una variable aleatoria	<p style="text-align: center;">                     Análisis Probabilístico:                      Curva de distribución de probabilidades                 </p> <p style="text-align: center;">(b) Resistencia S</p>
La carga también es una variable aleatoria !!!	<p style="text-align: center;">                     Análisis Probabilístico:                      Curva de distribución de probabilidades                 </p> <p style="text-align: center;">(a) Carga Q</p>
INTRODUCCIÓN	Lámina 37

	ANTEPROYECTO   PREDIMENSIONAMIENTO   ANÁLISIS DE CARGAS   SOLICITACIONES   DIMENSIONAMIENTO
<b>ESTADOS LIMITES ULTIMOS</b>	
La resistencia estructural es una variable aleatoria	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> </div> <p style="text-align: center; margin-top: 20px;">                     Créditos de las fotos:                      How Hwee Young / EPA                 </p>
INTRODUCCIÓN	Lámina 38

ANTEPROYECTO	PREDIMENSIONAMIENTO	ANÁLISIS DE CARGAS	SOLICITACIONES	DIMENSIONAMIENTO
<b>DISEÑO EN BASE A ESTADOS LIMITES ULTIMOS</b>				
<b>SEGURIDAD ESTRUCTURAL</b>				
Una estructura dada tiene margen de seguridad M si				
<b><math>M = S(\text{resistencia}) - Q(\text{esfuerzos cargas}) &gt; 0</math></b>				
Es decir, si la resistencia de la estructura es mayor que los esfuerzos debidos a las cargas que actúan sobre ella. Debido a que S y Q son variables aleatorias, el margen de seguridad $M = S - Q$ también es una variable aleatoria.				
INTRODUCCIÓN				Lámina 39

ANTEPROYECTO	PREDIMENSIONAMIENTO	ANÁLISIS DE CARGAS	SOLICITACIONES	DIMENSIONAMIENTO
<b>ESTADOS LIMITES ULTIMOS</b>				
<b>SEGURIDAD ESTRUCTURAL</b>				
Una estructura dada tiene margen de seguridad M si				
<b><math>M = S - Q &gt; 0</math></b>				
<b>REGLAMENTOS</b>				
		<p>(a) Carga Q</p> <p>(b) Resistencia S</p> <p>(c) Margen de seguridad <math>M = S - Q</math></p>		
INTRODUCCIÓN				Lámina 40

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
 74.01 y 94.01 - HORMIGÓN I

ANTEPROYECTO | PREDIMENSIONAMIENTO | ANÁLISIS DE CARGAS | SOLICITACIONES | DIMENSIONAMIENTO

### COEFICIENTES DE SEGURIDAD – ACI-CIRSOC 2005

## RESISTENCIA

$R_d$   
 $\phi R_t$

$R_t$  : Resistencia teórica  
 $\phi$  : Factor de minoración de la resistencia ( $\phi \leq 1$ )

>  
  
 ≥

## DEMANDA

$U$   
 $\sum \gamma_i \cdot Q_i$

$Q_i$ : Acciones nominales  
 $i$  : Representa el tipo de carga (permanente, variable, viento, etc.)  
 $\gamma$  : Factor de mayoración de cargas ( $\gamma \geq 1$ )

### COEFICIENTES DE SEGURIDAD PARCIALES

INTRODUCCIÓN
Lámina 41

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
 74.01 y 94.01 - HORMIGÓN I

ANTEPROYECTO | PREDIMENSIONAMIENTO | ANÁLISIS DE CARGAS | SOLICITACIONES | DIMENSIONAMIENTO

### COEFICIENTES DE SEGURIDAD – ACI-CIRSOC 2005

Interpolación en función de  $c/d_1$  :  
 Zunchos en espiral:  $\phi = 0,70 + 0,20 \left[ \frac{1/c/d_1}{5/3} \right]$   
 Otras armaduras:  $\phi = 0,65 + 0,25 \left[ \frac{1/c/d_1}{5/3} \right]$

CIRSOC 201-Figura 9.3.2. Ejemplo de variación de  $\phi$  en función de  $\epsilon_t$  y de la relación  $c/d_t$ , para  $f_y = 420$  MPa y para acero de pretensado.

## RESISTENCIA DE DISEÑO

$R_d = \phi R_t$

El coeficiente de minoración de resistencia  $\phi$  tiene en cuenta:

- las incertidumbres relacionadas con la Resistencia Estructural
- la ductilidad de la falla
- el estado del conocimiento, o sea, la precisión con la que se puede establecer la resistencia dependiendo del tipo de solicitación.

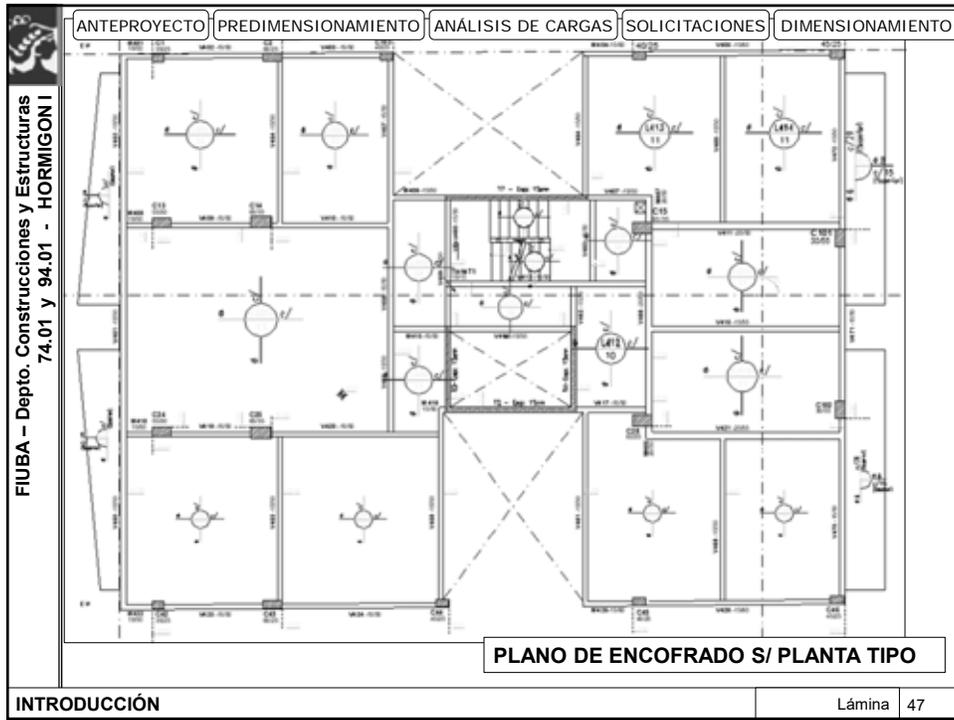
INTRODUCCIÓN
Lámina 42

ANTEPROYECTO	PREDIMENSIONAMIENTO	ANÁLISIS DE CARGAS	SOLICITACIONES	DIMENSIONAMIENTO
<b>COEFICIENTES DE SEGURIDAD – ACI-CIRSOC 2005</b>				
9.2.1. Las combinaciones que el Proyectista o Diseñador Estructural debe analizar, como mínimo, son:				
$\bullet U = 1,4 (D+F)$ (9-1)		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"><b>DEMANDA</b></div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"><math>U = \sum \gamma_i \cdot Q_i</math></div> Los coeficientes de mayoración de cargas $\gamma_i$ tienen en cuenta: - el grado de precisión con el que puede determinarse cada carga. - la probabilidad de simultaneidad con la que las distintas cargas pueden actuar.		
$\bullet U = 1,2 (D +F+T) + 1,6 (L+ H) + 0,5 (Lr \acute{o} S \acute{o} R)$ (9-2)				
$\bullet U = 1,2 D + 1,6 (Lr \acute{o} S \acute{o} R) + (f1 L \acute{o} 0,8 W)$ (9-3)				
$\bullet U = 1,2 D + 1,6 W + f1 L + 0,5 (Lr \acute{o} S \acute{o} R)$ (9-4)				
$\bullet U = 1,2 D + 1,0 E + f1 (L + Lr) + f2 S$ (9-5)				
$\bullet U = 0,9 D + 1,6 W + 1,6 H$ (9-6)				
$\bullet U = 0,9 D + 1,0 E + 1,6 H$ (9-7)				
siendo: $f1 = 1,0$ para lugares de concentración de público donde la sobrecarga sea mayor a $5,00 \text{ kN/m}^2$ y para playas de estacionamiento y garages. $f1 = 0,5$ para otras sobrecargas. $f2 = 0,7$ para configuraciones particulares de cubiertas (tales como las de dientes de sierra), que no permiten evacuar la nieve acumulada. $f2 = 0,2$ para otras configuraciones de cubierta.				
INTRODUCCIÓN				Lámina 43

ANTEPROYECTO	PREDIMENSIONAMIENTO	ANÁLISIS DE CARGAS	SOLICITACIONES	DIMENSIONAMIENTO
<b>COEFICIENTES DE SEGURIDAD – DIN</b>				
<b>RESISTENCIA</b>		<b>&gt;</b>	<b>DEMANDA</b>	
<b>RESISTENCIA ULTIMA</b> <b>S</b> S : Resistencia teórica		<b>IV</b>	<b>SOLICITACIONES MAYORADAS</b> $\nu \cdot Q$ S: Solicitaciones $\nu$ : Coeficiente de seguridad global ( $\nu > 1$ )	
<b>COEFICIENTE DE SEGURIDAD GLOBAL</b> $\nu_{ESTRUCTURA} = S / Q \geq \nu_{REGLAMENTO}$				
INTRODUCCIÓN				Lámina 44

 FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras 74.01 y 94.01 - HORMIGON I	ANTEPROYECTO   PREDIMENSIONAMIENTO   ANÁLISIS DE CARGAS   SOLICITACIONES   DIMENSIONAMIENTO						
	COEFICIENTES DE SEGURIDAD - EUROCODIGO						
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center; padding: 5px;"> <b>RESISTENCIA</b> </td> <td style="width: 10%; text-align: center; padding: 5px;"> <b>&gt;</b> </td> <td style="width: 40%; text-align: center; padding: 5px;"> <b>DEMANDA</b> </td> </tr> <tr> <td style="padding: 10px;"> <p style="text-align: center;"><b>RESISTENCIA DE DISEÑO <math>R_d</math></b></p> <p style="text-align: center;"><b><math>R_c/\phi_C; R_s/\phi_S</math></b></p> <p>Rc; Rs : Resistencia teórica del hormigón y del acero respectivamente</p> <p><math>\phi</math> : Coeficiente de minoración de la resistencia de los materiales (<math>\phi_i &gt; 1</math>)</p> </td> <td style="text-align: center; padding: 10px;"> <b><math>\geq</math></b> </td> <td style="padding: 10px;"> <p style="text-align: center;"><b>RESISTENCIA REQUERIDA <math>U</math></b></p> <p style="text-align: center;"><b><math>\sum \gamma_i \cdot Q_i</math></b></p> <p><math>Q_i</math>: Acciones nominales</p> <p><math>i</math> : Representa el tipo de carga (permanente, variable, viento, etc.)</p> <p><math>\gamma</math> : Factor de mayoración de cargas (<math>\gamma \geq 1</math>)</p> </td> </tr> </table>	<b>RESISTENCIA</b>	<b>&gt;</b>	<b>DEMANDA</b>	<p style="text-align: center;"><b>RESISTENCIA DE DISEÑO <math>R_d</math></b></p> <p style="text-align: center;"><b><math>R_c/\phi_C; R_s/\phi_S</math></b></p> <p>Rc; Rs : Resistencia teórica del hormigón y del acero respectivamente</p> <p><math>\phi</math> : Coeficiente de minoración de la resistencia de los materiales (<math>\phi_i &gt; 1</math>)</p>	<b><math>\geq</math></b>	<p style="text-align: center;"><b>RESISTENCIA REQUERIDA <math>U</math></b></p> <p style="text-align: center;"><b><math>\sum \gamma_i \cdot Q_i</math></b></p> <p><math>Q_i</math>: Acciones nominales</p> <p><math>i</math> : Representa el tipo de carga (permanente, variable, viento, etc.)</p> <p><math>\gamma</math> : Factor de mayoración de cargas (<math>\gamma \geq 1</math>)</p>
	<b>RESISTENCIA</b>	<b>&gt;</b>	<b>DEMANDA</b>				
<p style="text-align: center;"><b>RESISTENCIA DE DISEÑO <math>R_d</math></b></p> <p style="text-align: center;"><b><math>R_c/\phi_C; R_s/\phi_S</math></b></p> <p>Rc; Rs : Resistencia teórica del hormigón y del acero respectivamente</p> <p><math>\phi</math> : Coeficiente de minoración de la resistencia de los materiales (<math>\phi_i &gt; 1</math>)</p>	<b><math>\geq</math></b>	<p style="text-align: center;"><b>RESISTENCIA REQUERIDA <math>U</math></b></p> <p style="text-align: center;"><b><math>\sum \gamma_i \cdot Q_i</math></b></p> <p><math>Q_i</math>: Acciones nominales</p> <p><math>i</math> : Representa el tipo de carga (permanente, variable, viento, etc.)</p> <p><math>\gamma</math> : Factor de mayoración de cargas (<math>\gamma \geq 1</math>)</p>					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;"> <b>COEFICIENTES DE SEGURIDAD PARCIALES</b> </td> </tr> </table>	<b>COEFICIENTES DE SEGURIDAD PARCIALES</b>						
<b>COEFICIENTES DE SEGURIDAD PARCIALES</b>							
INTRODUCCIÓN	Lámina 45						

 FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras 74.01 y 94.01 - HORMIGON I	ANTEPROYECTO   PREDIMENSIONAMIENTO   ANÁLISIS DE CARGAS   SOLICITACIONES   DIMENSIONAMIENTO				
	<b>ESTADOS LIMITES DE SERVICIO</b> DEFORMACIONES, FISURACION, VIBRACIONES, INCLINACION, ETC.				
	<table style="width: 100%;"> <tr> <td style="text-align: center;"> </td> <td style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 10px; text-align: center;">                 VALORES ADMISIBLES  <math>Q_{adm}</math> </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"> </td> <td style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 10px; text-align: center;">                 VALORES PREVISTOS  <math>Q_s</math> </td> </tr> </table>		VALORES ADMISIBLES $Q_{adm}$		VALORES PREVISTOS $Q_s$
		VALORES ADMISIBLES $Q_{adm}$			
	VALORES PREVISTOS $Q_s$				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;"> <b>VERIFICACIONES "EN SERVICIO"!!!!!!</b>                      O SEA, SIN MAYORAR LAS CARGAS                 </td> </tr> </table>	<b>VERIFICACIONES "EN SERVICIO"!!!!!!</b> O SEA, SIN MAYORAR LAS CARGAS				
<b>VERIFICACIONES "EN SERVICIO"!!!!!!</b> O SEA, SIN MAYORAR LAS CARGAS					
INTRODUCCIÓN	Lámina 46				



 FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 74.01 y 94.01 - HORMIGON I	<b>FIN – INTRODUCCIÓN</b>
	<b>GRACIAS POR SU ATENCION !!!</b>



*“Las obras no se construyen para que resistan;  
 se construyen para alguna otra finalidad o función  
 que conlleva, como consecuencia esencial,  
 el que la construcción mantenga su forma y condiciones a lo  
 largo del tiempo.  
 Su resistencia es una condición fundamental;  
 pero, no es la finalidad única,  
 ni siquiera la finalidad primaria.”*

*Razón y ser de los tipos estructurales.  
 Ingeniero Eduardo Torroja Miret*

HORMIGÓN I (74.01 y 94.01)

**ANTEPROYECTO ESTRUCTURAL**



## ESTRUCTURA

Es el conjunto estable de elementos resistentes de una construcción cuya finalidad es soportar acciones y transmitir los esfuerzos inducidos hasta el suelo con adecuada seguridad y servicialidad.

### PROYECTO DE UNA ESTRUCTURA

#### Etapas

1. DETERMINACION DE CONDICIONANTES
2. ASPECTOS FUNDAMENTALES A DEFINIR
3. **DISEÑO DEL ANTEPROYECTO ESTRUCTURAL**
4. CALCULO ESTRUCTURAL
5. DIMENSIONADO
6. DOCUMENTACION

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGON I

## PROYECTO DE UNA ESTRUCTURA

Etapa 1

DETERMINACION DE CONDICIONANTES:

- OTRAS FUNCIONES Y SERVICIO
- IMPLANTACION
- RECURSOS MATERIALES Y HUMANOS
- TECNOLOGIA
- VIDA UTIL
- RESTRICCIONES

ELEMENTOS ESTRUCTURALES – ANTEPROYECTO Lámina 3

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGON I

## PROYECTO DE UNA ESTRUCTURA

Etapa 2

ASPECTOS FUNDAMENTALES A DEFINIR

- TIPOLOGIA ESTRUCTURAL
- MATERIAL A UTILIZAR
- SISTEMA CONSTRUCTIVO
- IMPACTO AMBIENTAL
- COSTOS ASOCIADOS

*La tarea del ingeniero será optimizar la solución.*

ELEMENTOS ESTRUCTURALES – ANTEPROYECTO Lámina 4



## PROYECTO DE UNA ESTRUCTURA

### Etapa 3

#### DISEÑO DEL ANTEPROYECTO ESTRUCTURAL:

Consiste en la modelización de la estructura.

#### Requisitos

- Comprensión del comportamiento de la estructura.
- Identificación clara de los elementos estructurales.
- Definir "camino simples" de esfuerzos.
- Verificación del equilibrio.
- Que sea discretizable.



## ELEMENTOS ESTRUCTURALES

*Son muy variados, con muchas clasificaciones posibles:*

- *Geometría o forma*
- *Función*
- *Sustentación*
- *Esfuerzos dominantes*
- *Sistema constructivo*
- *Materiales constitutivos*
- *Etc.*

*Por ejemplo*

- Elementos con forma de barras:
  - Vigas, ménsulas, travesaños
  - Columnas, puntales, parantes
  - Tensores
  - Etc.
- Elementos bidimensionales
  - Placas delgadas
    - Losas
    - Tabiques,
    - Pantallas
    - Etc
  - Placas gruesas
  - Láminas planas y curvas
- Elementos tridimensionales

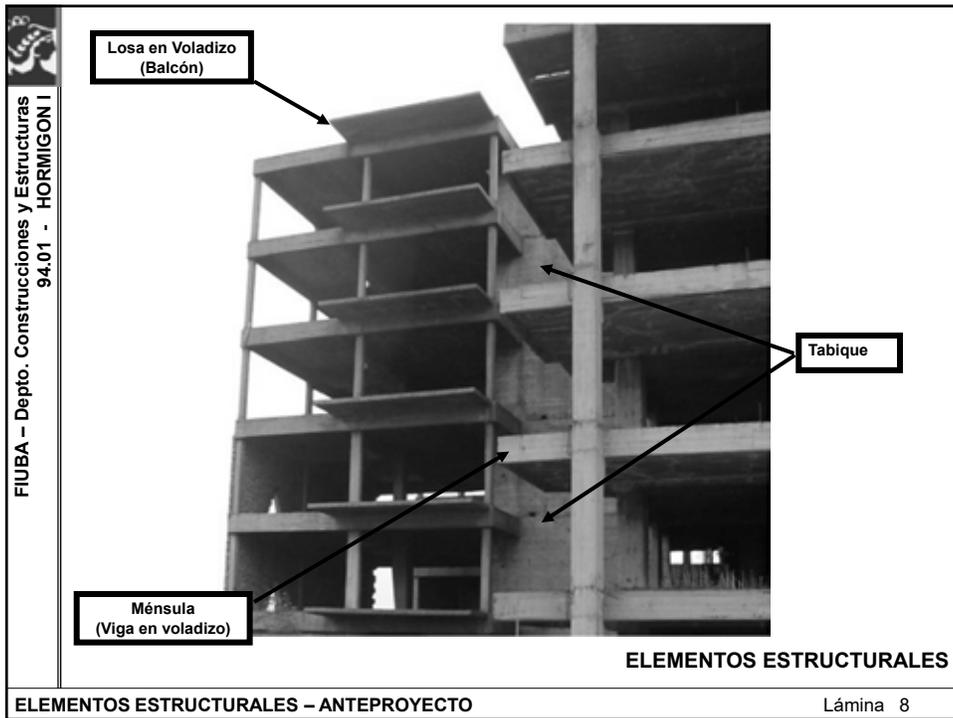
En este curso a modo de ejemplo, para desarrollar los **Criterios de dimensionamiento y verificación de secciones de hormigón armado** utilizaremos los elementos más comunes en edificios de viviendas en nuestro medio:

- **ENTREPISOS O FORJADOS**  
Formados por LOSAS macizas, rectangulares y planas, apoyados en VIGAS

- **COLUMNAS Y TENSORES** como elementos que conducen las reacciones de las vigas hasta las fundaciones.

**ACCIONES:** aplicaremos solamente cargas gravitatorias (permanentes y sobrecargas de uso)

*Eventualmente se hará referencia a otro tipo de construcciones, acciones o elementos estructurales. La enorme diversidad de elementos estructurales y acciones es abordado por otras materias de grado y posgrado.*



FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGON I

Tensor

Losa Unidireccional (Escalera)

ELEMENTOS ESTRUCTURALES

ELEMENTOS ESTRUCTURALES – ANTEPROYECTO Lámina 9

Detailed description: This photograph shows a concrete structure under construction. A horizontal beam is supported by a vertical column. A diagonal cable, labeled 'Tensor', is attached to the beam. A concrete slab, labeled 'Losa Unidireccional (Escalera)', is positioned below the beam. The text 'ELEMENTOS ESTRUCTURALES' is printed at the bottom right of the image area.

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGON I

Losa sobre vigas

Losa con desnivel ("Losa baja")

Viga

Ménsula (viga en voladizo)

ELEMENTOS ESTRUCTURALES

ELEMENTOS ESTRUCTURALES – ANTEPROYECTO Lámina 10

Detailed description: This photograph shows a concrete structure under construction with multiple levels. Labels point to various components: 'Losa sobre vigas' (slab on beams), 'Losa con desnivel ("Losa baja")' (slab with level change), 'Viga' (beam), and 'Ménsula (viga en voladizo)' (cantilevered beam). The text 'ELEMENTOS ESTRUCTURALES' is printed at the bottom right of the image area.

(fuera el alcance de la materia)

**FUNDACIONES**

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGON I

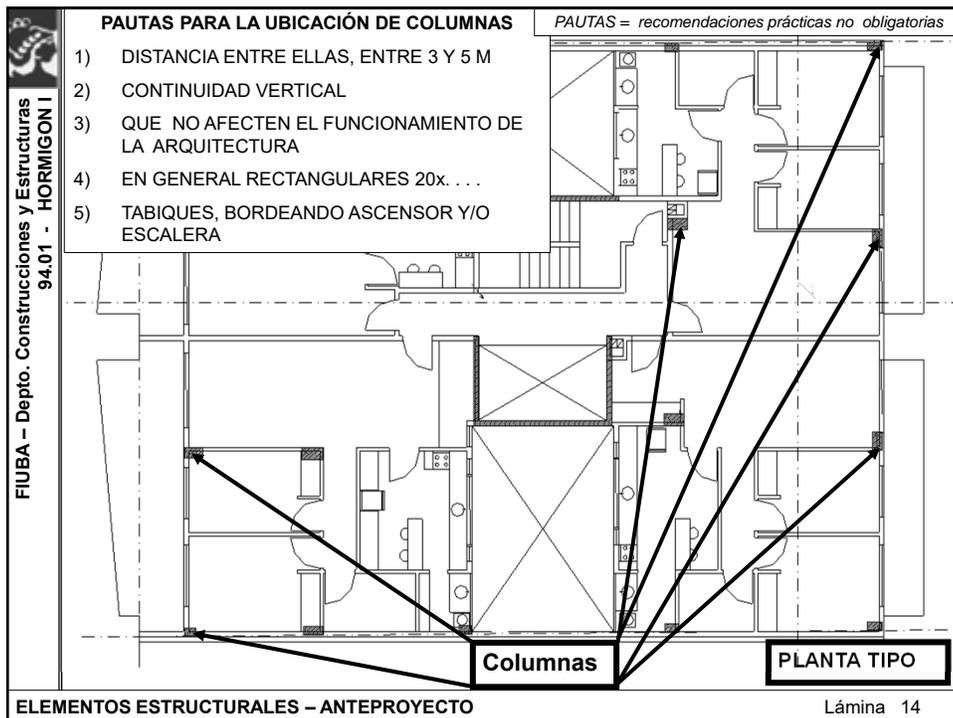
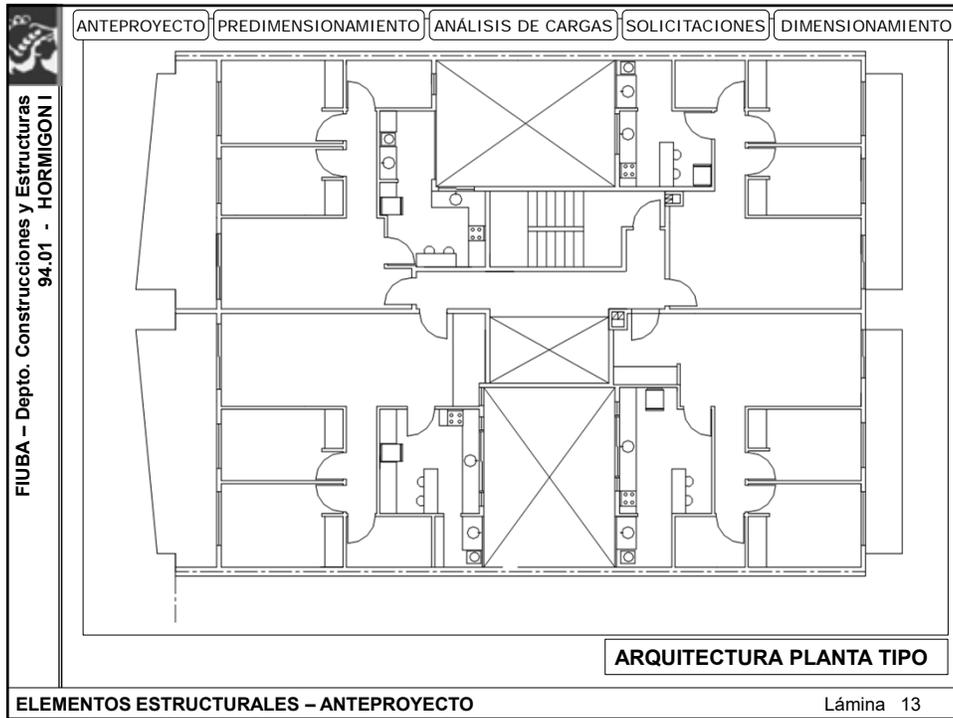
Base aislada excéntrica	Pilote de gran diámetro	Base premoldeada
Tabique de contencion y/o submuración	Platea de fundación	Base centrada

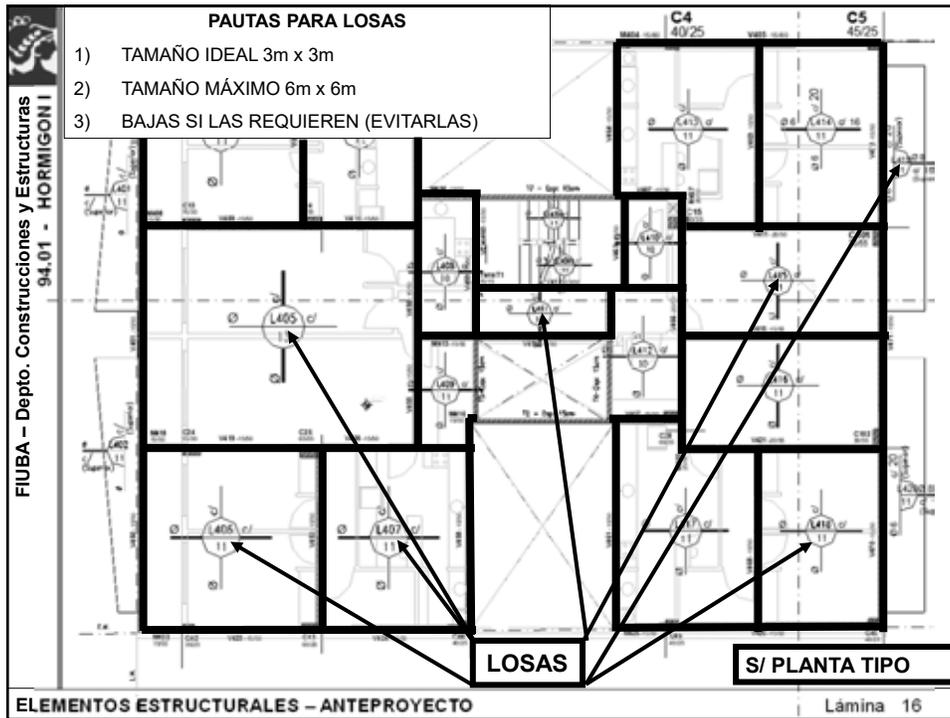
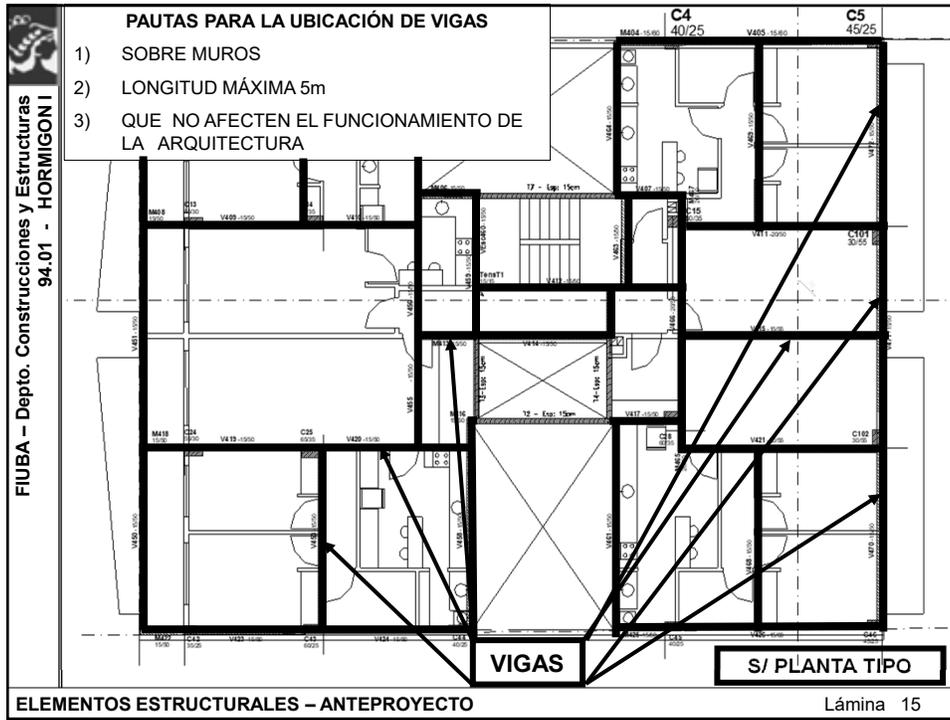
**ELEMENTOS ESTRUCTURALES – ANTEPROYECTO** Lámina 11

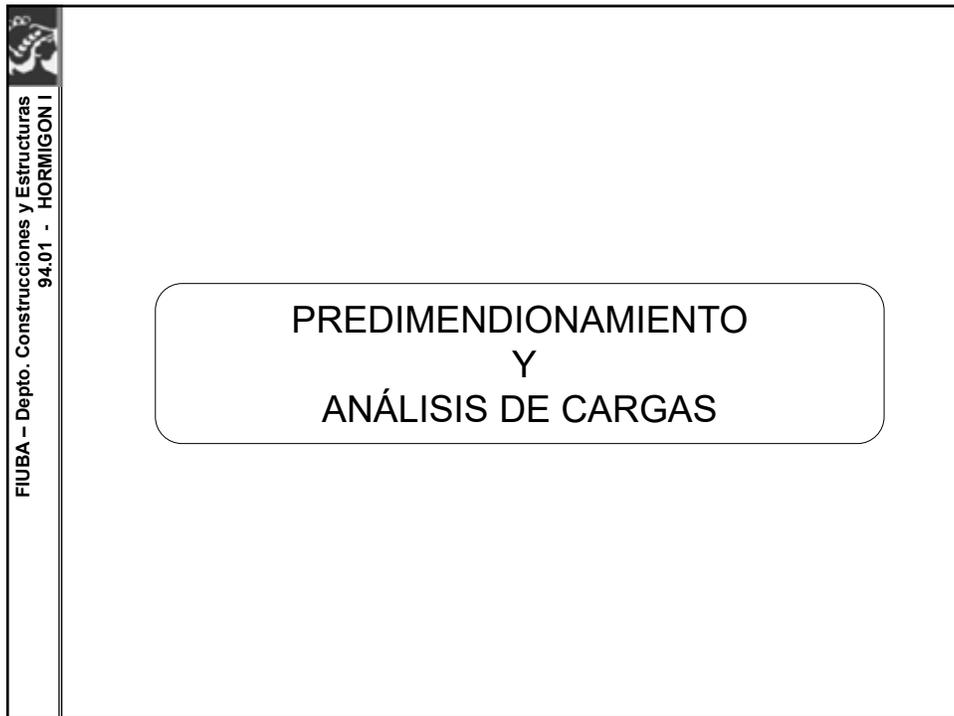
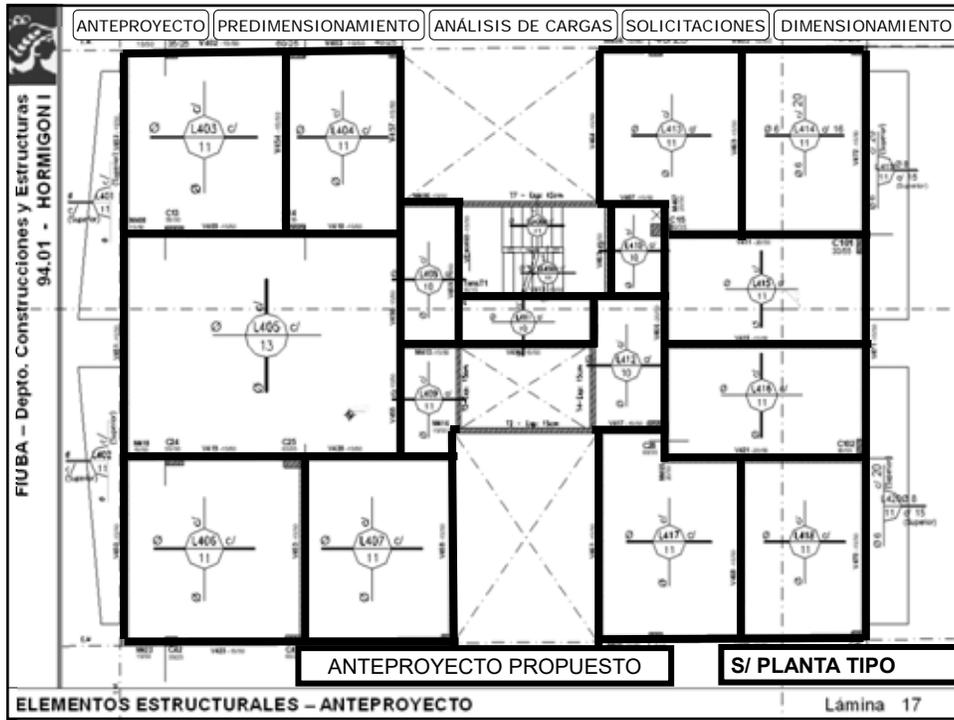
FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGON I

**PAUTAS PARA REALIZAR UN ANTEPROYECTO ESTRUCTURAL**

**ELEMENTOS ESTRUCTURALES – ANTEPROYECTO** Lámina 12







FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGON I

### TIPOLOGIA ARQUITECTONICA

En C.A.B.A son muy frecuentes los edificios de vivienda con estructura de hormigón armado, con entresijos formados por losas "delgadas" apoyadas en vigas de mayor rigidez relativa, en direcciones aproximadamente ortogonales , que apoyan en columnas.

Cargas gravitatorias actuantes:

- (1) peso propio de la estructura
- (2) cargas de uso según destino del local
- (3) cargas permanentes
  - \* Superficiales (p.ej. contrapisos y solados)
  - \* Lineales (p. ej. muros de mampostería).

Esta tipología ampliamente difundida y ya tradicional en CABA, se modifica en proyectos más modernos con nuevos criterios y/o cuando cambia los factores condicionantes:

- FUNCION Y SERVICIO
- IMPLANTACION
- RECURSOS MATERIALES Y HUMANOS
- TECNOLOGIA
- VIDA UTIL
- RESTRICCIONES

### TIPOLOGIA ESTRUCTURAL

... habíamos propuesto a modo de ejemplo, para desarrollar los **Criterios de dimensionamiento y verificación de secciones de hormigón armado** utilizar los elementos más comunes en edificios de viviendas en nuestro medio (Cdad. A. de Buenos Aires):

- **ENTREPISOS O FORJADOS**  
Formados por **LOSAS** macizas, rectangulares y planas (unidireccionales y bidireccionales), apoyados en **VIGAS**
- **COLUMNAS Y TENSORES** como elementos que conducen las reacciones de las vigas hasta las fundaciones.

**ACCIONES:** aplicaremos solamente cargas gravitatorias (peso propio, permanentes y sobrecargas de uso)

Las cargas horizontales suelen ser tomadas por tabiques y/o pórticos.

ELEMENTOS ESTRUCTURALES – ANTEPROYECTO
Lámina 19

### PREDIMENSIONAMIENTO

Ver altura mínima de locales s/código

Espesor de losa variable y en consecuencia de entrepiso también

Espesor de paquete sobre la losa 10cm aprox.

Losas a nivel

Losa baja (antigua) 20cm

**CODIGO DE LA EDIFICACION DE LA CIUDAD AUTÓNOMA DE BUENOS AIRES**

1.4.7.3. Altura mínima de locales y distancia mínima entre solados. La altura libre mínima de un local, es la distancia comprendida entre el solado y el cielorraso terminados. ....y las vigas deben dejar una altura libre no menor que 2,30 m (sobre locales, no sobre vanos o sobre muros).

**Tabla: Alturas mínimas de locales y distancias mínimas entre solados**

Clase del local	Altura mínima local: h	Altura mínima entre solados: d	Exigibles en locales
	2,60 m	2,60 m	Todos
Primera y segunda	2,40 m	2,60 m	Cocina, guardamopa o vestuario colectivo, cuarto de costura o de planchar, local de descanso para personas con discapacidad permanente o transitoria.
	2,10 m	2,30 m	Cuarto de baño, retrete, aseo, lavadero.

ELEMENTOS ESTRUCTURALES – ANTEPROYECTO
Lámina 20

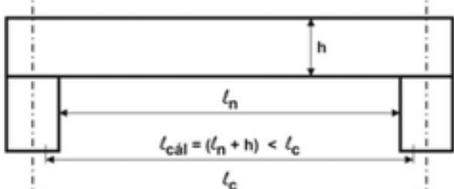
FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGON I

## PREDIMENSIONAMIENTO DE VIGAS

ELEMENTOS ESTRUCTURALES – ANTEPROYECTO Lámina 21

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGON I

### PREDIMENSIONAMIENTO DE VIGAS



**h** {

- **Criterio económico** → ¿Por qué? →  $h \geq l_c/10$  a  $l_c/12$
- Criterio por deformación {
  - “aproximado” →  $h \geq l_c/\text{coef}$   
coef: tabla 9.5.a CIRSOC 201
  - “exacto” → Cálculo de deformaciones y comparación con la deformación admisible especificada según uso en Reglamentos

Redondear “h” en 5 cm  
(ej.  $h \geq 43\text{cm}$  → se adopta  $h=45\text{cm}$ )

**bw** {  $bw \geq h/5$  a  $h/3$  (proporción frecuente) (habitual: 12, 15, 18, 20cm...)  
(Mínimo:  $bw \geq 12$  cm, dependerá del recubrimiento necesario)

h: altura

bn: ancho

ln: luz libre o largo nominal

lc: luz a ejes de apoyo

ELEMENTOS ESTRUCTURALES – ANTEPROYECTO Lámina 22

**PREDIMENSIONAMIENTO DE VIGAS**

- Criterio por deformación (método aproximado) (#) →  $h \geq lc/\text{coef}$   
coef: de tabla 9.5.a

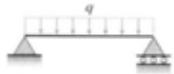
Tabla 9.5.a) Altura o espesor mínimo de vigas no pretensadas o losas armadas en una dirección, para el caso en que no se realice un cálculo de las flechas

ELEMENTOS	ALTURA O ESPESOR MÍNIMO, h			
	Simplemente apoyados	Con un extremo continuo	Ambos extremos continuos	En voladizo
Losas macizas armadas en una dirección	$l/20$	$l/24$	$l/28$	#10
Vigas o losas nervuradas en una dirección	$l/16$	$l/18,5$	$l/21$	$l/8$

Elementos que no soporten o estén vinculados a tabiques divisorios u otro tipo de elementos susceptibles de sufrir daños por grandes flechas

La luz  $l$  se expresa en mm.  
Los valores dados en esta tabla son para elementos de hormigón de peso normal ( $w_c = 2500 \text{ kg/m}^3$ ) y armada con  $f_y = 420 \text{ MPa}$ .  
Para otras condiciones, los valores se deben modificar como se indica a continuación:  
a) Para hormigón liviano estructural con  $w_c$  comprendido entre 1500 y 2000  $\text{kg/m}^3$ , los valores de la Tabla 9.5.a) se deben multiplicar por (1,65 - 0,0003  $w_c$ ), valor que debe ser igual o mayor que 1,09.  
b) Para  $f_y \neq 420 \text{ MPa}$ , los valores de esta Tabla se deben multiplicar por la expresión  $(0,4 + f_y/700)$ .

¿ luz de una viga o losa en una dirección; longitud libre de un voladizo, en mm. Ver el artículo 8.7.  
¿ longitud de la luz libre medida entre las caras de los apoyos, en mm.

(#) Deformaciones en flexión (Flecha)  
¿Cuáles son las Variables principales?  
Por ejemplo:  
  
$$\delta_c = \delta_{\text{máx}} = \frac{5qL^4}{384EI}$$
  
(#) ¿Qué variables no está teniendo en cuenta?  
¿Por qué?

**ELEMENTOS ESTRUCTURALES – ANTEPROYECTO** Lámina 23

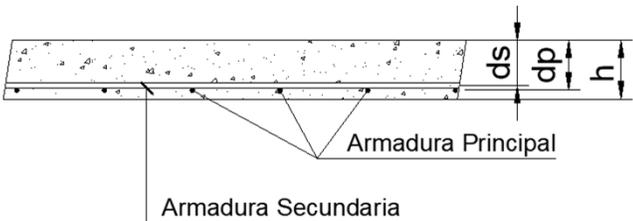
**PREDIMENSIONAMIENTO DE LOSAS**

**ELEMENTOS ESTRUCTURALES – ANTEPROYECTO** Lámina 24

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

## PREDIMENSIONAMIENTO DE LOSAS

### Nomenclatura



h: Espesor total

d: Altura Útil: distancia entre el baricentro de la armadura traccionada y la fibra de hormigón más comprimida.

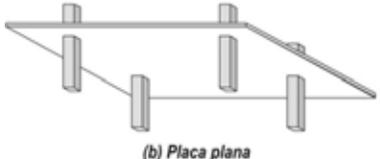
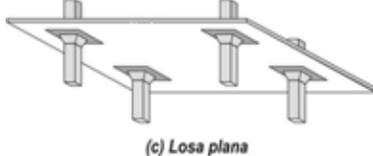
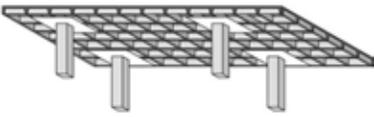
En losas, se dispone armadura en 2 direcciones, una principal y una secundaria. A cada una le corresponderá una altura útil, dp y ds, respectivamente.

ELEMENTOS ESTRUCTURALES – ANTEPROYECTO Lámina 25

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

## PREDIMENSIONAMIENTO DE LOSAS

### TIPOS de LOSAS – según la tipología estructural

LOSAS CON APOYOS LINEALES	LOSAS CON APOYOS PUNTALES
 <p>(a) Losa en dos direcciones apoyada en vigas</p>	 <p>(b) Placa plana</p>
<p>Requisito necesario RIGIDEZ VIGA &gt;&gt;&gt; RIGIDEZ LOSA "Vigas muy rígidas"</p> <p style="text-align: center;">⇓</p> <p>RIGIDEZ RELATIVA: VIGA / LOSA</p> $\alpha_f = \frac{I_b}{I_s}$	 <p>(c) Losa plana</p>
	 <p>(d) Losa nervurada en dos direcciones</p>

ELEMENTOS ESTRUCTURALES – ANTEPROYECTO Lámina 26

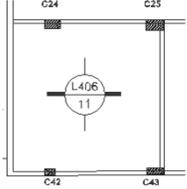
FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

### PREDIMENSIONAMIENTO DE LOSAS

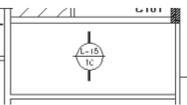
#### LOSAS RECTANGULARES APOYADAS EN VIGAS

- LOSAS BIDIRECCIONALES O CRUZADAS
 

Con Curvatura “esférica” => Flexión comparable en 2 direcc.  
En 4 bordes y con relación de lados < 2 (convencional).


- LOSAS UNIDIRECCIONALES
 

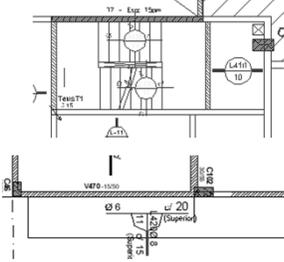
Con Curvatura “cilíndrica” => Flexión en 1 direcc. dominante  
En 4 bordes y con relación de lados > 2



o cuando apoya en 2 bordes enfrentados,  
que no siempre es la luz menor,  
(excluimos dos apoyos en 2 bordes contiguos)

- LOSAS EN VOLADIZO
 

Con apoyo en un único borde,  
necesariamente empotrado.



ELEMENTOS ESTRUCTURALES – ANTEPROYECTO Lámina 27

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

### PREDIMENSIONAMIENTO DE LOSAS

Criterio de predimensionamiento del espesor “h”:

Las losas se predimensionan de manera tal de  
limitar las deformaciones, minimizando “h”.

¿Por qué?

Dos métodos:

Criterios por deformación

{

- Criterio simplificado

→

Adoptar un espesor mínimo  $h_{min}$  (Tabla o Fórmula)

- Criterio “exacto”

→

Cálculo de deformaciones y comparación con la deformación admisible según uso especificada en Reglamentos o requerimientos propios.

ELEMENTOS ESTRUCTURALES – ANTEPROYECTO Lámina 28

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

### PREDIMENSIONAMIENTO DE LOSAS

- Criterio por deformación (método aproximado) (#) →  $h \geq l / \text{coef}$

Entrepisos sin vigas → Tabla 9.5.c

Entrepisos con vigas

- Losas Unidireccionales → Tabla 9.5.a
- Losas Cruzadas
  - Vigas muy flexibles → Tabla 9.5.c
  - Vigas con rigidez intermedia
  - Vigas muy rígidas

(#) ... para cargas habituales en edificios de vivienda

ELEMENTOS ESTRUCTURALES – ANTEPROYECTO

Lámina 29

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

### PREDIMENSIONAMIENTO DE LOSAS

**Entrepisos sin vigas**

- Criterio por deformación (método aproximado) →  $h \geq l_n / \text{coef}$   
coef: de tabla 9.5.c

$h \geq 12 \text{ cm}$

Tabla 9.5.c). Espesores mínimos de losas sin vigas interiores

Tensión de fluencia especificada del acero $f_y$ (MPa) (*)	Sin ábacos (**)			Con ábacos (**)		
	Losas exteriores		Losas interiores	Losas exteriores		Losas interiores
	Sin vigas de borde	Con vigas de borde (***)		Sin vigas de borde	Con vigas de borde (***)	
280	$\frac{l_n}{33}$	$\frac{l_n}{36}$	$\frac{l_n}{36}$	$\frac{l_n}{36}$	$\frac{l_n}{40}$	$\frac{l_n}{40}$
420	$\frac{l_n}{30}$	$\frac{l_n}{33}$	$\frac{l_n}{33}$	$\frac{l_n}{33}$	$\frac{l_n}{36}$	$\frac{l_n}{36}$
520	$\frac{l_n}{28}$	$\frac{l_n}{31}$	$\frac{l_n}{31}$	$\frac{l_n}{31}$	$\frac{l_n}{34}$	$\frac{l_n}{34}$

(\*) Para valores de la tensión de fluencia de la armadura, comprendidos entre los indicados en la 1ª columna, el espesor mínimo se obtendrá por interpolación lineal. A los fines de este Reglamento sólo se deberán utilizar valores de  $f_y$  iguales a 220 MPa, 420 MPa y 500 MPa respectivamente. El valor correspondiente a  $f_y = 500 \text{ MPa}$  se deberá obtener por interpolación lineal y el valor correspondiente a  $f_y = 220 \text{ MPa}$  por extrapolación.

(\*\*) El ábaco se define en el artículo 13.2.5, y en el Anexo al Capítulo 1.

(\*\*\*) Se refiere a losas con vigas entre las columnas a lo largo de los bordes exteriores. El valor de  $a$  para la viga de borde debe ser:  $a \geq 0,8$ .

Para losas armadas en dos direcciones,  $l_n$ , es la longitud de la luz libre en el sentido del lado mayor. Para losas sin vigas, es la longitud de la luz libre entre las caras internas de los apoyos. Para otros casos, es la distancia entre las caras internas de vigas u otro tipo de apoyos, en mm.

ELEMENTOS ESTRUCTURALES – ANTEPROYECTO

Lámina 30

15

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

### PREDIMENSIONAMIENTO DE LOSAS

#### Losas Unidireccionales

- Criterio por deformación (método aproximado) →

$$h \geq l_c / \text{coef}$$

coef: de tabla 9.5.a

Tabla 9.5.a) Altura o espesor mínimo de vigas no pretensadas o losas armadas en una dirección, para el caso en que no se realice un cálculo de las flechas

ELEMENTOS	ALTURA O ESPESOR MÍNIMO, h			
	Simplemente apoyados	Con un extremo continuo	Ambos extremos continuos	En voladizo
Losas macizas armadas en una dirección	$l/20$	$l/24$	$l/28$	$l/10$
Vigas o losas nervuradas en una dirección	$l/16$	$l/18,5$	$l/21$	$l/8$

Elementos que no soporten o estén vinculados a tabiques divisorios u otro tipo de elementos susceptibles de sufrir daños por grandes flechas

La luz  $l$  se expresa en mm.  
Los valores dados en esta tabla son para elementos de hormigón de peso normal ( $\rho_c = 2600 \text{ kg/m}^3$ ) y armadura con  $f_y = 420 \text{ MPa}$ .  
Para otras condiciones, los valores se deben modificar como se indica a continuación:  
a) Para hormigón liviano estructural con  $\rho_c$  comprendido entre 1500 y 2000  $\text{kg/m}^3$ , los valores de la Tabla 9.5.a) se deben multiplicar por  $(1,65 - 0,0003 \rho_c)$ , valor que debe ser igual o mayor que 1,09.  
b) Para  $f_y \neq 420 \text{ MPa}$ , los valores de esta Tabla se deben multiplicar por la expresión  $(0,4 + f_y / 700)$ .

$l$  luz de una viga o losa en una dirección; longitud libre de un voladizo, en mm. Ver el artículo 8.7.  
 $l_c$  longitud de la luz libre medida entre las caras de los apoyos, en mm.

$$h \geq 8 \text{ cm}$$

Criterio de la cátedra  
(CIRSOC no específica)

ELEMENTOS ESTRUCTURALES – ANTEPROYECTO

Lámina 31

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

### PREDIMENSIONAMIENTO DE LOSAS

#### Losas Cruzadas

Hipótesis A: suponemos "Vigas muy rígidas"

Criterio por deformación (método aproximado)

$$h \geq l_n / \text{coef}$$

Paso 1: estimar el espesor de la losa

$l_0$  = distancia entre puntos de momentos nulos  
 $l_n$  = distancia entre bordes internos de apoyos  
 $t$  = profundidad del apoyo

Por ejemplo según CIRSOC 201, 82

CONDICIONES DE VÍNCULO	LUZ DE CÁLCULO	d mín s/CIRSOC 201/82
VOLADIZO	$1,05 l_n$	$= l_c \cdot 2.40 / 35$
BIARTICULADA	$l_n + t_1/3 + t_2/3 \leq 1,05 l_l$	$= l_c \cdot 1.00 / 35$
EMPOTRADA	$l_n + t_1/2 + t_2/3 \leq 1,05 l_l$	$= l_c \cdot 0.80 / 35$
BIEMPOTRADA	$l_n + t_1/2 + t_2/2 \leq 1,05 l_l$	$= l_c \cdot 0.60 / 35$

CIRSOC 201, 1982      ¿Qué justifica el numerador en cada caso en el cálculo de d mín?

ELEMENTOS ESTRUCTURALES – ANTEPROYECTO

Lámina 32

PREDIMENSIONAMIENTO DE LOSAS					
Paso 1: estimar el espesor de la losa					
Alternativamente podría utilizarse:					
Bordes - Relación de lados	Sobrecarga	300 Kg/m <sup>2</sup>	500 Kg/m <sup>2</sup>	300 Kg/m <sup>2</sup>	500 Kg/m <sup>2</sup>
		SIN MAMPOSTERÍA		CON MAMPOSTERÍA	
	$\beta = 2$	40	35	25	23
	$\beta = 1$	45	40	35	33
	$\beta = 2$	45	38	30	28
	$\beta = 1$	50	45	38	36
	$\beta = 2$	48	42	35	33
	$\beta = 1$	55	50	42	40

Husni, Manzelli & Vázquez Palligas, "Análisis de los espesores mínimos de las losas según el proyecto de reglamento argentino de estructuras de hormigón CIRSOC 201-02", Revista Ingeniería Estructural AIE, 2005.

ELEMENTOS ESTRUCTURALES – ANTEPROYECTO

Lámina 33

PREDIMENSIONAMIENTO DE LOSAS	
<b>Losas Cruzadas</b>	Criterio por deformación (método aproximado)
Paso 2: evaluación de la rigidez relativa viga-losa ¿Hipótesis A?	
<b>Relación de rigidez Viga-Losa <math>\alpha</math></b>	$\alpha_f = \frac{4.E_{cb} \cdot I_b / l_b}{4.E_{cs} \cdot I_s / l_s}$
Es la relación entre la rigidez a flexión de la viga dividida por la rigidez a flexión de la losa limitada por los ejes centrales de los paños adyacentes a la viga.	
Si ambas tienen la misma longitud e igual calidad de hormigón, es la relación entre los momentos de inercia de las secciones sin fisurar. $\alpha_f = \frac{I_b}{I_s}$	
Si no hay viga, $\alpha_f = 0$	
$l_b$ :	Momento de Inercia de la viga.
$l_s$ :	Momento de Inercia de la losa.
Valor promedio de los $\alpha$ de todas las vigas de la losa	
Losas Cruzadas	- Vigas muy flexibles $\alpha_{fm} \leq 0.2$
	- Vigas con rigidez intermedia $0.2 < \alpha_{fm} \leq 2.0$
	- Vigas muy rígidas $\alpha_{fm} > 2.0$

ELEMENTOS ESTRUCTURALES – ANTEPROYECTO

Lámina 34

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

### PREDIMENSIONAMIENTO DE LOSAS

#### Losas Cruzadas

$$\alpha_f = \frac{4.E_{cb} \cdot I_b / l_b}{4.E_{cs} \cdot I_s / l_s}$$

Las secciones a considerar son las que se muestran en el siguiente esquema:

- Viga de borde:

- Viga interior:

ELEMENTOS ESTRUCTURALES – ANTEPROYECTO Lámina 35

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

### PREDIMENSIONAMIENTO DE LOSAS

#### Paso 3: verificación o corrección de h

Criterio por deformación (método aproximado)

Losas Cruzadas

- a - Vigas muy flexibles  $\alpha_{fm} \leq 0.2$  → Se dimensionan como ENTREP. SIN VIGAS
- b - Vigas con rigidez intermedia  $0.2 < \alpha_{fm} \leq 2.0$ 

$$h \geq \frac{I_n \left( 0.8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0.2)} \quad h \geq 12 \text{ cm}$$
- c - Vigas muy rígidas  $\alpha_{fm} > 2.0$ 

$$h \geq \frac{I_n \left( 0.8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta} \quad h \geq 9 \text{ cm}$$

d - En los bordes discontinuos se debe disponer una viga de borde que tenga una relación de rigidez  $\alpha_r \geq 0,80$ , o aumentar un 10 % el espesor mínimo exigido anteriores.

$l_n$  se debe adoptar como la longitud de la luz libre en el sentido del lado mayor, medida entre las caras de las vigas.

$\beta$  es la relación entre las luces libres mayor y menor de una losa armada en dos direcciones.

$$\beta = \frac{l_n \text{ mayor}}{l_n \text{ menor}}$$

**PREDIMENSIONAMIENTO DE LOSAS**

Predimensionamiento losas cruzadas

Resumen de pasos a seguir :

- 1- Estimo un espesor (s/láminas 16 y 17)
- 2- Calculo los  $\alpha_f$  en cada borde
- 3- Calculo el  $\alpha_{fm}$  (valor medio)
- 4- Calculo  $\beta$  (relación entre luces libres mayor y menor)
- 5- Determino el espesor mínimo (s/lámina 20)

**ELEMENTOS ESTRUCTURALES – ANTEPROYECTO** Lámina 37

ANTEPROYECTO    PREDIMENSIONAMIENTO    ANALISIS DE CARGAS    SOLICITACIONES    DIMENSIONAMIENTO

**ANTEPROYECTO PROPUESTO PEDIMENSIONADO**    **S/ PLANTA TIPO**

**ELEMENTOS ESTRUCTURALES – ANTEPROYECTO** Lámina 38

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGON I

## ANÁLISIS DE CARGAS EN LOSAS

Lámina 39

ELEMENTOS ESTRUCTURALES – ANTEPROYECTO

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGON I

### ANÁLISIS DE CARGAS EN LOSAS

**Cargas en losas:**

En este curso consideraremos sólo:

**D: CARGA PERMANENTE (Dead Load)**

**L: SOBRECARGA o CARGA ÚTIL (Live Load)**

**D:** permanente (dead load)  
**L:** sobrecarga (live load)  
**Lr:** sobrecarga azotea (roof live load)  
**W:** cargas de viento (wind loads)  
**E:** efectos de sismo (earthquake effects)  
**T:** temperatura, contracción, creep (cumulative effect of temperature, creep, shrinkage, differential settlement, and shrinkage-compensating concrete)  
**S:** cargas de nieve (snow)  
**F:** cargas de líquidos (fluids)  
**H:** cargas del suelo (loads due to lateral pressure of soil, water in soil)

**Combinaciones de Cargas a considerar (Cargas mayoradas):**

$$U = 1,4 D$$

$$U = 1,2 D + 1,6 L$$

D: CARGA PERMANENTE = PP + CM  
PP: PESO PROPIO DE LA ESTRUCTURA  
CM: (CARGA MUERTA) PESO DEL RESTO DE LA CONSTRUCCION

Lámina 40

ELEMENTOS ESTRUCTURALES – ANTEPROYECTO



**ANÁLISIS DE CARGAS EN LOSAS**

¿Por qué se distingue L de Lr, si ambas son sobrecargas? Porque la lista de combinaciones que da el reglamento no es sólo para losas.

Entonces, cuando en la estructura intervienen cargas debidas a nieve, viento, etc., esta nomenclatura permite distinguir las sobrecargas a combinar.

- Reglamento CIRSOC 201-2005 Art. 9.2.1**
- \*  $U = 1,4 (D+F)$  (9-1)
  - \*  $U = 1,2 (D +F+T) + 1,6 (L+ H) + 0,5 (L, \text{ ó } S \text{ ó } R)$  (9-2)
  - \*  $U = 1,2 D + 1,6 (L, \text{ ó } S \text{ ó } R) + (f_1 L \text{ ó } 0,8 W)$  (9-3)
  - \*  $U = 1,2 D + 1,6 W + f_1 L + 0,5 (L, \text{ ó } S \text{ ó } R)$  (9-4)
  - \*  $U = 1,2 D + 1,0 E + f_1 (L + L_c) + f_2 S$  (9-5)
  - \*  $U = 0,9 D + 1,6 W + 1,6 H$  (9-6)
  - \*  $U = 0,9 D + 1,0 E + 1,6 H$  (9-7)
- $f_1 = 1,0$  para lugares de concentración de público donde la sobrecarga sea mayor a  $5,00 \text{ kN/m}^2$  y para playas de estacionamiento y garages.
- $f_1 = 0,5$  para otras sobrecargas.
- $f_2 = 0,7$  para configuraciones particulares de cubiertas (tales como las de dientes de sierra), que no permiten evacuar la nieve acumulada.
- $f_2 = 0,2$  para otras configuraciones de cubierta.



**TABLA 4.1. Sobrecargas mínimas uniformemente distribuidas y sobrecargas mínimas concentradas**

Destino	Uniforme (kN/m <sup>2</sup> )	Concentrada (kN)
Archivos	7 (i)	
Archivos y terrazas donde pueden congregarse personas	5	
aristales accesibles privadamente	3	
aristales inaccesibles	1	
Balcones	5	
viviendas en general	3	
casos de 1 y 2 familias, no excediendo 10 m <sup>2</sup> otros casos	artículo 4.12	
Baños	2	
viviendas	3	
otros edificios		
Bibliotecas	3	4,5
salón de lectura	7 (i)	4,5
salas de almacenamiento de libros	4	4,5
comedores en planta superior e planta baja	4	4,5
comedores en planta baja	5	4,5
Bivling, billar y áreas recreacionales similares	4	
Colmatorios con posibilidad de almacenamiento	(i)	
áreas de almacenamiento liviano	1	
áreas de almacenamiento ocasional	0,5	1
Comedores	(i)	
viviendas	2	
otros edificios	4	
Comedores, restaurantes y cafeterías	5	
Comedores (Comedorías)		
planta baja	5	
otros pisos, lo mismo que el destino al que sirve, excepto otra indicación en esta Tabla		
Cuartos de máquinas y salidas	7,5 (i)	

**Reglamento**

**CIRSOC 101-2005**

**SOBRECARGA L**

Destino	Uniforme (kN/m <sup>2</sup> )	Concentrada (kN)
Cubiertas inaccesibles	artículo 4.8	
Comercio (Negocios)		
venta al menudeo		
planta baja	5	4,5
planta superiores	4	4,5
comercio al por mayor, todos los pisos	6	4,5
Defensas para vehículos	art. 4.3.2.C	
Depósitos (suelo diseñado para cargas más pesadas si el almacenamiento previsto lo requiere)	6	
liviano	12 (ver 4.13)	
pesado		
Entregas liviano, sobre un área de 600 mm <sup>2</sup>		1
Escaleras		
aulas	3	4,5
comedores en planta superior e planta baja	4	4,5
comedores en planta baja	5	4,5
Estudios y tribunas	5 (ver 4.8.2)	
Estudios	5	
sin asientos fijos	5	
con asientos fijos (ajustados al piso)	3	
Escaleras y caminos de salida	2	(i)
viviendas y hoteles en áreas privadas	5	
todos los demás edificios		

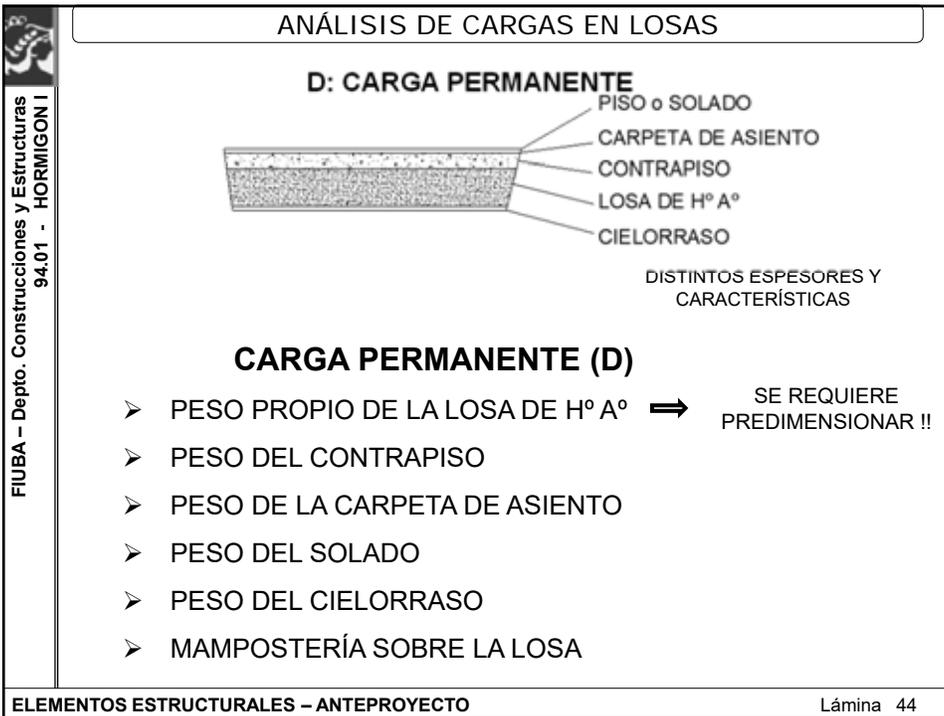
FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGON I

**Reglamento  
CIRSOC 101-2005  
SOBRECARGA L**

**Tabla 4.1. Sobrecargas mínimas uniformemente distribuidas y sobrecargas mínimas concentradas**

Destino	Uniforme (kN/m²)	Concentrada (kN)	Destino	Uniforme (kN/m²)	Concentrada (kN)
Escuelas y clubes		1	Oficinas, (Edificios para Oficinas) salas de computación y archivo se diseñarán para cargas mayores basadas en el destino previsto	5	9
Fábricas manufactura ligera manufactura pesada	artículo 4.13. 6 12	9 14	salones de entrada y comedores de planta baja oficinas comedores en pisos superiores a planta baja	2,5 4	9 9
Garajes (para automóviles solamente) camiones y trailers	2,5 artículo 4.10.3.	artículo 4.10.	Pasarelos y plataformas elevadas (que no corresponden a vías de storage)	3	
Gimnasios, áreas principales y ballones	5 (i)		Pisos y lugares de paso	5	
Hospitales salas de operaciones, laboratorios habitaciones privadas salas comedores en pisos superiores a planta baja	3 3 4 4	4,5 4,5 4,5 4,5	Piso enrejado en sala de máquinas de ascensores (sobre un área de 2500 m²)		1,5
Hoteles (en zonas residenciales)			Salones de reunión, teatro y otros salones tipo, registros al piso salones salones recibidos plataformas (reunión) pisos de tratamiento salas de proyección	3 5 5 5 7 5	
Instituciones carcelarias celdas comedores	3 3		Salones de baño y fiesta	5	
Lavanderías viviendas otros destinos	(i) 3 3		Salidas de incendio en viviendas unifamiliares únicamente	5 2	
Marquesinas y estructuras de entrada a edificios	3,5		Sistemas de piso flotante uso para oficina uso para computación	2,5 5	9 9
			Tanques	5	
			Uso Residencial (casa habitación, departamentos) viviendas para 1 y 2 familias todas las áreas excepto ballones escuelas	2 (ii) 2 2	(i)
			hoteles, casas multifamiliares y departamentos habitaciones privadas y comedores que los sirven habitaciones de reunión y comedores que los sirven	2 5	
			Viveros, entradas vehiculares y patios sujetos a entradas de camiones	12	36
			Vestuarios	2,5	

ELEMENTOS ESTRUCTURALES – ANTEPROYECTO Lámina 43



**Reglamento  
CIRSOC 101-2005**

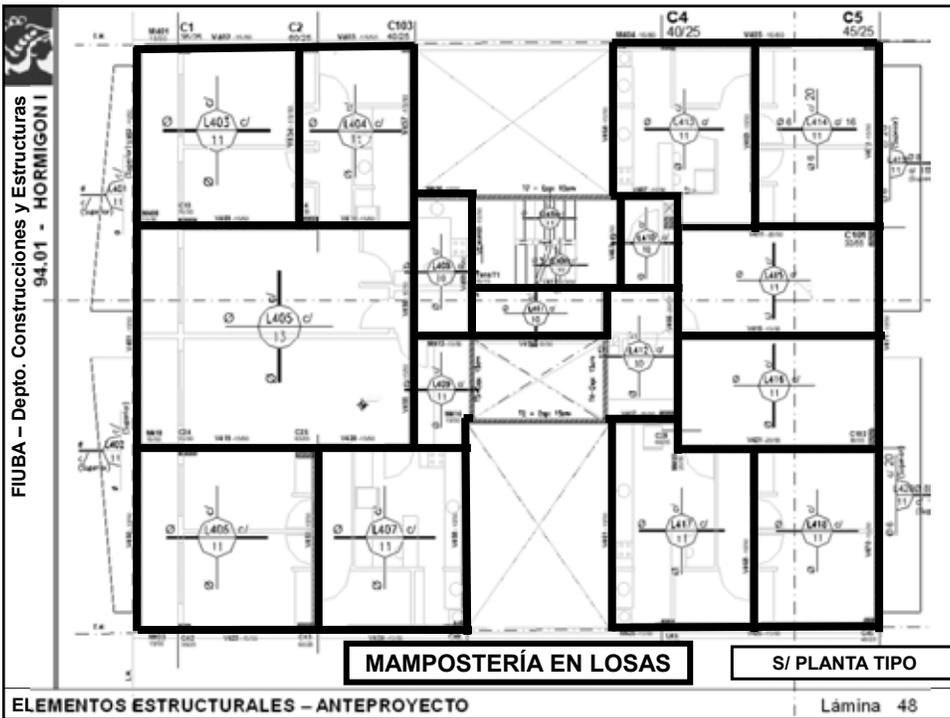
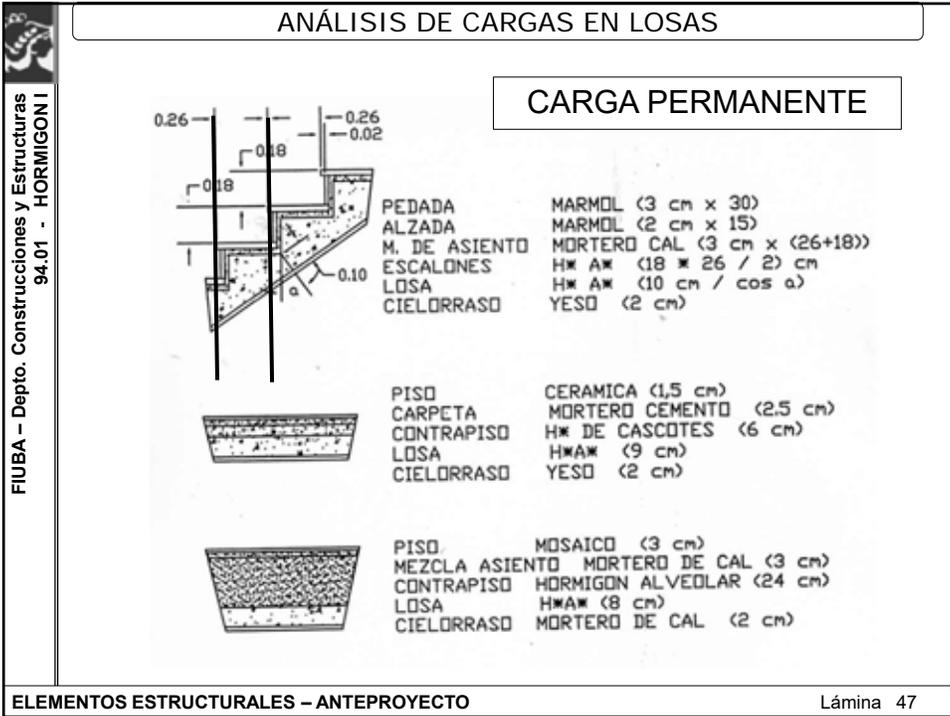
Elemento	Peso unitario kN/m <sup>2</sup> <sup>(1)</sup>	Peso unitario kN/m <sup>2</sup> <sup>(1)</sup>
Teja de pizarra artificial, sobre entablado, incluido éste	0,45 <sup>(7)</sup>	
Teja de vidrio, sin estructura sostén	0,45	
• <b>Hormigones</b>		
Hormigón de cemento pórtland, arena y canto rodado o piedra partida sin armar		23,5
armado		25
Hormigón de cemento pórtland, arena y agregado basáltico		25
Hormigón de cemento pórtland, arena y cascote		18
Hormigón de cemento pórtland, arena y mineral de hierro		36
Hormigón de cemento pórtland, arena y arcilla expandida		8 a 20
Hormigón de cal, arena y cascote		16
Hormigón con agregado de poliestireno de alta densidad		5 a 12
• <b>Ladrillos y Bloques <sup>(1)</sup></b>		
Bloque de mortero de cemento celular		6,5
Bloque hueco de hormigón		14
Bloque hueco de hormigón liviano		11

**ELEMENTOS ESTRUCTURALES – ANTEPROYECTO** Lámina 45

**Reglamento  
CIRSOC 101-2005**

Elemento	Peso unitario kN/m <sup>2</sup> <sup>(1)</sup>	Peso unitario kN/m <sup>3</sup> <sup>(1)</sup>
Semidura (dureza Janka entre 30 y 45 Mpa) (petribi, pinotea, etc)		9
Dura (dureza Janka entre 45 y 60 MPa) (lapacho, viraró, incienso, etc.)		11
Muy dura (dureza Janka mayor que 60 MPa) (quebracho colorado, cutupay, etc.)		13
• <b>Mampostería</b>		
Con revoque o completa, mortero a la cal o cemento		
Bloque hueco de hormigón		17
Bloque hueco de hormigón liviano		15
Ladrillo cerámico macizo común		17
Ladrillo hueco cerámico portante, % huecos menor que 60		12
Ladrillo hueco cerámico no portante, % huecos mayor que 60		10,5
Ladrillo refractario		26
Ladrillo de yeso		12
Piedra arenisca		26
Piedra granítica		26
Sin revoque, mortero a la cal o cemento		
Bloque hueco de hormigón		15
Bloque hueco de hormigón liviano		12,5

**ELEMENTOS ESTRUCTURALES – ANTEPROYECTO** Lámina 46



**ANÁLISIS DE CARGAS EN LOSAS**

**EN LOSAS UNIDIRECCIONALES Y VOLADIZOS**  
Según la dirección de la mampostería

Caso 1: Carga en la direcc. de cálculo

$b = m + 2d$

Caso 2: Carga perpendicular a la direcc. de cálculo

**ELEMENTOS ESTRUCTURALES – ANTEPROYECTO** Lámina 49

**ANÁLISIS DE CARGAS EN LOSAS**

**EN LOSAS BIDIRECCIONALES**

Tenemos el problema de resolver el conjunto de placas planas.

A los fines didácticos utilizaremos el método aproximado de resolución de placas planas rectangulares de Marcus-Löser. Entonces debemos aceptar las hipótesis de ese método y una de ellas es: carga uniformemente distribuida; por lo tanto

**SUMAR EL PESO DE TODA LA MAMPOSTERÍA UBICADA SOBRE UNA LOSA Y DIVIDIRLO POR EL AREA DE LA MISMA**

(Carga prorrateada)

**ELEMENTOS ESTRUCTURALES – ANTEPROYECTO** Lámina 50

ANÁLISIS DE CARGAS EN LOSAS														
EJEMPLO DE PLANILLA DE RESUMEN DE CARGAS Y COMBINACIONES														
ANÁLISIS DE CARGAS EN LOSAS														
S /CIRSOC 2005														
Comb. 1 1.4 0.0														
Comb. 2 1.2 1.6														
POS	P. PROPIO		CONTRAPISO		PISOS (cm)		CIELOR.		MAPOSTERÍA		D	L	U1	U2
	esp.	P. P.	esp.	PESO	esp.	PESO	esp.	PESO	Esp	PESO				
1	9	225	8	128	2	40	2	32		0	425	200	0.60	0.83
2	12	300	8	128	2	40	2	32		0	500	200	0.70	0.92
3	9	225	8	128	2	40	2	32		0	425	200	0.60	0.83
4	10	250	8	128	2	40	2	32		0	450	200	0.63	0.86

ELEMENTOS ESTRUCTURALES – ANTEPROYECTO

Lámina 51

ANÁLISIS DE CARGAS EN VIGAS													
-----------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

ELEMENTOS ESTRUCTURALES – ANTEPROYECTO

Lámina 52

ANÁLISIS DE CARGAS EN VIGAS

Cargas que actúan sobre las vigas:

- PESO PROPIO DE LA VIGA de  $H^{\circ} A^{\circ}$
- REACCIONES DE LAS LOSAS
- PESO DE LA MAMPOSTERÍA (que está sobre la viga)
- CARGAS CONCENTRADAS (de vigas o columnas "apeadas" sobre la viga)

ELEMENTOS ESTRUCTURALES – ANTEPROYECTO Lámina 53

ANÁLISIS DE CARGAS EN VIGAS

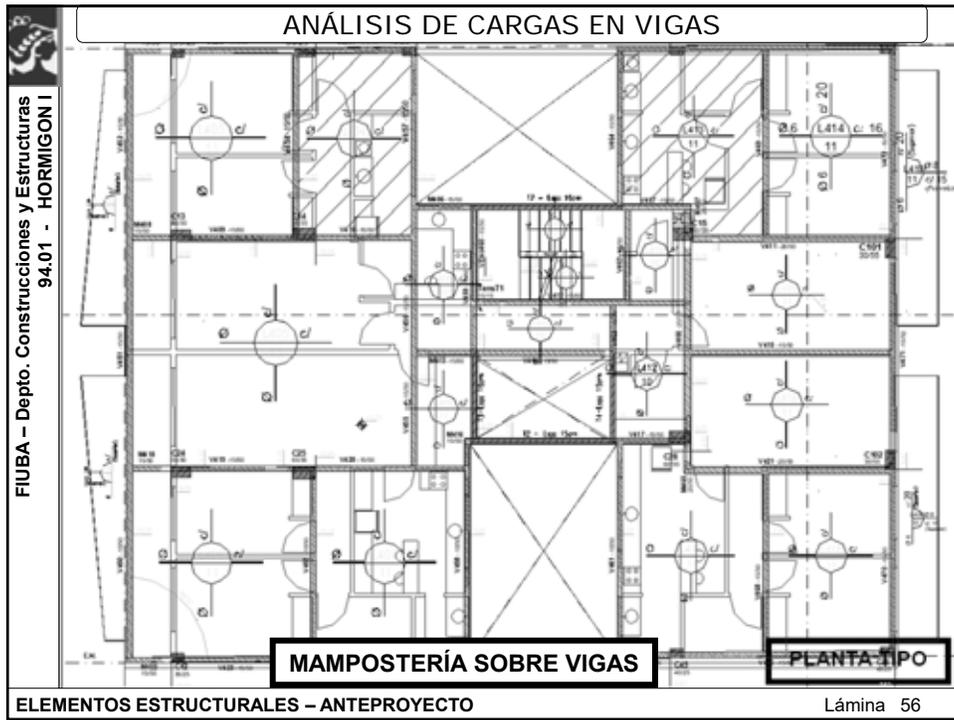
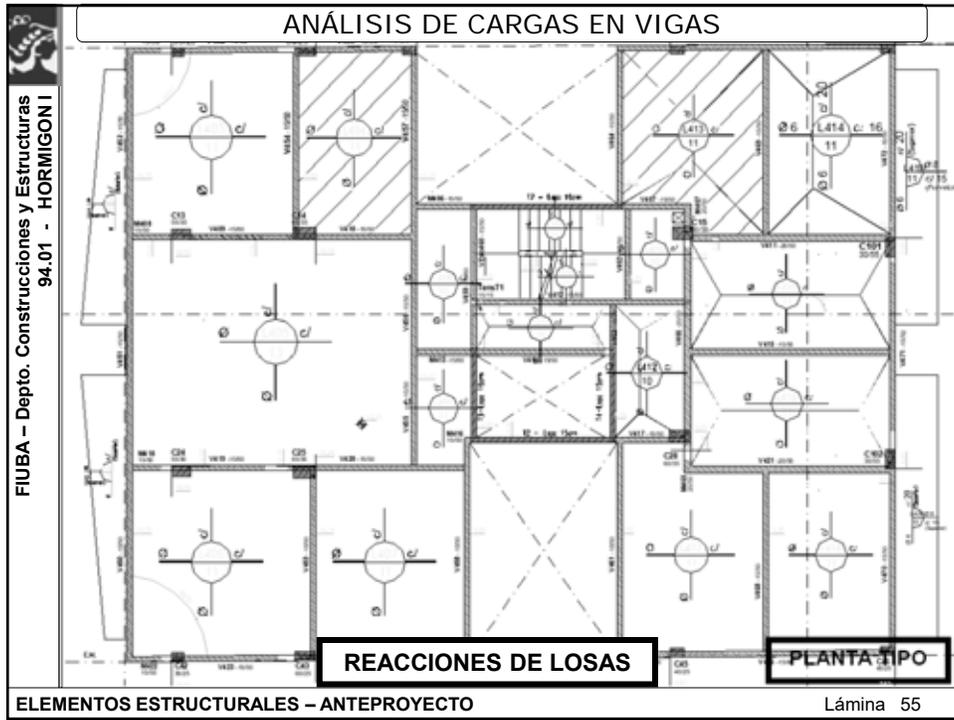
REACCIONES DE LOSAS

METODO DE LOS TRAPECIOS Y TRIÁNGULOS

$R1 = S1 * q / Lx$   
 $R2 = S2 * q / Lx$   
 $R3 = S3 * q / Ly$   
 $R4 = S4 * q / Ly$

VALE PARA LOSAS CRUZADAS Y UNIDIRECCIONALES

ELEMENTOS ESTRUCTURALES – ANTEPROYECTO Lámina 54





**PREDIMENSIONAMIENTO DE COLUMNAS**

Método válido sólo para predimensionar porque no incluye ningún tipo de solicitaciones de flexión, ni de primero, ni de segundo orden:

**Método por áreas de influencia**

- 1- Se define para cada columna un “área de influencia”, gráficamente.
- 2- Se adopta una carga total promedio:  
Para viviendas: 800 kg/m<sup>2</sup>  
Para Oficinas: 1000 kg/m<sup>2</sup>  
(incluyen cargas muertas y cargas útiles)
- 3- Se obtiene para cada columna su carga total estimativa, multiplicando su área de influencia por la carga media adoptada.
- 4- Se aplica la “fórmula de adición” de la que se obtiene el área de hormigón necesaria.

**ELEMENTOS ESTRUCTURALES – ANTEPROYECTO** Lámina 59

**PREDIMENSIONAMIENTO DE COLUMNAS**

**AREAS DE INFLUENCIA** **PLANTA TIPO**

**ELEMENTOS ESTRUCTURALES – ANTEPROYECTO** Lámina 60

**PREDIMENSIONAMIENTO DE COLUMNAS**

$$N_u = D_s + D_c \quad \text{Ley de Adición - ULS}$$

$$v_{global} \cdot N = A_{stot} \cdot f_y + A_c \cdot f_c'' \quad f_c'' = 0.85 f_c'$$

$$\frac{v_{global} \cdot N}{A_c} = \frac{A_{stot}}{A_c} \cdot f_y + f_c''$$

$$A_c > \frac{v_{global} \cdot N}{0.01 f_y + f_c''}$$

Área de columna estimada

$N_u$	Esfuerzo normal último	$f_c'$	Resistencia especificada del hormigón
$D_s$	Esfuerzo último en la armadura	$f_y$	Resistencia especificada del acero
$D_c$	Esfuerzo último en el hormigón	$A_{stot}$	Sección de armadura total
$v_{global}$	Coefficiente de seguridad global (Adopto en esta etapa: 2.10)	$\frac{A_{stot}}{A_c}$	Relación entre el área de acero y el área de hormigón. Adopto en esta etapa: 1%

**ELEMENTOS ESTRUCTURALES – ANTEPROYECTO** Lámina 61

**CONCEPTOS BÁSICOS PARA ELABORAR LOS PLANOS DE ENCOFRADO**

**ELEMENTOS ESTRUCTURALES – ANTEPROYECTO** Lámina 62

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
 94.01 - HORMIGON I

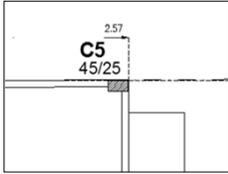
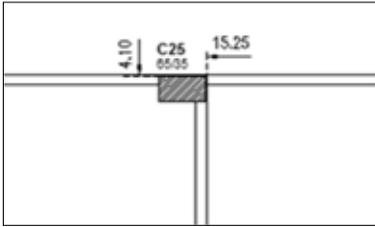
### PLANOS DE ENCOFRADO

Nro. de las Columnas, dimensiones, punto fijo.

Se numeran como se escribe, o sea de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo.

En los pisos sucesivos, la misma columna tiene el mismo número.

Acotar los filos fijos. En las dimensiones se menciona primero la horizontal y luego la vertical.

ELEMENTOS ESTRUCTURALES – ANTEPROYECTO
Lámina 63

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
 94.01 - HORMIGON I

### DATOS A INCLUIR EN LOS PLANOS DE ESTRUCTURAS

Nro. de las vigas, dimensiones, aclarar cuales son ménsulas.

Se numeran similar a las columnas, primero la vigas que están en la dirección horizontal y luego la dirección vertical, esta última vista desde la derecha, a cada nivel le corresponde una centena, el primer nivel es desde el 1 al 99.

Las dimensiones, se menciona primero la que se ve o dibuja o sea el “bw” (ancho) y luego la dimensión que no se ve, o sea el “h” (altura total).



ELEMENTOS ESTRUCTURALES – ANTEPROYECTO
Lámina 64

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

**DATOS A INCLUIR EN LOS PLANOS DE ESTRUCTURAS**

Nro. de las losas, espesor, dirección de la armadura principal.

Se numeran ídem columnas, por centenas en cada nivel.

Se indica el número y el espesor total en el globo identificador.

Algunas veces se indica además la armadura a colocar, y la dirección de la armadura principal

ELEMENTOS ESTRUCTURALES – ANTEPROYECTO Lámina 65

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

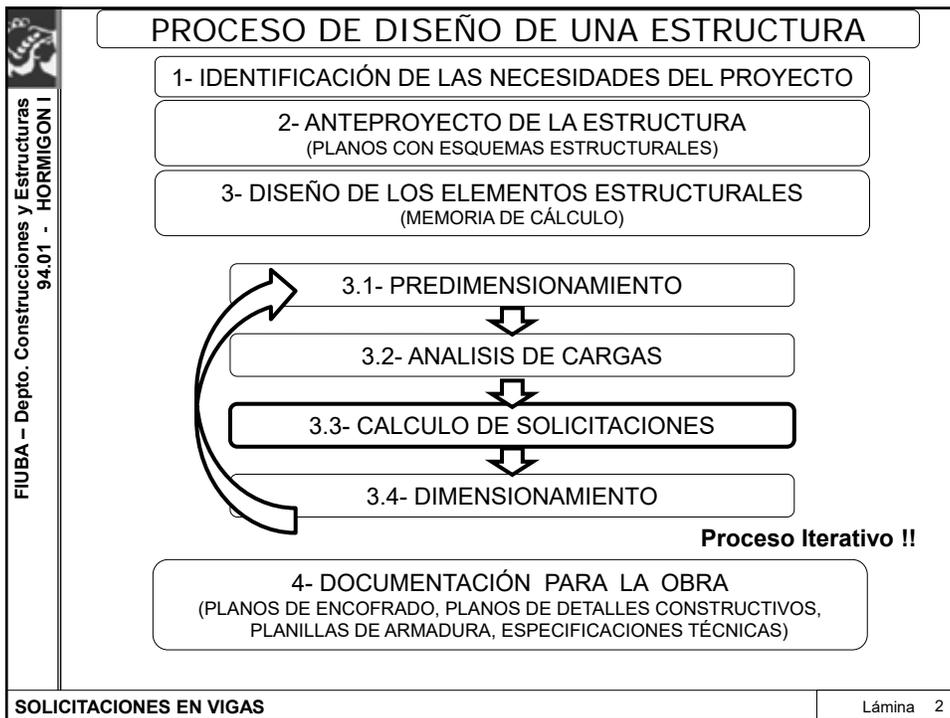
## FIN – PREDIMENSIONAMIENTO y ANÁLISIS DE CARGAS

GRACIAS POR SU ATENCION !!!

ELEMENTOS ESTRUCTURALES – ANTEPROYECTO Lámina 66

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

HORMIGÓN I (74.01 y 94.01)  
**SOLICITACIONES EN VIGAS**



FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGON I

$$R_d = \phi R_n \geq Q_u$$

Resistencia de Diseño

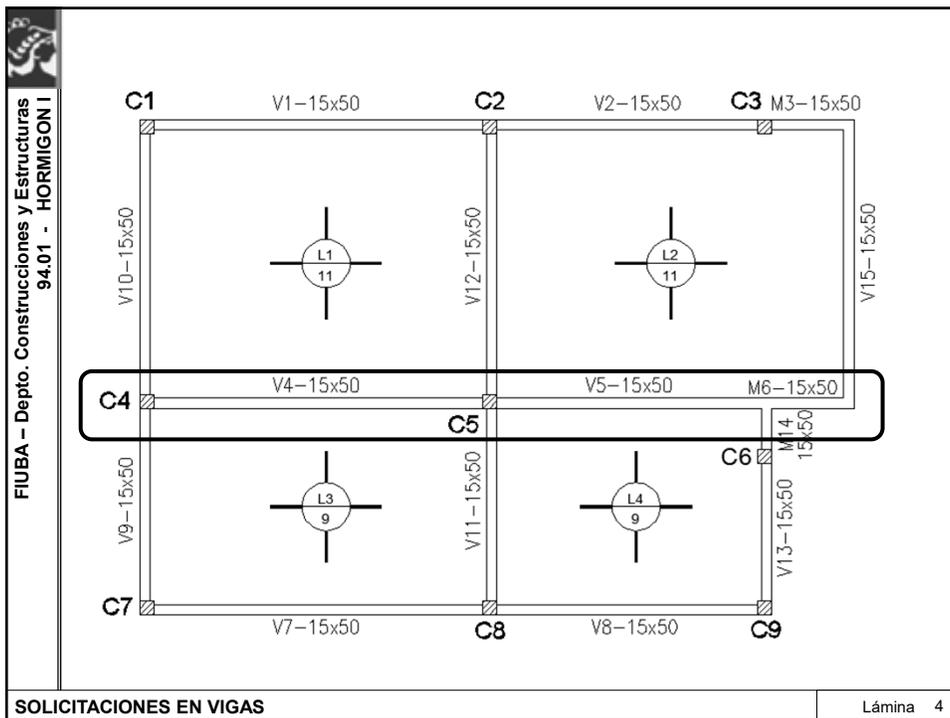
Resistencia Requerida  $\sum_1^n \gamma_i Q_i$

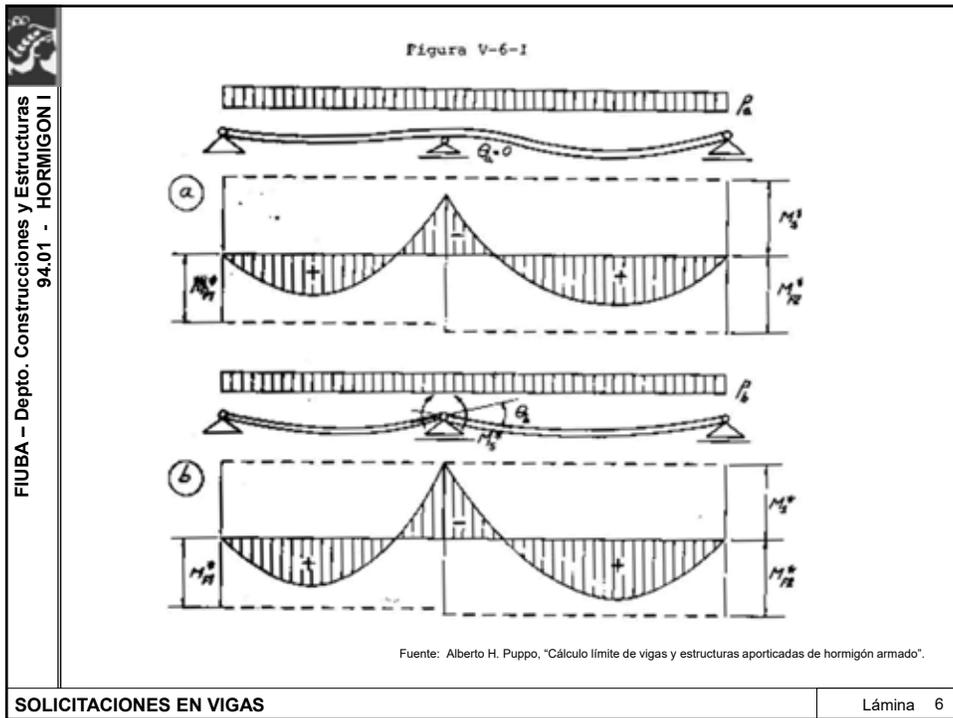
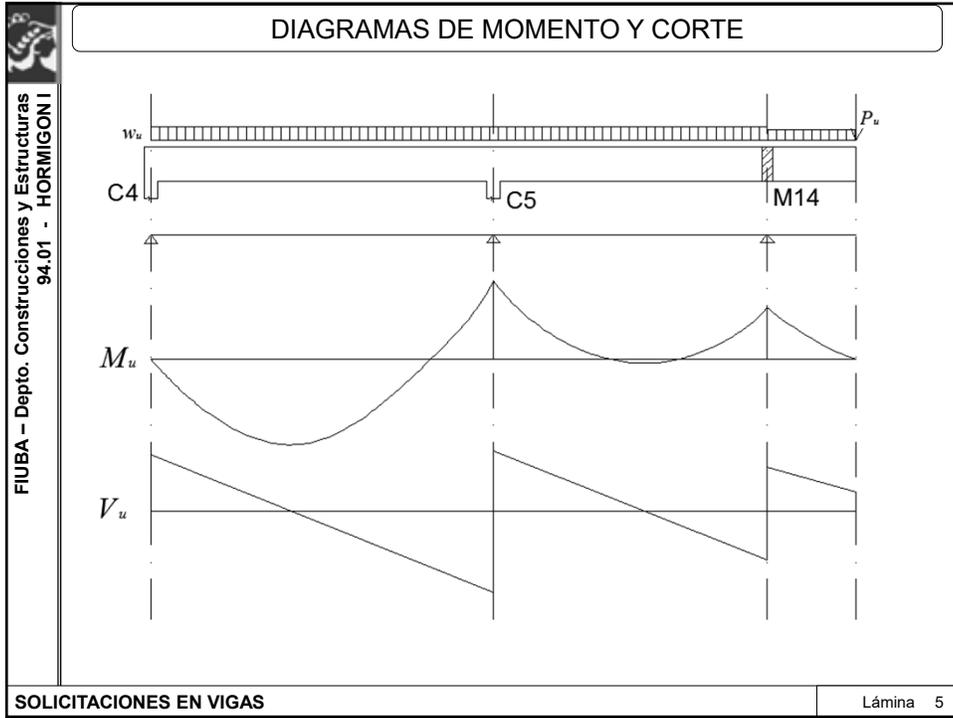
$$\phi M_n \geq M_u$$

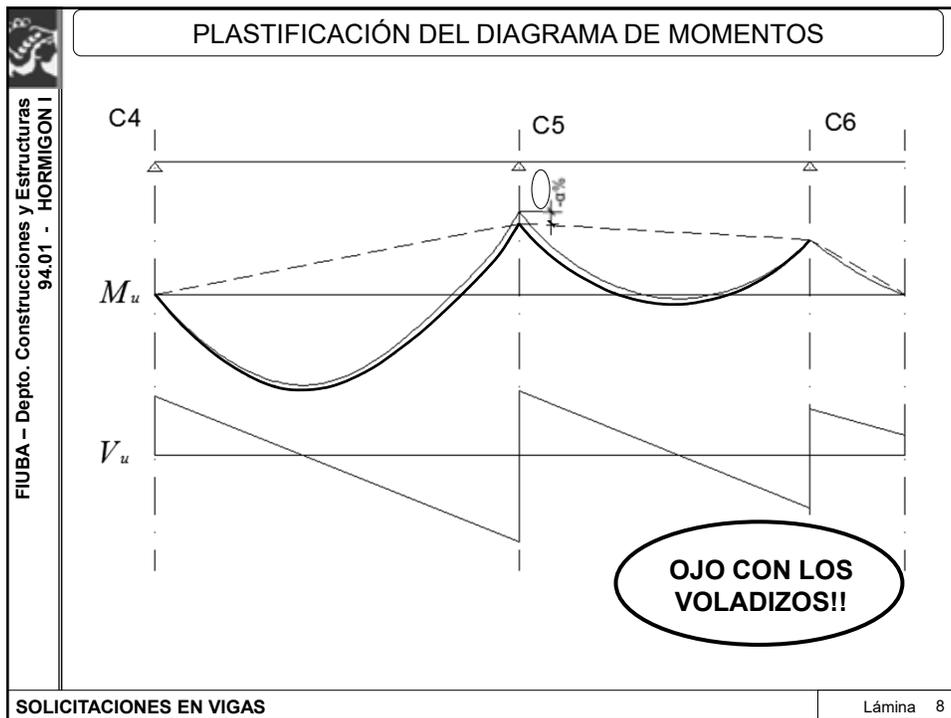
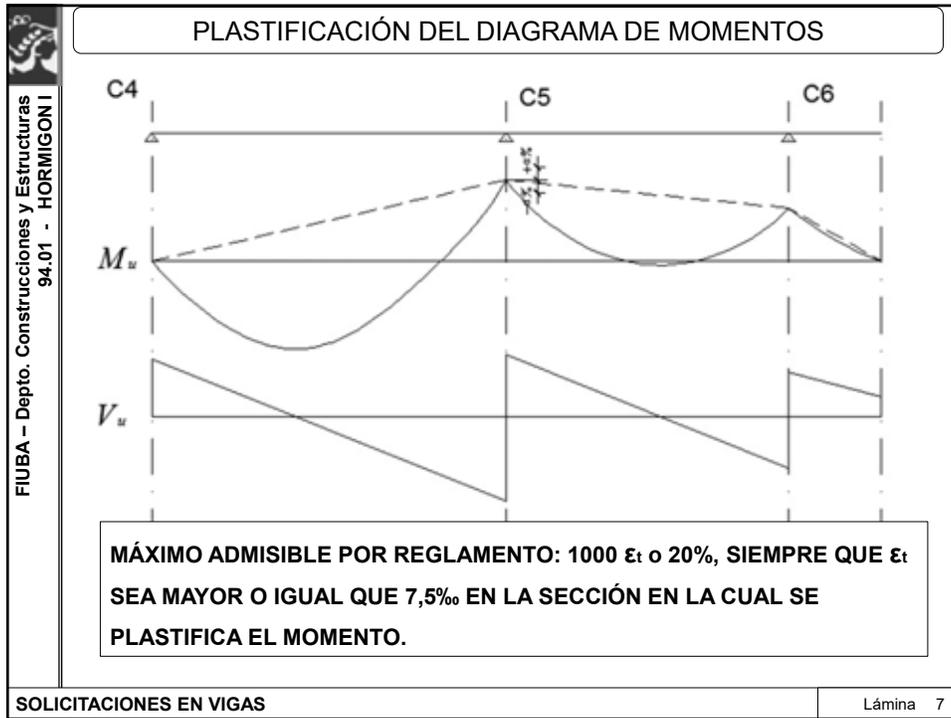
$$\phi V_n \geq V_u$$

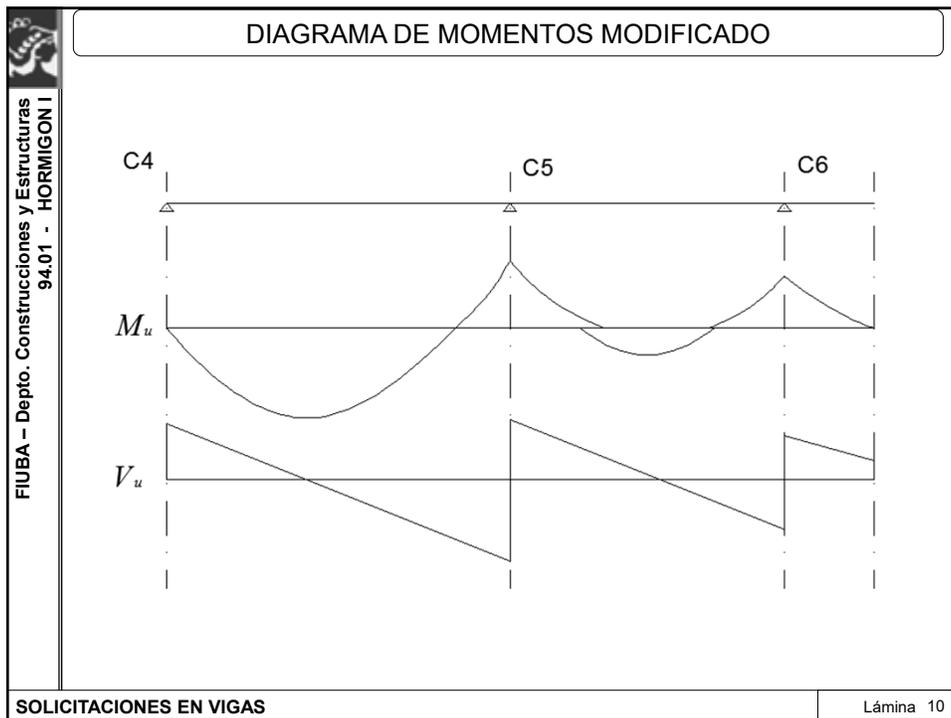
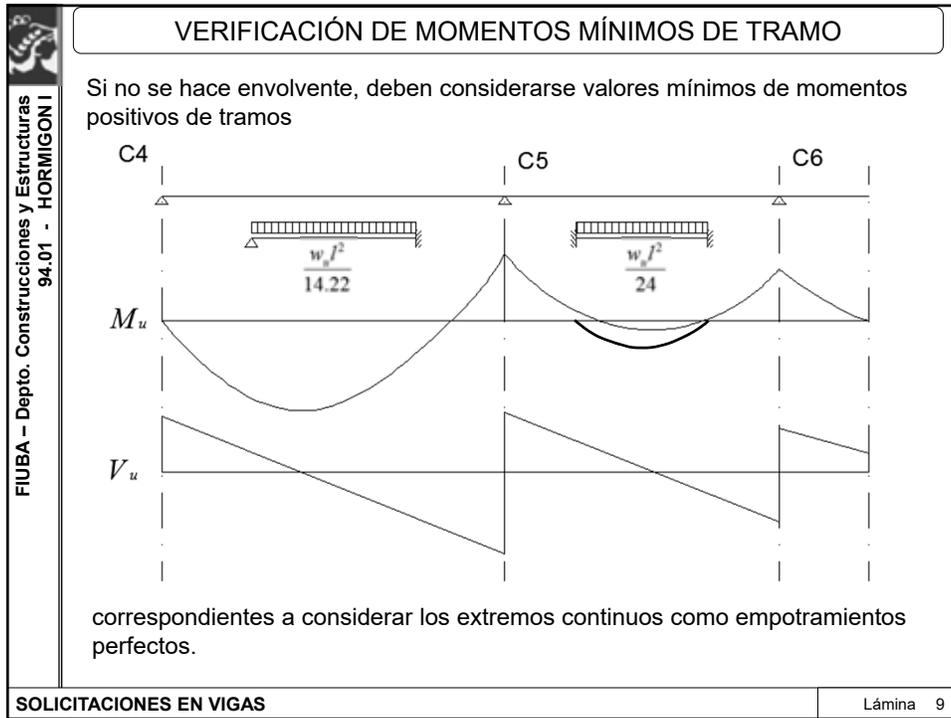
SOLICITACIONES EN VIGAS

Lámina 3

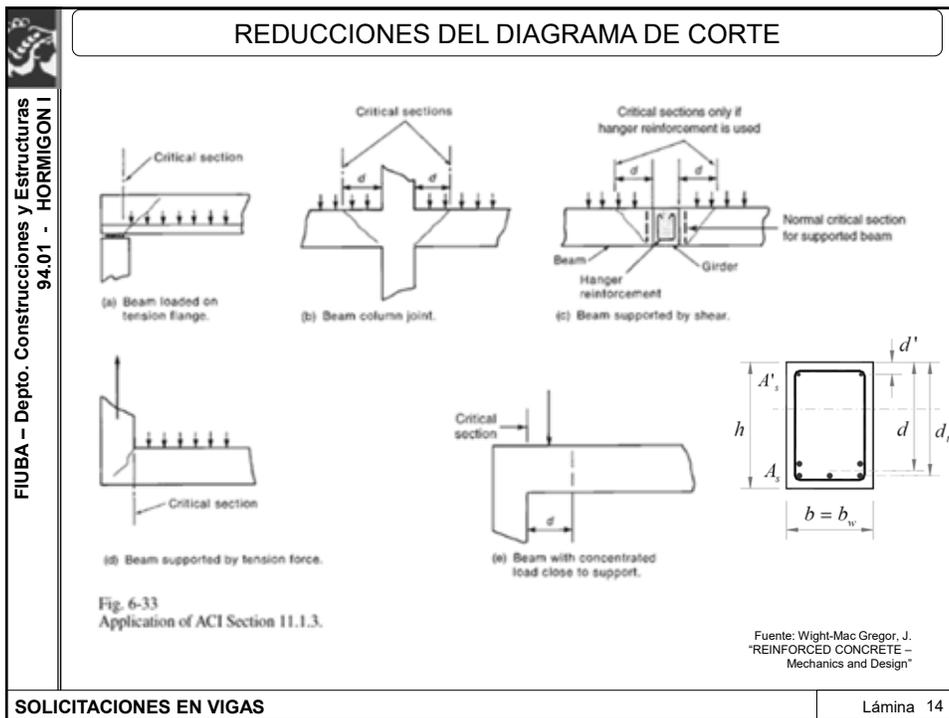
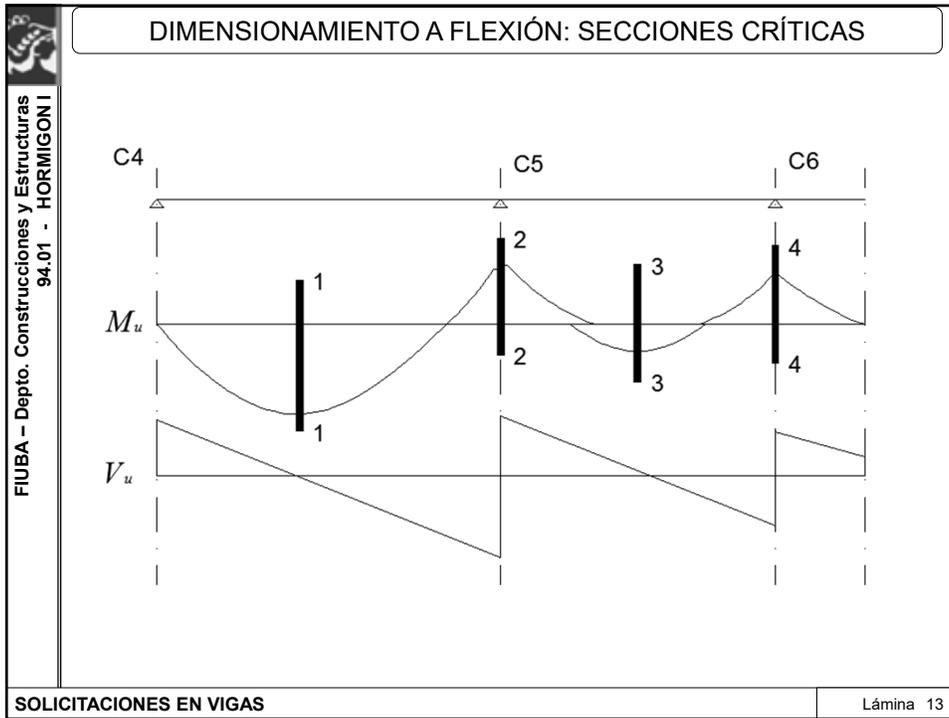


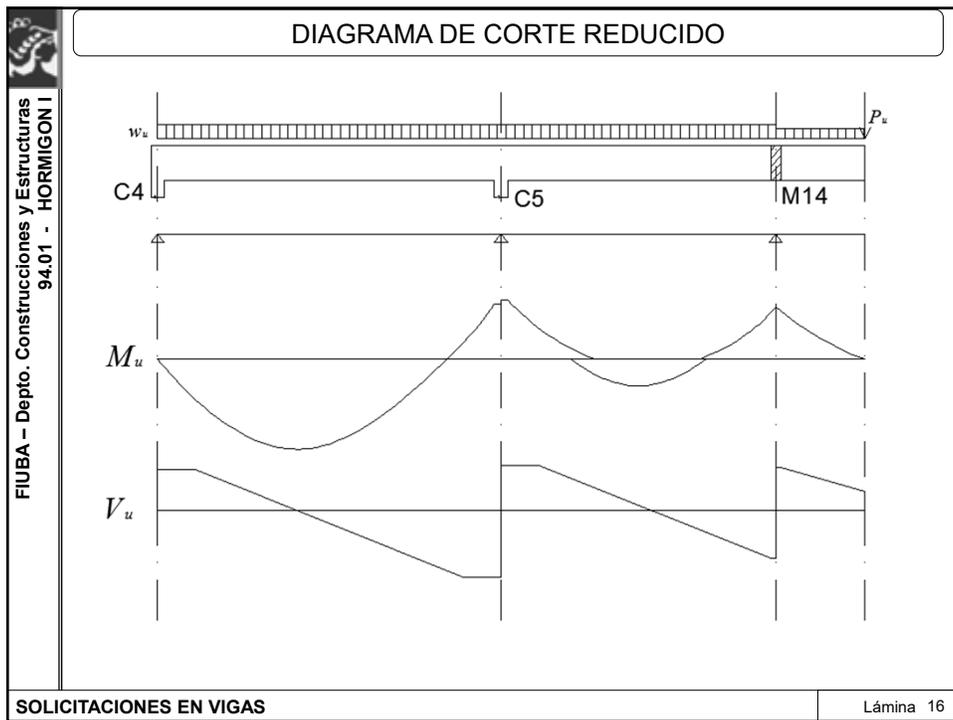
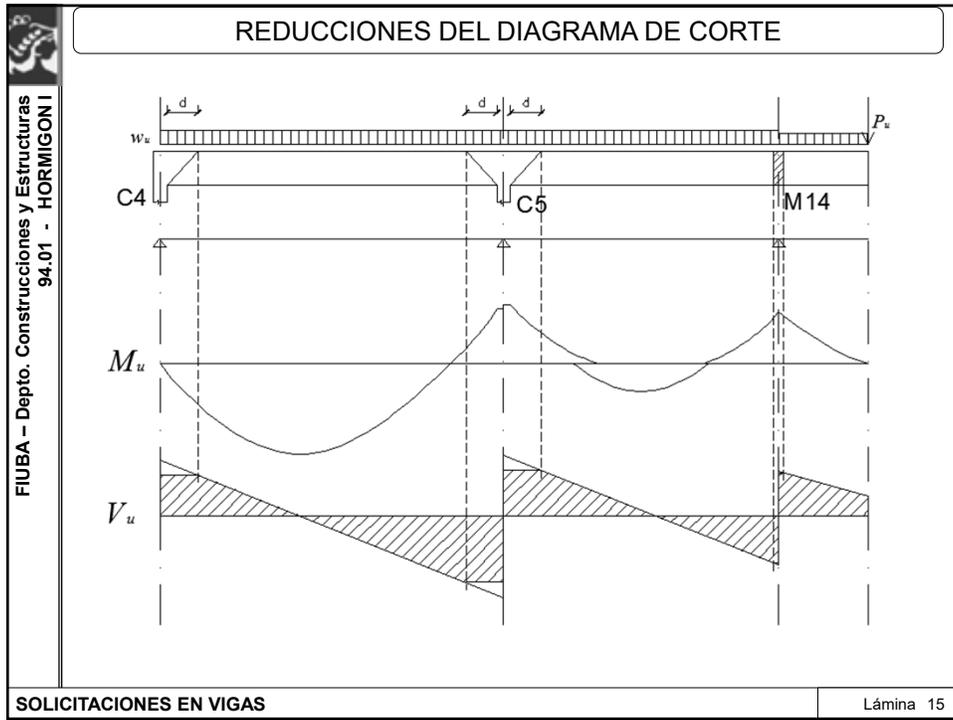












 <p>FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGON I</p>	<div data-bbox="467 499 1192 596" style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 10px;"><p><b>FIN SOLICITACIONES EN VIGAS</b> GRACIAS POR SU ATENCIÓN!!!</p></div>
<p>SOLICITACIONES EN VIGAS</p>	<p>Lámina 17</p>

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

HORMIGÓN I (74.01 y 94.01)

**SOLICITACIONES  
EN LOSAS**

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

TEMARIO DE LA CLASE

- **SOLICITACIONES EN LOSAS**

FLEXION	⇒	Cálculo de armaduras de losas
CORTE	⇒	Verificación de tensiones tangenciales
TORSION	⇒	Armadura de torsión Alivianamiento por torsión
- **COMPATIBILIZACIÓN DE APOYOS**

Losa cruzada – Losa cruzada	SIEMPRE ENTRA EN JUEGO UNA LOSA CRUZADA
Losa cruzada – Losa unidireccional	
Losa cruzada – Voladizo	

SOLICITACIONES EN LOSAS

Lámina (#)

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras  
 94.01 - HORMIGON I

**PLACAS PLANAS:**  
 ES EL LUGAR GEOMÉTRICO DE LOS PUNTOS COMPRENDIDOS ENTRE DOS SUPERFICIES QUE EQUIDISTAN DE UN PLANO MEDIO.

**TEORÍAS DE ANÁLISIS:**

1. ELASTICAS
  - Lineales
  - No lineales
2. PLASTICAS
3. VISCOELÁSTICAS

**MÉTODOS DE CÁLCULO**

1. COMPUTACIONALES
  - Elementos finitos
  - Diferencias finitas
2. MANUALES
  - Exactos → Resolución de las ecuaciones diferenciales
  - Aproximados → **MARCUS-LÖSER**

SOLICITACIONES EN LOSAS Lámina #

**TIPOS DE LOSAS**

**VOLADIZOS**

⇒

Viga de ancho unitario



Unica alternativa

**LOSAS UNIDIRECCIONALES**

⇒

Viga de ancho unitario





**LOSAS CRUZADAS**

⇒

Método aprox. (Marcus-Löser)

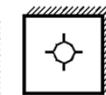
Tipo 1



Tipo 2



Tipo 3



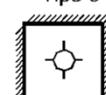
Tipo 4



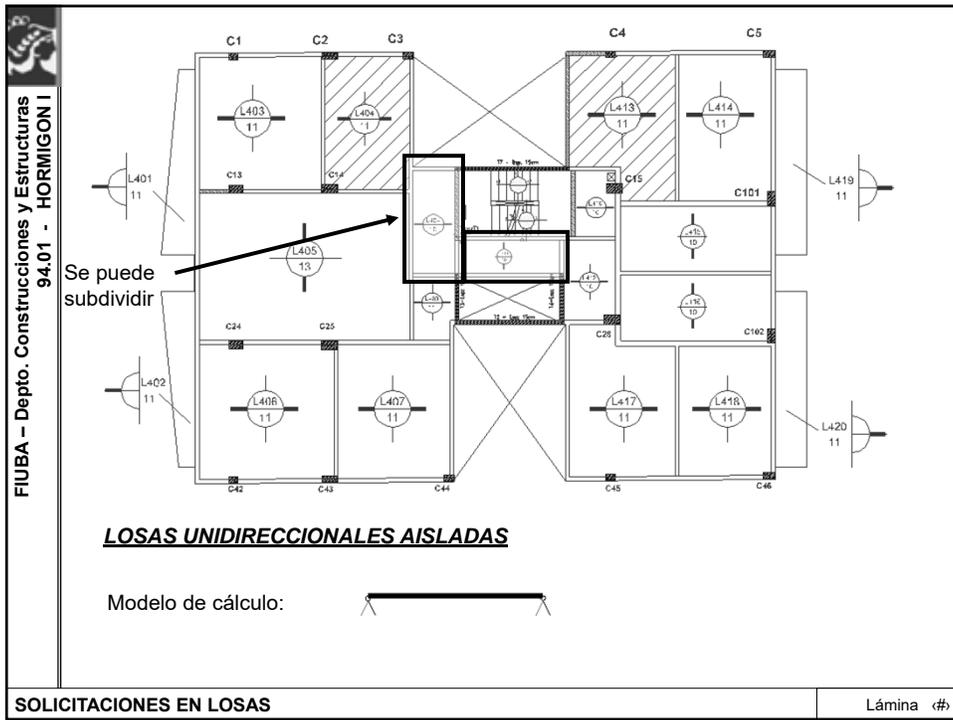
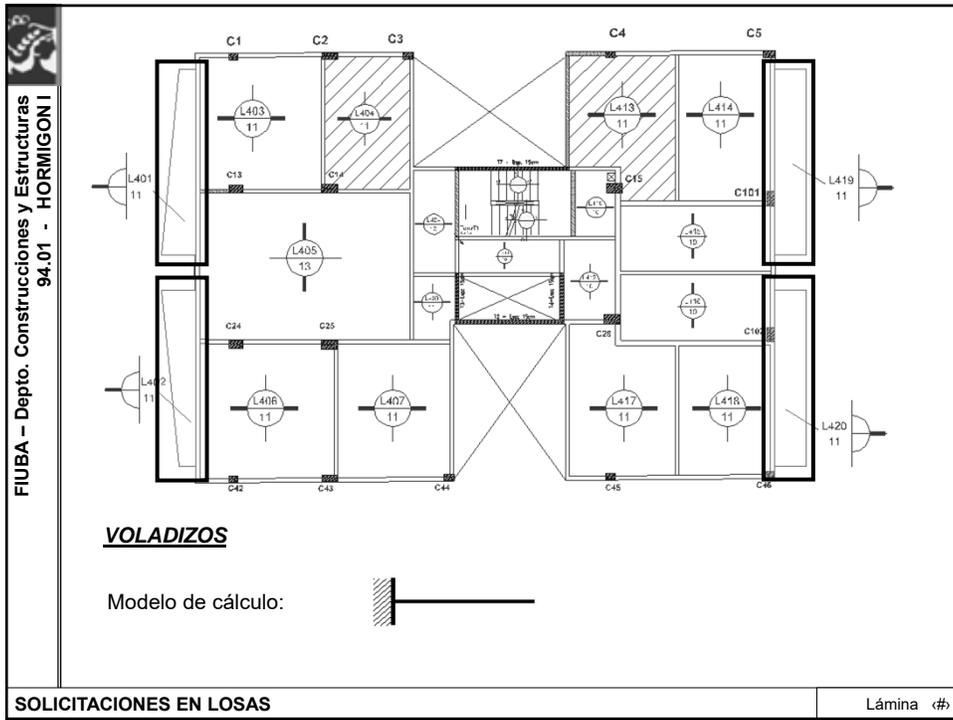
Tipo 5

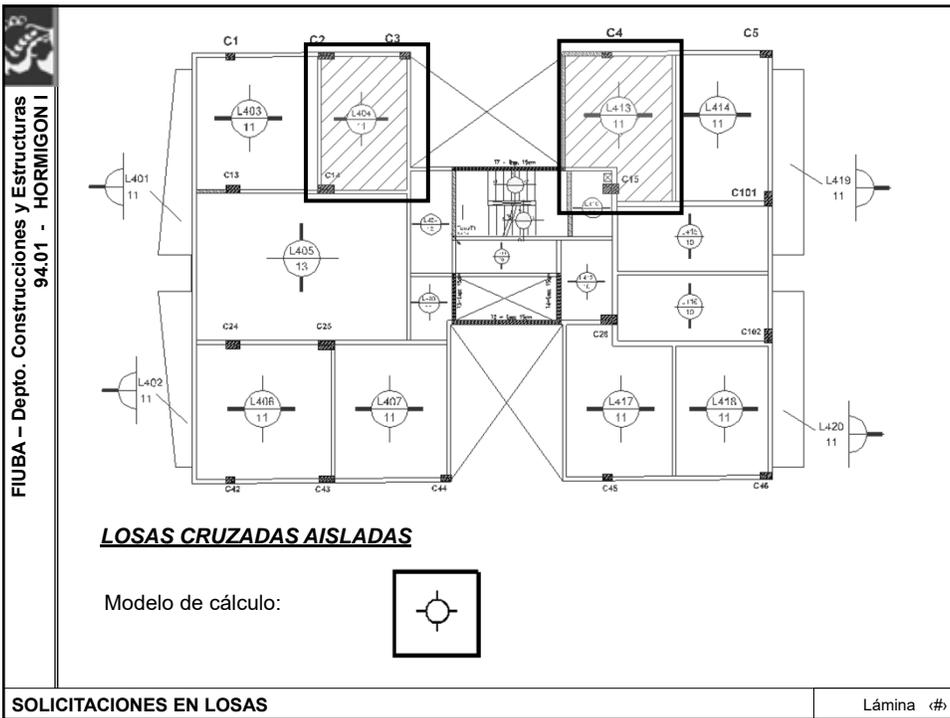
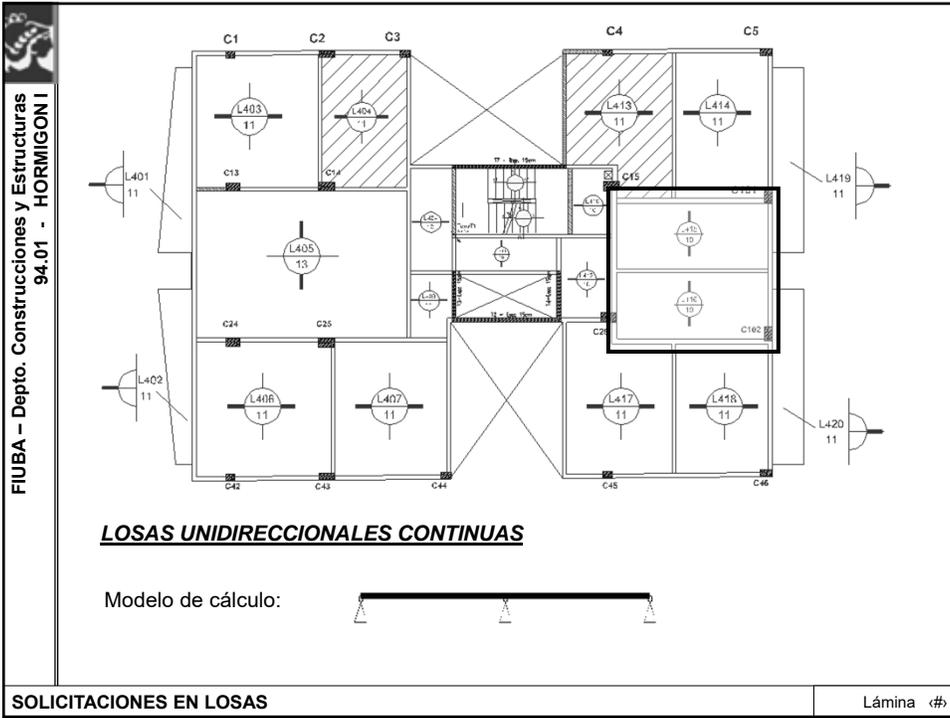


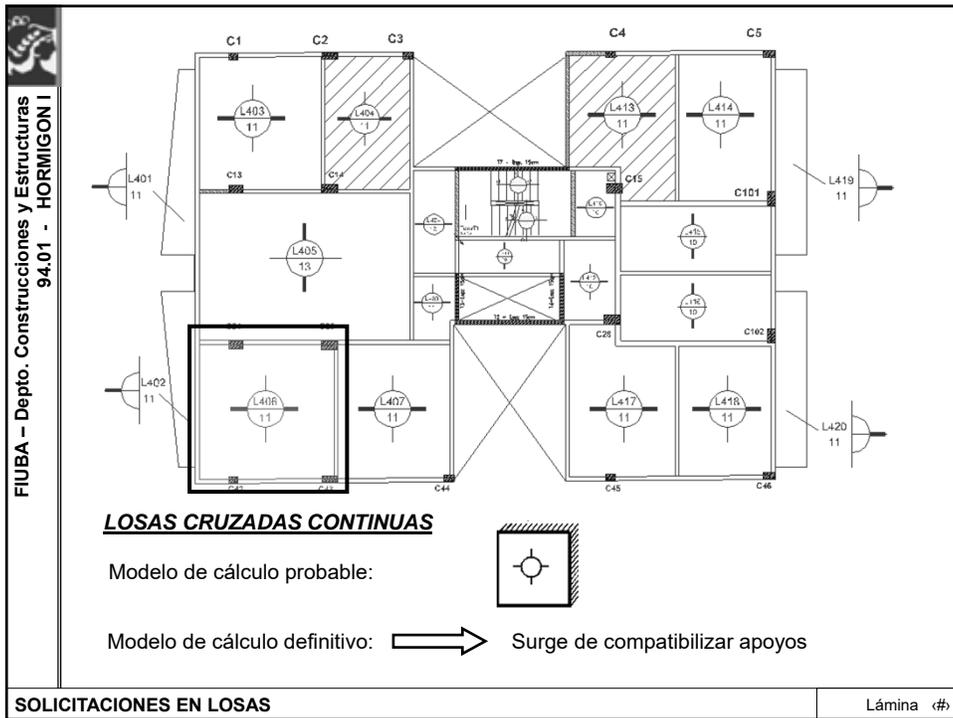
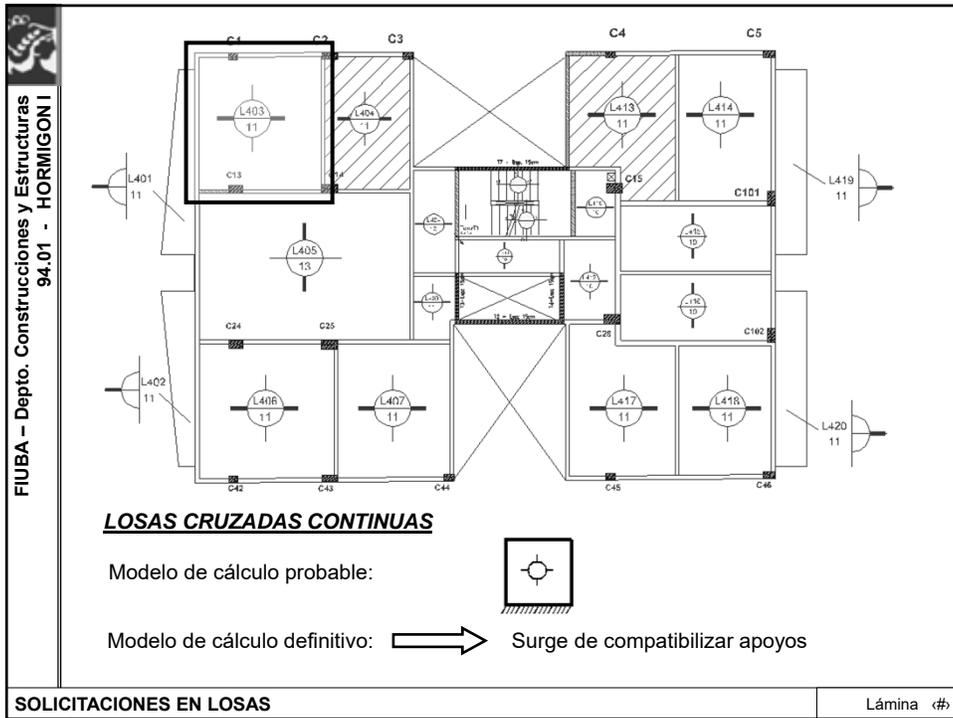
Tipo 6

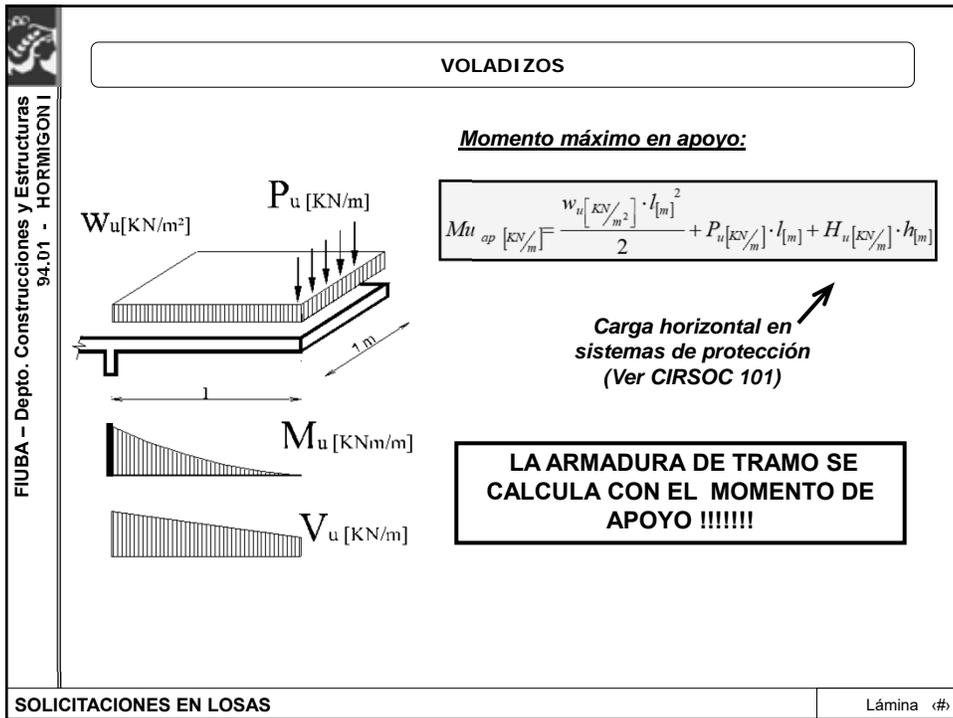
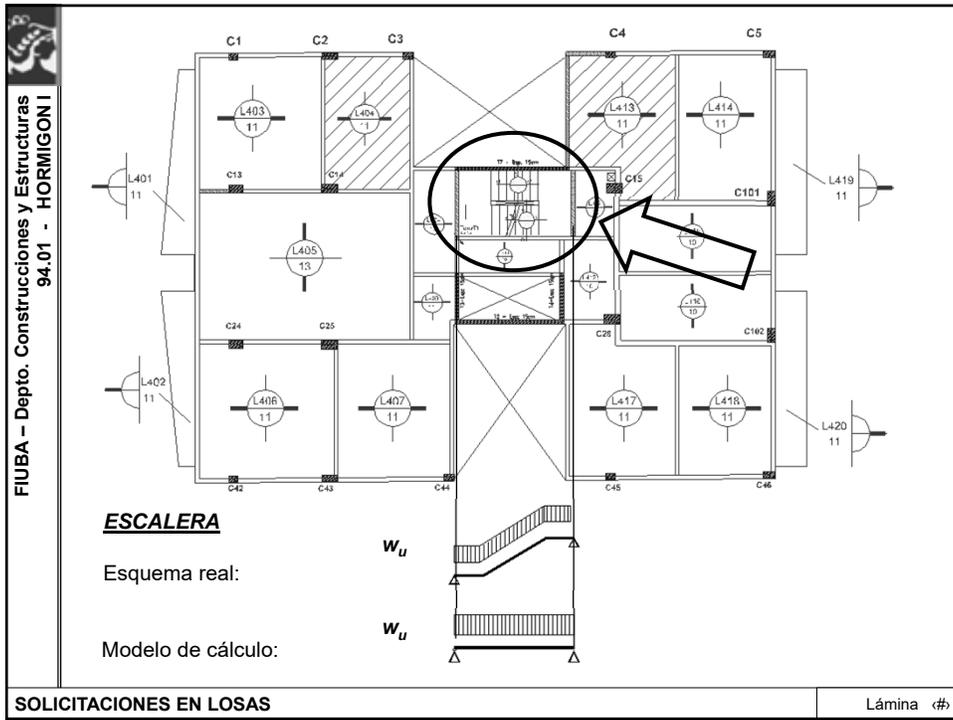


SOLICITACIONES EN LOSAS Lámina #









FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGON I

### VOLADIZOS

$W_u$  [KN/m<sup>2</sup>]

$P_u$  [KN/m]

$M_u$  [KNm/m]

$V_u$  [KN/m]

**Corte máximo:**

$$V_u \left[ \frac{KN}{m} \right] = w_u \left[ \frac{KN}{m^2} \right] \cdot l [m] + P_u \left[ \frac{KN}{m} \right]$$

SOLICITACIONES EN LOSAS

Lámina #

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGON I

### UNIDIRECCIONALES

$W_u$  [KN/m<sup>2</sup>]

$M_u$  [KNm/m]

$V_u$  [KN/m]

**Momento máximo en tramo**

$$M_{u\ tr} \left[ \frac{KNm}{m} \right] = \frac{w_u \left[ \frac{KN}{m^2} \right] \cdot l [m]^2}{8}$$

**NO EXISTEN MOMENTOS DE APOYOS !!!**

SOLICITACIONES EN LOSAS

Lámina #

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

**UNIDIRECCIONALES**

**Corte máximo:**

$$Vu_{[KN/m]} = \frac{W_u [KN/m^2] \cdot l [m]}{2}$$

**SOLICITACIONES EN LOSAS**

Lámina #

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

**UNIDIRECCIONALES**

**Momento máximo en apoyo**

$$Mu_{ap} [KNm/m] = \frac{W_{u2} [KN/m^2] \cdot l_2 [m]^2}{2}$$

Si existen, considerar carga vertical horizontal en extremo de voladizo.

**Momento máximo en tramo**

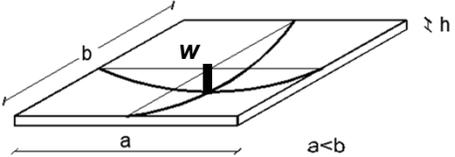
$$Mu_{tr} [KNm/m] = Ra [KN/m] \cdot la [m]$$

**Corte máximo:**

Según relaciones de luces y cargas en losas

**SOLICITACIONES EN LOSAS**

Lámina #

 FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGON I	<b>LOSAS CRUZADAS - Hipótesis</b>
	<b>HIPOTESIS DE ESTUDIO</b>
	<p><b>1º.- La teoría es lineal en cuanto a las deformaciones.</b></p> $\frac{\partial w}{\partial x} \ll 1 ; \frac{\partial w}{\partial y} \ll 1$ $\left(\frac{\partial w}{\partial x}\right)^2 \approx 0 ; \left(\frac{\partial w}{\partial y}\right)^2 \approx 0$ 
	<p><b>w:</b> componente del desplazamiento en el eje z</p> <p><b>Se cumple con <math>w &lt; 0.05 a</math></b></p>
SOLICITACIONES EN LOSAS	Lámina #

 FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGON I	<b>LOSAS CRUZADAS - Hipótesis</b>
	<p><b>2º.- Se desprecian las deformaciones producidas por esfuerzos de corte, para ello debe ser :</b></p>
	$\frac{h}{a} < \frac{1}{10}$
	<p><b>No puede haber agujeros ni cargas concentradas.</b></p>
SOLICITACIONES EN LOSAS	Lámina #

LOSAS CRUZADAS - Hipótesis

**3º - Las deformaciones específicas en la dirección perpendicular al plano son despreciables, al igual que las tensiones.**

$$\epsilon_z \approx 0 \quad \text{y} \quad \sigma_z \approx 0$$

Esta condición excluye la acción de cargas concentradas, ya que en su punto de aplicación las tensiones serían elevadas.

SOLICITACIONES EN LOSAS
Lámina <#>

LOSAS CRUZADAS - Hipótesis

**4º - Para placas planas sin esfuerzos membranales, el plano medio es indeformable, o sea:**

$$\epsilon_{x_0} = \epsilon_{x_{z=0}} = 0$$

$$\epsilon_{y_0} = \epsilon_{y_{z=0}} = 0$$

Se cumple estrictamente si:

- la superficie deformada es desarrollable
- los apoyos son desplazables

Puede considerarse aproximada si:  $w < 0.2 \cdot h$

Si hay esfuerzos membranales:

- Teoría no lineal  $\rightarrow$  Efectos de 2º orden.
- Tensiones elevadas, en el plano medio.

SOLICITACIONES EN LOSAS
Lámina <#>

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGON I

### TORSION EN LOSAS CRUZADAS

#### FUNCIONAMIENTO ESTRUCTURAL DE LAS PLACAS

Bordes simplemente apoyados  
Esquinas impedidas de levantarse

Lineas isostáticas

Esquema I

Esquema II

SOLICITACIONES EN LOSAS
Lámina #

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGON I

### TORSION EN LOSAS CRUZADAS

El funcionamiento de la placa puede estar representada por dos esquemas:

**Esquema I** Explica el comportamiento en el *centro* de la placa  
Asociado a los momento de tramo ( $Mu_x, Mu_y$ )

**Esquema II** Explica el comportamiento en las *esquinas* de la placa  
Asociado a los momentos torsores.

Fisuras En cara superior

Fisuras En cara inferior

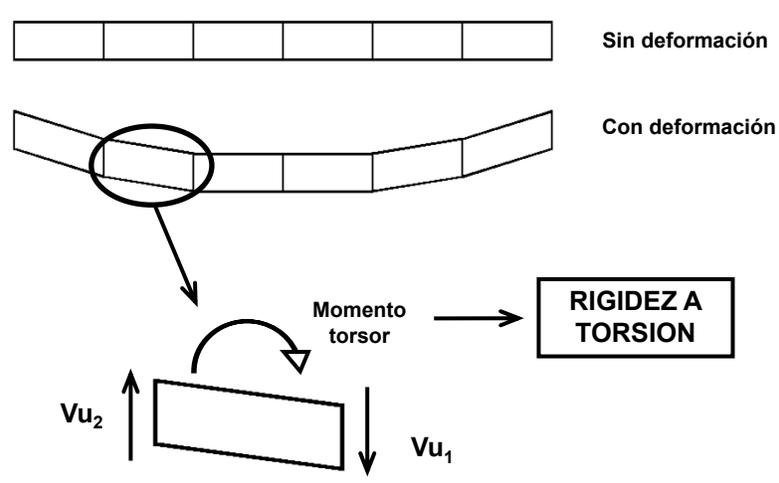
Tensiones de tracción

Tensiones de compresión

SOLICITACIONES EN LOSAS
Lámina #

**TORSION EN LOSAS CRUZADAS**

Losa formada por vigas paralelas



Sin deformación

Con deformación

Momento torsor

**RIGIDEZ A TORSION**

$Vu_2$

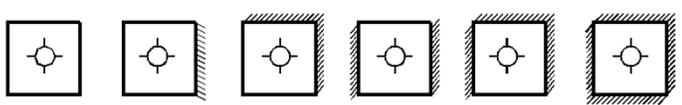
$Vu_1$

SOLICITACIONES EN LOSAS

Lámina  $\langle \# \rangle$

**LOSAS CRUZADAS – Método de Marcus-Löser**

**METODO APROXIMADO DE MARCUS LÖSER – Validez del método**

- 1º - *Losas cuadradas o rectangulares, apoyadas en sus cuatro bordes. Sin presencia de huecos.*
- 2º - *Condiciones de borde:*


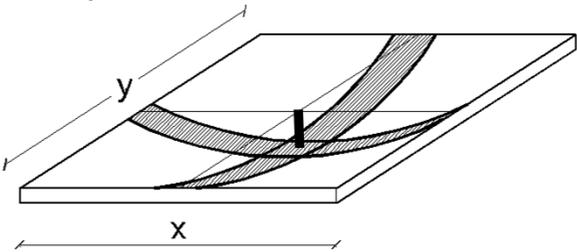
*Empotramiento perfecto ó articulación perfecta*
- 3º - *Considera indeformabilidad de los apoyos. Es decir, vigas rígidas*
- 4º - *Las cargas actuantes deben ser uniformemente distribuidas.*

SOLICITACIONES EN LOSAS

Lámina  $\langle \# \rangle$

LOSAS CRUZADAS – Método de Marcus-Löser

• Se considera la losa formada por fajas de ancho unitario, en las direcciones  $x$  e  $y$ .



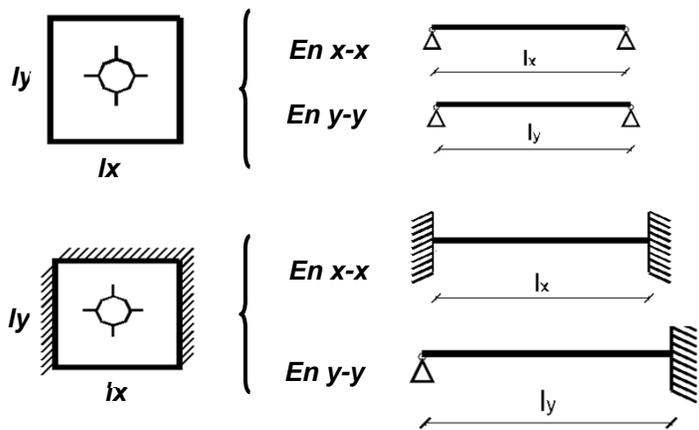
• Las dos fajas centrales, de cada dirección, tienen el mismo desplazamiento en el punto central.

$$f_x = f_y$$

SOLICITACIONES EN LOSAS Lámina #

LOSAS CRUZADAS – Método de Marcus-Löser

• Según las condiciones de apoyo, en la dirección “ $x-x$ ” y en la “ $y-y$ ”, el esquema estático puede ser diferente para cada faja.



SOLICITACIONES EN LOSAS Lámina #

**LOSAS CRUZADAS – Método de Marcus-Löser**

**Si:**  $f = \frac{\varpi \cdot w_u \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I}$

$$f_x = f_y \Rightarrow f_x = \frac{\varpi_x \cdot w_{ux} \cdot l_x^4}{384 \cdot E \cdot I_x} = f_y = \frac{\varpi_y \cdot w_{uy} \cdot l_y^4}{384 \cdot E \cdot I_y} \quad (1) \quad (I_x = I_y)$$

**Siendo:**  $Mu_x = \frac{w_{ux} \cdot l_x^2}{m_x} \quad Mu_y = \frac{w_{uy} \cdot l_y^2}{m_y} \quad (2)$

**Llamando:**  $w_{ux} = \kappa \cdot w_u \quad ; \quad w_{uy} = \rho \cdot w_u$

$$\varepsilon = \frac{l_y}{l_x} \quad ; \quad \varpi = \frac{\varpi_y}{\varpi_x}$$

SOLICITACIONES EN LOSAS Lámina #

**LOSAS CRUZADAS – Método de Marcus-Löser**

**De (1)**  $\varpi_x \cdot w_{ux} \cdot l_x^4 = \varpi_y \cdot w_{uy} \cdot l_y^4$

$$\varpi_x \cdot \kappa \cdot w_u \cdot l_x^4 = \varpi_y \cdot \rho \cdot w_u \cdot l_y^4$$

$$\kappa = \varpi \cdot \rho \cdot \left(\frac{l_y}{l_x}\right)^4$$

**Como:**  $\kappa + \rho = 1 \Rightarrow \kappa = \varpi \cdot (1 - \kappa) \cdot \varepsilon^4$

**Entonces:**  $\left. \begin{aligned} \kappa &= \frac{\varpi \cdot \varepsilon^4}{1 + \varpi \cdot \varepsilon^4} \\ \rho &= \frac{1}{1 + \varpi \cdot \varepsilon^4} \end{aligned} \right\} \boxed{f(\varepsilon, \text{vinculos})}$

**De (2)**  $Mu_x = \frac{\kappa \cdot w_u \cdot l_x^2}{m_x} \quad Mu_y = \frac{\rho \cdot w_u \cdot l_y^2}{m_y} \quad (3)$

SOLICITACIONES EN LOSAS Lámina #

**LOSAS CRUZADAS – Método de Marcus-Löser**

**Por la torsion resulta:**  $Mu_{x_{\max}} = \nu_x \cdot Mu_x \quad (4)$   
 $Mu_{y_{\max}} = \nu_y \cdot Mu_y$

**donde:**  $\nu_x = 1 - \frac{\kappa}{0.15 \cdot m_x \cdot \varepsilon^2} < 1$   
 $\nu_y = 1 - \frac{\rho \cdot \varepsilon^2}{0.15 \cdot m_y} < 1$  } **Alivianamiento por torsión**

**Reemplazando en (3) y (4) :**

$$\left. \begin{aligned} Mu_{x_{\max}} &= \frac{\kappa \cdot \nu_x}{m_x} \cdot w_u \cdot l_x^2 \\ Mu_{y_{\max}} &= \frac{\rho \cdot \nu_y}{m_y} \cdot w_u \cdot l_y^2 \end{aligned} \right\} \begin{aligned} Mu_{x_{\max}} &= \alpha \cdot w_u \cdot l_x^2 & Mu \text{ en } \left[ \frac{KNm}{m} \right] \\ Mu_{y_{\max}} &= \beta \cdot w_u \cdot l_y^2 & w_u \text{ en } \left[ \frac{KN}{m^2} \right] \end{aligned}$$

SOLICITACIONES EN LOSAS Lámina (#)

**LOSAS CRUZADAS – Método de Marcus-Löser**

**En los apoyos:**

$$\begin{aligned} Xu &= \frac{\kappa \cdot w_u \cdot l_x^2}{r} \\ Yu &= \frac{\rho \cdot w_u \cdot l_y^2}{r} \end{aligned}$$

**Coeficientes:**

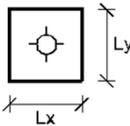
<b>m:</b>	8      14.22	24	1
<b>ω:</b>	5      2	8	12
<b>r:</b>	-	8	12

**¡IMPORTANTE:**  
**Si se utilizan tablas que consideran el alivianamiento por torsión, deberá colocarse la ARMADURA DE TORSION en las esquinas de las losas.**

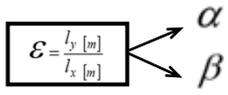
SOLICITACIONES EN LOSAS Lámina (#)

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGON I

### CRUZADAS - TIPO 1



Simply supported  
in both directions



ε: ly/lx	α	β	ε: ly/lx	α	β
0.1	0.01100	0.07989	1.30	0.05877	0.02058
0.2	0.01100	0.07851	1.32	0.05949	0.02020
0.3	0.01215	0.07713	1.33	0.06020	0.01983
0.4	0.01271	0.07575	1.34	0.06161	0.01911
0.5	0.01328	0.07438	1.35	0.06231	0.01878
0.6	0.01385	0.07301	1.36	0.06300	0.01842
0.7	0.01444	0.07164	1.37	0.06369	0.01808
0.8	0.01503	0.07029	1.38	0.06437	0.01775
0.9	0.01563	0.06894	1.39	0.06505	0.01743
1.0	0.01623	0.06761	1.40	0.06572	0.01711
1.1	0.01684	0.06629	1.41	0.06639	0.01680
1.2	0.01746	0.06498	1.42	0.06705	0.01649
1.3	0.01808	0.06368	1.43	0.06770	0.01619
1.4	0.01871	0.06240	1.44	0.06835	0.01590
1.5	0.01935	0.06114	1.45	0.06899	0.01561
1.6	0.02000	0.05990	1.46	0.06962	0.01532
1.7	0.02065	0.05868	1.47	0.07026	0.01504
1.8	0.02132	0.05747	1.48	0.07087	0.01477
1.9	0.02200	0.05628	1.49	0.07148	0.01451
2.0	0.02269	0.05511	1.50	0.07208	0.01426
2.1	0.02339	0.05396	1.51	0.07268	0.01401
2.2	0.02410	0.05282	1.52	0.07327	0.01377
2.3	0.02482	0.05170	1.53	0.07386	0.01353
2.4	0.02555	0.05060	1.54	0.07444	0.01330
2.5	0.02629	0.04952	1.55	0.07502	0.01307
2.6	0.02704	0.04846	1.56	0.07560	0.01285
2.7	0.02780	0.04742	1.57	0.07617	0.01263
2.8	0.02857	0.04640	1.58	0.07674	0.01242
2.9	0.02935	0.04540	1.59	0.07730	0.01221
3.0	0.03014	0.04442	1.60	0.07786	0.01201
3.1	0.03094	0.04346	1.61	0.07842	0.01181
3.2	0.03175	0.04252	1.62	0.07897	0.01162
3.3	0.03257	0.04160	1.63	0.07952	0.01143
3.4	0.03340	0.04070	1.64	0.08007	0.01125
3.5	0.03424	0.03982	1.65	0.08061	0.01107
3.6	0.03509	0.03896	1.66	0.08115	0.01090
3.7	0.03595	0.03812	1.67	0.08169	0.01073
3.8	0.03682	0.03730	1.68	0.08222	0.01057
3.9	0.03770	0.03650	1.69	0.08276	0.01041
4.0	0.03859	0.03572	1.70	0.08329	0.01026
4.1	0.03949	0.03496	1.71	0.08382	0.01011
4.2	0.04040	0.03422	1.72	0.08435	0.01000
4.3	0.04132	0.03350	1.73	0.08487	0.00989
4.4	0.04225	0.03280	1.74	0.08539	0.00979
4.5	0.04319	0.03212	1.75	0.08590	0.00969
4.6	0.04414	0.03146	1.76	0.08641	0.00960
4.7	0.04510	0.03082	1.77	0.08691	0.00951
4.8	0.04607	0.03020	1.78	0.08741	0.00942
4.9	0.04705	0.02960	1.79	0.08791	0.00934
5.0	0.04804	0.02902	1.80	0.08840	0.00926
5.1	0.04904	0.02846	1.81	0.08889	0.00918
5.2	0.05005	0.02792	1.82	0.08938	0.00911
5.3	0.05107	0.02740	1.83	0.08986	0.00904
5.4	0.05210	0.02690	1.84	0.09034	0.00897
5.5	0.05314	0.02642	1.85	0.09082	0.00891
5.6	0.05419	0.02596	1.86	0.09129	0.00885
5.7	0.05525	0.02552	1.87	0.09176	0.00879
5.8	0.05632	0.02510	1.88	0.09222	0.00874
5.9	0.05740	0.02470	1.89	0.09268	0.00869
6.0	0.05849	0.02432	1.90	0.09313	0.00864
6.1	0.05959	0.02396	1.91	0.09358	0.00859
6.2	0.06070	0.02362	1.92	0.09402	0.00854
6.3	0.06182	0.02330	1.93	0.09446	0.00849
6.4	0.06295	0.02300	1.94	0.09489	0.00844
6.5	0.06409	0.02272	1.95	0.09532	0.00839
6.6	0.06524	0.02246	1.96	0.09575	0.00834
6.7	0.06640	0.02222	1.97	0.09617	0.00829
6.8	0.06757	0.02200	1.98	0.09659	0.00824
6.9	0.06875	0.02180	1.99	0.09700	0.00819
7.0	0.06994	0.02162	2.00	0.09741	0.00814
7.1	0.07114	0.02146	2.01	0.09781	0.00809
7.2	0.07235	0.02132	2.02	0.09821	0.00804
7.3	0.07357	0.02120	2.03	0.09860	0.00800
7.4	0.07480	0.02110	2.04	0.09899	0.00795
7.5	0.07604	0.02102	2.05	0.09938	0.00791
7.6	0.07729	0.02096	2.06	0.09976	0.00787
7.7	0.07854	0.02092	2.07	0.10014	0.00783
7.8	0.07980	0.02090	2.08	0.10052	0.00779
7.9	0.08107	0.02090	2.09	0.10089	0.00775
8.0	0.08235	0.02092	2.10	0.10126	0.00771
8.1	0.08364	0.02096	2.11	0.10163	0.00767
8.2	0.08494	0.02102	2.12	0.10199	0.00763
8.3	0.08625	0.02110	2.13	0.10235	0.00759
8.4	0.08757	0.02120	2.14	0.10271	0.00755
8.5	0.08890	0.02132	2.15	0.10306	0.00751
8.6	0.09024	0.02146	2.16	0.10341	0.00747
8.7	0.09159	0.02162	2.17	0.10376	0.00743
8.8	0.09294	0.02180	2.18	0.10411	0.00739
8.9	0.09430	0.02200	2.19	0.10446	0.00735
9.0	0.09567	0.02222	2.20	0.10481	0.00731
9.1	0.09704	0.02246	2.21	0.10516	0.00727
9.2	0.09842	0.02272	2.22	0.10551	0.00723
9.3	0.09981	0.02300	2.23	0.10586	0.00719
9.4	0.10120	0.02330	2.24	0.10621	0.00715
9.5	0.10260	0.02362	2.25	0.10656	0.00711
9.6	0.10400	0.02400	2.26	0.10691	0.00707
9.7	0.10541	0.02442	2.27	0.10726	0.00703
9.8	0.10682	0.02490	2.28	0.10761	0.00699
9.9	0.10824	0.02542	2.29	0.10796	0.00695
10.0	0.10967	0.02600	2.30	0.10831	0.00691
10.1	0.11111	0.02662	2.31	0.10866	0.00687
10.2	0.11256	0.02730	2.32	0.10901	0.00683
10.3	0.11402	0.02802	2.33	0.10936	0.00679
10.4	0.11549	0.02880	2.34	0.10971	0.00675
10.5	0.11697	0.02962	2.35	0.11006	0.00671
10.6	0.11846	0.03050	2.36	0.11041	0.00667
10.7	0.11996	0.03142	2.37	0.11076	0.00663
10.8	0.12147	0.03240	2.38	0.11111	0.00659
10.9	0.12299	0.03342	2.39	0.11146	0.00655
11.0	0.12452	0.03450	2.40	0.11181	0.00651
11.1	0.12606	0.03562	2.41	0.11216	0.00647
11.2	0.12761	0.03680	2.42	0.11251	0.00643
11.3	0.12917	0.03802	2.43	0.11286	0.00639
11.4	0.13074	0.03930	2.44	0.11321	0.00635
11.5	0.13232	0.04062	2.45	0.11356	0.00631
11.6	0.13391	0.04200	2.46	0.11391	0.00627
11.7	0.13551	0.04342	2.47	0.11426	0.00623
11.8	0.13712	0.04490	2.48	0.11461	0.00619
11.9	0.13874	0.04642	2.49	0.11496	0.00615
12.0	0.14037	0.04800	2.50	0.11531	0.00611
12.1	0.14201	0.04962	2.51	0.11566	0.00607
12.2	0.14366	0.05130	2.52	0.11601	0.00603
12.3	0.14532	0.05302	2.53	0.11636	0.00599
12.4	0.14699	0.05480	2.54	0.11671	0.00595
12.5	0.14867	0.05662	2.55	0.11706	0.00591
12.6	0.15036	0.05850	2.56	0.11741	0.00587
12.7	0.15206	0.06042	2.57	0.11776	0.00583
12.8	0.15377	0.06240	2.58	0.11811	0.00579
12.9	0.15549	0.06442	2.59	0.11846	0.00575
13.0	0.15722	0.06650	2.60	0.11881	0.00571
13.1	0.15896	0.06862	2.61	0.11916	0.00567
13.2	0.16071	0.07080	2.62	0.11951	0.00563
13.3	0.16247	0.07302	2.63	0.11986	0.00559
13.4	0.16424	0.07530	2.64	0.12021	0.00555
13.5	0.16602	0.07762	2.65	0.12056	0.00551
13.6	0.16781	0.08000	2.66	0.12091	0.00547
13.7	0.16961	0.08242	2.67	0.12126	0.00543
13.8	0.17142	0.08490	2.68	0.12161	0.00539
13.9	0.17324	0.08742	2.69	0.12196	0.00535
14.0	0.17507	0.09000	2.70	0.12231	0.00531
14.1	0.17691	0.09262	2.71	0.12266	0.00527
14.2	0.17876	0.09530	2.72	0.12301	0.00523
14.3	0.18062	0.09802	2.73	0.12336	0.00519
14.4	0.18249	0.10080	2.74	0.12371	0.00515
14.5	0.18437	0.10362	2.75	0.12406	0.00511
14.6	0.18626	0.10650	2.76	0.12441	0.00507
14.7	0.18816	0.10942	2.77	0.12476	0.00503
14.8	0.19007	0.11240	2.78	0.12511	0.00499
14.9	0.19199	0.11542	2.79	0.12546	0.00495
15.0	0.19392	0.11850	2.80	0.12581	0.00491
15.1	0.19586	0.12162	2.81	0.12616	0.00487
15.2	0.19781	0.12480	2.82	0.12651	0.00483
15.3	0.19977	0.12802	2.83	0.12686	0.00479
15.4	0.20174	0.13130	2.84	0.12721	0.00475
15.5	0.20372	0.13462	2.85	0.12756	0.00471
15.6	0.20571	0.13800	2.86	0.12791	0.00467
15.7	0.20771	0.14142	2.87	0.12826	0.00463
15.8	0.20972	0.14490	2.88	0.12861	0.00459
15.9	0.21174	0.14842	2.89	0.12896	0.00455
16.0	0.21377	0.15200	2.90	0.12931	0.00451
16.1	0.21581	0.15562	2.91	0.12966	0.00447
16.2	0.21786	0.15930	2.92	0.13001	0.00443
16.3	0.21992	0.16302	2.93	0.13036	0.00439
16.4	0.22200	0.16680	2.94	0.13071	0.00435
16.5	0.22408	0.17062	2.95	0.13106	0.00431
16.6	0.22617	0.17450	2.96	0.13141	0.00427
16.7	0.22827	0.17842	2.97	0.13176	0.00423
16.8	0.23038	0.18240	2.98	0.13211	0.00419
16.9	0.23249	0.18642	2.99	0.13246	0.00415
17.0	0.23461	0.19050	3.00	0.13281	0.00411
17.1	0.				

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGON I

### CRUZADAS - TIPO 2a

Empotramiento en un borde "X"

$\epsilon'_{x,y/lx}$	$\alpha$	$\beta$	$\kappa$	$\rho$	$\epsilon'_{x,y/lx}$	$\alpha$	$\beta$	$\kappa$	$\rho$
0.60	0.01172	0.07302	0.2447	0.7553	1.30	0.04697	0.01270	0.8772	0.1228
0.61	0.01222	0.07147	0.2571	0.7429	1.31	0.04702	0.01239	0.8804	0.1196
0.62	0.01273	0.06993	0.2696	0.7302	1.32	0.04736	0.01209	0.8836	0.1164
0.63	0.01324	0.06840	0.2825	0.7175	1.33	0.04770	0.01180	0.8867	0.1133
0.64	0.01375	0.06689	0.2955	0.7045	1.34	0.04803	0.01152	0.8896	0.1104
0.65	0.01427	0.06539	0.3086	0.6914	1.35	0.04835	0.01124	0.8925	0.1075
0.66	0.01479	0.06391	0.3217	0.6783	1.36	0.04867	0.01097	0.8953	0.1047
0.67	0.01532	0.06245	0.3350	0.6650	1.37	0.04899	0.01071	0.8980	0.1020
0.68	0.01584	0.06100	0.3483	0.6517	1.38	0.04929	0.01046	0.9007	0.0993
0.69	0.01638	0.05956	0.3617	0.6383	1.39	0.04960	0.01021	0.9032	0.0966
0.70	0.01691	0.05811	0.3751	0.6249	1.40	0.04989	0.00997	0.9057	0.0943
0.71	0.01745	0.05668	0.3885	0.6115	1.41	0.05019	0.00974	0.9081	0.0919
0.72	0.01799	0.05525	0.4019	0.5981	1.42	0.05047	0.00951	0.9104	0.0896
0.73	0.01853	0.05382	0.4152	0.5848	1.43	0.05075	0.00929	0.9127	0.0873
0.74	0.01908	0.05239	0.4285	0.5715	1.44	0.05103	0.00907	0.9149	0.0851
0.75	0.01962	0.05096	0.4418	0.5583	1.45	0.05130	0.00886	0.9170	0.0829
0.76	0.02018	0.05002	0.4546	0.5452	1.46	0.05157	0.00865	0.9191	0.0809
0.77	0.02073	0.04909	0.4675	0.5322	1.47	0.05183	0.00844	0.9211	0.0789
0.78	0.02128	0.04815	0.4804	0.5194	1.48	0.05209	0.00823	0.9230	0.0770
0.79	0.02184	0.04721	0.4934	0.5066	1.49	0.05234	0.00803	0.9249	0.0751
0.80	0.02239	0.04628	0.5069	0.4941	1.50	0.05259	0.00782	0.9268	0.0732

$\epsilon'_{x,y/lx}$	$\alpha$	$\beta$	$\kappa$	$\rho$	$\epsilon'_{x,y/lx}$	$\alpha$	$\beta$	$\kappa$	$\rho$
1.80	0.05830	0.00413	0.9633	0.0387					
1.81	0.05844	0.00405	0.9641	0.0389					
1.82	0.05858	0.00397	0.9648	0.0392					
1.83	0.05872	0.00389	0.9656	0.0394					
1.84	0.05886	0.00381	0.9663	0.0397					
1.85	0.05899	0.00374	0.9670	0.0399					
1.86	0.05913	0.00367	0.9677	0.0402					
1.87	0.05926	0.00359	0.9683	0.0404					
1.88	0.05939	0.00352	0.9690	0.0407					
1.89	0.05951	0.00346	0.9696	0.0409					
1.90	0.05963	0.00339	0.9702	0.0412					
1.91	0.05975	0.00332	0.9708	0.0414					
1.92	0.05987	0.00326	0.9714	0.0416					
1.93	0.05999	0.00320	0.9720	0.0418					
1.94	0.06011	0.00314	0.9725	0.0420					
1.95	0.06022	0.00308	0.9731	0.0422					
1.96	0.06033	0.00302	0.9736	0.0424					
1.97	0.06044	0.00296	0.9741	0.0426					
1.98	0.06055	0.00291	0.9746	0.0428					
1.99	0.06065	0.00285	0.9751	0.0429					

**Momentos de Tramo**

$$Mu_x \max = \alpha \cdot w_u \cdot l_x^2 \quad [\text{KNm/m}]$$

$$Mu_y \max = \beta \cdot w_u \cdot l_y^2 \quad [\text{KNm/m}]$$

**Momento de Apoyo**

$$Yu_{\max} = -\frac{1}{8} \rho \cdot w_u \cdot l_y^2 \quad [\text{KNm/m}]$$

$\epsilon'_{x,y/lx}$	$\alpha$	$\beta$	$\kappa$	$\rho$	$\epsilon'_{x,y/lx}$	$\alpha$	$\beta$	$\kappa$	$\rho$
1.80	0.03842	0.02102	0.7854	0.2146					
1.81	0.03890	0.02049	0.7915	0.2085					
1.82	0.03936	0.01997	0.7973	0.2027					
1.83	0.03982	0.01945	0.8030	0.1970					
1.84	0.04027	0.01897	0.8085	0.1915					
1.85	0.04072	0.01849	0.8139	0.1861					
1.86	0.04116	0.01803	0.8191	0.1809					
1.87	0.04160	0.01758	0.8241	0.1759					
1.88	0.04202	0.01714	0.8290	0.1710					
1.89	0.04245	0.01671	0.8337	0.1663					
1.90	0.04286	0.01629	0.8383	0.1617					
1.91	0.04327	0.01589	0.8427	0.1573					
1.92	0.04367	0.01549	0.8471	0.1529					
1.93	0.04407	0.01511	0.8512	0.1488					
1.94	0.04446	0.01473	0.8553	0.1447					
1.95	0.04485	0.01437	0.8592	0.1408					
1.96	0.04522	0.01402	0.8630	0.1370					
1.97	0.04559	0.01367	0.8667	0.1333					
1.98	0.04596	0.01334	0.8703	0.1297					
1.99	0.04633	0.01302	0.8738	0.1262					

$\epsilon'_{x,y/lx}$	$\alpha$	$\beta$	$\kappa$	$\rho$
1.86	0.03691	0.00264	0.9599	0.0401
1.87	0.03698	0.00258	0.9607	0.0393
1.88	0.03704	0.00253	0.9615	0.0385
1.89	0.03710	0.00248	0.9623	0.0377
1.90	0.03715	0.00244	0.9631	0.0369
1.91	0.03721	0.00239	0.9638	0.0362
1.92	0.03727	0.00234	0.9645	0.0355
1.93	0.03732	0.00230	0.9652	0.0348
1.94	0.03738	0.00225	0.9659	0.0341
1.95	0.03743	0.00221	0.9666	0.0334
1.96	0.03748	0.00217	0.9672	0.0328
1.97	0.03753	0.00213	0.9679	0.0321
1.98	0.03758	0.00209	0.9685	0.0315
1.99	0.03763	0.00205	0.9691	0.0309

**SOLICITACIONES EN LOSAS** Lámina (#)

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGON I

### CRUZADAS - TIPO 5

Empotramiento en dos bordes "Y"

$\epsilon'_{x,y/lx}$	$\alpha$	$\beta$	$\kappa$	$\rho$	$\epsilon'_{x,y/lx}$	$\alpha$	$\beta$	$\kappa$	$\rho$
0.60	0.00721	0.04836	0.2058	0.7942	1.30	0.03050	0.00924	0.8510	0.1490
0.61	0.00757	0.04755	0.2169	0.7831	1.31	0.03069	0.00901	0.8549	0.1451
0.62	0.00794	0.04673	0.2281	0.7719	1.32	0.03088	0.00880	0.8586	0.1414
0.63	0.00831	0.04591	0.2396	0.7604	1.33	0.03106	0.00858	0.8622	0.1378
0.64	0.00868	0.04508	0.2512	0.7488	1.34	0.03124	0.00837	0.8657	0.1343
0.65	0.00907	0.04426	0.2631	0.7369	1.35	0.03142	0.00817	0.8692	0.1308
0.66	0.00945	0.04343	0.2751	0.7249	1.36	0.03159	0.00798	0.8725	0.1275
0.67	0.00984	0.04261	0.2873	0.7127	1.37	0.03176	0.00778	0.8757	0.1243
0.68	0.01023	0.04178	0.2996	0.7005	1.38	0.03192	0.00760	0.8788	0.1212
0.69	0.01063	0.04096	0.3119	0.6881	1.39	0.03209	0.00742	0.8819	0.1181
0.70	0.01103	0.04013	0.3246	0.6756	1.40	0.03224	0.00724	0.8848	0.1152
0.71	0.01143	0.03932	0.3370	0.6630	1.41	0.03240	0.00707	0.8877	0.1123
0.72	0.01184	0.03851	0.3496	0.6504	1.42	0.03255	0.00690	0.8905	0.1095

$\epsilon'_{x,y/lx}$	$\alpha$	$\beta$	$\kappa$	$\rho$
1.86	0.03691	0.00264	0.9599	0.0401
1.87	0.03698	0.00258	0.9607	0.0393
1.88	0.03704	0.00253	0.9615	0.0385
1.89	0.03710	0.00248	0.9623	0.0377
1.90	0.03715	0.00244	0.9631	0.0369
1.91	0.03721	0.00239	0.9638	0.0362
1.92	0.03727	0.00234	0.9645	0.0355
1.93	0.03732	0.00230	0.9652	0.0348
1.94	0.03738	0.00225	0.9659	0.0341
1.95	0.03743	0.00221	0.9666	0.0334
1.96	0.03748	0.00217	0.9672	0.0328
1.97	0.03753	0.00213	0.9679	0.0321
1.98	0.03758	0.00209	0.9685	0.0315
1.99	0.03763	0.00205	0.9691	0.0309

**Momentos de Tramo**

$$Mu_x \max = \alpha \cdot w_u \cdot l_x^2 \quad [\text{KNm/m}]$$

$$Mu_y \max = \beta \cdot w_u \cdot l_y^2 \quad [\text{KNm/m}]$$

**Momentos de Apoyo**

$$Yu_{\max} = -\frac{1}{12} \rho \cdot w_u \cdot l_y^2 \quad [\text{KNm/m}]$$

$$Xu_{\max} = -\frac{1}{8} \kappa \cdot w_u \cdot l_x^2 \quad [\text{KNm/m}]$$

$\epsilon'_{x,y/lx}$	$\alpha$	$\beta$	$\kappa$	$\rho$
1.86	0.02731	0.01314	0.7836	0.2164
1.87	0.02762	0.01281	0.7894	0.2106
1.88	0.02787	0.01249	0.7950	0.2050
1.89	0.02811	0.01218	0.8004	0.1996
1.90	0.02835	0.01187	0.8057	0.1943
1.91	0.02859	0.01157	0.8109	0.1891
1.92	0.02882	0.01129	0.8159	0.1841
1.93	0.02904	0.01100	0.8207	0.1793
1.94	0.02926	0.01073	0.8254	0.1746
1.95	0.02948	0.01047	0.8300	0.1700
1.96	0.02969	0.01021	0.8345	0.1655
1.97	0.02990	0.00996	0.8388	0.1612
1.98	0.03010	0.00971	0.8430	0.1570
1.99	0.03030	0.00947	0.8471	0.1529

$\epsilon'_{x,y/lx}$	$\alpha$	$\beta$	$\kappa$	$\rho$
1.86	0.03691	0.00264	0.9599	0.0401
1.87	0.03698	0.00258	0.9607	0.0393
1.88	0.03704	0.00253	0.9615	0.0385
1.89	0.03710	0.00248	0.9623	0.0377
1.90	0.03715	0.00244	0.9631	0.0369
1.91	0.03721	0.00239	0.9638	0.0362
1.92	0.03727	0.00234	0.9645	0.0355
1.93	0.03732	0.00230	0.9652	0.0348
1.94	0.03738	0.00225	0.9659	0.0341
1.95	0.03743	0.00221	0.9666	0.0334
1.96	0.03748	0.00217	0.9672	0.0328
1.97	0.03753	0.00213	0.9679	0.0321
1.98	0.03758	0.00209	0.9685	0.0315
1.99	0.03763	0.00205	0.9691	0.0309

**SOLICITACIONES EN LOSAS** Lámina (#)

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

### COMPATIBILIZACIÓN DE APOYOS

Losas Unidireccionales continuas

Como el modelo de cálculo contempla la continuidad de las losas, la relación de luces y diferencias de cargas, el valor del momento de apoyo surge del esquema indicado en la figura

**NO HACE FALTA COMPATIBILIZAR APOYOS**

Lámina <#>

SOLICITACIONES EN LOSAS

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

### COMPATIBILIZACIÓN DE APOYOS

Losas Cruzadas simétricas

$Lx_1 = Lx_2$   
 $h_1 = h_2$   
 $W_{u1} = W_{u2}$

Por la condición de simetría geométrica y de cargas entre las dos losas, resulta:

$Xu_1 = Xu_2$

**NO HACE FALTA COMPATIBILIZAR APOYOS**

$Xu = Xu_1 = Xu_2$

Lámina <#>

SOLICITACIONES EN LOSAS

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

**COMPATIBILIZACIÓN DE APOYOS**

Losas Cruzadas no simétricas  
 $Lx_1 < Lx_2$  y  $h_1 \leq h_2$

Condiciones:  $w_{u1} \approx w_{u2}$   
 $lx_1 / lx_2 \geq 0.75$   
 $h_2 - h_1 \leq 2 \text{ cm}$

**Resultado:  $Xu_1 \neq Xu_2$**

¿ Que valor de momento  $Xu$  adoptamos para dimensionar el apoyo?

**HAY QUE COMPATIBILIZAR APOYOS**  $\Rightarrow$   **$Xu$**

Lámina (#)

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

**COMPATIBILIZACIÓN DE APOYOS**

Losas cruzadas con losa cruzada

$$X_p = \frac{Xu_1 + Xu_2}{2}$$

Si  $Xu_1 < Xu_2$  :  $Xu_2 - Xu_1 \leq 0.4 X_p$

Momento resultante en apoyo

$X_p$

Momentos resultantes en tramo

" $Mu_{x1}$ " - " $Mu_{y1}$ " - " $Mu_{x2}$ " - " $Mu_{y2}$ "

Lámina (#)

**COMPATIBILIZACIÓN DE APOYOS**

Losas cruzadas con losa cruzada

$X_p = \frac{X_{u1} + X_{u2}}{2}$

Si  $X_{u1} < X_{u2}$  :
 $X_{u2} - X_{u1} > 0.4 X_p$

Momento resultante en apoyo
Momentos resultantes en tramos

$X_{u1}$ 
" $M_{u_{x1}}$ " - " $M_{u_{y1}}$ " - " $M_{u_{x2}}$ " - " $M_{u_{y2}}$ "

Para el tramo de L2

SOLICITACIONES EN LOSAS

Lámina (#)

**COMPATIBILIZACIÓN DE APOYOS**

Losas cruzadas con losa unidireccional

$X_p = \frac{X_{u1} + X_{u2}}{2}$

Si  $X_{u1} < X_{u2}$  :
 $X_{u2} - X_{u1} \leq 0.4 X_p$

Momento resultante en apoyo
Momentos resultantes en tramo

$X_p$ 
" $M_{u_{x1}}$ " - " $M_{u_{y1}}$ " - " $M_{u_{x2}}$ "

Para el tramo de L2

SOLICITACIONES EN LOSAS

Lámina (#)

**COMPATIBILIZACIÓN DE APOYOS**

Losas cruzadas con losa unidireccional

$X_p = \frac{X_{u1} + X_{u2}}{2}$

**Si  $X_{u1} < X_{u2}$  :**     **$X_{u2} - X_{u1} > 0.4 X_p$**

Para el tramo de L2

Momento resultante en apoyo                      Momentos resultantes en tramos  
 $X_{u1}$     " $M_{u_{x1}}$ " - " $M_{u_{y1}}$ " - " $M_{u_{x2}}$ "

SOLICITACIONES EN LOSAS Lámina #

**COMPATIBILIZACIÓN DE APOYOS**

Losas cruzadas con losa unidireccional

$X_p = \frac{X_{u1} + X_{u2}}{2}$

**Si  $X_{u1} > X_{u2}$  :**     **$X_{u1} - X_{u2} \leq 0.4 X_p$**

Momento resultante en apoyo                      Momentos resultantes en tramos  
 $X_p$     " $M_{u_{x1}}$ " - " $M_{u_{y1}}$ " - " $M_{u_{x2}}$ "

Zona M<sup>-</sup>  
 $X_{u2}$     M<sup>+</sup> minimo regl.

SOLICITACIONES EN LOSAS Lámina #

**COMPATIBILIZACIÓN DE APOYOS**

Losas cruzadas con losa unidireccional

$X_{u1}$   $X_{u2}$

$X_p = \frac{X_{u1} + X_{u2}}{2}$

Si  $X_{u1} > X_{u2}$  :  $X_{u1} - X_{u2} > 0.4 X_p$  Para el tramo de L1

Momento resultante en apoyo

$X_{u2}$

Momentos resultantes en tramos

" $M_{u_{x1}}$ " - " $M_{u_{y1}}$ " - " $M_{u_{x2}}$ "

$X_{u2}$

L2

**SOLICITACIONES EN LOSAS** Lámina #

**COMPATIBILIZACIÓN DE APOYOS**

Losas cruzadas con voladizos

$X_{u1}$   $X_{u2}$

$X_{u2}$

$X_{u1D}$

$X_{u1} = X_{u1D} + X_{u1L}$

Si  $X_{u1D} < X_{u2}$  :  $X_{u2} - X_{u1D} > 0.2 X_{u1D}$  Para el tramo de L2

Momento resultante en apoyo

El voladizo siempre con  $X_{u1}$

Momentos resultantes en tramos

" $M_{u_{x2}}$ " - " $M_{u_{y2}}$ "

L2

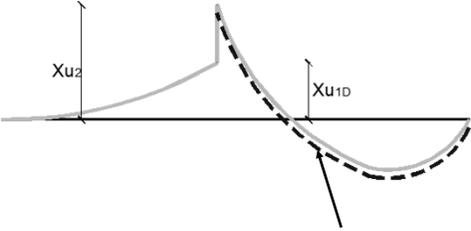
**SOLICITACIONES EN LOSAS** Lámina #

**COMPATIBILIZACIÓN DE APOYOS**

Losas cruzadas con voladizos


 $Xu_1$


 $Xu_2$



$Xu_1 = Xu_{1D} + Xu_{1L}$

Si  $Xu_{1D} < Xu_2$  :

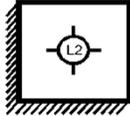
$Xu_2 - Xu_{1D} \leq 0.2 Xu_{1D}$

Para el tramo de L2

Momento resultante en apoyo

El voladizo siempre con  $Xu_1$

Momentos resultantes en tramos  
"Mu<sub>x2</sub>" - "Mu<sub>y2</sub>"

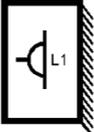


**SOLICITACIONES EN LOSAS**

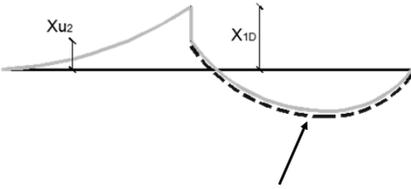
Lámina (#)

**COMPATIBILIZACIÓN DE APOYOS**

Losas cruzadas con voladizos


 $Xu_1$


 $Xu_2$



$Xu_1 = Xu_{1D} + Xu_{1L}$

Si  $Xu_{1D} > Xu_2$  :

Momento resultante en apoyo

El voladizo siempre con  $Xu_1$

Momentos resultantes en tramos  
"Mu<sub>x2</sub>" - "Mu<sub>y2</sub>"



**SOLICITACIONES EN LOSAS**

Lámina (#)

**COMPATIBILIZACIÓN DE APOYOS**

**CONCLUSIÓN:**

La compatibilización entre apoyos es un procedimiento aproximado que se utiliza para determinar el momento de dimensionamiento de un apoyo en común.

**¿POR QUE SE APLICA?**

Porque por el método de Marcus Löser, para el mismo apoyo se obtienen dos valores diferentes de momentos.

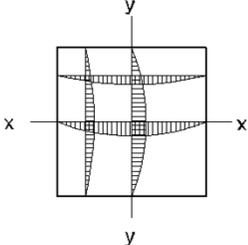
**¿QUE LOSAS INTERVIENEN?**

Siempre interviene una losa cruzada, porque ésta se calcula mediante tablas, y cada una en forma independiente, sin considerar las relaciones entre luces y cargas de las losas contiguas.

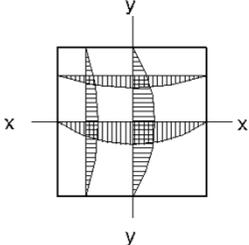
Entonces:      Losa cruzadas - Losa cruzadas  
                      Losa cruzada - Losa unidireccional  
                      Losa cruzada - voladizos

SOLICITACIONES EN LOSAS Lámina #

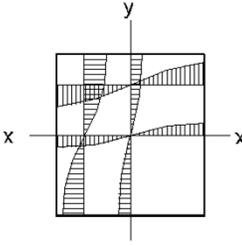
**ESFUERZOS EN LOSAS CRUZADAS**



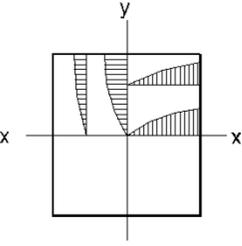
Deformaciones



Momentos  $Mu_x$  y  $Mu_y$

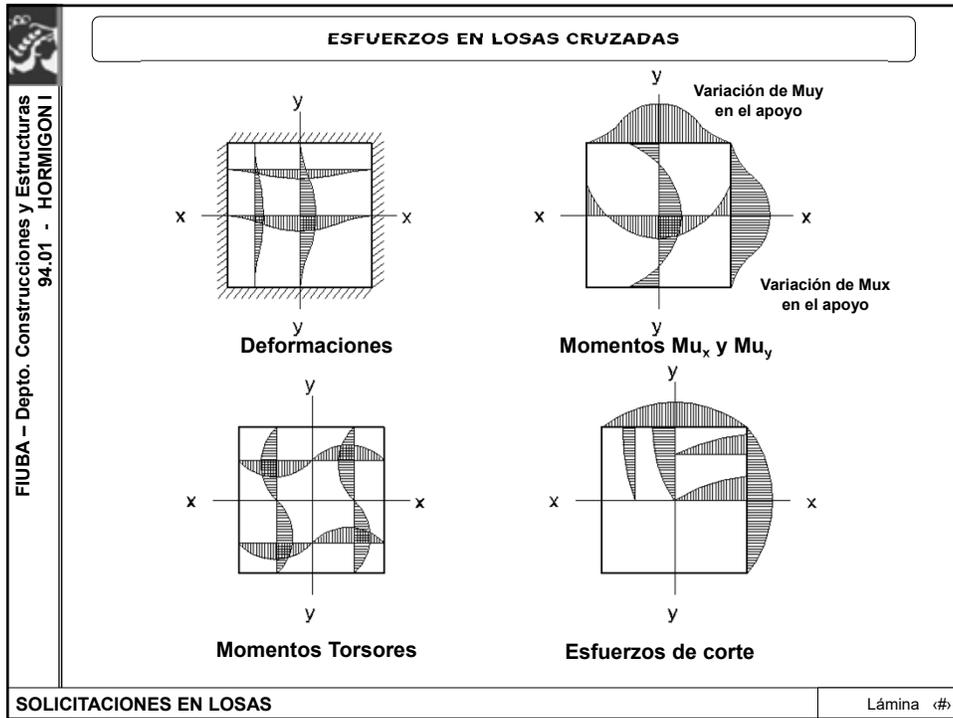


Momentos Torsores



Esfuerzos de corte

SOLICITACIONES EN LOSAS Lámina #



**BIBLIOGRAFÍA**

**BIBLIOGRAFÍA :**

- **Apuntes de cátedra.** Hormigón I de la FIUBA
- **Curso de Placas Planas.** Ing. M. Fioravanti – Ing. Tomas Del Carril

SOLICITACIONES EN LOSAS Lámina (#)



FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGON I

FIN –  
SOLICITACIONES  
EN LOSAS

GRACIAS POR SU ATENCION !!!

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

HORMIGÓN I (74.01 y 94.01)

**MATERIALES:  
EL HORMIGÓN y EL ACERO**

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

El objetivo de esta clase es repasar el comportamiento de los materiales que componen el hormigón armado (HORMIGÓN + ACERO), enfocando el tema desde el punto de vista estructural, es decir, pensando en cómo incide ese comportamiento en una estructura y presentando algunas hipótesis generalmente aceptadas.

MATERIALES: EL HORMIGÓN y EL ACERO

Lámina 2

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
 94.01 - HORMIGÓN I

## EL HORMIGÓN

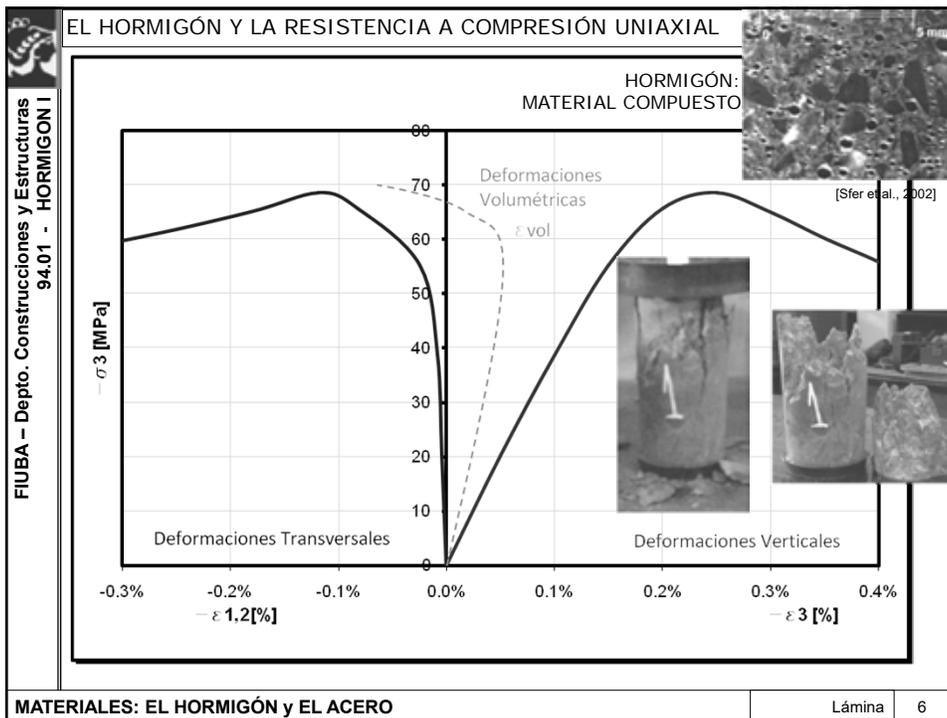
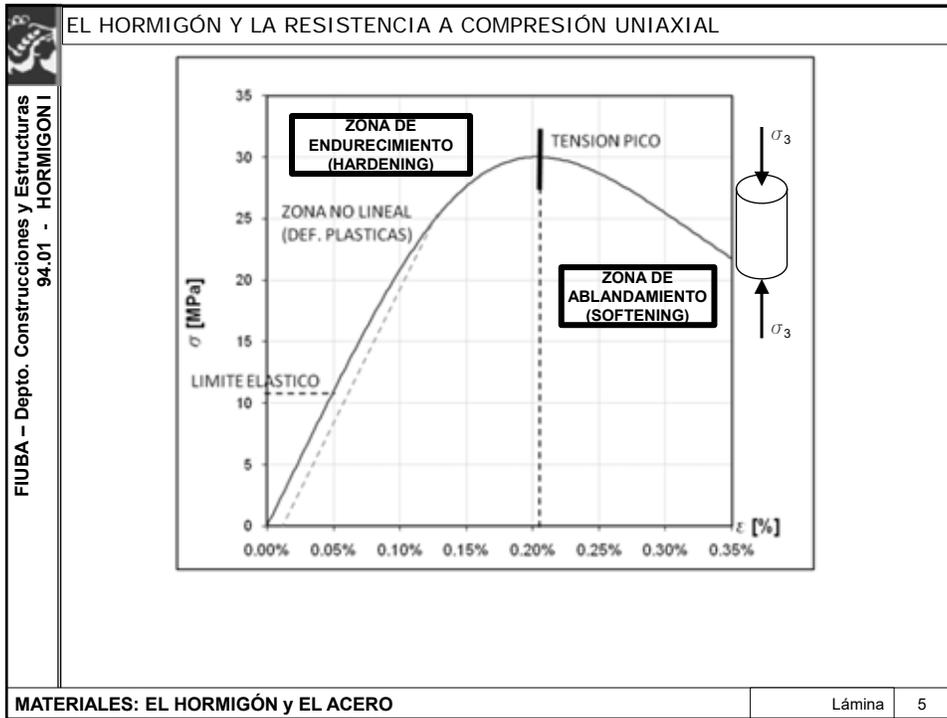
MATERIALES: EL HORMIGÓN y EL ACERO
Lámina 3

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
 94.01 - HORMIGÓN I

### EL HORMIGÓN Y LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN UNIAXIAL

DISPERSIÓN DE RESULTADOS

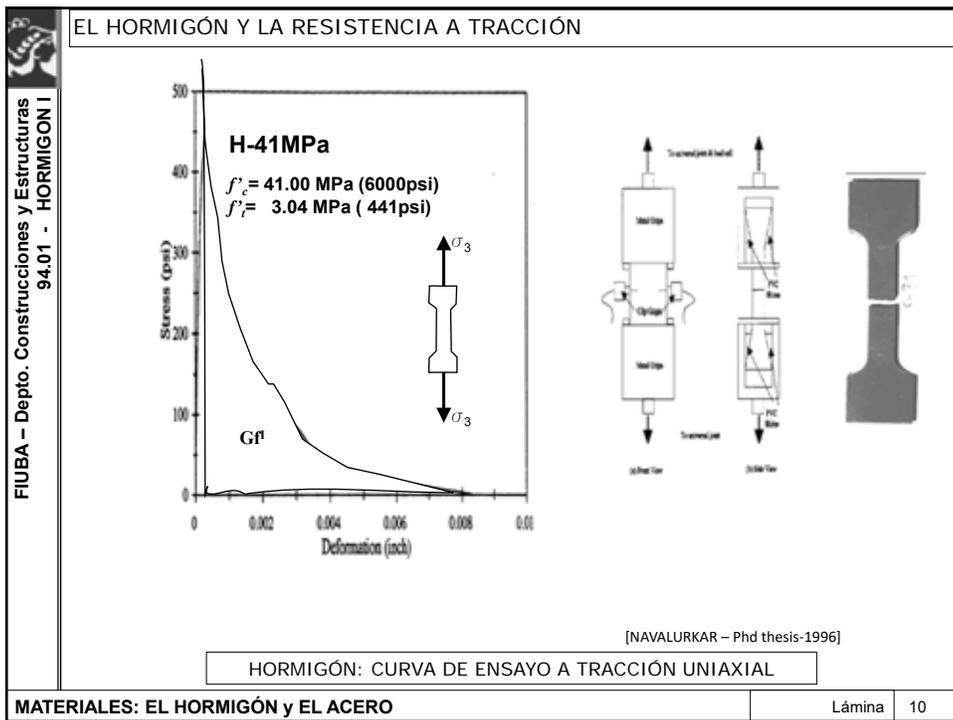
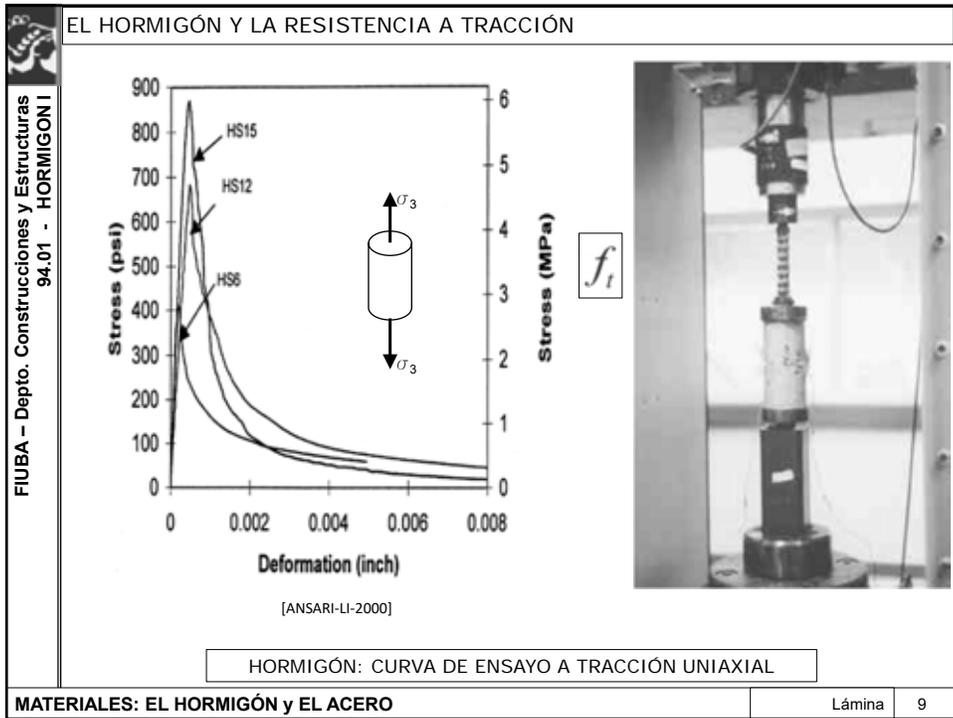
MATERIALES: EL HORMIGÓN y EL ACERO
Lámina 4



 FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I	EL HORMIGÓN Y LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN
	<p>QUÉ SUCEDE SI ENSAYAMOS A 28 DÍAS O A 90 DÍAS?</p> <p>QUÉ SUCEDE SI UTILIZAMOS OTRAS FORMAS O TAMAÑOS DE PROBETAS?</p> <p>QUÉ SUCEDE SI CAMBIAMOS EL DISPOSITIVO DE ENSAYO?</p> <p>O SI CAMBIAMOS LA TEMPERATURA DE ENSAYO...</p> <p>O SI MANTENEMOS LA CARGA APLICADA....</p> <p style="text-align: center;">CAMBIA LA CURVA OBTENIDA !!</p>
MATERIALES: EL HORMIGÓN y EL ACERO	Lámina 7



 FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I	en una estructura:
MATERIALES: EL HORMIGÓN y EL ACERO	Lámina 8



FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

### EL HORMIGÓN Y LA RESISTENCIA A TRACCIÓN

ENSAYOS ALTERNATIVOS PARA EVALUAR LA TRACCIÓN DE MANERA "INDIRECTA":

TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL  
(SPLITTING TEST)

$$f_{ct} = \frac{2.P}{\pi.l.D}$$

ENSAYO DE CUÑA  
(WEDGE TEST)

[Figuras: Østergaard, 2003]  
[NORMA ASTM C 496 – 2004]

MATERIALES: EL HORMIGÓN y EL ACERO	Lámina	11
------------------------------------	--------	----

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

### EL HORMIGÓN Y LA RESISTENCIA A FLEXOTRACCIÓN

ENSAYOS ALTERNATIVOS PARA EVALUAR LA TRACCIÓN DE MANERA "INDIRECTA":

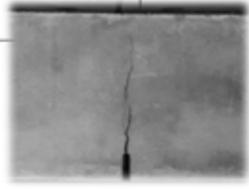
$$f_r = \frac{6.M}{b.h^2} > f_t$$

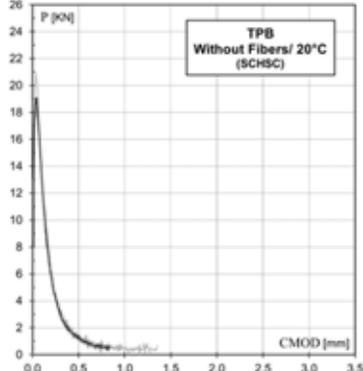
MATERIALES: EL HORMIGÓN y EL ACERO	Lámina	12
------------------------------------	--------	----

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
 94.01 - HORMIGÓN I

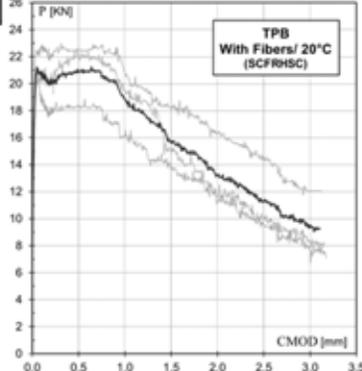
### EL HORMIGÓN Y LA RESISTENCIA A TRACCIÓN

ENSAYOS ALTERNATIVOS  
Three point beam test (TPB)



TPB  
Without Fibers/ 20°C  
(SCHSC)



TPB  
With Fibers/ 20°C  
(SCFRHSC)

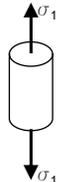
Xargay, H.; Folino, P.; Sambataro, L.; Else, G.; "Temperature effects on failure behavior of self-compacting high strength plain and fiber reinforced concrete", Construction and Building Materials, V.165, pp 723-734 (2018)

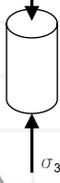
MATERIALES: EL HORMIGÓN y EL ACERO	Lámina	13
------------------------------------	--------	----

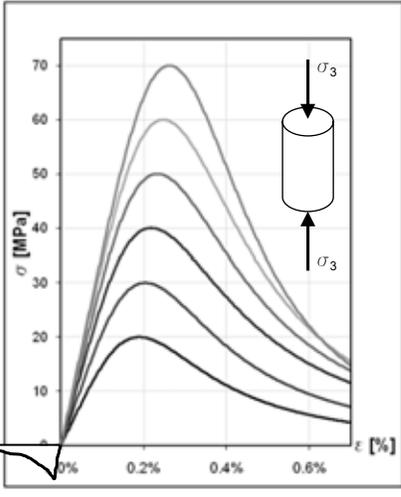
FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
 94.01 - HORMIGÓN I

### EL HORMIGÓN - RESISTENCIA A COMPRESIÓN versus RESISTENCIA A TRACCIÓN

$f_t \cong 7\% \text{ al } 15\% \text{ de } f_c$





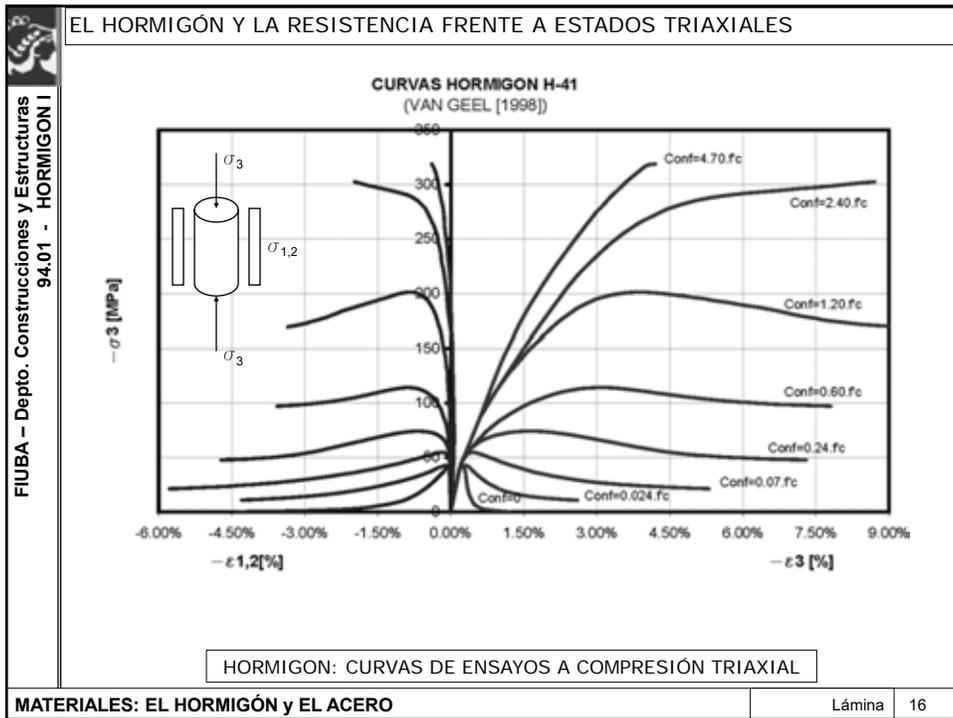
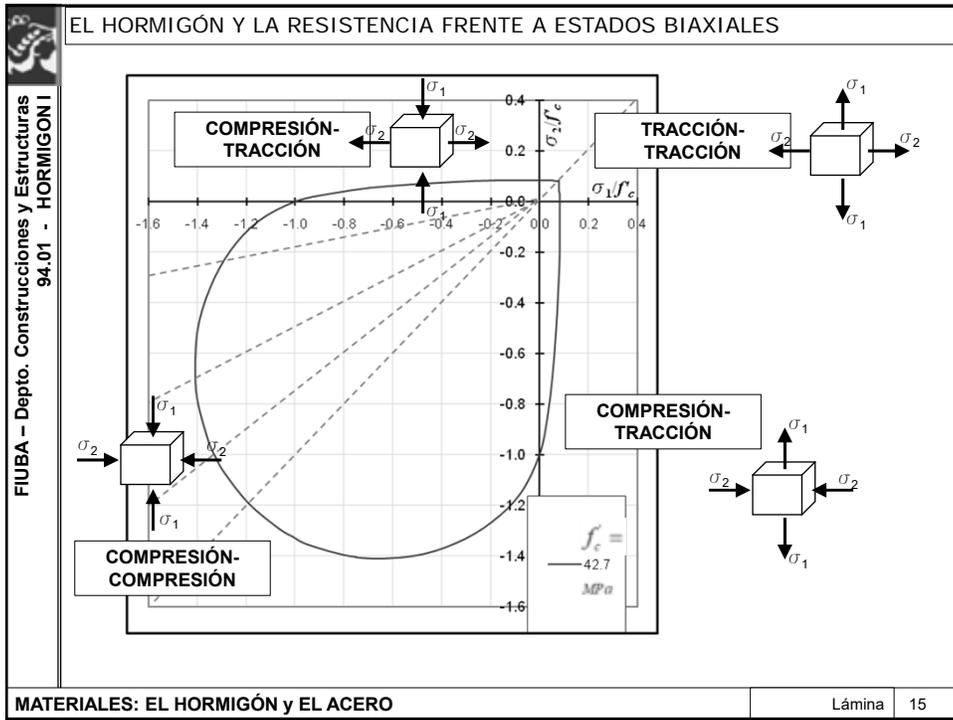


↑ COMPRESIÓN

---

↓ TRACCIÓN

MATERIALES: EL HORMIGÓN y EL ACERO	Lámina	14
------------------------------------	--------	----



FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

EL COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN VARÍA CON EL ESTADO DE TENSIONES  
PRESENTA DISTINTAS FORMAS DE FALLA

<p>CUASIFRÁGIL</p>  <p>COMPRESIÓN UNIAXIAL [LMNI, FIUBA, 2007]</p>	<p>CUASIDÚCTIL</p>  <p>COMPRESIÓN TRIAXIAL [Sfer et al., 2002]</p>	<p>FRÁGIL</p>  <p>TRACCIÓN UNIAXIAL [Reinhardt et al., 1998]</p>
---	---	---

MATERIALES: EL HORMIGÓN y EL ACERO

Lámina 17

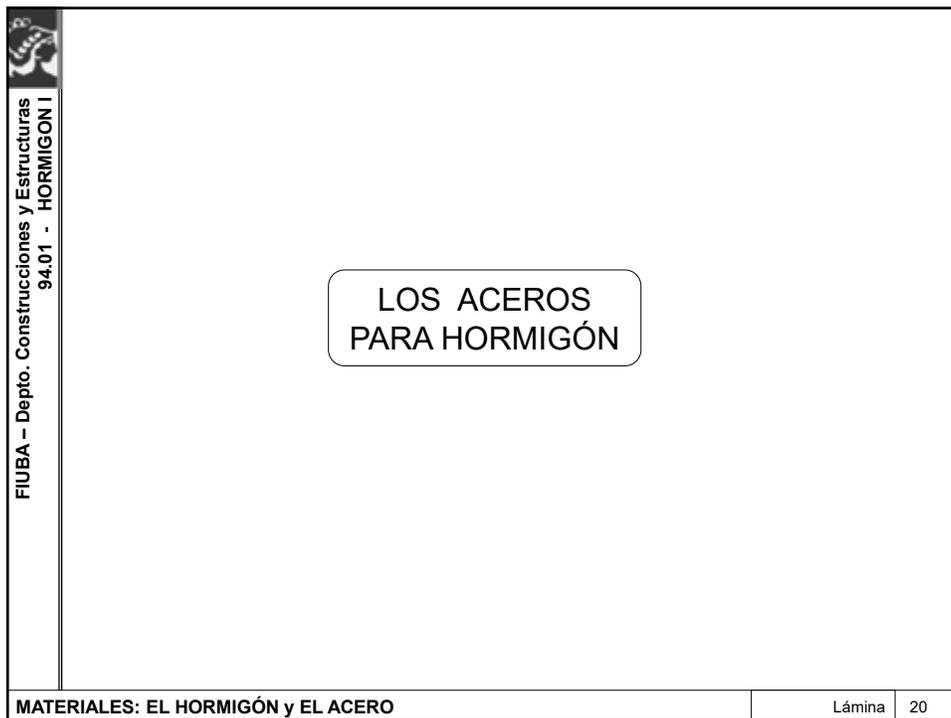
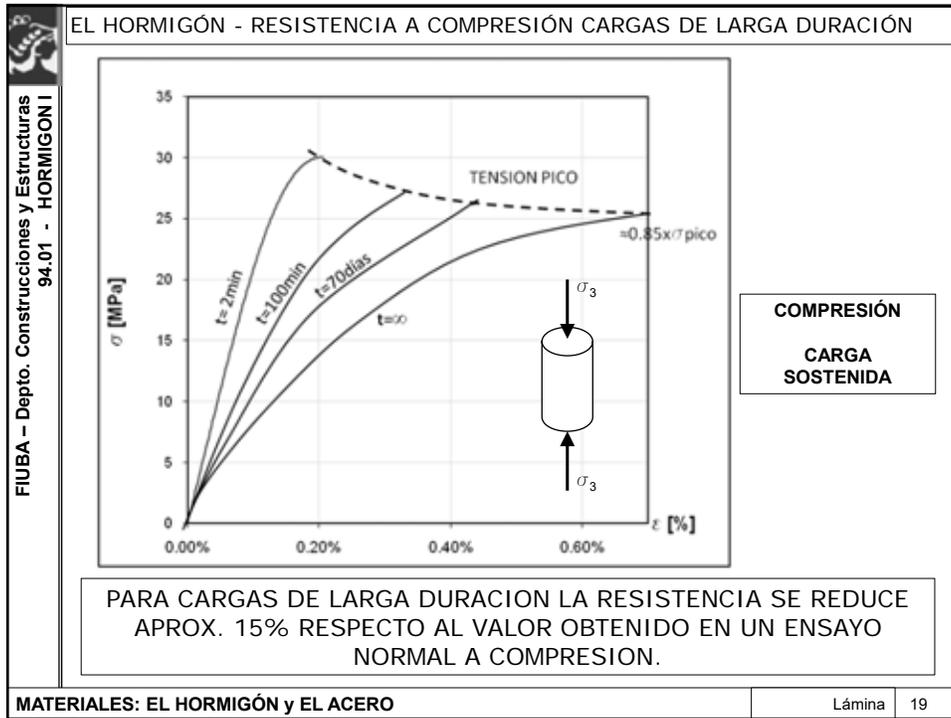
FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

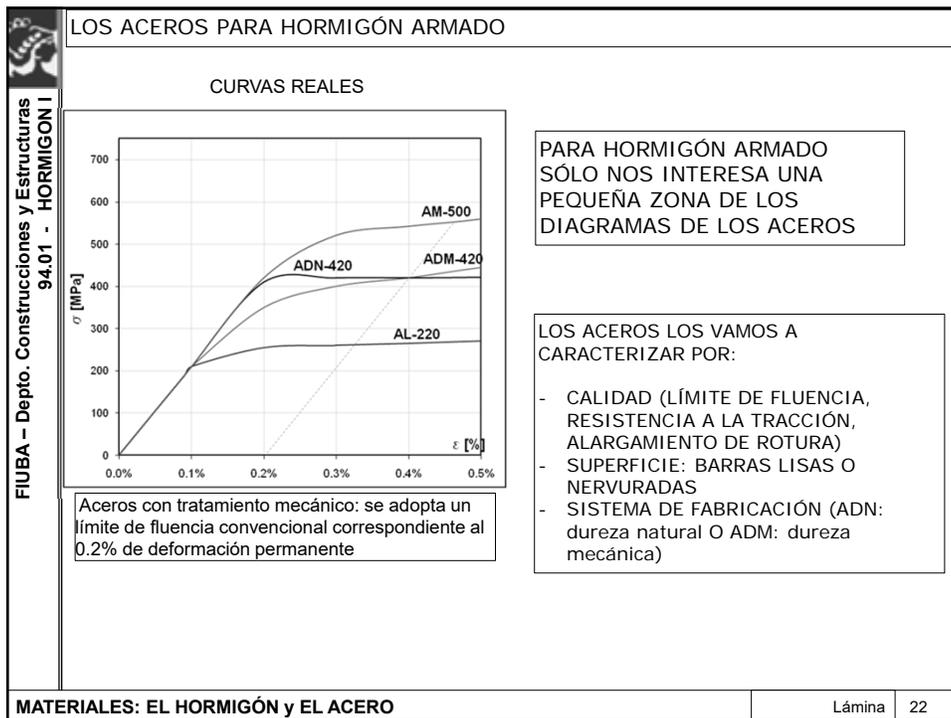
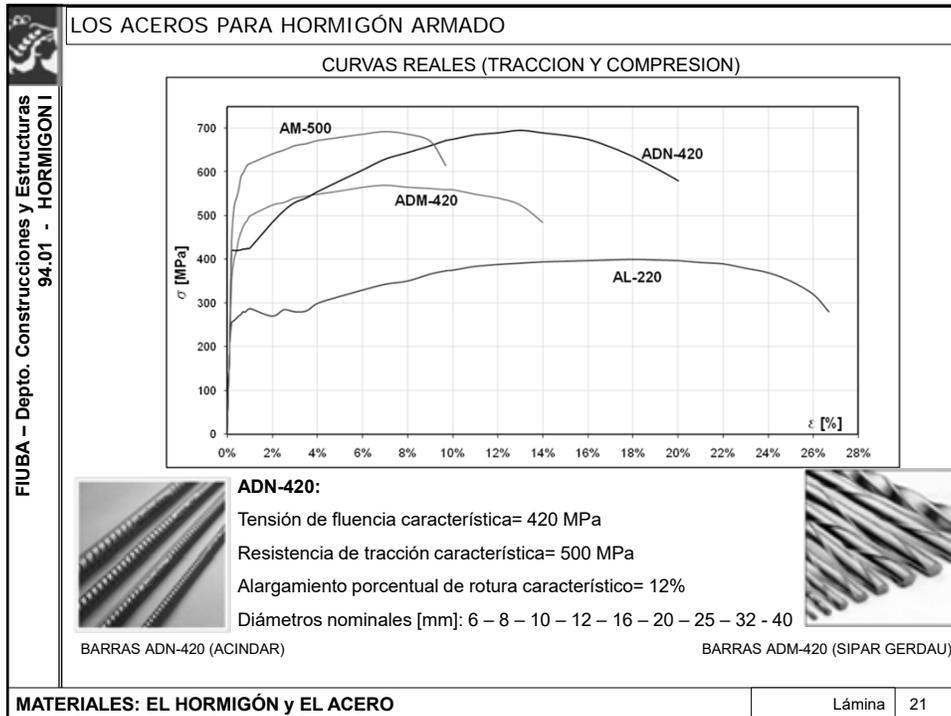
LAS DEFORMACIONES DEL HORMIGÓN

- DEFORMACIONES INDEPENDIENTES DE LAS CARGAS
  - RETRACCIÓN POR SECADO
  - CAMBIOS VOLUMÉTRICOS DEBIDOS A VARIACIÓN DE TEMPERATURA
- DEFORMACIONES DEPENDIENTES DE LAS CARGAS
  - DEFORMACIONES ELÁSTICAS
  - DEFORMACIONES PLÁSTICAS
  - FLUENCIA LENTA

MATERIALES: EL HORMIGÓN y EL ACERO

Lámina 18





FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

LAS RELACIONES CONSTITUTIVAS SIMPLIFICADAS

MATERIALES: EL HORMIGÓN y EL ACERO Lámina 23

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

HEMOS VISTO QUE EL HORMIGÓN ES UN MATERIAL COMPLEJO

MODELOS SIMPLIFICADOS      MODELOS COMPLEJOS

AÚN HOY ES UN MATERIAL QUE SE INVESTIGA DE MANERA DE PODER PREDECIR CON MÁS EXACTITUD SU COMPORTAMIENTO

MATERIALES: EL HORMIGÓN y EL ACERO Lámina 24

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

EN ESTE CURSO NOS VAMOS A LIMITAR A HORMIGONES DE RESISTENCIA NORMAL  
 $f'c \leq 60$  MPa

VAMOS A UTILIZAR LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN UNIAXIAL COMO PARÁMETRO FUNDAMENTAL

MATERIALES: EL HORMIGÓN y EL ACERO Lámina 25

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

### CÓMO TRATAMOS EL PROBLEMA DE LA DISPERSIÓN?

$f'_{ci}$ : Resistencia de un ensayo [MPa];

$n$ : Cantidad de ensayos [---]

$f'_{cm}$ : Resistencia media [MPa]  $f'_{cm} = \frac{\sum_1^n f'_{ci}}{n}$

$s_n$ : Desviación estándar [MPa]  $s_n = \sqrt{\frac{\sum_1^n [(f'_{ci} - f'_{cm})^2]}{n-1}}$

$\delta$ : Coeficiente de variación [---]  $\delta = \frac{s_n}{f'_{cm}}$

DEFINIMOS LA "RESISTENCIA ESPECIFICADA O RESISTENCIA CARACTERÍSTICA de ROTURA A COMPRESIÓN"

$f'_c = f'_{cm} - 1.28 s_n$

Es la resistencia cuyo valor tiene la probabilidad de ser superado por un determinado % de resultados de ensayo. CIRSOC actual: 90%

MATERIALES: EL HORMIGÓN y EL ACERO Lámina 26

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

- PARA EL DISEÑO, SE DEBE SELECCIONAR UNA CALIDAD DE HORMIGÓN.  
- PARA EL ANÁLISIS DE ESTRUCTURAS EXISTENTES SE DEBE DETERMINAR LA CALIDAD DEL HORMIGÓN.

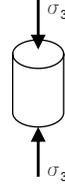
TIPOS DE RESISTENCIA	Clase de hormigón	Resistencia especificada a compresión $f'_c$ (MPa)	A utilizar en hormigones
H-13	H-15	15	simple
H-17	H-20	20	simple y armados
H-21	H-25	25	Simple, armados y pretensados
H-30	H-30	30	
H-38	H-35	35	
H-47	H-40	40	
	H-45	45	
	H-50	50	
	H-60	60	

Ej. H-21 →  
 $\sigma'_{bk} = 21 \text{ MPa}$

CIRSOC 1982

CIRSOC 2005 (ACI)  
EN VIGENCIA

Ej. H-25 →  
 $f'_c = 25 \text{ MPa}$



**MATERIALES: EL HORMIGÓN y EL ACERO**

Lámina 27

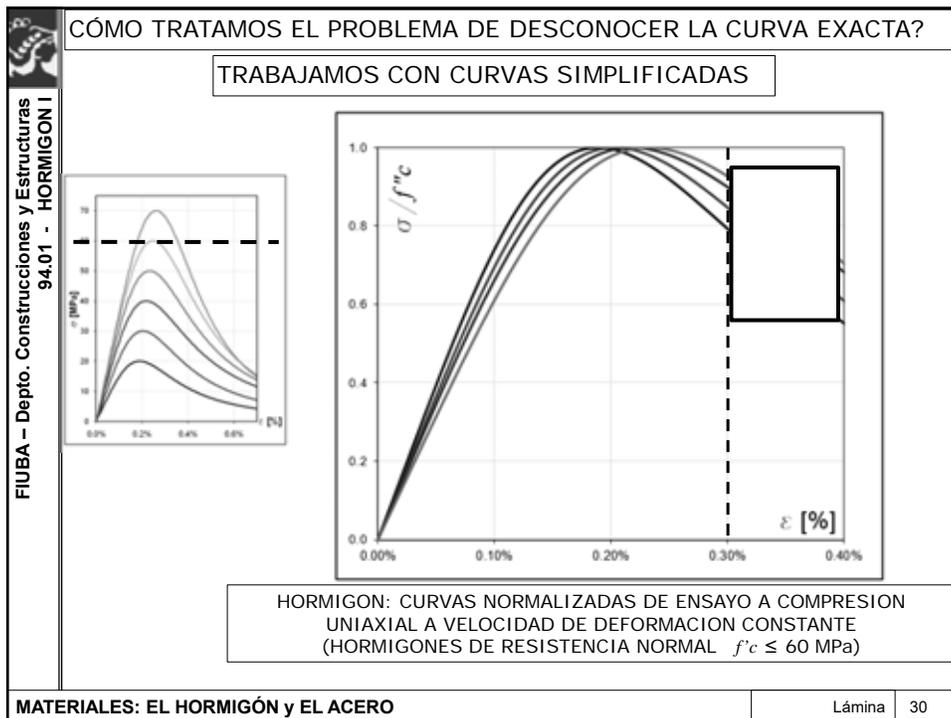
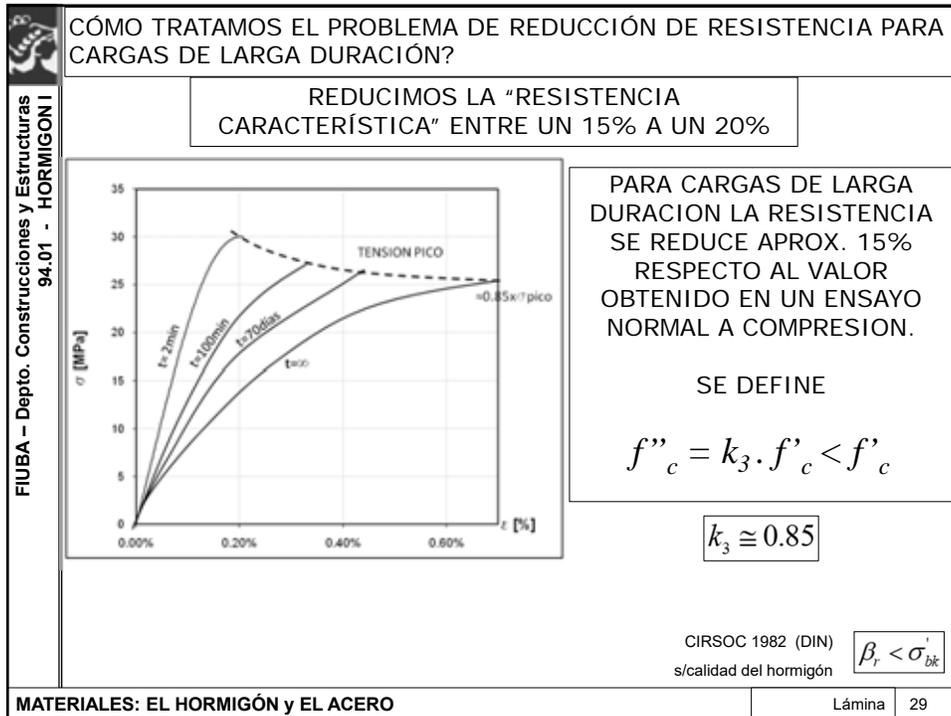
FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

Tabla 9.6.3. Valor mínimo de  $f'_c$  a especificar en el proyecto estructural en función de las condiciones de exposición. (Ver la Tabla 2.5.)

Clases de exposición (Tablas 2.1. y 2.2.)	Medio ambiente en contacto con la estructura	$f'_{c, min}$ (MPa)	
		hormigón armado	hormigón pretensado
A1	• Interiores de edificios no sometidos a condensaciones	20	20
	• Exteriores de edificios, revestidos. Hormigón masivo interior		
A2	• Ambientes rurales y climas desérticos, con precipitación media anual $\geq 250$ mm	25	30
	• Ambientes húmedos o muy húmedos (HR $\geq 85$ % o con condensaciones) y temperatura moderada a fría, sin congelación		
A3	• Exteriores expuestos a lluvias con precipitación media anual $\geq 600$ mm	30	35
	• Elementos enterrados en suelos húmedos o sumergidos		
M1	• Climas tropical y subtropical (precipitación media anual $\geq 1000$ mm y temperatura media mensual durante más de 6 meses al año $\geq 25$ °C).	30	35
Q1	• Ambiente marino, a más de 1 km de la línea de marea alta y contacto eventual con aire saturado de sales (").	30	30
C1	• Ambientes con agresividad química moderada	30	30
C2	• Congelación y deshielo sin uso de sales descongelantes.	35	35
CL	• Congelación y deshielo con uso de sales descongelantes.	35	35
M2	• Superficies de hormigón expuestas al rociado o la fluctuación del nivel de agua con cloruros. Hormigón expuesto a aguas naturales contaminadas por desagües industriales.	35	40
Q2	• Superficies de hormigón expuestas al rociado o la fluctuación del nivel de agua con cloruros. Hormigón expuesto a aguas naturales contaminadas por desagües industriales.	35	40
M3	• Ambiente marino: a menos de 1 km de la línea de marea alta y contacto permanente o frecuente con aire saturado con sales; sumergidos en agua de mar, por debajo del nivel mínimo de mareas.	40	45
Q3	• Ambiente marino, en la zona de fluctuación de mareas o expuesto a salpicaduras del mar	40	45
Q3	• Ambientes con agresividad química muy fuerte.	40	45

**MATERIALES: EL HORMIGÓN y EL ACERO**

Lámina 28



FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

H° - LEYES CONSTITUTIVAS CONVENCIONALES: CIRSOC 201-2005

$$f_{c(y)} = \begin{cases} = k_3 f'_c \left[ 2 \frac{\varepsilon_{c(y)}}{\varepsilon_0} - \left( \frac{\varepsilon_{c(y)}}{\varepsilon_0} \right)^2 \right] & \text{para: } \varepsilon_{c(y)} \leq \varepsilon_0 \\ = k_3 f'_c \left[ 1 - k_0 \left( \frac{\varepsilon_{c(y)} - \varepsilon_0}{\varepsilon_0} \right) \right] & \text{para: } \varepsilon_{c(y)} > \varepsilon_0 \end{cases}$$

(deformaciones en valor absoluto)

$k_3 \cong 0.85$   
 $k_0 \cong 0.15$

10.2.6. La relación entre la tensión de compresión en el hormigón y la deformación específica del hormigón, se debe suponer rectangular, trapezoidal, parabólica, o de cualquier otra forma que dé origen a una predicción de la resistencia que coincida en forma sustancial con los resultados de ensayos.

MATERIALES: EL HORMIGÓN y EL ACERO

Lámina 31

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

H° - LEYES CONSTITUTIVAS CONVENCIONALES: CIRSOC 201-2005

BLOQUE RECTANGULAR EQUIVALENTE PARA LAS TENSIONES DE COMPRESIÓN EN EL HORMIGÓN

MATERIALES: EL HORMIGÓN y EL ACERO

Lámina 32

H° - LEYES CONSTITUTIVAS CONVENCIONALES: CIRSOC 201-2005

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

**Bloque Rectangular Equivalente Simplificado**

$f_c$  [MPa]

$\alpha_1 f'_c = 0.85 f'_c$

$\alpha_1 = 0.85$

$a = \beta_1 \cdot c$

$\epsilon_{cu} = 3\text{‰}$

$\epsilon$  [‰]

$c$ : profundidad del eje neutro

**BLOQUE RECTANGULAR EQUIVALENTE SIMPLIFICADO PARA LAS TENSIONES DE COMPRESIÓN EN EL HORMIGÓN**

Atención:  $\alpha_1$  no es  $k_3$

$$\beta_1 = \begin{cases} = 0.85 & \text{para } f'_c \leq 30 \text{ MPa} \\ = 0.85 - 0.05 \frac{(f'_c - 30)}{7} & \text{para } 30 \text{ MPa} < f'_c \leq 58 \text{ MPa} \\ = 0.65 & \text{para } f'_c > 58 \text{ MPa} \end{cases}$$

MATERIALES: EL HORMIGÓN y EL ACERO

Lámina 33

CÓMO TRATAMOS EL PROBLEMA DE DESCONOCER LA CURVA EXACTA?

TRABAJAMOS CON CURVAS SIMPLIFICADAS

**ACEROS EN TRACCIÓN**

**ACEROS EN COMPRESIÓN**

$E_s = 200000 \text{ MPa}$  Módulo de elasticidad para todos los aceros

$\epsilon_y = 2.1\text{‰}$  Deformación de fluencia para un acero ADN 420

MATERIALES: EL HORMIGÓN y EL ACERO

Lámina 34

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

## EL HORMIGÓN ARMADO

EL FUNCIONAMIENTO DEL HORMIGÓN ARMADO SE BASA EN:

- QUE EXISTE ADHERENCIA ENTRE EL HORMIGÓN Y EL ACERO (SE IGUALAN SUS DEFORMACIONES)
- QUE EL HORMIGÓN Y EL ACERO TIENEN COEFICIENTES DE DILATACIÓN TÉRMICA SIMILARES
- EL HORMIGÓN BRINDA PROTECCIÓN A LA ARMADURA

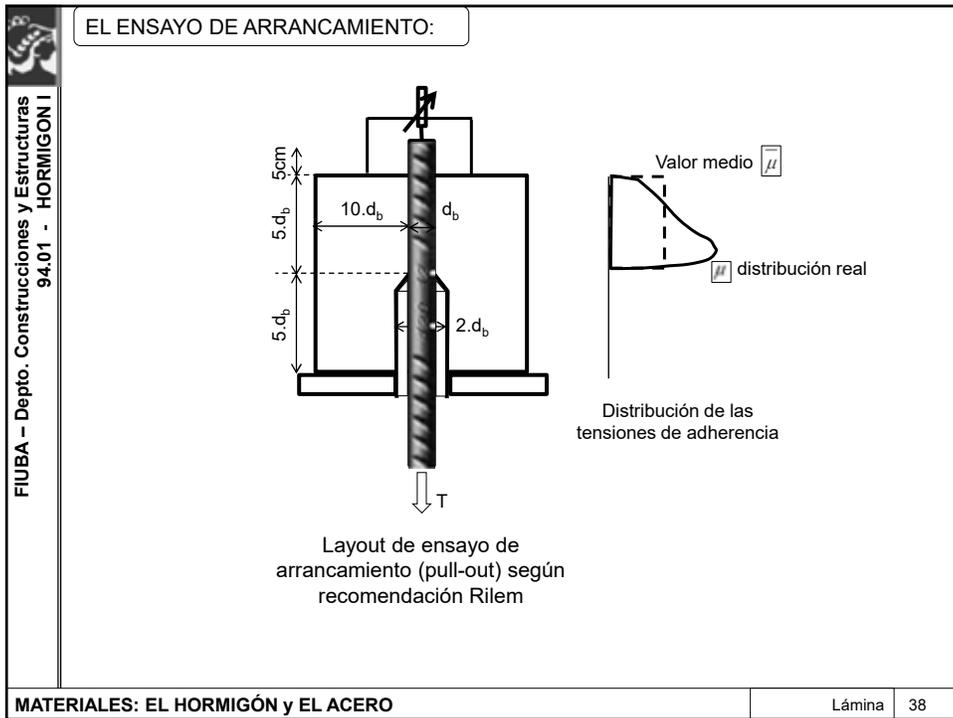
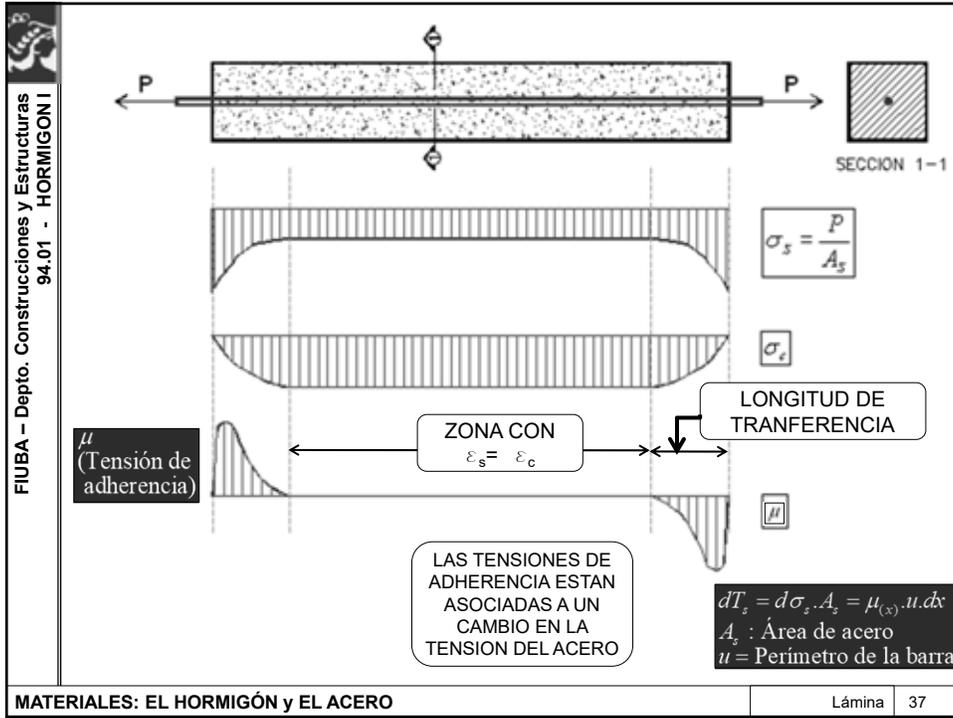
MATERIALES: EL HORMIGÓN y EL ACERO Lámina 35

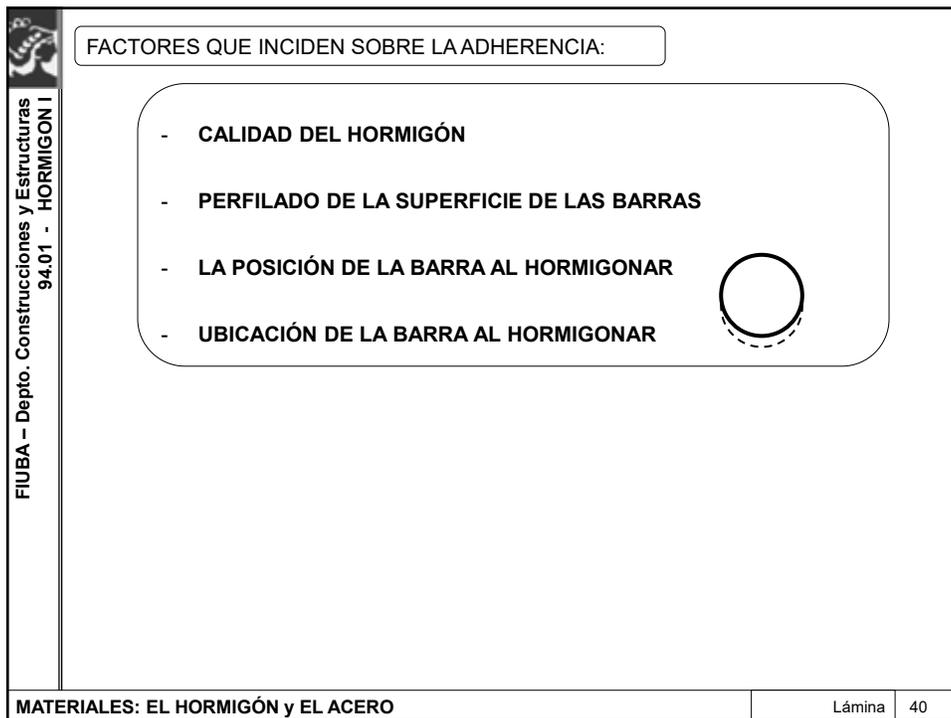
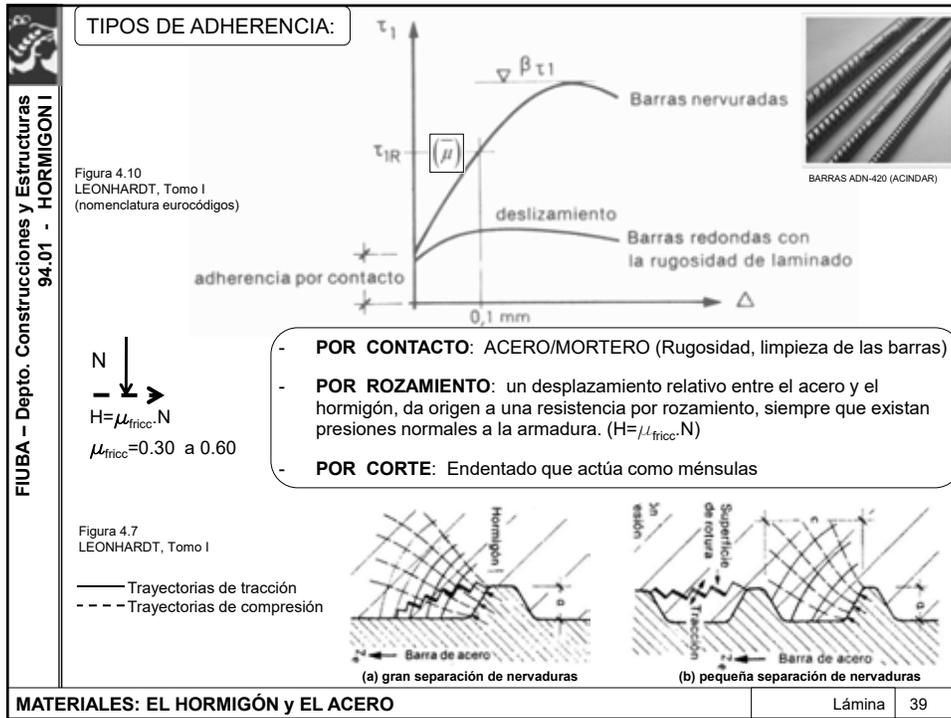
FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

## LA ADHERENCIA:

- ES LA UNIÓN RESISTENTE AL RESBALAMIENTO ENTRE EL ACERO Y EL HORMIGÓN
- ASEGURA QUE LAS BARRAS DE ACERO EXPERIMENTEN LAS MISMAS DEFORMACIONES ESPECÍFICAS  $\epsilon$  QUE LAS FIBRAS VECINAS DE HORMIGÓN

MATERIALES: EL HORMIGÓN y EL ACERO Lámina 36







FIN –  
MATERIALES:  
EL HORMIGÓN y EL ACERO

GRACIAS POR SU ATENCION !!!

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

HORMIGÓN I (74.01 y 94.01)  
**COMPORTAMIENTO DEL CONJUNTO  
HORMIGÓN-ACERO**  
**Esfuerzo axial y flexión**

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

**COMPORTAMIENTO DEL CONJUNTO  
HORMIGÓN-ACERO**  
**Esfuerzo axial y flexión**

a) MODELO SIMPLIFICADO: HIPÓTESIS

b) COMPORTAMIENTO FRENTE A:

- \* ESFUERZO AXIL  
COMPRESIÓN  
TRACCIÓN
- \* FLEXIÓN

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

### HORMIGÓN ARMADO = HORMIGÓN + BARRAS DE ACERO

Se mejora la resistencia a tracción y la ductilidad de la estructura

Viga esbelta  $l/h \geq 2$

Sólo a los efectos del ejemplo suponemos que las cargas  $P$  son mucho mayores que el peso propio, de manera de poder despreñar su efecto.

**Cómo calculamos la armadura a disponer?**

Lámina 3

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

#### DISEÑO BASADO EN ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS

Con la geometría de la sección y las características de los materiales, se determina

**Resistencia Nominal**  $M_n$   
(capacidad portante)

Multiplicada por el coeficiente de minoración de resistencia, se obtiene

**Resistencia de Diseño**  $M_d = \phi M_n$

Con las cargas mayoradas y conociendo las condiciones de vínculo, se determina

**Resistencia Requerida**  $M_u$

Se debe verificar que  
 $M_d = \phi M_n \geq M_u$

El objetivo de esta clase es analizar el comportamiento mecánico del conjunto hormigón acero frente **a flexión y a esfuerzo axial**.

Se presentarán las **hipótesis básicas** para determinar la **resistencia nominal** de una sección.

Lámina 4

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

Cómo se determina la resistencia nominal?

PLANTEANDO UN **MODELO DE ANÁLISIS**

QUE INTERPRETE EN FORMA SUFICIENTEMENTE APROXIMADA EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO REAL DEL CONJUNTO HORMIGÓN-ACERO

**HIPÓTESIS FUNDAMENTALES** USUALMENTE CONSIDERADAS DEL COMPORTAMIENTO DE ELEMENTOS DE HORMIGON ARMADO

EN ESTE CURSO VEREMOS MODELOS CONVENCIONALES SUFICIENTEMENTE PROBADOS PARA EL DISEÑO DE SECCIONES DE H°A° USUALES.

EXISTEN OTROS MODELOS EN BASE A TEORÍAS MÁS SOFISTICADAS QUE EN GENERAL UTILIZAN MÁS PARÁMETROS, SON COMPUTACIONALMENTE MÁS CAROS, Y SE UTILIZAN PARA PREDECIR EL COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN EN CASOS PARTICULARES.

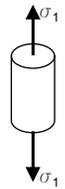
COMPORTAMIENTO DEL CONJUNTO HORMIGÓN-ACERO: Esfuerzo axil y flexión

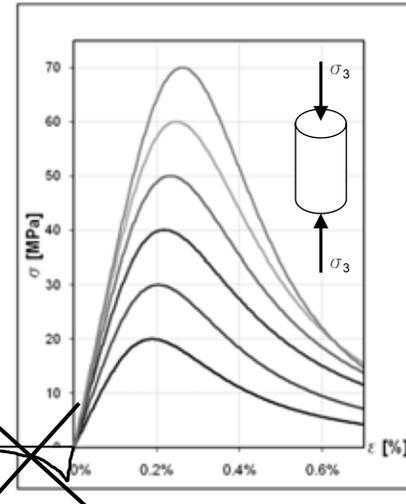
Lámina 5

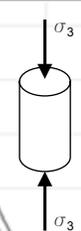
FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

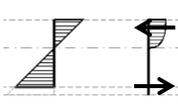
HIP. 1- SE DESPRECIA LA RESISTENCIA A TRACCIÓN DEL HORMIGÓN PARA EL CÁLCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE. (o sea, en los ELU)

La resistencia a tracción, a los efectos de la capacidad portante no tiene una incidencia significativa. Sin embargo, puede tenerla para la determinación de deformaciones y para la evaluación del estado de fisuración.

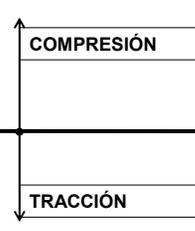








En ELU, las tracciones son tomadas sólo por la armadura.



COMPORTAMIENTO DEL CONJUNTO HORMIGÓN-ACERO: Esfuerzo axil y flexión

Lámina 6

3

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

HIP. 2- COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL HORMIGÓN A COMPRESIÓN: SE ADOPTA UNA RELACIÓN IDEALIZADA ENTRE TENSIONES Y DEFORMACIONES

SE ADOPTA:  $\epsilon_{cu} = 3^0/_{00}$  DEFORMACIÓN ÚLTIMA DEL HORMIGÓN (O DEFORMACIÓN DE ROTURA)  $\Rightarrow$  ROTURA CONVENCIONAL

Bloque Rectangular Equivalente Simplificado

Si se verifica que  $\epsilon_{c(max)} = \epsilon_{cu} = 3^0/_{00}$

$\Rightarrow$  se adopta un bloque rectangular equivalente de tensiones simplificado

Sólo me interesa la resultante:

$$C_c^{(-)} = \beta_1 c \alpha_1 f'_c b$$

En este caso, no conozco la distribución de tensiones.

(deformaciones en valor absoluto)

<b>COMPORTAMIENTO DEL CONJUNTO HORMIGÓN-ACERO: Esfuerzo axial y flexión</b>	Lámina 7
---	----------

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

HIP. 2- COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL HORMIGÓN A COMPRESIÓN: SE ADOPTA UNA RELACIÓN IDEALIZADA ENTRE TENSIONES Y DEFORMACIONES

SE ADOPTA:  $\epsilon_{cu} = 3^0/_{00}$  DEFORMACIÓN ÚLTIMA DEL HORMIGÓN (O DEFORMACIÓN DE ROTURA)  $\Rightarrow$  ROTURA CONVENCIONAL

Si se verifica que  $\epsilon_{c(max)} = \epsilon_{cu} = 3^0/_{00}$

$\Rightarrow$  se adopta un bloque rectangular equivalente de tensiones simplificado.

Sólo me interesa la resultante:

$$C_c^{(-)} = \beta_1 c \alpha_1 f'_c b$$

Los coeficientes uniformizan el diagrama completo.

c: profundidad del eje neutro  
y: distancia de una fibra al eje neutro  
a =  $\beta_1 c$ : altura del bloque rectangular equivalente de tensiones

(deformaciones en valor absoluto)

<b>COMPORTAMIENTO DEL CONJUNTO HORMIGÓN-ACERO: Esfuerzo axial y flexión</b>	Lámina 8
---	----------

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

HIP. 2- COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL HORMIGÓN A COMPRESIÓN: SE ADOPTA UNA RELACIÓN IDEALIZADA ENTRE TENSIONES Y DEFORMACIONES

SE ADOPTA:  $\epsilon_{cu} = 3^0/00$  DEFORMACIÓN ÚLTIMA DEL HORMIGÓN (O DEFORMACIÓN DE ROTURA)  $\Rightarrow$  ROTURA CONVENCIONAL

Diagrama Parábola-Trapecio

$f_c$  [MPa]

$k_3 f'_c$

Parábola

Recta

$\epsilon_o$

$\epsilon_{cu}$

$\epsilon$  [‰]

Si se verifica que  $\epsilon_{c(max)} \neq 3^0/00$

no son válidos los coeficientes simplificados.

Debo:

- adoptar una relación  $\sigma$ - $\epsilon$  para el hormigón en compresión
- calcular los coeficientes de uniformización que correspondan.

Adopto por ejemplo el diagrama parábola-trapecio

$$f_{c(y)} = \begin{cases} = k_3 f'_c \left[ 2 \frac{\epsilon_{c(y)}}{\epsilon_o} - \left( \frac{\epsilon_{c(y)}}{\epsilon_o} \right)^2 \right] & \text{para: } \epsilon_{c(y)} \leq \epsilon_o \\ = k_3 f'_c \left[ 1 - k_o \left( \frac{\epsilon_{c(y)} - \epsilon_o}{\epsilon_o} \right) \right] & \text{para: } \epsilon_{c(y)} > \epsilon_o \end{cases}$$

$k_3 \cong 0.85$   
 $k_o \cong 0.15$

(deformaciones en valor absoluto)

<b>COMPORTAMIENTO DEL CONJUNTO HORMIGÓN-ACERO: Esfuerzo axial y flexión</b>	Lámina 9
---	----------

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

HIP. 3- COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL ACERO (TRACCIÓN/COMPRESIÓN): SE ADOPTA UNA RELACIÓN IDEALIZADA ENTRE TENSIONES Y DEFORMACIONES

ACEROS EN TRACCIÓN

$\sigma$  [MPa]

ADN/ADM 500

$f_t=500$

$f_y=420$

ADN/ADM 420

$f_y=220$

AL-220

$E=200000$  MPa

$\epsilon_y=2.10$  (ADN 420)

$\epsilon$  [‰]

ACEROS EN COMPRESIÓN

$\sigma$  [MPa]

ADN/ADM 500

$f_t=500$

$f_y=420$

ADN/ADM 420

$f_y=220$

AL-220

$E=200000$  MPa

$\epsilon_y=2.10$  (ADN 420)

$\epsilon$  [‰]

$E_s = 200000$  MPa Módulo de elasticidad para todos los aceros

$\epsilon_y = 2.1^0/00$  Deformación de fluencia para un acero ADN 420

<b>COMPORTAMIENTO DEL CONJUNTO HORMIGÓN-ACERO: Esfuerzo axial y flexión</b>	Lámina 10
---	-----------

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

HIP. 4- EXISTE ADHERENCIA PERFECTA ENTRE EL HORMIGÓN Y EL ACERO

HIP. 5- HIPÓTESIS DE BERNOULLI: SECCIONES PLANAS ANTES DE LA DEFORMACIÓN, PERMANECEN PLANAS LUEGO DE LA DEFORMACIÓN

Viga esbelta:  $l / h \geq 2$

ECUACIÓN DE COMPATIBILIDAD DE DEFORMACIONES

$$\frac{|\varepsilon_c^-|}{c} = \frac{|\varepsilon_c^-| + \varepsilon_s}{d}$$

COMPORTAMIENTO DEL CONJUNTO HORMIGÓN-ACERO: Esfuerzo axial y flexión

Lámina 11

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

HIPÓTESIS FUNDAMENTALES USUALMENTE CONSIDERADAS DEL COMPORTAMIENTO DE ELEMENTOS DE HORMIGÓN ARMADO

HIP. 1- SE DESPRECIA LA RESISTENCIA A TRACCIÓN DEL HORMIGÓN PARA EL CÁLCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE. (o sea, en los ELU)

HIP. 2- COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL HORMIGÓN A COMPRESIÓN: SE ADOPTA UNA RELACIÓN IDEALIZADA ENTRE TENSIONES Y DEFORMACIONES

HIP. 3- COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL ACERO A TRACCIÓN Y A COMPRESIÓN: SE ADOPTA UNA CURVA SIMPLIFICADA TENSIÓN-DEFORMACIÓN

HIP. 4- EXISTE ADHERENCIA PERFECTA ENTRE EL HORMIGÓN Y EL ACERO

HIP. 5- HIPÓTESIS DE BERNOULLI: SECCIONES PLANAS ANTES DE LA DEFORMACIÓN, PERMANECEN PLANAS LUEGO DE LA DEFORMACIÓN

COMPORTAMIENTO DEL CONJUNTO HORMIGÓN-ACERO: Esfuerzo axial y flexión

Lámina 12

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

RESUMEN DE LAS HIPOTESIS:

$M_n = T_s j_d$  Resistencia Nominal  
 $M_d = \phi M_n$  Resistencia de Diseño

$M_d = \phi M_n \geq M_u$

$j_d$  brazo elástico interno

COMPORTAMIENTO DEL CONJUNTO HORMIGÓN-ACERO: Esfuerzo axial y flexión Lámina 13

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

NOMENCLATURA

PERCHAS o ARMADURA COMPRIMIDA  
 ESTRIBOS  
 ARMADURA TRACCIONADA o PRINCIPAL

Dos "capas" de armadura principal

Una única "capa" de armadura principal

COMPORTAMIENTO DEL CONJUNTO HORMIGÓN-ACERO: Esfuerzo axial y flexión Lámina 14

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

## COMPORTAMIENTO DEL HORMIGON ARMADO FRENTE A ESFUERZO NORMAL SIN FLEXIÓN

Lámina 15

COMPORTAMIENTO FRENTE A ESFUERZO AXIL POSITIVO O NEGATIVO

(Tensión de adherencia)  $\mu$

ZONA CON  $\epsilon_s = \epsilon_c$

LONGITUD DE TRANSFERENCIA

$\sigma_s = \frac{P}{A_s}$

$\sigma_c$

$\mu$

**Adherencia:** es la unión resistente al resbalamiento entre el acero y el hormigón. Asegura que las barras de acero tengan la misma deformación específica  $\epsilon$  que las fibras vecinas de hormigón

$dT_s = d\sigma_s \cdot A_s = \mu_{(x)} \cdot u \cdot dx$   
 $A_s$  : Área de acero  
 $u$  = Perímetro de la barra

Lámina 16

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

**PARA CARGAS BAJAS**

Sección Homogeneizada

$N = N_s + N_c$  Equilibrio

Rango Elástico (bajas solicitaciones):

$\sigma_s = E_s \cdot \varepsilon_s$  ;  $\sigma_c = E_c \cdot \varepsilon_c$

$\varepsilon_s = \varepsilon_c$  ;  $n = \frac{E_s}{E_c}$

$N_s = \sigma_s \cdot A_s = E_s \cdot \varepsilon_s \cdot A_s = n \cdot E_c \cdot \varepsilon_c \cdot A_s$

$N_c = \sigma_c \cdot A_{cN} = E_c \cdot \varepsilon_c \cdot A_{cN} = E_c \cdot \varepsilon_c \cdot A_{cN}$

$N = E_c \cdot \varepsilon_c \cdot (n \cdot A_s + A_{cN}) = \sigma_c \cdot (n \cdot A_s + A_{cN})$

$\sigma_c = \frac{N}{(n \cdot A_s + A_{cN})} = \frac{N}{A_i}$

$A_i =$  Área total de la sección de acero

$A_c =$  Área total de la sección de hormigón

$A_{cN} = A_c - A_s$  Área neta de la sección de hormigón

**BAJAS SOLICITACIONES**  
N+o - (RANGO ELÁSTICO)

CUANDO SE SUPERA EL RANGO ELÁSTICO DEL HORMIGÓN, YA NO ES APLICABLE LA SECCIÓN HOMOGENEIZADA

**COMPORTAMIENTO DEL CONJUNTO HORMIGÓN-ACERO: Esfuerzo axial y flexión**

Lámina 17

**COMPORTAMIENTO FRENTE A ESFUERZO AXIL DE COMPRESIÓN**

**COLUMNA SOLICITADA A COMPRESIÓN SIMPLE (SIN EXCENTRICIDADES Y SIN POSIBILIDAD DE PANDEAR) - Cómo calculamos la armadura a disponer?**

- Rango elástico (bajas solicitaciones):

$\varepsilon_c^- = \varepsilon$

$\varepsilon_{s2}^- = \varepsilon$

$\varepsilon_{s1}^- = \varepsilon$

$C_{s2} = E_s \cdot \varepsilon \cdot A_{s2}$

$C_c = E_c \cdot \varepsilon \cdot A_{cN}$

$C_{s1} = E_s \cdot \varepsilon \cdot A_{s1}$

- ELU (Estado límite último):

$\varepsilon = \varepsilon_{cu} = 3^0/_{00}$

$\varepsilon_s = \varepsilon = 3^0/_{00}$

$\varepsilon_{s2}^- = \varepsilon$

$\varepsilon_{s1}^- = \varepsilon$

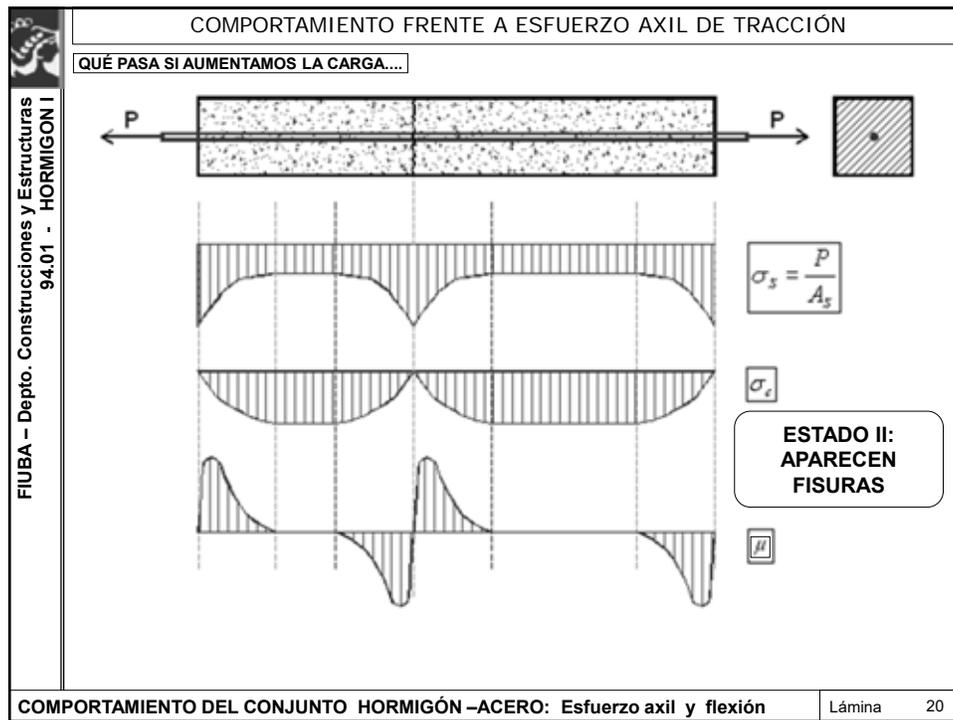
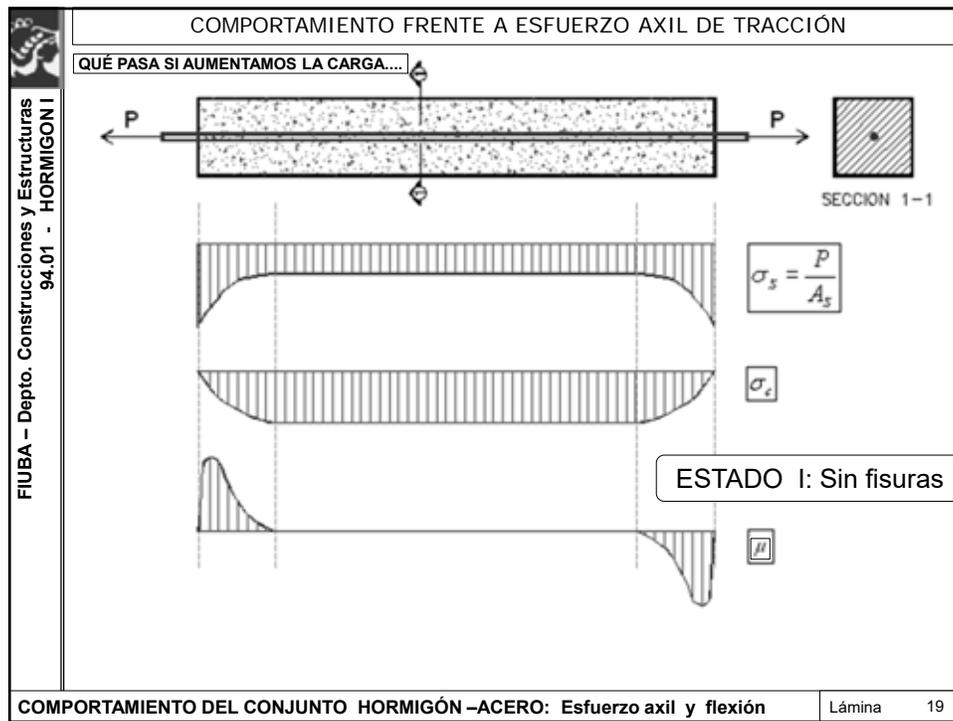
$C_{s2} = f_y \cdot A_{s2}$

$C_c = \alpha_1 f_c'' \cdot A_{cN}$

$C_{s1} = f_y \cdot A_{s1}$

**COMPORTAMIENTO DEL CONJUNTO HORMIGÓN-ACERO: Esfuerzo axial y flexión**

Lámina 18



**COMPORTAMIENTO FRENTE A ESFUERZO AXIL DE TRACCIÓN**

**QUÉ PASA SI AUMENTAMOS LA CARGA....**

**ESTADO II: FISURADO, PERO ANTES QUE EL ACERO ENTRE EN FLUENCIA**  
**ESTADO III: FISURADO, LUEGO DE QUE EL ACERO ALCANZA LA FLUENCIA**

COMPORTAMIENTO DEL CONJUNTO HORMIGÓN-ACERO: Esfuerzo axil y flexión

Lámina 21

**COMPORTAMIENTO FRENTE A ESFUERZO AXIL DE TRACCIÓN**

**TENSOR – ESFUERZO AXIL DE TRACCIÓN - Cómo calculamos la armadura a disponer?**

- Rango elástico (bajas solicitaciones):

- ELU (Estado límite último):

$\epsilon \geq 5^0 /_{00} > \epsilon_y$  (ADN 420)

COMPORTAMIENTO DEL CONJUNTO HORMIGÓN-ACERO: Esfuerzo axil y flexión

Lámina 22

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
 94.01 - HORMIGÓN I

## COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN ARMADO EN FLEXIÓN

HORMIGÓN ARMADO EN FLEXIÓN

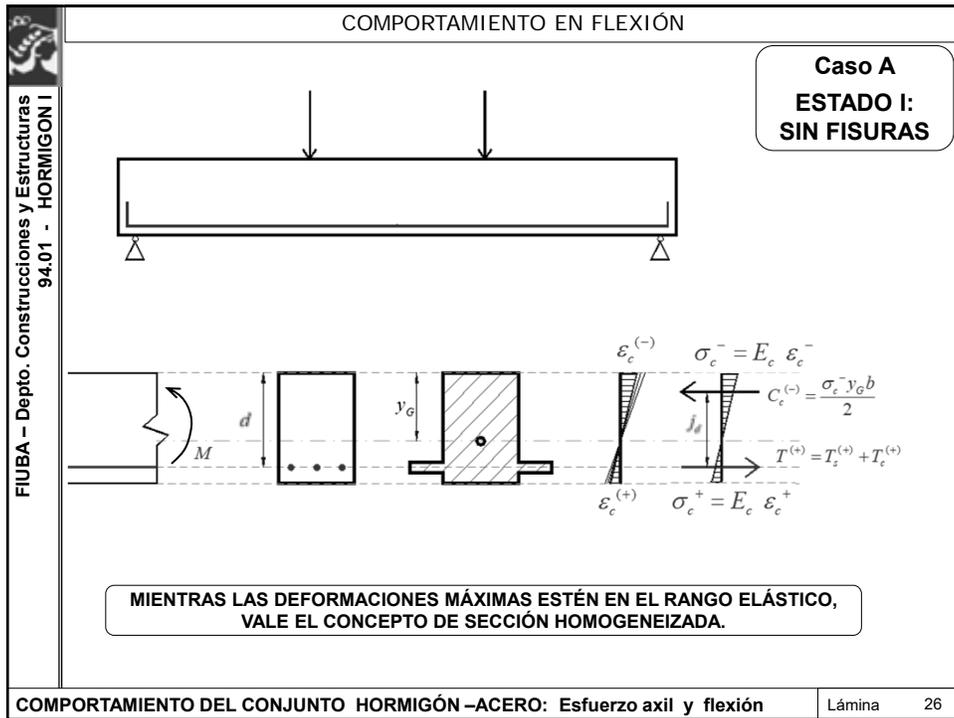
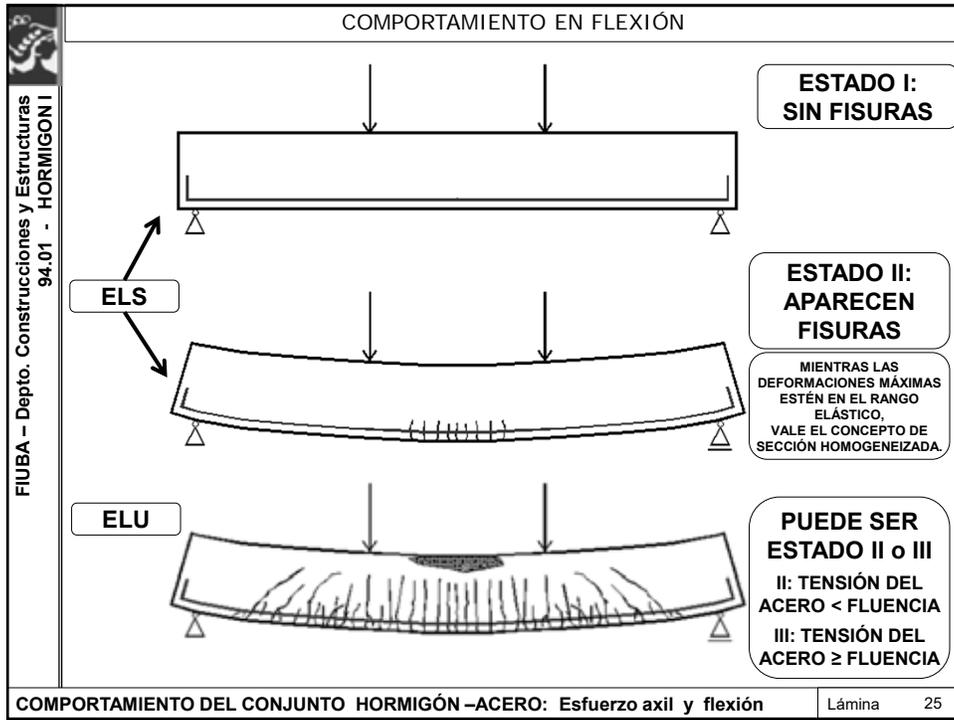
COMPORTAMIENTO DEL CONJUNTO HORMIGÓN-ACERO: Esfuerzo axial y flexión Lámina 23

COMPORTAMIENTO EN FLEXIÓN

- El hormigón no responde a la ley de Hooke hasta la rotura
- El hormigón se fisura al superarse su baja resistencia a tracción
- El Hormigón Armado es un material compuesto

En ELU, no es válida la teoría de vigas basada en teoría de la elasticidad.  $\sigma \neq M/W!!!!$

COMPORTAMIENTO DEL CONJUNTO HORMIGÓN-ACERO: Esfuerzo axial y flexión Lámina 24



COMPORTAMIENTO EN FLEXIÓN

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

**Caso B**  
**ESTADO II: con FISURAS** pero aún en rango de proporcionalidad del hormigón comprimido

MIENTRAS LAS DEFORMACIONES MÁXIMAS ESTÉN EN EL RANGO ELÁSTICO, VALE EL CONCEPTO DE SECCIÓN HOMOGENEIZADA.

COMPORTAMIENTO DEL CONJUNTO HORMIGÓN-ACERO: Esfuerzo axial y flexión

Lámina 27

COMPORTAMIENTO EN FLEXIÓN

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

**Caso C**  
**ESTADO II o III**

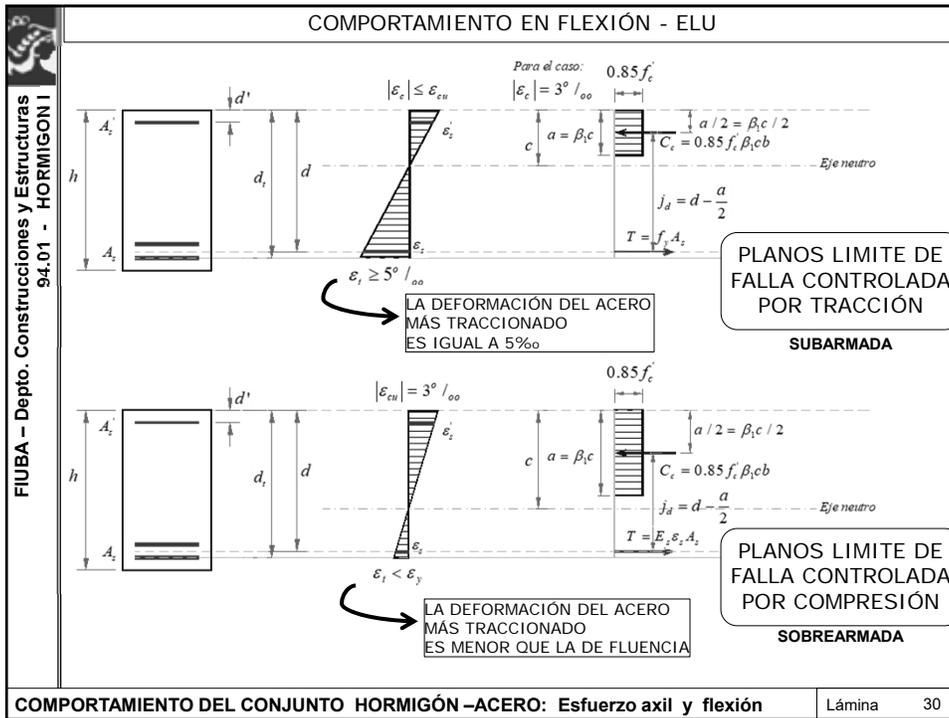
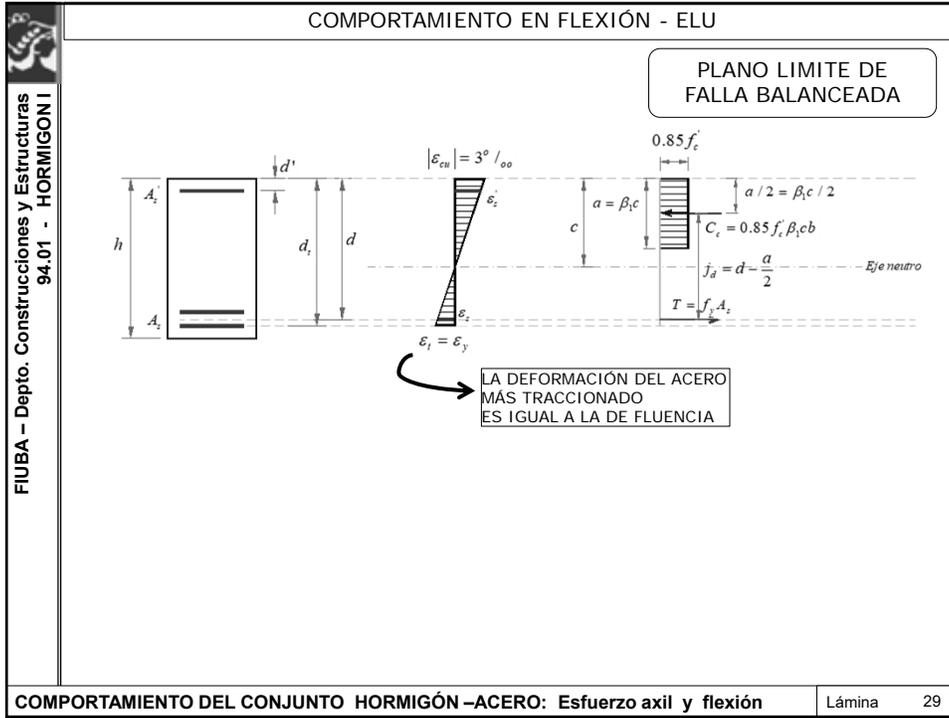
**ELU EN FLEXIÓN**  
PUEDE ALCANZARSE CON DISTINTOS PLANOS LÍMITES DE DEFORMACIÓN.....

PLANO DE ROTURA ó PLANO LÍMITE DE DEFORMACIÓN :  
ES TODO AQUEL EN EL QUE SE ALCANZA UNA DEFORMACIÓN LÍMITE ÚLTIMA (CONVENCIONAL) EN EL ACERO Y/O EN EL HORMIGÓN.  
ACEPTAMOS QUE CUANDO LA SECCIÓN ALCANZA UN PLANO DE ROTURA, SU CAPACIDAD PORTANTE SE AGOTA ("convencional": no necesariamente colapsa)

....VEAMOS ALGUNOS PLANOS LÍMITES ESPECIALES

COMPORTAMIENTO DEL CONJUNTO HORMIGÓN-ACERO: Esfuerzo axial y flexión

Lámina 28



FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

### COMPORTAMIENTO EN FLEXIÓN - ELU

$\epsilon_t \geq 5^\circ / \infty$        $\epsilon_t = \epsilon_y$        $\epsilon_t < \epsilon_y$

Falla Controlada por Tracción      Falla Balanceada      Falla Controlada por Compresión

FALLA CONTROLADA POR TRACCIÓN      FALLA CONTROLADA POR COMPRESIÓN

COMPORTAMIENTO DEL CONJUNTO HORMIGÓN-ACERO: Esfuerzo axial y flexión

Lámina 31

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

### COMPORTAMIENTO EN FLEXIÓN - CURVATURA

$$\chi = \frac{1}{\rho} \cong \frac{d\phi}{dl} = \frac{d^2 y}{dl^2}$$

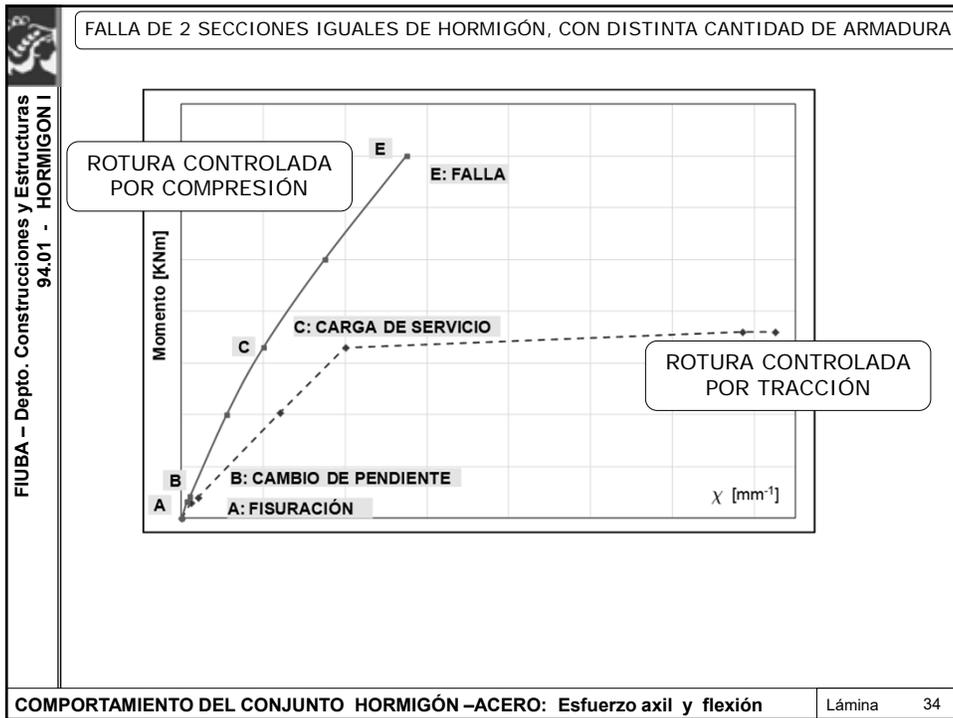
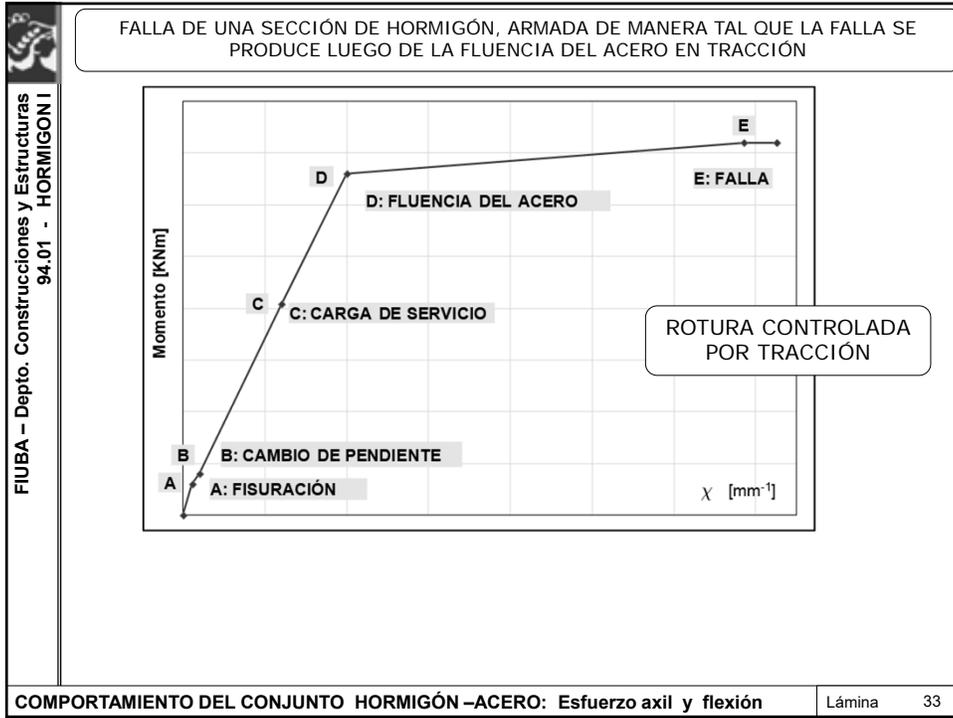
$$d\phi \cong \frac{\Delta}{h} = \frac{(\epsilon_c^+ + |\epsilon_s^-|)}{h} dl$$

$$\epsilon_c^+ = \epsilon_s^- \frac{h-c}{d-c}$$

$$\chi = \left[ \epsilon_s^- \frac{h-c}{d-c} + |\epsilon_s^-| \right] \frac{1}{h} \quad \text{Curvatura}$$

COMPORTAMIENTO DEL CONJUNTO HORMIGÓN-ACERO: Esfuerzo axial y flexión

Lámina 32





FIN –  
COMPORTAMIENTO DEL CONJUNTO  
HORMIGÓN-ACERO:  
Esfuerzo axial y flexión

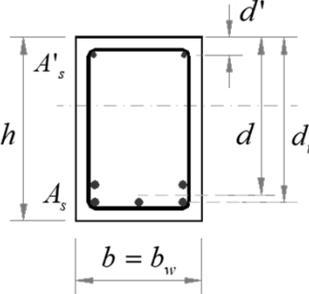
GRACIAS POR SU ATENCION !!!

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

HORMIGÓN I (74.01 y 94.01)

**ELU DE AGOTAMIENTO A Flexión con esfuerzo axial de gran excentricidad**

Conceptos preliminares: Cuantía



$d$ : distancia desde la fibra comprimida extrema hasta el baricentro de la armadura longitudinal traccionada (altura útil)

CUANTÍA DE ARMADURA TRACCIONADA

$$\rho = \frac{A_s}{b d}$$

CUANTÍA DE ARMADURA COMPRIMIDA

$$\rho' = \frac{A'_s}{b d}$$

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

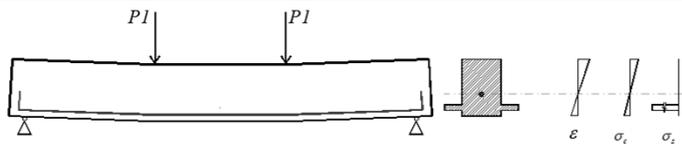
ELU DE AGOTAMIENTO A Flexión con esfuerzo axial de gran excentricidad

Lámina 2

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

### Conceptos preliminares: Armadura mínima en flexión

Viga en Estado I



Si se desprecia la contribución de la armadura:

$$\sigma_{\max} = \frac{M}{I_g} y_t \Rightarrow M = \frac{\sigma_{\max} I_g}{y_t}$$

$I_g$ : momento de inercia de la sección total o bruta del elemento de hormigón, con respecto al eje baricéntrico, sin considerar la armadura  
 $y_t$ : distancia desde el eje baricéntrico de la sección transversal bruta del hormigón, sin considerar la armadura, a la cara traccionada

Se fisurará cuando:  $\sigma_{\max} = f_r$  Resistencia a tracción por flexión en el hormigón  $f_r = 0.625\sqrt{f'_c}$

$\Rightarrow M_{cr} = \frac{f_r I_g}{y_t}$  El momento de fisuración  $M_{cr}$  es con el que se alcanza en la fibra más traccionada la resistencia a tracción por flexión en el hormigón

Armadura mínima en elementos solicitados a flexión:

$$A_{s,\min} = \frac{\sqrt{f'_c}}{4 f_y} b_w d \geq \frac{1.4}{f_y} b_w d$$

Al fisurarse, la fisura tiende a propagarse rápidamente casi hasta el baricentro de la sección. Hay una repentina transferencia de las tensiones de tracción desde el hormigón al acero. Tiene que haber una cantidad mínima de armadura para que no se produzca una falla abrupta. Esa armadura mínima debería al menos asegurar un momento nominal mayor o igual que  $M_{cr}$ .

ELU DE AGOTAMIENTO A Flexión con esfuerzo axil de gran excentricidad Lámina 3

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

### Conceptos preliminares: Armadura – Barras comerciales

Tabla de diámetros comerciales:

Diámetro [mm]	Sección [cm <sup>2</sup> ]
6	0.28
8	0.50
10	0.79
12	1.13
16	2.01
20	3.14
25	4.91
32	8.04

- Longitud máxima= 12m
- Atención: no se fabrica  $\phi 14$
- $\phi 32$  sólo bajo pedido especial

Ejemplo:

$A_{s,nec} = 5.05 \text{ cm}^2$

Adopto 5  $\phi 12$

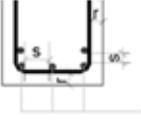
$A_{s,adop} = 5 \times 1.13 \text{ cm}^2 = 5.65 \text{ cm}^2 > A_{s,nec}$

ELU DE AGOTAMIENTO A Flexión con esfuerzo axil de gran excentricidad Lámina 4

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGON I

Conceptos preliminares: Armadura – Pautas básicas de armado

Armadura Principal



r: recubrimiento  
s: separación entre barras

2 ARMADURA PRINCIPAL

- Cantidad mínima: 2 barras
- Diámetro mínimo:  $\phi 10$  (Recomendación de la cátedra:  $\phi 10$  – Por reglamento:  $\phi 8$ )
- Cantidad de capas: 1 o 2 (Excepcionalmente, 3) Ojo con el brazo elástico!
- Debe verificar:  $A_{s,adop} \geq A_{s,nec}$
- Debe verificar:  $A_{s,min}$
- Debe verificar: separación mínima y recubrimiento mínimo
- Recomendaciones:
  - Es preferible más barras de menor diámetro: Disminuyendo el diámetro de la armadura se logran fisuras de menor abertura y mejor distribuidas. Además, tienen un menor costo.
  - No mezclar diámetros muy distintos. Adoptar por ejemplo diámetros consecutivos.

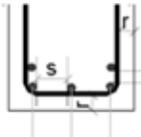
ELU DE AGOTAMIENTO A Flexión con esfuerzo axil de gran excentricidad Lámina 5

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGON I

Conceptos preliminares: Armadura – Pautas básicas de armado

Armadura Principal

Separación mínima entre barras



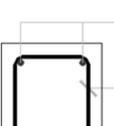
r: recubrimiento  
s: separación entre barras

2 ARMADURA PRINCIPAL

$$s \begin{cases} \geq 2.50 \text{ cm} \\ \geq \phi_{barra} \\ \geq 1.33 \text{ tamaño nominal del Agregado grueso} \end{cases}$$


---

Perchas y Estribos



1 PERCHAS Armadura constructiva  
Diámetro mínimo:  $\begin{cases} \phi 6 / \phi 8 \\ \phi \geq \phi_{estribo} \\ \phi \geq \phi_{long} / 2 \end{cases}$

3 ESTRIBOS Armadura de corte  
Diámetro s/cálculo:  
 $\phi 6 - 8$  Ocasionalmente  $\phi 10-12$

ELU DE AGOTAMIENTO A Flexión con esfuerzo axil de gran excentricidad Lámina 6

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

Conceptos preliminares

RECUBRIMIENTO:  
 $r \geq 2\text{cm}$

Tabla 7.7.1. Recubrimientos mínimos para hormigón colocado en obra (no pretensado), para clases de exposición A1 y A2 <sup>(\*)</sup> (ver también artículo 7.7.5.)

Condición		Recubrimiento mínimo en mm
(a)	Hormigón colocado en la base de las fundaciones, en contacto con la capa de hormigón de limpieza (El recubrimiento indicado NO incluye el espesor de la capa de limpieza, indicado en el artículo 5.6.2.1.)	50
(b)	Hormigón en contacto vertical con el suelo o expuesto al aire libre	35 30
(c)	Hormigón no expuesto al aire libre ni en contacto con el suelo:	
	Losas, tabiques, nervaduras:	30 20 pero $\geq d_b$
(c)	Vigas, columnas:	$d_b$ pero $\geq 20$ y $\leq 40$
	Cáscaras y placas plegadas:	20 15

(\*) - Para las clases de exposición A3, Q1 y C1 (ver Tabla 2.1.), los valores dados en esta Tabla se deben incrementar un 30 %  
- Para las clases de exposición CL, M1, M2, M3, C2, Q2 y Q3 (ver Tabla 2.1.), los valores dados en esta Tabla se deben incrementar un 50 %.

ELU DE AGOTAMIENTO A Flexión con esfuerzo axil de gran excentricidad Lámina 7

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

Conceptos preliminares

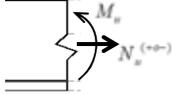
RECUBRIMIENTO:  
Resistencia al fuego

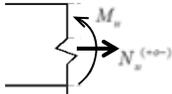
Tabla 7.7.2.1. Recubrimiento mínimo para losas de entpiso y cubierta de hormigón

Tipo de agregados	Recubrimiento mínimo <sup>(1,2)</sup> para la resistencia al fuego (en mm) correspondiente a:					
	Construcción restringida		Construcción no restringida			
	4 h o menos	1 h	1½ h	2 h	3 h	4 h
<b>No pretensada</b>						
Silíceos	20	20	20	25	35	45
Carbonatos	20	20	20	20	35	35
<b>Pretensada</b>						
Silíceos	20	30	40	45	60	70
Carbonatos	20	25	35	45	55	60

(1) También deberán satisfacer los requisitos de recubrimiento mínimo establecidos en el artículo 7.7.1.  
(2) Medido desde la superficie del hormigón hasta la superficie de la armadura longitudinal.

ELU DE AGOTAMIENTO A Flexión con esfuerzo axil de gran excentricidad Lámina 8

DISEÑO BASADO EN ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS	
FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I	<p><b>2-</b> Con la geometría de la sección y las características de los materiales, se determina</p> <p><b>Resistencia Nominal</b> <math>M_n</math>            (capacidad portante) <math>N_n</math></p> <p>Multiplicada por el coeficiente de minoración de resistencia, se obtiene</p> <p><b>Resistencia de Diseño</b> <math>M_d = \phi M_n</math>  <math>N_d = \phi N_n</math></p>
	<p><b>1-</b> Con las cargas mayoradas y conociendo las condiciones de vínculo, se determina</p> <p><b>Resistencia Requerida</b> <math>M_u</math>  <math>N_u</math></p> 
	<p><b>3-</b> Se debe verificar que</p> <p><math>M_d = \phi M_n \geq M_u</math>  <math>N_d = \phi N_n \geq N_u</math></p> <p style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">VERIFICACIÓN</p>
<p>El objetivo de esta clase es aprender a verificar y a dimensionar secciones rectangulares solicitadas a flexión con esfuerzo axial de gran excentricidad de acuerdo al método de cálculo basado en Estados Límite Últimos</p>	
ELU DE AGOTAMIENTO A Flexión con esfuerzo axial de gran excentricidad <span style="float: right;">Lámina 9</span>	

DISEÑO BASADO EN ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS	
FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I	<p><b>2-</b> Sabiendo que se debe verificar que</p> <p><math>M_d = \phi M_n \geq M_u</math>  <math>N_d = \phi N_n \geq N_u</math></p>
	<p><b>1-</b> Con las cargas mayoradas y conociendo las condiciones de vínculo, se determina</p> <p><b>Resistencia Requerida</b> <math>M_u</math>  <math>N_u</math></p> 
	<p><b>3-</b> Se diseña la geometría de la sección y las características de los materiales, tal que su</p> <p><b>Resistencia Nominal</b> <math>M_n</math>            (capacidad portante) <math>N_n</math></p> <p>Multiplicada por el coeficiente de minoración de resistencia,</p> <p><b>Resistencia de Diseño</b> <math>M_d = \phi M_n</math>  <math>N_d = \phi N_n</math></p> <p style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">DIMENSIONAMIENTO</p> <p style="text-align: right;">Verifique que</p> <p><math>M_d = \phi M_n \geq M_u</math>  <math>N_d = \phi N_n \geq N_u</math></p>
ELU DE AGOTAMIENTO A Flexión con esfuerzo axial de gran excentricidad <span style="float: right;">Lámina 10</span>	

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

Qué datos se requieren para determinar la resistencia nominal?

Tipo de sollicitación Ejemplo:  
 - flexión pura  
 - flexión con esfuerzo axil de gran excentricidad  
 - etc.

Datos de los materiales	Datos geométricos de la sección de hormigón	Datos de la armadura
Resistencia especificada del hormigón a compresión $f_c$	Forma de la sección 	Cantidad de armadura en la zona traccionada (o menos comprimida) $A_s$
Tensión de fluencia especificada del acero $f_y$	Altura total de la sección $h$	Disposición de $A_s$ en la sección $d, d_t$
Módulo de elasticidad del acero $E_s = 200000 MPa$	Ancho de la sección $b$	Cantidad de armadura en la zona comprimida (o menos traccionada) $A'_s$
		Disposición de $A'_s$ en la sección $d'$

ELU DE AGOTAMIENTO A Flexión con esfuerzo axil de gran excentricidad Lámina 11

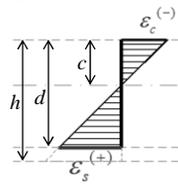
FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

Qué datos se requieren para determinar la resistencia nominal?

Ecuaciones

Equilibrio  $\left. \begin{matrix} \Sigma N = 0 \\ \Sigma M = 0 \end{matrix} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{matrix} \Sigma N_{ext} = \Sigma N_{int} \\ \Sigma M_{ext} = \Sigma M_{int} \end{matrix} \right.$  (Ecuaciones de Equivalencia)

Compatibilidad  $\frac{\epsilon_c}{c} = \frac{\epsilon_c + \epsilon_s}{d}$   
 (deformaciones en valor absoluto)



Algunas hipótesis

HIP. 1- SE DESPRECIA LA RESISTENCIA A TRACCIÓN DEL HORMIGÓN PARA EL CÁLCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE. (o sea, en los ELU)

HIP. 2- COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL HORMIGÓN A COMPRESIÓN: SE ADOPTA UNA RELACIÓN IDEALIZADA ENTRE TENSIONES Y DEFORMACIONES

HIP. 3- COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL ACERO A TRACCIÓN Y A COMPRESIÓN: SE ADOPTA UNA CURVA SIMPLIFICADA TENSIÓN-DEFORMACIÓN

HIP. 4- EXISTE ADHERENCIA PERFECTA ENTRE EL HORMIGÓN Y EL ACERO

HIP. 5- HIPÓTESIS DE BERNOULLI: SECCIONES PLANAS ANTES DE LA DEFORMACIÓN, PERMANECEN PLANAS LUEGO DE LA DEFORMACIÓN

ELU DE AGOTAMIENTO A Flexión con esfuerzo axil de gran excentricidad Lámina 12

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

**Cómo se procede para determinar la resistencia nominal?**  
 Se supone un plano de falla (convencional)

**PLANO DE FALLA ó PLANO LÍMITE DE DEFORMACIÓN:**  
 ES TODO PLANO DE DEFORMACIÓN EN EL QUE SE ALCANZA  
 UNA DEFORMACIÓN LÍMITE ÚLTIMA (CONVENCIONAL)  
 EN EL ACERO Y/O EN EL HORMIGÓN.

Para ese plano, se determinan los esfuerzos internos últimos

**ESFUERZOS ÚLTIMOS:**  
 SON LOS ESFUERZOS ASOCIADOS  
 A UN PLANO LÍMITE DE DEFORMACIÓN

**ELU DE AGOTAMIENTO A Flexión con esfuerzo axil de gran excentricidad** Lámina 13

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

**Cómo se procede para determinar la resistencia nominal?**  
 Planos de falla (convencionales)

Factor de minoración de resistencia:

Estribos $\phi = 0.90$		$\phi = 0.65$
Zunchos $\phi = 0.90$		$\phi = 0.75$

$$M_d = \phi M_n \geq M_u$$

$$N_d = \phi N_n \geq N_u$$

**ELU DE AGOTAMIENTO A Flexión con esfuerzo axil de gran excentricidad** Lámina 14

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

### Cómo se procede para determinar la resistencia nominal?

Excentricidad:

$$e = M_n / N_n$$

Por conveniencia, reduzco  $M_n$  y  $N_n$  al baricentro de la armadura traccionada:

$$M_{ns} = M_n - N_n \left( d - \frac{h}{2} \right)$$

Lámina 15

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

### Cómo se procede para determinar la resistencia nominal?

Ecuaciones de Equivalencia:

$$\left. \begin{aligned} \sum N_{ext} &= \sum N_{int} \\ \sum M_{ext} &= \sum M_{int} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \begin{cases} N_n = T - C_c - C_s \\ M_{ns} = C_c j_{dc} + C_s j_{ds} \end{cases}$$

Ecuaciones de Compatibilidad:

$$\frac{\epsilon_c}{c} = \frac{\epsilon_c + \epsilon_s}{d}$$

$$\frac{\epsilon_c}{c} = \frac{\epsilon_s'}{c - d'}$$

$$\frac{\epsilon_c}{c} = \frac{\epsilon_c + \epsilon_t}{d_t}$$

Lámina 16

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

## CASO 1

### RESISTENCIA NOMINAL DE UNA SECCIÓN RECTANGULAR

SOLICITADA A FLEXIÓN SIN ESFUERZO AXIL

SIN ARMADURA DE COMPRESIÓN

Ecuaciones de Equivalencia:

$$\left. \begin{array}{l} \Sigma N_{ext} = \Sigma N_{int} \\ \Sigma M_{ext} = \Sigma M_{int} \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} N_n = T - C_c = 0 \\ M_{ns} = C_c j_{dc} = M_n \end{array} \right.$$

Ecuaciones de Compatibilidad

$$\frac{\epsilon_c}{c} = \frac{\epsilon_s + \epsilon_s}{d}$$

ELU DE AGOTAMIENTO A Flexión con esfuerzo axil de gran excentricidad Lámina 17

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

Caso 1a:  $\mu_u \neq 0$ ;  $\mu_n = 0$ ;  $A'_s = 0$



Datos:

Hormigón:  $f'_c = 35$  MPa

Acero:  $f_y = 420$  MPa

$E_s = 200000$  MPa

$\epsilon_y = 2.10 \cdot 10^{-3}$

Sección:  $b_w = 20$  cm

$h = 45$  cm

Recubrimiento:  $r = 2$  cm

Armadura:  $A'_s = 0.00$  cm<sup>2</sup>

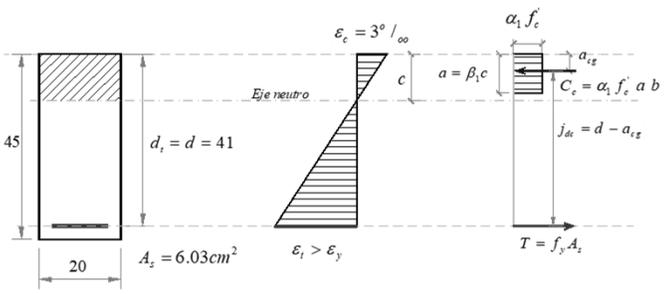
$A_s = 6.03$  cm<sup>2</sup>

$d = d_t = 41$  cm

Hipótesis A:

$$\epsilon_c = 3^\circ / \infty$$

$$\epsilon_s > \epsilon_y$$



ELU DE AGOTAMIENTO A Flexión con esfuerzo axil de gran excentricidad Lámina 18

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

Caso 1a:  $\mu_u \neq 0$ ;  $N_u = 0$ ;  $A'_s = 0$

Verificar en primer lugar que  
 $A_s \geq A_{s,\min} = 2.89 \text{ ok}$

$\alpha_1 = 0.85$

$\beta_1 = 0.85$	para $f'_c \leq 30 \text{ MPa}$
$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(f'_c - 30)}{7}$	para $30 \text{ MPa} < f'_c \leq 58 \text{ MPa}$
$\beta_1 = 0.65$	para $f'_c > 58 \text{ MPa}$

$\beta_1 = 0.814$

$T = f_y A_s = 253.3 \text{ KN}$

$C_c^{(-)} = a \cdot 0.85 f'_c b$

Ecuación de Equilibrio

$$C_c^{(-)} = T \Rightarrow a = \frac{T}{0.85 f'_c b} = 4.26 \text{ cm} = \beta_1 c$$

$$\Rightarrow c = \frac{a}{\beta_1} = 5.23 \text{ cm}$$

Ecuación de Compatibilidad

$$\frac{\epsilon_c}{c} = \frac{\epsilon_c + \epsilon_t}{d_t} \Rightarrow \epsilon_t = 20.52\text{‰} > \epsilon_y \Rightarrow \text{VERIFICA la Hipótesis A asumida}$$

ELU DE AGOTAMIENTO A Flexión con esfuerzo axil de gran excentricidad

Lámina 19

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

Caso 1a:  $\mu_u \neq 0$ ;  $N_u = 0$ ;  $A'_s = 0$

Bloque de tensiones rectangular, integrado en cabeza comprimida rectangular

$$a_{cg} = \alpha_2 a = \frac{1}{2} a$$

$$j_{dc} = d - \frac{a}{2} = 38.87 \text{ cm}$$

$$M_n = C_c j_{dc} = 98.5 \text{ KNm}$$

$$\epsilon_t = 20.52\text{‰} > 5\text{‰} \Rightarrow \phi = 0.90$$

$$M_d = \phi M_n = 88.6 \text{ KNm}$$

Se deberá verificar que  $M_u \leq M_d$

ELU DE AGOTAMIENTO A Flexión con esfuerzo axil de gran excentricidad

Lámina 20

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGON I

Caso 1b:  $\mu_u \neq 0$ ;  $\mu_n = 0$ ;  $A'_s = 0$

Datos:

Hormigón:	$f'_c =$	35 MPa
Acero:	$f_y =$	420 MPa
	$E_s =$	200000 MPa
	$\epsilon_y =$	2.10 ‰

Sección:

$b_w =$	20 cm
$h =$	45 cm
Recubrimiento:	$r =$ 2 cm

Armadura:

$A'_s =$	0.00 cm <sup>2</sup>
$A_s =$	29.45 cm <sup>2</sup>
$d =$	38.0 cm
$d_t =$	41.0 cm

Hipótesis A:

$$\epsilon_c = 3^\circ / \infty$$

$$\epsilon_s > \epsilon_y$$

ELU DE AGOTAMIENTO A Flexión con esfuerzo axil de gran excentricidad Lámina 21

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGON I

Caso 1b:  $\mu_u \neq 0$ ;  $\mu_n = 0$ ;  $A'_s = 0$

Verificar en primer lugar que

$$A_s \geq A_{s, \min} = 2.89 \text{ ok}$$

$\alpha_1 = 0.85$

$\beta_1 =$	0.85	para $f'_c \leq 30 \text{ MPa}$
	$0.85 - 0.05 \frac{(f'_c - 30)}{7}$	para $30 \text{ MPa} < f'_c \leq 58 \text{ MPa}$
	0.65	para $f'_c > 58 \text{ MPa}$

$\beta_1 = 0.814$

$T = f_y A_s = 1237.0 \text{ KN}$

$C_c^{(-)} = a \cdot 0.85 f'_c b$

Ecuación de Equilibrio

$$C_c^{(-)} = T \Rightarrow a = \frac{T}{0.85 f'_c b} = 20.79 \text{ cm} = \beta_1 c$$

$$\Rightarrow c = \frac{a}{\beta_1} = 25.53 \text{ cm}$$

Ecuación de Compatibilidad

$$\frac{\epsilon_c}{c} = \frac{\epsilon_c + \epsilon_s}{d} \Rightarrow \epsilon_s = 1.47\text{‰} < \epsilon_y \Rightarrow$$

**NO VERIFICA** la Hipótesis A asumida

ELU DE AGOTAMIENTO A Flexión con esfuerzo axil de gran excentricidad Lámina 22

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGON I

Caso 1b:  $\mu_u \neq 0$ ;  $N_u = 0$ ;  $A'_s = 0$

**Hipótesis B:**

$$\varepsilon_c = 3\text{‰}$$

$$\varepsilon_s < \varepsilon_y$$

$$T = A_s E_s \varepsilon_s = A_s E_s 3\text{‰} \frac{d-c}{c}$$

$$C_c = \alpha_1 f'_c \beta_1 c b$$

$$T = C_c$$

$$(\alpha_1 f'_c \beta_1) c^2 + (A_s E_s 3\text{‰}) c - (A_s E_s 3\text{‰} d) = 0$$

$$\Rightarrow c = 23.22\text{cm}$$

Ecuación de Compatibilidad

$$\frac{\varepsilon_c}{c} = \frac{\varepsilon_c + \varepsilon_s}{d} \Rightarrow \varepsilon_s = 1.91\text{‰} < \varepsilon_y \Rightarrow$$

**VERIFICA** la Hipótesis B asumida

$$\frac{\varepsilon_c}{c} = \frac{\varepsilon_c + \varepsilon_t}{d_t} \Rightarrow \varepsilon_t = 2.30\text{‰}$$

Lámina 23

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGON I

Caso 1b:  $\mu_u \neq 0$ ;  $N_u = 0$ ;  $A'_s = 0$

$$a = \beta_1 c = 18.91\text{cm}$$

$$T = A_s E_s \varepsilon_s = 1125.0\text{KN}$$

$$C_c = \alpha_1 f'_c a b = 1125.0\text{KN}$$

$$a_{cg} = \alpha_2 a = \frac{1}{2} a$$

$$j_{ac} = d - \frac{a}{2} = 28.55\text{cm}$$

$$M_n = C_c j_{ac} = 321.1\text{KNm}$$

$$\varepsilon_t = 2.30\text{‰} > \varepsilon_y \Rightarrow \phi = 0.67$$

$$M_d = \phi M_n = 214.2\text{KNm}$$

Se deberá verificar que  $M_u \leq M_d$

Lámina 24

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I	RESUMEN Hipótesis A: <span style="float: right;">CASO 1: sin N, sin A's</span>
	0- Verificar que la armadura traccionada sea mayor que la mínima. Si no verifica, no tiene sentido proseguir.
	$A_s \geq A_{s,\min} = \frac{\sqrt{f_c}}{4 f_y} b_w d \geq \frac{1.4}{f_y} b_w d$
	1- Calcular los coeficientes de uniformización de tensiones en función del tipo de diagrama adoptado y del valor de $f_c$ . Para el rectángulo equivalente simplificado:
	$\beta_1 = \begin{cases} 0.85 & \text{para } f_c \leq 30 \text{ MPa} \\ 0.85 - 0.05 \frac{(f_c - 30)}{7} & \text{para } 30 \text{ MPa} < f_c \leq 58 \text{ MPa} \\ 0.65 & \text{para } f_c > 58 \text{ MPa} \end{cases} \text{ tal que } C_c^{(-)} = \beta_1 c \alpha_1 f_c b$
2- Calcular la fuerza de tracción $T = A_s f_y$	
3- Planteando la ecuación de equilibrio y reemplazando la expresión de $C_c$ , despejar la altura del rectángulo equivalente del bloque de compresión $a$	
$C_c^{(-)} = T \Rightarrow \beta_1 c \alpha_1 f_c b = T \Rightarrow a = \frac{T}{\alpha_1 f_c b}$	
4- Calcular la profundidad del eje neutro $c = \frac{a}{\beta_1}$	
5- Calcular la deformación "real" a la altura de la fuerza traccionada en base a la ecuación de compatibilidad	
$\frac{\varepsilon_c}{c} = \frac{\varepsilon_c + \varepsilon_s}{d} \Rightarrow \varepsilon_s = \varepsilon_c \frac{d-c}{c}$	
$\left\{ \begin{array}{l} \text{Si es mayor que la def. de fluencia, la Hip. A es correcta. Sigo al siguiente paso} \\ \text{Si es menor que la def. de fluencia, debe pasarse a la Hip. B: } \varepsilon_s < \varepsilon_y \end{array} \right.$	
<b>ELU DE AGOTAMIENTO A Flexión con esfuerzo axil de gran excentricidad</b>	Lámina 25

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I	RESUMEN Hipótesis A: <span style="float: right;">CASO 1: sin N, sin A's</span>
	6- Calcular la distancia desde el punto de aplicación de la fuerza de compresión a la fibra más comprimida: $a_{cg} = \alpha_2 a$
	En el caso de que la zona comprimida sea de forma rectangular, $\alpha_2 = 0.50$
	7- Calcular el brazo elástico interno $j_d = j_{ck} = d - a_{cg}$
	8- Calcular el momento resistente nominal de la sección como $M_n = C_c j_d$
9- Si hubiera más de una capa de armadura, en este punto es necesario calcular la deformación correspondiente a la altura de la primera capa de armadura.	
$\varepsilon_t = \varepsilon_c \frac{d_t - c}{c}$	
10- Calcular el factor de reducción de resistencia (Considerar armadura de alma formada por estribos)	
$\left\{ \begin{array}{l} \varepsilon_t \geq 5^\circ /_{oo} \Rightarrow \phi = 0.90 \\ \varepsilon_y < \varepsilon_t < 5^\circ /_{oo} \Rightarrow \phi = 0.65 + 0.25 \frac{\varepsilon_t - \varepsilon_y}{5^\circ /_{oo} - \varepsilon_y} \\ \varepsilon_t \leq \varepsilon_y \Rightarrow \phi = 0.65 \end{array} \right.$	
11- Determinar el momento resistente de diseño $M_d = \phi M_n$	
12- Finalmente, se verifica si se cumple la condición de seguridad $M_d = \phi M_n \geq M_u ?$	
$\diamond M_d = \phi M_n \geq M_u ?$	Lámina 26

RESUMEN Hipótesis B: CASO 1: sin N, sin A's

Se siguen pasos 0 a 5 de la Hipótesis A. Si en el punto 5 resulta:  $\varepsilon_s < \varepsilon_y$ , entonces:

- En base a las ecuaciones de Equilibrio y Compatibilidad, se obtiene una ecuación cuadrática de la que se despeja la profundidad del eje neutro  $c$ 

$$\left. \begin{aligned} T &= A_s E_s \varepsilon_s = A_s E_s 3^\circ /_{oo} \frac{d-c}{c} \\ C_c &= \alpha_1 f'_c \beta_1 c b \end{aligned} \right\} T = C_c \Rightarrow$$

$$(\alpha_1 f'_c b \beta_1) c^2 + (A_s E_s 3^\circ /_{oo}) c - (A_s E_s 3^\circ /_{oo} d) = 0$$

$$c = \frac{A_s E_s 3^\circ /_{oo}}{2 \alpha_1 f'_c b \beta_1} \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{4 d \alpha_1 f'_c b \beta_1}{A_s E_s 3^\circ /_{oo}}} \right)$$
- Calcular la deformación "real" a la altura de la fuerza traccionada en base a la ecuación de compatibilidad
 
$$\frac{\varepsilon_c}{c} = \frac{\varepsilon_c + \varepsilon_s}{d} \Rightarrow \varepsilon_s = \varepsilon_c \frac{d-c}{c}$$
  - Si es menor que la def. de fluencia, la Hip. B es correcta. Sigo al siguiente paso
  - Si es menor que la def. de fluencia, debe pasarse a la Hip. C. Adoptar una relación constitutiva más exacta y proceder iterativamente
- Calcular la altura del bloque de tensiones  $a = \beta_1 c$
- Calcular las fuerzas de tracción y de compresión  $T = A_s E_s \varepsilon_s$ ;  $C_c = \alpha_1 f'_c a b$

Luego, seguir los pasos 6 a 12 de la Hipótesis A.

**ELU DE AGOTAMIENTO A Flexión con esfuerzo axil de gran excentricidad** Lámina 27

**CASO 2**

**RESISTENCIA NOMINAL DE UNA SECCIÓN RECTANGULAR**

SOLICITADA A  
FLEXIÓN SIN ESFUERZO AXIL  
CON ARMADURA DE COMPRESIÓN

Ecuaciones de Equivalencia:

$$\left. \begin{aligned} \Sigma N_{ext} &= \Sigma N_{int} \\ \Sigma M_{ext} &= \Sigma M_{int} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \begin{cases} N_n = T - C_c - C_s = 0 \\ M_{ns} = C_c j_{dc} + C_s j_{ds} = M_n \end{cases}$$

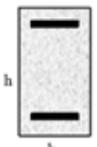
Ecuaciones de Compatibilidad

$$\frac{\varepsilon_c}{c} = \frac{\varepsilon_c + \varepsilon_s}{d}$$

**ELU DE AGOTAMIENTO A Flexión con esfuerzo axil de gran excentricidad** Lámina 28

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

Caso 2a:  $\mu_u \neq 0$ ;  $\mu_n = 0$ ;  $A'_s \neq 0$



Datos:

Hormigón:  $f'_c = 35$  MPa

Acero:  $f_y = 420$  MPa

$E_s = 200000$  MPa

Sección:  $\epsilon_s = 2.10 \text{‰}$

$b_w = 20$  cm

$h = 45$  cm

Recubrimiento:  $r = 2$  cm

Datos de la Armadura:

$A_s = 8.04 \text{ cm}^2$

$d = d_t = 41$  cm

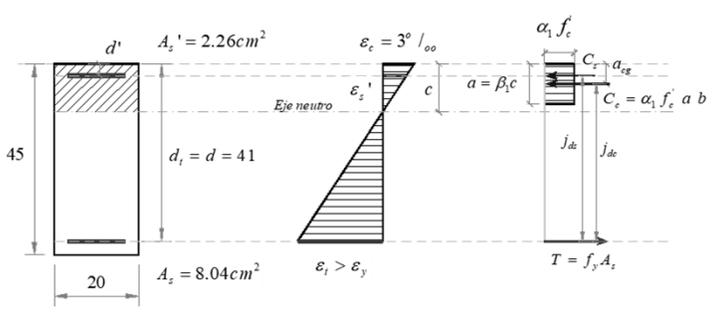
$A'_s = 2.26 \text{ cm}^2$

$d' = 4$  cm

Hipótesis A:

$\epsilon_c = 3 \text{‰}$

$\epsilon_s > \epsilon_y$



$\epsilon_s > \epsilon_y$

$T = f_y A_s$

$\epsilon_c = 3 \text{‰}$

$\alpha_1 f'_c$

$C_c = \alpha_1 f'_c a b$

$a = \beta_1 c$

$j_{da}$

$j_{dc}$

$T = f_y A_s$

$A_s = 8.04 \text{ cm}^2$

$d_t = d = 41$

$d' = 4$

$A'_s = 2.26 \text{ cm}^2$

$Eje\ neutro$

$\epsilon_s'$

$c$

$\alpha = \beta_1 c$

$\alpha_1 f'_c$

$C_c = \alpha_1 f'_c a b$

$j_{da}$

$j_{dc}$

$T = f_y A_s$

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

Caso 2a:  $\mu_u \neq 0$ ;  $\mu_n = 0$ ;  $A'_s \neq 0$

Verificar en primer lugar que

$A_s \geq A_{s,min} = 2.89 \text{ ok}$

$\alpha_1 = 0.85$

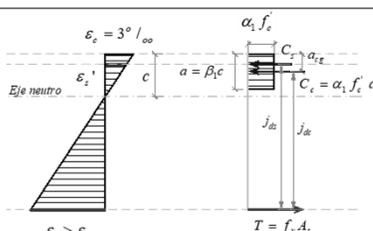
$\beta_1 = 0.814$

$T = f_y A_s = 337.8 \text{ KN}$

Ecuación de Equilibrio

$$C_c^{(-)} + C_s^{(-)} = T$$

$$\left\{ \begin{array}{l} C_s^{(-)} = C_s^{(-)}(\epsilon_s') \\ C_c^{(-)} = a \cdot 0.85 f'_c b \end{array} \right. \Rightarrow \text{Proceso Iterativo}$$



$\epsilon_s' = \epsilon_y$   
 $C_s = A_s' f_y - A_s' \alpha_1 f'_c$   
 $C_c = T - C_s$   
 $a = \frac{C_c}{\alpha_1 f'_c b}$   
 $c = \frac{a}{\beta_1}$   
 $\epsilon_c = \frac{\epsilon_s'}{c - d'} \Rightarrow \epsilon_s'$

$\epsilon_s'$	2.10 ‰	$\epsilon_s'$	0.67 ‰	$\epsilon_s'$	1.15 ‰
$C_s$	88.27 KN	$C_c$	23.6 KN	$C_c$	23.57 KN
$C_c$	249.5 KN	$C_c$	314.2 KN	$C_c$	314.21 KN
$a$	4.19 cm	$a$	5.28 cm	$a$	5.28 cm
$c$	5.15 cm	$c$	6.49 cm	$c$	6.49 cm
$\epsilon_s'$	0.67 ‰	$\epsilon_s'$	1.15 ‰	$\epsilon_s'$	1.15 ‰

Nota: si la def. da negativa ( $c < d'$ ), conviene comenzar con un valor de  $\epsilon_s' < \epsilon_y$

ELU DE AGOTAMIENTO A Flexión con esfuerzo axil de gran excentricidad Lámina 30

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

**Caso 2a:  $\mu_u \neq 0$ ;  $N_u = 0$ ;  $A_s \neq 0$**

$\varepsilon'_{sf} = 1.15 \text{‰}$

$C_s = 23.57 \text{ KN}$

$C_c = 314.21 \text{ KN}$

$a = 5.28 \text{ cm}$

$c = 6.49 \text{ cm}$

$\varepsilon'_{sf} = 1.15 \text{‰}$

**Ecuación de Compatibilidad**

$$\frac{\varepsilon_c}{c} = \frac{\varepsilon_c + \varepsilon_s}{d_t} \Rightarrow \varepsilon_s = 15.97\text{‰} > \varepsilon_y \Rightarrow \text{VERIFICA la Hipótesis A asumida}$$

$a_{cg} = \alpha_2 a = 0.50a$

$j_{dc} = d - \frac{a}{2} = 37.76 \text{ cm}$

$M_{nc} = C_c j_{dc} = 118.6 \text{ KNm}$

$j_{ds} = d - d' = 37.00 \text{ cm}$

$M_{ns} = C_s j_{ds} = 8.7 \text{ KNm}$

$M_n = M_{nc} + M_{ns}$

$M_n = M_{nc} + M_{ns} = 127.4 \text{ KNm}$

$\varepsilon_s = 15.97\text{‰} > 5\text{‰} \Rightarrow \phi = 0.90$

$M_d = \phi M_n = 114.6 \text{ KNm}$

Se deberá verificar que  $M_u \leq M_d$

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

**Caso 1a vs. Caso 1b**

**Comparación de los casos analizados**  
Sección 20/45 -  $f'c$  35MPa -  $f_y$  420MPa - Distintas cuantías de armadura

1a) $A_s = 6.03 \text{ cm}^2$	$M_n = 98.5 \text{ KNm}$	$M_d = 88.6 \text{ KNm}$
1b) $A_s = 29.45 \text{ cm}^2$	$M_n = 321.1 \text{ KNm}$	$M_d = 214.2 \text{ KNm}$
1b / 1a	4.88	2.42

1a) $A_s = 6.03 \text{ cm}^2$	$M_n = 98.5 \text{ KNm}$	$M_d = 88.6 \text{ KNm}$
2a) $A_s + A_s' = 10.3 \text{ cm}^2$	$M_n = 127.4 \text{ KNm}$	$M_d = 114.6 \text{ KNm}$
2a / 1a	1.71	1.29



FIN –  
ELU DE AGOTAMIENTO A  
Flexión con esfuerzo axial  
de gran excentricidad

GRACIAS POR SU ATENCION !!!

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

HORMIGÓN I (74.01 y 94.01)

**ELU DE AGOTAMIENTO A Flexión con esfuerzo axial de gran excentricidad – 2° Parte**

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

DISEÑO BASADO EN ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS

**2-** Sabiendo que se debe verificar que

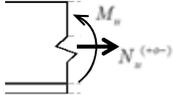
$$M_d = \phi M_n \geq M_u$$

$$N_d = \phi N_n \geq N_u$$

**1-** Con las cargas mayoradas y conociendo las condiciones de vínculo, se determina

$M_u$  Resistencia Requerida

$N_u$  Resistencia Requerida



**3-** Se diseña la geometría de la sección y las características de los materiales, tal que su

**Resistencia Nominal**  
(capacidad portante)

$M_n$

$N_n$

DIMENSIONAMIENTO

Verifique que

$$M_d = \phi M_n \geq M_u$$

$$N_d = \phi N_n \geq N_u$$

Multiplicada por el coeficiente de minoración de resistencia,

**Resistencia de Diseño**

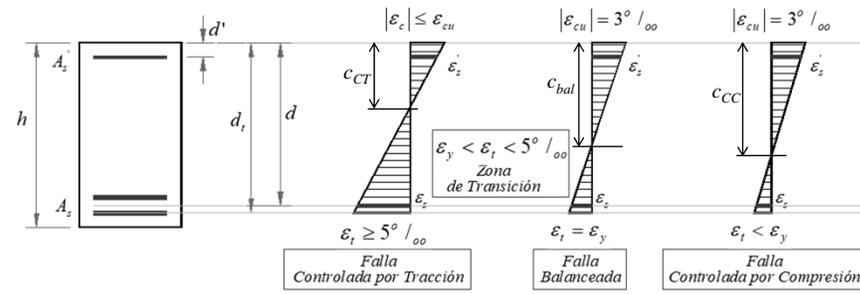
$M_d = \phi M_n$

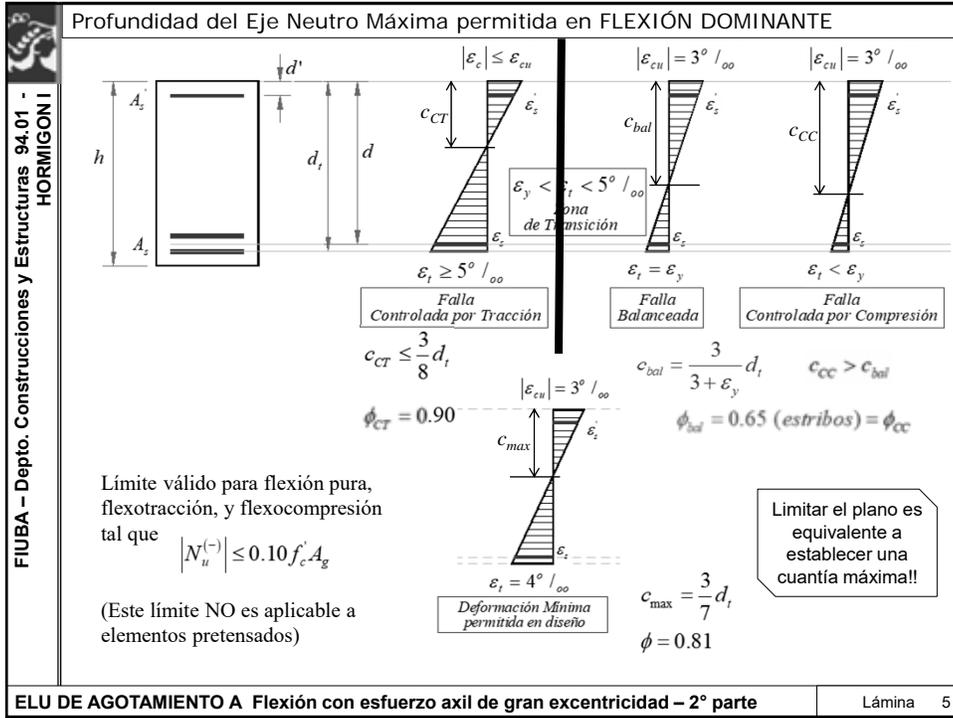
$N_d = \phi N_n$

ELU DE AGOTAMIENTO A Flexión con esfuerzo axial de gran excentricidad – 2° parte

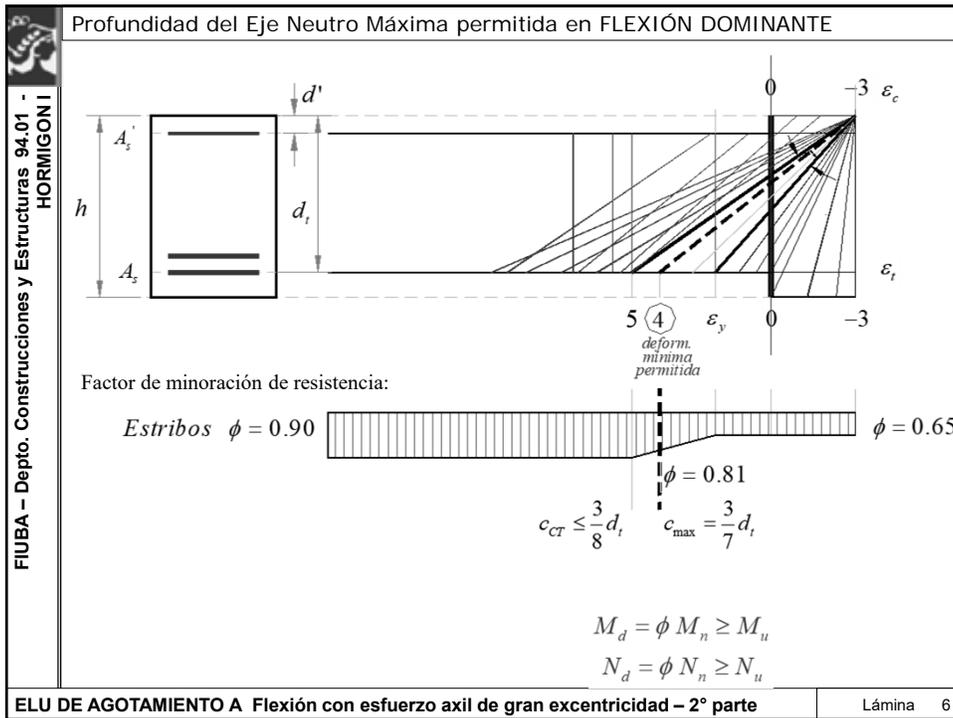
Lámina 2

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I	Qué <u>datos</u> se requieren para determinar la <u>determinar</u> la <u>Armadura Necesaria</u> ?		DIMENSIONAMIENTO	
	Resistencia Requerida	Mu Nu	INCÓGNITAS: Datos de la armadura	
	Datos de los materiales	Datos geométricos de la sección de hormigón	Cantidad de armadura en la zona traccionada (o menos comprimida) $A_s$ Disposición de $A_s$ en la sección $d, d'$ Cantidad de armadura en la zona comprimida (o menos traccionada) $A_s'$ Disposición de $A_s'$ en la sección $d'$	
	Resistencia especificada del hormigón a compresión $f_c$	Forma de la sección 		
	Tensión de fluencia especificada del acero $f_y$	Altura total de la sección $h$		
Módulo de elasticidad del acero $E_s = 200000 MPa$	Ancho de la sección $b$			
Ecuaciones	Equilibrio compatibilidad			
Algunas hipótesis HIP. 1- SE DESPRECIA LA RESISTENCIA A TRACCIÓN DEL HORMIGÓN PARA EL CÁLCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE. (o sea, en los ELU) HIP. 2- COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL HORMIGÓN A COMPRESIÓN: SE ADOPTA UNA RELACIÓN IDEALIZADA ENTRE TENSIONES Y DEFORMACIONES HIP. 3- COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL ACERO A TRACCIÓN Y A COMPRESIÓN: SE ADOPTA UNA CURVA SIMPLIFICADA TENSION-DEFORMACIÓN HIP. 4- EXISTE ADHERENCIA PERFECTA ENTRE EL HORMIGÓN Y EL ACERO HIP. 5- HIPÓTESIS DE BERNOULLI: SECCIONES PLANAS ANTES DE LA DEFORMACIÓN, PERMANECEN PLANAS LUEGO DE LA DEFORMACIÓN				
ELU DE AGOTAMIENTO A Flexión con esfuerzo axil de gran excentricidad – 2º parte			Lámina 3	

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I	Profundidad del Eje Neutro según el tipo de falla		
			
	$\epsilon_t \geq 5 \text{‰}$ $\epsilon_t = \epsilon_y$ $\epsilon_t < \epsilon_y$ Falla Controlada por Tracción      Falla Balanceada      Falla Controlada por Compresión		
	Acero ADN 420 $\epsilon_y = 2.1 \text{‰}$	$\frac{\epsilon_c}{c} = \frac{\epsilon_c + \epsilon_t}{d_t} \Rightarrow$	$\left[ \begin{aligned} \frac{3}{c_{CT}} &= \frac{3 + (\epsilon_t \geq 5)}{d_t} \Rightarrow c_{CT} \leq \frac{3}{8} d_t = 0.375 d_t \\ \frac{3}{c_{bal}} &= \frac{3 + 2.1}{d_t} \Rightarrow c_{bal} = \frac{3}{5.1} d_t = 0.588 d_t \\ \frac{3}{c_{CC}} &= \frac{3 + (\epsilon_t < 2.1)}{d_t} \Rightarrow c_{CC} > 0.588 d_t \end{aligned} \right.$
	ELU DE AGOTAMIENTO A Flexión con esfuerzo axil de gran excentricidad – 2º parte		Lámina 4



ELU DE AGOTAMIENTO A Flexión con esfuerzo axil de gran excentricidad - 2º parte

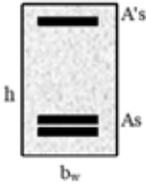


ELU DE AGOTAMIENTO A Flexión con esfuerzo axil de gran excentricidad - 2º parte



FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

### Cómo se procede para determinar la Armadura Necesaria?



**Datos:**

Hormigón:  $f'_c = 35.0 \text{ MPa}$   
 Acero:  $f_y = 420.0 \text{ MPa}$   
 Sección:  $b_w = 15 \text{ cm}$   
 $h = 45 \text{ cm}$

**Solicitaciones:**

$M_u = 53.6 \text{ KNm}$  (Mu siempre positivo)  
 $N_u = 0.0 \text{ KN}$  (Positivo para tracción)

**Recubrimiento:**  $r = 2 \text{ cm}$

**INCÓGNITAS:**

Datos de la armadura

Cantidad de armadura en la zona traccionada (o menos comprimida)  $A_s$

Disposición de  $A_s$  en la sección  $d, d'$

Cantidad de armadura en la zona comprimida (o menos traccionada)  $A'_s$

Disposición de  $A'_s$  en la sección  $d'$

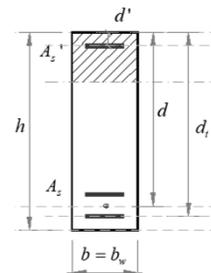
CUIDADO CON LAS UNIDADES!!  $f'_c = 35 \text{ MPa} = 35 \frac{\text{MN}}{\text{m}^2} = 3.50 \frac{\text{KN}}{\text{cm}^2}$

ELU DE AGOTAMIENTO A Flexión con esfuerzo axil de gran excentricidad - 2° parte

Lámina 9

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

### Cómo se procede para determinar la Armadura Necesaria?



**Cálculos Preliminares:**

- Se estima  $d$  y  $d'$   $\begin{cases} d = h - 5 = 40 \text{ cm} \\ d' = 4 \text{ cm} \end{cases}$
- Con  $f_y$   $\begin{cases} E_s = 200000 \text{ MPa} \\ \epsilon_y = 2.10^0 /_{oo} \end{cases}$
- Con  $f'_c$   $\begin{cases} \alpha_1 = 0.850 \\ \beta_1 = 0.814 \\ 0.1 f'_c A_g = 0.1 f'_c b_w h = 236 \text{ KN} \end{cases}$

$N_u = 0 \Rightarrow \epsilon_t \geq 4^0 /_{oo}$

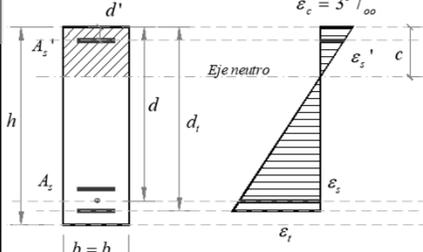
$\Rightarrow$  Se determina  $M_{us} = M_u - N_u \left( d - \frac{h}{2} \right) = 53.6 \text{ KNm}$

ELU DE AGOTAMIENTO A Flexión con esfuerzo axil de gran excentricidad - 2° parte

Lámina 10

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGON I

### Cómo se procede para determinar la Armadura Necesaria?



$M_{ns} \geq M_{us} / \phi$   
 $N_n \geq N_u / \phi$   
 $\phi = ?$

SUPONGO FALLA CONTROLADA POR TRACCIÓN:

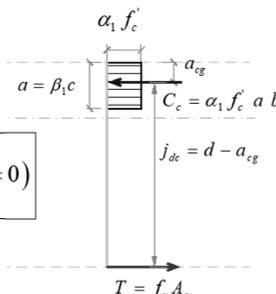
$$\left. \begin{matrix} \varepsilon_c = 3\text{‰} \\ \varepsilon_s \geq 5\text{‰} \end{matrix} \right\} \Rightarrow c/d_t \leq \frac{3}{8} = 0.375; \quad \phi = 0.90; \quad C_s = 0 (A_s' = 0)$$

- Se estima  $C_c$   $j_{dc} \cong 0.80d = 32.0\text{cm}$

$$C_c \cong \frac{M_{us}}{\phi} \frac{1}{j_{dc}} = 186.2\text{KN} = \alpha_1 f_c' \beta_1 c b$$

- Se estima  $c$

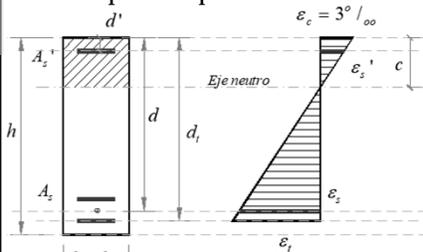
$$\Rightarrow c \cong \frac{C_c}{\alpha_1 f_c' \beta_1 b} = 5.12\text{cm} \Rightarrow c/d = 0.128 < 0.375 \Rightarrow \text{VERIFICA HIP. FALLA CT}$$



ELU DE AGOTAMIENTO A Flexión con esfuerzo axil de gran excentricidad – 2° parte Lámina 11

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGON I

### Cómo se procede para determinar la Armadura Necesaria?



VERIFICA HIP. FALLA CT

⇒ Ajusto  $C_c$  y  $j_d$  bajo esta hipótesis

$C_c =$	186.2 KN	estimado
1° Iteración:		
$c =$	5.12 cm	
$a =$	4.17 cm	
$\varepsilon_t = \varepsilon_s =$	20.42 ‰	
$\phi =$	0.90	
$\alpha_2 =$	0.50	
$a_{cg} =$	2.09 cm	
$j_{dc} =$	37.91 cm	ajustado
$C_c =$	157.17 KN	ajustado
$C_s =$	0.00 KN	

OPCIONALMENTE, puede realizarse una iteración.  
La diferencia en la armadura necesaria no será sustancial

$C_c$	186.22 KN	$C_c$	157.17 KN	$C_c$	155.84 KN	$C_c$	155.78 KN	$C_c$	155.77 KN
Iterac. 1		Iterac. 2		Iterac. 3		Iterac. 4		Iterac. 5	
$c =$	5.12 cm	$c =$	4.33 cm	$c =$	4.29 cm	$c =$	4.29 cm	$c =$	4.29 cm
$a =$	4.17 cm	$a =$	3.52 cm	$a =$	3.49 cm	$a =$	3.49 cm	$a =$	3.49 cm
$\varepsilon_t = \varepsilon_s =$	20.42 ‰	$\varepsilon_t = \varepsilon_s =$	24.74 ‰	$\varepsilon_t = \varepsilon_s =$	24.98 ‰	$\varepsilon_t = \varepsilon_s =$	24.99 ‰	$\varepsilon_t = \varepsilon_s =$	24.99 ‰
$\phi =$	0.90								
$\alpha_2 =$	0.50								
$a_{cg} =$	2.09 cm	$a_{cg} =$	1.76 cm	$a_{cg} =$	1.75 cm	$a_{cg} =$	1.75 cm	$a_{cg} =$	1.75 cm
$j_{dc} =$	37.91 cm	$j_{dc} =$	38.24 cm	$j_{dc} =$	38.25 cm	$j_{dc} =$	38.25 cm	$j_{dc} =$	38.25 cm
$C_c =$	157.17 KN	$C_c =$	155.84 KN	$C_c =$	155.78 KN	$C_c =$	155.77 KN	$C_c =$	155.77 KN
$C_s =$	0.00 KN								

ELU DE AGOTAMIENTO A Flexión con esfuerzo axil de gran excentricidad – 2° parte Lámina 12

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGON I

### Cómo se procede para determinar la Armadura Necesaria?

**VERIFICA HIP. FALLA CT**  
 → Ajusto  $C_c$  y  $j_d$  bajo esta hipótesis

$C_c = 157.17KN$   
 $j_{de} = 37.91cm$

- Determino la fuerza de tracción:  
 $T - C_c - C_s = N_u / \phi$   
 $\Rightarrow T = N_u / \phi + C_c + C_s \Rightarrow T = 157.17KN$

- Determino la armadura necesaria:

$\epsilon_s \geq 20.42^\circ /_{oo} \Rightarrow f_s = f_y = 420MPa$

$A_{s,nec} = \frac{T}{f_s} = 3.74cm^2$

- Verifico que sea mayor que la mínima exigida:

$A_{s,min} \begin{cases} = \frac{\sqrt{f'_c}}{4 f_y} b_w d \geq \frac{1.4}{f_y} b_w d = 2.11cm^2 \\ \text{pero } \leq 1.30 A_{s,nec} = 4.86cm^2 \end{cases}$

$A_{s,nec} = 3.74cm^2$

**ELU DE AGOTAMIENTO A Flexión con esfuerzo axil de gran excentricidad - 2° parte**

Lámina 13

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGON I

### Conocida la Armadura Necesaria, se procede a adoptar barras de armadura

Diámetro [mm]	Sección [cm <sup>2</sup> ]
6	0.28
8	0.50
10	0.79
12	1.13
16	2.01
20	3.14
25	4.91
32	8.04

Adopto:  $2 \phi 12 + 2 \phi 10$

$A_{s,adop} = (2 \times 1.13 + 2 \times 0.79) cm^2 = 3.83 cm^2 > A_{s,nec}$

Entran en una sola capa?

$2d_{b1} + 2d_{b2} + (n-1)s + 2[r + d_{estribos}]$   
 $= 2(1.2cm) + 2(1.0cm) + 3 \cdot 2.5cm + 2[2cm + 0.8cm]$   
 $= 17.5cm > b_w = 15cm$

No, debo disponer 2 capas

$A_{s,nec} = 3.74cm^2$

Se ajustan los valores de  $d$ ,  $d_t$  (y  $d'$ )

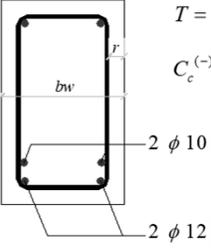
$A_{s-capa1} =$	$2.26 cm^2$	$d_{capa1} = d_t =$	$41.40 cm$
$A_{s-capa2} =$	$1.57 cm^2$	$d_{capa2} =$	$37.80 cm$
$A_s =$	$3.83 cm^2$	$d =$	$39.92 cm$
$A_s / A_{s,nec} =$	$1.02$	$d / d_{calc} =$	$1.00$

**ELU DE AGOTAMIENTO A Flexión con esfuerzo axil de gran excentricidad - 2° parte**

Lámina 14

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

Por último, se verifica la sección (Idem Caso 1-a de la clase pasada)



$$T = f_y A_s = 160.98 \text{ KN}$$

$$C_c^{(-)} = a \cdot 0.85 f'_c b$$

$$C_c^{(-)} = T \Rightarrow a = \frac{T}{0.85 f'_c b} = 3.61 \text{ cm} = \beta_1 c$$

$$\Rightarrow j_{\text{dc}} = 38.12 \text{ cm}; \quad c = \frac{a}{\beta_1} = 4.43 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow M_{us} = C_c j_{\text{dc}} = 61.4 \text{ KNm}$$

Ecuación de Compatibilidad

$$\Rightarrow \varepsilon_s = 24.04\text{‰}$$

$$\varepsilon_c = 25.04\text{‰} \Rightarrow \phi = 0.90$$

$$\Rightarrow M_{ds} = \phi M_{us} = 55.2 \text{ KNm} > M_{us} = 53.6 \text{ KNm} \checkmark$$

La armadura adoptada es adecuada

ELU DE AGOTAMIENTO A Flexión con esfuerzo axil de gran excentricidad – 2º parte Lámina 15

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

### DIMENSIONAMIENTO A FLEXIÓN DOMINANTE – Método 2

Se comienza suponiendo falla controlada por tracción: FCT

$$\left. \begin{array}{l} \varepsilon_c = 3\text{‰} / \infty \\ \varepsilon_s \geq 5\text{‰} / \infty \end{array} \right\} \Rightarrow c / d_t \leq \frac{3}{8} = 0.375; \quad \phi = 0.90; \quad C_s = 0 (A_s' = 0)$$

$$\begin{cases} T - C_c = N_u / \phi \\ C_c j_{\text{dc}} = \frac{M_{us}}{\phi} \end{cases} \Rightarrow (0.85 f'_c \beta_1 c b) \left( d_t - \frac{1}{2} \beta_1 c \right) = \frac{M_{us}}{\phi}$$

$$+\frac{1}{2} 0.85 f'_c \beta_1^2 b c^2 - 0.85 f'_c \beta_1 b d_t c + \frac{M_{us}}{\phi} = 0$$

definiendo  $\omega = 0.85 f'_c \beta_1 b$

resulta  $c = \frac{1}{\beta_1} \left\{ d_t - \sqrt{(d_t)^2 - \frac{2 \beta_1 M_{us}}{\omega \phi}} \right\}$

**Atención:** Este método es válido siempre que no se requiera armadura de compresión.

ELU DE AGOTAMIENTO A Flexión con esfuerzo axil de gran excentricidad – 2º parte Lámina 16

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

## Ejemplo de Dimensionamiento N°2

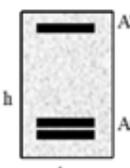
FLEXIÓN CON ESFUERZO AXIL DE TRACCIÓN

SIN ARMADURA DE COMPRESIÓN

ELU DE AGOTAMIENTO A Flexión con esfuerzo axil de gran excentricidad – 2° parte Lámina 17

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

Cómo se procede para determinar la Armadura Necesaria?



Datos:

Hormigón:  $f_c = 35.0$  MPa

Acero:  $f_y = 420.0$  MPa

Sección:  $b_w = 15$  cm  
 $h = 45$  cm

Solicitaciones:

$M_u = 53.6$  KNm (Mu siempre positivo)

$N_u = 50.0$  KN (Positivo para tracción)

Recubrimiento:  $r = 2$  cm

ELU DE AGOTAMIENTO A Flexión con esfuerzo axil de gran excentricidad – 2° parte Lámina 18

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGON I

### Cómo se procede para determinar la Armadura Necesaria?

**Cálculos Preliminares:**

- Se estima  $d$  y  $d'$   $\begin{cases} d = h - 5 = 40\text{cm} \\ d' = 4\text{cm} \end{cases}$
- Con  $f_y$   $\begin{cases} E_s = 200000\text{MPa} \\ \varepsilon_y = 2.10^\circ /_{oo} \end{cases}$
- Con  $f_c'$   $\begin{cases} \alpha_1 = 0.850 \\ \beta_1 = 0.814 \end{cases}$

$$0.1 f_c' A_g = 0.1 f_c' b_w h = 236\text{KN}$$

$N_u > 0 \Rightarrow \varepsilon_t \geq 4^\circ /_{oo}$

$\Rightarrow$  Se determina  $M_{us} = M_u - N_u \left( d - \frac{h}{2} \right) = 44.9\text{KNm} < M_u$

Lámina 19

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGON I

### Cómo se procede para determinar la Armadura Necesaria?

$$M_{ns} \geq M_{us} / \phi$$

$$N_n \geq N_u / \phi$$

$$\phi = ?$$

**SUPONGO FALLA CONTROLADA POR TRACCIÓN:**

$\left. \begin{array}{l} \varepsilon_c = 3^\circ /_{oo} \\ \varepsilon_s \geq 5^\circ /_{oo} \end{array} \right\} \Rightarrow c / d_t \leq \frac{3}{8} = 0.375; \quad \phi = 0.90; \quad C_s = 0 (A_s' = 0)$

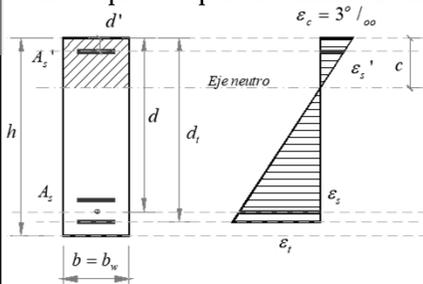
- Se estima  $C_c$   $j_{dc} \cong 0.80d = 32.0\text{cm}$
- $C_c \cong \frac{M_{us}}{\phi} \frac{1}{j_{dc}} = 155.8\text{KN} = \alpha_1 f_c' \beta_1 c b$
- Se estima  $c$

$$\Rightarrow c \cong \frac{C_c}{\alpha_1 f_c' \beta_1 b} = 4.29\text{cm} \Rightarrow c / d = 0.107 < 0.375 \Rightarrow \text{VERIFICA HIP. FALLA CT}$$

Lámina 20

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGON I

### Cómo se procede para determinar la Armadura Necesaria?



VERIFICA HIP. FALLA CT  
 → Ajusto  $C_c$  y  $j d$  bajo esta hipótesis

$$C_c = 130.36 \text{ KN}$$

$$j_{dc} = 38.25 \text{ cm}$$

- Determino la fuerza de tracción:

$$T - C_c - C_s = N_u / \phi$$

$$\Rightarrow T = N_u / \phi + C_c + C_s$$

$$\Rightarrow T = 50.0 / 0.90 + 130.36 = 185.92 \text{ KN}$$

- Determino la armadura necesaria:

$$\epsilon_s \geq 24.98 \text{ per mille} \Rightarrow f_s = f_y = 420 \text{ MPa}$$

$$A_{s,nec} = \frac{T}{f_s} = 4.43 \text{ cm}^2$$

- Verifico que sea mayor que la mínima exigida:

$$A_{s,min} \begin{cases} = \frac{\sqrt{f'_c}}{4 f_y} b_w d \geq \frac{1.4}{f_y} b_w d = 2.11 \text{ cm}^2 \\ \text{pero } \leq 1.30 A_{s,nec} = 5.75 \text{ cm}^2 \end{cases}$$

$A_{s,nec} = 4.43 \text{ cm}^2$

ELU DE AGOTAMIENTO A Flexión con esfuerzo axil de gran excentricidad - 2° parte Lámina 21

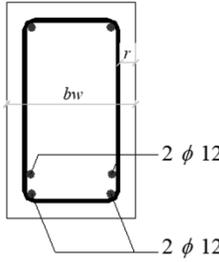
FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGON I

### Conocida la Armadura Necesaria, se procede a adoptar barras de armadura

$A_{s,nec} = 4.43 \text{ cm}^2$

Diámetro [mm]	Sección [cm <sup>2</sup> ]
6	0.28
8	0.50
10	0.79
12	1.13
16	2.01
20	3.14
25	4.91
32	8.04

Adopto: 4  $\phi$  12

$$A_{s,adop} = (4 \times 1.13) \text{ cm}^2 = 4.52 \text{ cm}^2 > A_{s,nec}$$


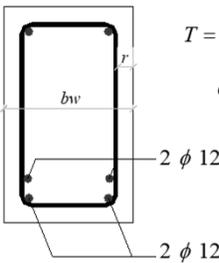
Se ajustan los valores de  $d$ ,  $d_t$  (y  $d'$ )

$A_{s\text{-capal}} =$	2.26 cm <sup>2</sup>	$d_{\text{capal}} = d_t =$	41.40 cm
$A_{s\text{-capa2}} =$	2.26 cm <sup>2</sup>	$d_{\text{capa2}} =$	37.70 cm
$A_s =$	4.52 cm <sup>2</sup>	$d =$	39.55 cm
$A_s/A_{s,nec} =$	1.02	$d/d_{\text{cat}} =$	0.99

ELU DE AGOTAMIENTO A Flexión con esfuerzo axil de gran excentricidad - 2° parte Lámina 22

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

Por último, se verifica la sección



$T = f_y A_s = 190.00 \text{ KN}$   
 $C_c^{(-)} = a \cdot 0.85 f'_c b$

$C_c^{(-)} = T - N_u / \phi = 134.45 \text{ KN}$   
 $\Rightarrow a = \frac{C_c}{0.85 f'_c b} = 3.01 \text{ cm} = \beta_1 c$   
 $\Rightarrow j_{\text{de}} = 38.04 \text{ cm}; \quad c = \frac{a}{\beta_1} = 3.70 \text{ cm}$   
 $\Rightarrow M_{\text{res}} = C_c j_{\text{de}} = 51.15 \text{ KNm}$

Ecuación de Compatibilidad  
 $\Rightarrow \varepsilon_s = 29.07\text{‰}$   
 $\varepsilon_c = 30.57\text{‰} \Rightarrow \phi = 0.90$

$\Rightarrow M_{\text{ds}} = \phi M_{\text{ms}} = 46.0 \text{ KNm} > M_{\text{us}} = 45.1 \text{ KNm} \checkmark$

La armadura adoptada es adecuada

$\Rightarrow N_n = T - C_c = 55.56 \text{ KN}$   
 $\Rightarrow N_d = \phi N_n = 50.0 \text{ KN} = N_{\text{u}} = 50.0 \text{ KN}$

ELU DE AGOTAMIENTO A Flexión con esfuerzo axil de gran excentricidad – 2º parte Lámina 23

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

**Ejemplo de Dimensionamiento N°3**

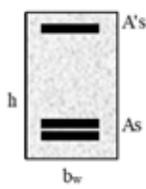
FLEXIÓN CON ESFUERZO AXIL DE COMPRESIÓN

SIN ARMADURA DE COMPRESIÓN

ELU DE AGOTAMIENTO A Flexión con esfuerzo axil de gran excentricidad – 2º parte Lámina 24

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

Cómo se procede para determinar la Armadura Necesaria?



Datos:

Hormigón:	$f_c =$	35.0 MPa	
Acero:	$f_y =$	420.0 MPa	
Sección:	$b_w =$	15 cm	
	$h =$	45 cm	

Solicitaciones:

$M_u =$	53.6 KNm	( $M_u$ siempre positivo)
$N_u =$	-50.0 KN	(Positivo para tracción)

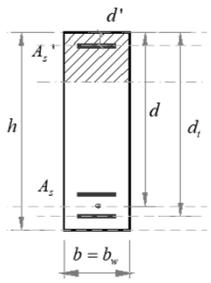
Recubrimiento:  $r =$  2 cm

ELU DE AGOTAMIENTO A Flexión con esfuerzo axil de gran excentricidad – 2° parte

Lámina 25

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

Cómo se procede para determinar la Armadura Necesaria?



Cálculos Preliminares:

- Se estima  $d$  y  $d'$   $\begin{cases} d = h - 5 = 40\text{ cm} \\ d' = 4\text{ cm} \end{cases}$
- Con  $f_y$   $\begin{cases} E_s = 200000\text{ MPa} \\ \epsilon_y = 2.10^0 /_{oo} \end{cases}$
- Con  $f_c'$   $\begin{cases} \alpha_1 = 0.850 \\ \beta_1 = 0.814 \\ 0.1f_c' A_g = 0.1f_c' b_w h = 236\text{ KN} \end{cases}$

$|N_u^{(-)}| = 50 < 0.1f_c' A_g \Rightarrow \epsilon_t \geq 4^0 /_{oo}$

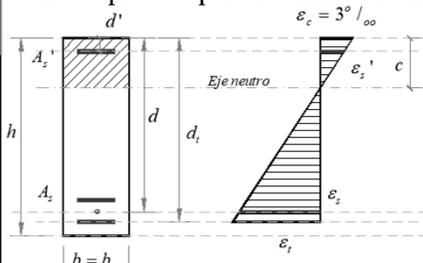
$\Rightarrow$  Se determina  $M_{us} = M_u - N_u \left( d - \frac{h}{2} \right) = 62.4\text{ KNm} > M_u$

ELU DE AGOTAMIENTO A Flexión con esfuerzo axil de gran excentricidad – 2° parte

Lámina 26

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGON I

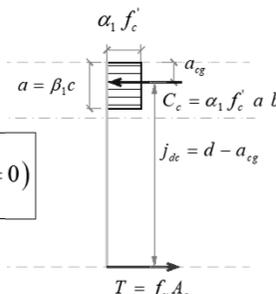
### Cómo se procede para determinar la Armadura Necesaria?



$\epsilon_c = 3^{\circ} / \infty$   
 $M_{ns} \geq M_{us} / \phi$   
 $N_n \geq N_u / \phi$   
 $\phi = ?$

SUPONGO FALLA CONTROLADA POR TRACCIÓN:

$$\left. \begin{matrix} \epsilon_c = 3^{\circ} / \infty \\ \epsilon_s \geq 5^{\circ} / \infty \end{matrix} \right\} \Rightarrow c / d_t \leq \frac{3}{8} = 0.375; \quad \phi = 0.90; \quad C_s = 0 (A_s' = 0)$$



- Se estima  $C_c$   $j_{dc} \cong 0.80d = 32.0cm$

$$C_c \cong \frac{M_{us}}{\phi} \frac{1}{j_{dc}} = 216.6KN = \alpha_1 f_c' \beta_1 c b$$

- Se estima  $c$

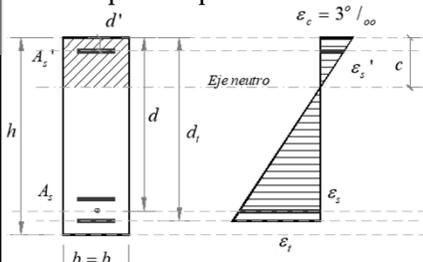
$$\Rightarrow c \cong \frac{C_c}{\alpha_1 f_c' \beta_1 b} = 5.96cm \Rightarrow c / d = 0.149 < 0.375 \Rightarrow \text{VERIFICA HIP. FALLA CT}$$

ELU DE AGOTAMIENTO A Flexión con esfuerzo axil de gran excentricidad - 2° parte

Lámina 27

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGON I

### Cómo se procede para determinar la Armadura Necesaria?



VERIFICA HIP. FALLA CT

⇒ Ajusto  $C_c$  y  $j_d$  bajo esta hipótesis

$$C_c = 184.47KN$$

$$j_{dc} = 37.57cm$$

- Determino la fuerza de tracción:

$$T - C_c - C_s = N_u / \phi$$

$$\Rightarrow T = N_u / \phi + C_c + C_s$$

$$\Rightarrow T = -50.0 / 0.90 + 184.47 = 128.92KN$$

- Determino la armadura necesaria:

$$\epsilon_s \geq 17.13^{\circ} / \infty \Rightarrow f_s = f_y = 420MPa$$

$$A_{s,nec} = \frac{T}{f_s} = 3.07cm^2$$

- Verifico que sea mayor que la mínima exigida:

$$A_{s,min} \begin{cases} = \frac{\sqrt{f_c'}}{4 f_y} b_w d \geq \frac{1.4}{f_y} b_w d = 2.11cm^2 \\ \text{pero } \leq 1.30 A_{s,nec} = 3.99cm^2 \end{cases}$$

$A_{s,nec} = 3.07cm^2$

ELU DE AGOTAMIENTO A Flexión con esfuerzo axil de gran excentricidad - 2° parte

Lámina 28

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

Conocida la Armadura Necesaria, se procede a adoptar barras de armadura

$A_{s,nec} = 3.07 \text{ cm}^2$

Diámetro [mm]	Sección [cm <sup>2</sup> ]
6	0.28
8	0.50
10	0.79
12	1.13
16	2.01
20	3.14
25	4.91
32	8.04

Adopto: 3  $\phi$  12

$A_{s,adop} = (3 \times 1.13) \text{ cm}^2 = 3.39 \text{ cm}^2 > A_{s,nec}$

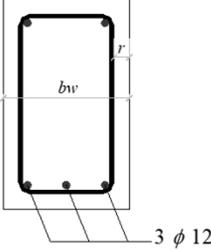
Entran en una sola capa?

$$3d_{b1} + (n-1)s + 2[r + d_{estribos}]$$

$$= 3(1.2 \text{ cm}) + 2 \cdot 2.5 \text{ cm} + 2[2 \text{ cm} + 0.8 \text{ cm}]$$

$$= 14.2 \text{ cm} < b_w = 15 \text{ cm}$$

Sí, dispongo 1 capa



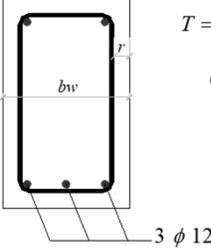
Se ajustan los valores de  $d$ ,  $d_i$  (y  $d'$ )

As-capa1=	3.39 cm <sup>2</sup>	d <sub>capa1</sub> =d <sub>t</sub> =	41.40 cm
As-capa2=	0.00 cm <sup>2</sup>	d <sub>capa2</sub> =	0.00 cm
<b>As=</b>	<b>3.39 cm<sup>2</sup></b>	<b>d=</b>	<b>41.40 cm</b>
As/As <sub>nec</sub> =	1.11	d/d <sub>calc</sub> =	1.04

ELU DE AGOTAMIENTO A Flexión con esfuerzo axil de gran excentricidad – 2º parte Lámina 29

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

Por último, se verifica la sección



$T = f_y A_s = 142.5 \text{ KN}$

$C_c^{(-)} = a \cdot 0.85 f'_c b$

$$C_c^{(-)} = T - (-50) / 0.90 = 198.06 \text{ KN}$$

$$\Rightarrow a = \frac{C_c}{0.85 f'_c b} = 4.44 \text{ cm} = \beta_1 c$$

$$\Rightarrow j_{de} = 39.18 \text{ cm}; \quad c = \frac{a}{\beta_1} = 5.45 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow M_{ms} = C_c j_{de} = 77.60 \text{ KNm}$$

Ecuación de Compatibilidad

$$\Rightarrow \varepsilon_s = \varepsilon_t = 19.79\text{‰} \Rightarrow \phi = 0.90$$

$$\Rightarrow M_{ds} = \phi M_{ms} = 69.84 \text{ KNm} > M_{ms} = 63.08 \text{ KNm} \checkmark$$

La armadura adoptada es adecuada

$$\Rightarrow N_n = T - C_c = -55.56 \text{ KN}$$

$$\Rightarrow N_d = \phi N_n = -50.0 \text{ KN} = N_u = -50.0 \text{ KN}$$

ELU DE AGOTAMIENTO A Flexión con esfuerzo axil de gran excentricidad – 2º parte Lámina 30

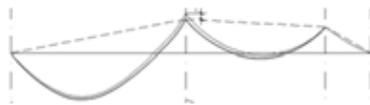


## Plastificación de Apoyos

### Cálculo de cuánto se puede plastificar



### SOLICITACIONES – PLASTIFICACIÓN DEL DIAGRAMA DE MOMENTOS

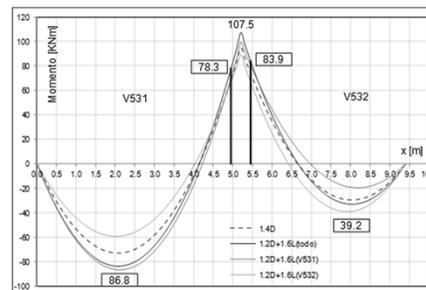


**Plastificación del Diagrama de Momentos**

8.4.1. En los apoyos de elementos continuos, solicitados a flexión, se permitirá reducir o aumentar los momentos negativos calculados con la teoría elástica, para cualquier distribución de cargas, hasta  $1000 \varepsilon_t$ , con un máximo de 20 %. Esta modificación no se podrá realizar cuando los momentos se hayan obtenido en forma aproximada.

8.4.2. Deben recalcularse los momentos positivos de tramo con los momentos de apoyo modificados.

8.4.3. La redistribución de los momentos negativos se puede hacer sólo cuando  $\varepsilon_t$  sea igual o mayor que  $7.5\text{‰}$  en la sección en la cual se reduce el momento.



- 1) Se dimensiona la sección de apoyo para el momento a filo, **sin plastificar**
- 2) Se determina en esa sección la deformación en el acero más traccionado. Por ejemplo, si resulta:

$$\varepsilon_t = 25\text{‰}$$

Como es mayor que  $7.5\text{‰}$ , Sí se podría plastificar

Cuánto? El menor valor entre  $\begin{cases} 1000\varepsilon_t = 25\% \\ 20\% \end{cases}$

**Por lo tanto, se podría plastificar un 20%**

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

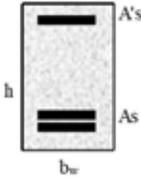
## Ejemplo de Dimensionamiento N°4

FLEXIÓN SIN ESFUERZO AXIL  
CON ARMADURA DE COMPRESIÓN

ELU DE AGOTAMIENTO A Flexión con esfuerzo axil de gran excentricidad – 2° parte Lámina 33

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

Cómo se procede para determinar la Armadura Necesaria?



Datos:

Hormigón:  $f_c = 35.0$  MPa

Acero:  $f_y = 420.0$  MPa

Sección:  $b_w = 15$  cm  
 $h = 45$  cm

Solicitaciones:

$M_u = 201.1$  KNm (Mu siempre positivo)

$N_u = 0.0$  KN (Positivo para tracción)

Recubrimiento:  $r = 2$  cm

ELU DE AGOTAMIENTO A Flexión con esfuerzo axil de gran excentricidad – 2° parte Lámina 34

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGON I

### Cómo se procede para determinar la Armadura Necesaria?

**Cálculos Preliminares:**

- Se estima  $d$  y  $d'$   $\begin{cases} d = h - 5 = 40\text{cm} \\ d' = 4\text{cm} \end{cases}$
- Con  $f_y$   $\begin{cases} E_s = 200000\text{MPa} \\ \epsilon_{y_s} = 2.10^\circ /_{\infty} \end{cases}$
- Con  $f_c'$   $\begin{cases} \alpha_1 = 0.850 \\ \beta_1 = 0.814 \end{cases}$

$0.1 f_c' A_g = 0.1 f_c' b_w h = 236\text{KN}$

$N_u = 0 \Rightarrow \epsilon_t \geq 4^\circ /_{\infty}$

$\Rightarrow$  Se determina  $M_{us} = M_u - N_u \left( d - \frac{h}{2} \right) = 201.1\text{KNm} = M_u$

Lámina 35

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGON I

### Cómo se procede para determinar la Armadura Necesaria?

$M_{ns} \geq M_{us} / \phi$   
 $N_n \geq N_u / \phi$   
 $\phi = ?$

**SUPONGO FALLA CONTROLADA POR TRACCIÓN:**

$\left. \begin{matrix} \epsilon_c = 3^\circ /_{\infty} \\ \epsilon_s \geq 5^\circ /_{\infty} \end{matrix} \right\} \Rightarrow c / d_t \leq \frac{3}{8} = 0.375; \quad \phi = 0.90; \quad C_s = 0 (A_s' = 0)$

- Se estima  $C_c$   $J_{dc} \cong 0.80d = 32.0\text{cm}$
- $C_c \cong \frac{M_{ns}}{\phi J_{dc}} = 698.3\text{KN} = \alpha_1 f_c' \beta_1 c b$
- Se estima  $c$

$\Rightarrow c \cong \frac{C_c}{\alpha_1 f_c' \beta_1 b} = 19.22\text{cm} \Rightarrow c / d = 0.480 > 0.375 \Rightarrow$

**NO VERIFICA HIP. FALLA CT**

Lámina 36

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

Cómo se procede para determinar la Armadura Necesaria?

**NO VERIFICA HIP. FALLA EN TRACCIÓN**  $\Rightarrow$  **SE CALCULA QUÉ MOMENTO MÁXIMO PUEDE ABSORBERSE SIN ARMADURA DE COMPRESIÓN:**

$$\left. \begin{array}{l} \varepsilon_c = 3^\circ /_{\infty} \\ \varepsilon_s = 4^\circ /_{\infty} \end{array} \right\} \Rightarrow c / d_t = \frac{3}{7} = 0.429; \quad \phi = 0.81; \quad C_s = 0 (A_s' = 0)$$

- Se calcula el esfuerzo  $C_c$  asociado a este plano

$$c = \frac{3}{7}d = 17.14cm \Rightarrow a = \beta_1 c = 13.96cm$$

$$j_{dc} = d - \alpha_2 a = 33.02cm$$

$$C_c = \alpha_1 f_c \beta_1 c b = 622.9KN$$

- Se calcula el momento de diseño correspondiente a este plano

$$\phi M_{ns,c}^* = \phi C_c j_{dc} = 167.38KNm$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \varepsilon_c = 3^\circ /_{\infty} \\ \varepsilon_s = 4^\circ /_{\infty} \end{array} \right.$$

$\left\{ \begin{array}{l} \text{Si } \phi M_{ns,c}^* < M_{ns} \Rightarrow \text{Se requiere Armadura de Compresión} \\ \text{Si } \phi M_{ns,c}^* \geq M_{ns} \Rightarrow \text{No se requiere Armadura de Compresión} \end{array} \right.$

$\phi M_{ns,c}^* = 167.38KNm < M_{ns} = 201.1KNm \Rightarrow$  **SE ADOPTA ARMADURA DE COMPRESIÓN**

ELU DE AGOTAMIENTO A Flexión con esfuerzo axil de gran excentricidad - 2° parte Lámina 37

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

Cómo se procede para determinar la Armadura Necesaria?

Se considera que SON VÁLIDOS los datos asociados con el plano

$$\left\{ \begin{array}{l} \varepsilon_c = 3^\circ /_{\infty} \\ \varepsilon_s = 4^\circ /_{\infty} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \phi = 0.81 \\ c = 17.14cm \\ a = 13.96cm \\ j_{dc} = 33.02cm \\ C_c = 622.9KN \end{array} \right.$$

Se calcula cuál es el momento a tomar con armadura de compresión

$$M_{ns} = C_c j_{dc} + C_s j_{ds}$$

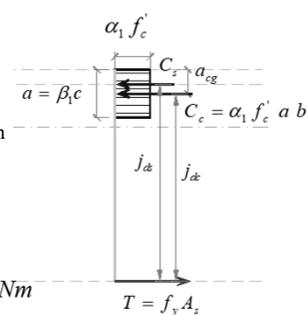
$$M_{ns} = \phi M_{ns,c}^* + \phi M_{ns,s}$$

$$\Rightarrow M_{ns,s} = \frac{M_{ns} - \phi M_{ns,c}^*}{\phi} = \frac{201.1 - 167.39}{0.81} = 41.44KNm$$

Se calcula el brazo elástico de la armadura de compresión:

$$j_{ds} = d - d' = 40 - 4 = 36cm$$

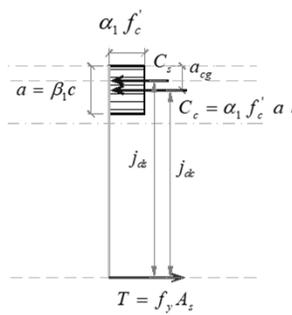
Se calcula el esfuerzo necesario en la armadura de compresión:

$$M_{ns,s} = 41.44KNm = C_s j_{ds} \Rightarrow C_s = \frac{M_{ns,s}}{j_{ds}} = \frac{41.44}{0.36} = 115.12KN$$


ELU DE AGOTAMIENTO A Flexión con esfuerzo axil de gran excentricidad - 2° parte Lámina 38

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

Cómo se procede para determinar la Armadura Necesaria?



**ARMADURA PRINCIPAL NECESARIA**

- Se determina la fuerza de tracción:
 
$$T - C_c - C_s = N_u / \phi$$

$$\Rightarrow T = N_u / \phi + C_c + C_s$$

$$\Rightarrow T = 0 + 622.93 + 115.12 \text{KN} = 738.05 \text{KN}$$
- Se determina la armadura principal necesaria:
 
$$\varepsilon_s \geq 4^\circ / \infty \Rightarrow f_s = f_y = 420 \text{MPa}$$

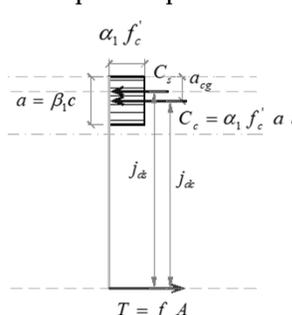
$$A_{s,nec} = \frac{T}{f_s} = 17.57 \text{cm}^2$$
- Se verifica que sea mayor que la mínima exigida:
 
$$A_{s,min} \begin{cases} = \frac{\sqrt{f_c'}}{4 f_y} b_w d \geq \frac{1.4}{f_y} b_w d = 2.11 \text{cm}^2 \\ \text{pero } \leq 1.30 A_{s,nec} = 22.84 \text{cm}^2 \end{cases}$$

$A_{s,nec} = 17.57 \text{cm}^2$

ELU DE AGOTAMIENTO A Flexión con esfuerzo axil de gran excentricidad - 2° parte Lámina 39

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

Cómo se procede para determinar la Armadura Necesaria?



**ARMADURA DE COMPRESIÓN NECESARIA**

- Se calcula la deformación:
 
$$\frac{\varepsilon_c}{c} = \frac{\varepsilon_s'}{c - d'} \Rightarrow \varepsilon_s' = 2.30^\circ / \infty$$
- Se determina la armadura de compresión necesaria:
 
$$\varepsilon_s' \geq 2.10^\circ / \infty \Rightarrow f_s' = f_y = 420 \text{MPa}$$

$$C_s = A'_{s,nec} (f_s - \alpha_1 f_c')$$

$$\Rightarrow A'_{s,nec} = \frac{115.12}{42 - 0.85 \cdot 3.50}$$

$A'_{s,nec} = 2.95 \text{cm}^2$

ELU DE AGOTAMIENTO A Flexión con esfuerzo axil de gran excentricidad - 2° parte Lámina 40

Conocida la Armadura Necesaria, se procede a adoptar barras de armadura

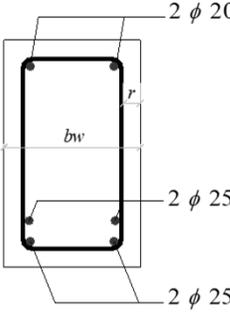
$A_{s,nec} = 17.57 \text{ cm}^2$        $A'_{s,nec} = 2.95 \text{ cm}^2$

Diámetro [mm]	Sección [cm <sup>2</sup> ]
6	0.28
8	0.50
10	0.79
12	1.13
16	2.01
20	3.14
25	4.91
32	8.04

Adopto:

Armadura principal: 4  $\phi$  25 en 2 capas  
 $A_{s,adop} = (4 \times 4.91) \text{ cm}^2 = 19.63 \text{ cm}^2 > A_{s,nec}$

Armadura de compresión: 2  $\phi$  20 en 1 capa  
 $A'_{s,adop} = (2 \times 3.14) \text{ cm}^2 = 6.28 \text{ cm}^2 > A'_{s,nec}$



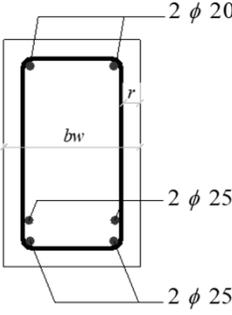
Se ajustan los valores de  $d$ ,  $d_t$  y  $d'$

$A'_s =$	<b>6.28 cm<sup>2</sup></b>	$d' =$	<b>4.00 cm</b>
$A'_s/A'_{s,nec} =$	2.13	$(d-d')/(d-d')_{calc} =$	0.95
$A_{s-capa1} =$	9.82 cm <sup>2</sup>	$d_{capa1} = d_t =$	40.75 cm
$A_{s-capa2} =$	9.82 cm <sup>2</sup>	$d_{capa2} =$	35.75 cm
$A_s =$	<b>19.63 cm<sup>2</sup></b>	$d =$	<b>38.25 cm</b>
$A_s/A_{s,nec} =$	1.12	$d/d_{calc} =$	0.96

ELU DE AGOTAMIENTO A Flexión con esfuerzo axil de gran excentricidad – 2º parte

Lámina 41

Por último, se verifica la sección (Idem Caso 2 de la clase pasada)



$M_{ns} = C_c j_{dc} + C_s j_{ds} = 268.0 \text{ KNm}$

$\epsilon_t = 4.67\text{‰} \Rightarrow \phi = 0.87$

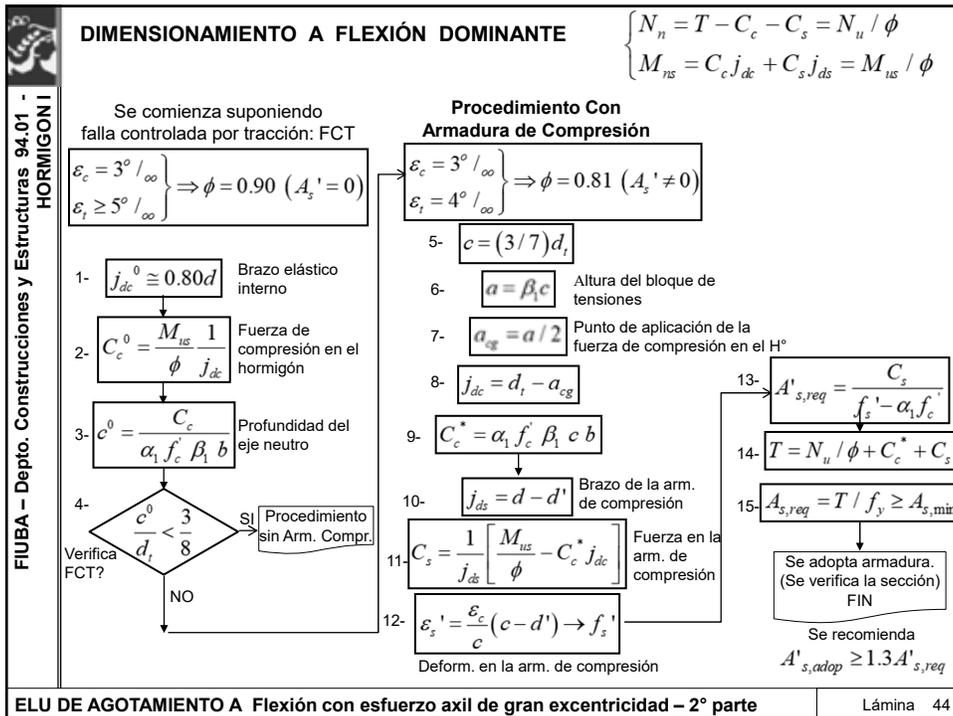
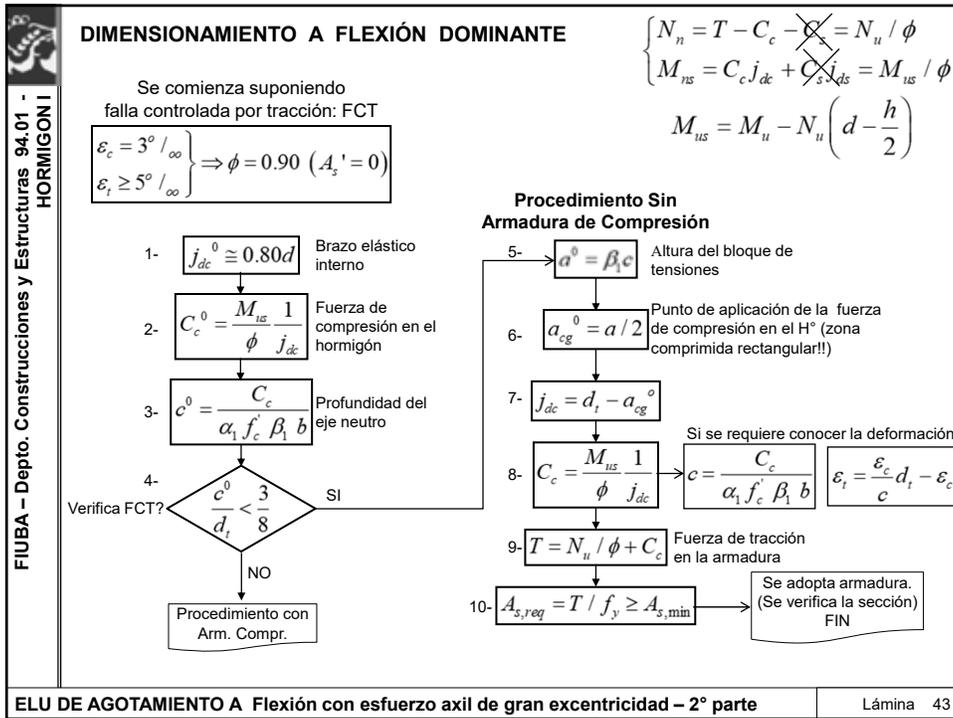
$\epsilon_s' = 2.25\text{‰}$

$\Rightarrow M_{ds} = \phi M_{ns} = 233.5 \text{ KNm} > M_{us} = 201.1 \text{ KNm} \checkmark$

La armadura adoptada es adecuada

ELU DE AGOTAMIENTO A Flexión con esfuerzo axil de gran excentricidad – 2º parte

Lámina 42





FIN –  
ELU DE AGOTAMIENTO A  
Flexión con esfuerzo axial  
de gran excentricidad – 2° Parte

GRACIAS POR SU ATENCION !!!

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

HORMIGÓN I (74.01 y 94.01)

**ELU DE AGOTAMIENTO A Flexión – Secciones con zona comprimida no rectangular**

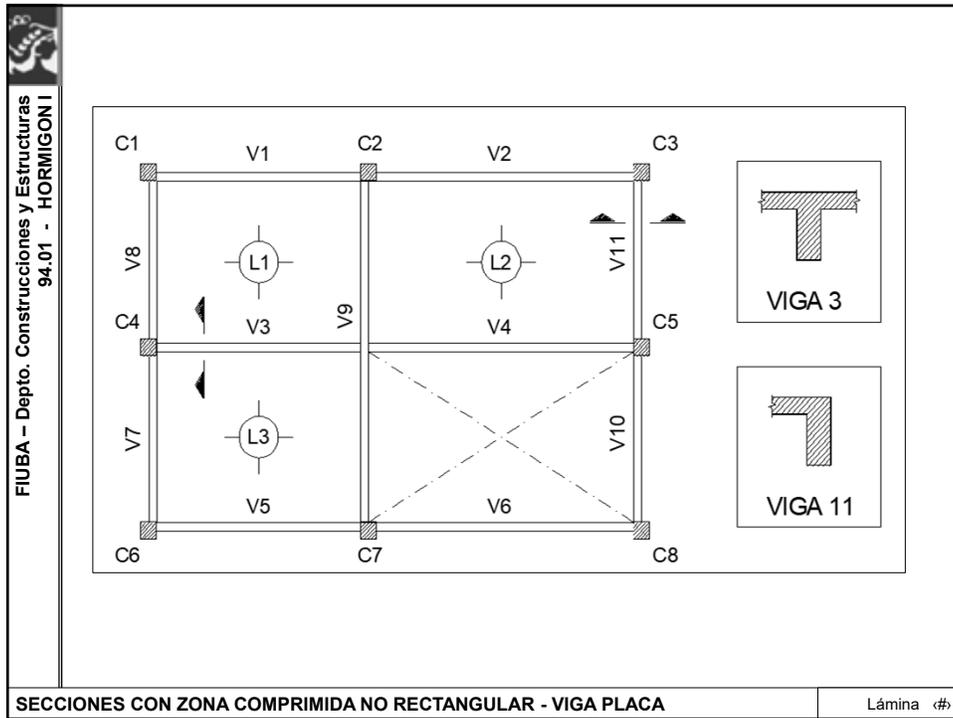
---

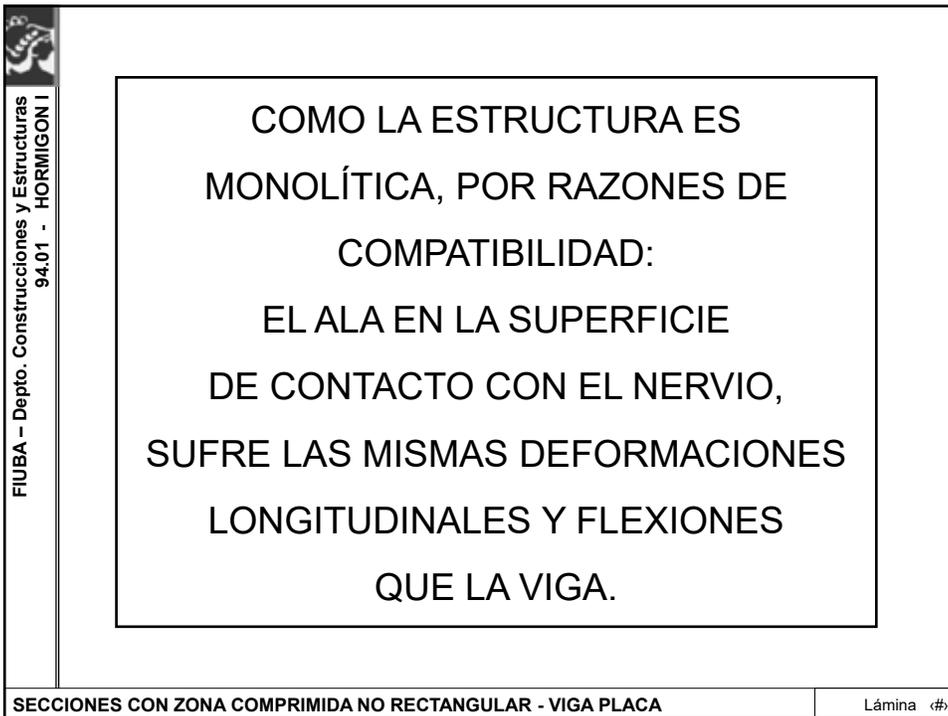
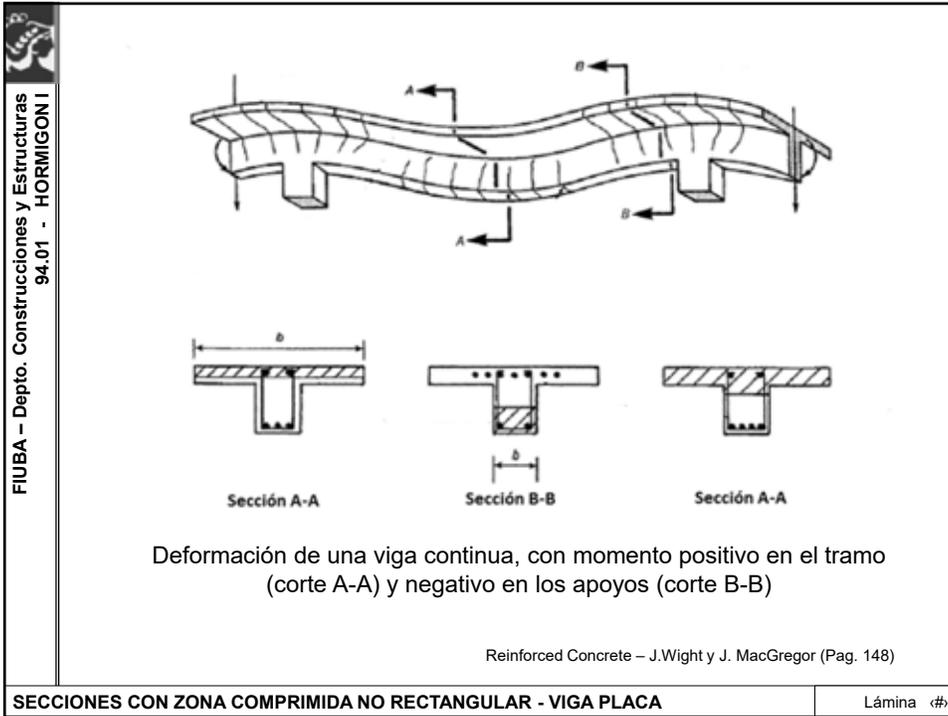
FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

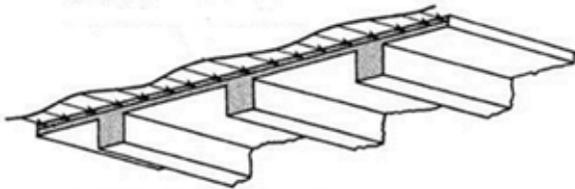
Diagram illustrating the structural layout of a frame with 8 columns (C1-C8) and 11 beams (V1-V11). The columns are arranged in a grid. Beams V1-V8 are solid lines, while V9-V11 are dashed lines. Three load cases (L1, L2, L3) are shown. A detail of 'VIGA 10' is shown on the right.

SECCIONES CON ZONA COMPRIMIDA NO RECTANGULAR - VIGA PLACA

Lámina #



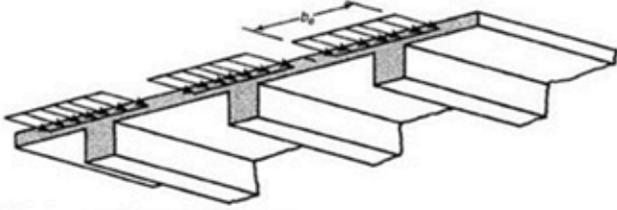


FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I	<h2 style="border: 1px solid black; padding: 5px;">DISTRIBUCIÓN DE TENSIONES (REAL)</h2>	
		
	<div style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> <p>Las zonas cercanas al nervio, están más solicitadas que las más alejadas.</p> </div> <p style="font-size: small; text-align: right;">Reinforced Concrete – J.Wight y J. MacGregor (Pag. 149)</p>	
SECCIONES CON ZONA COMPRIMIDA NO RECTANGULAR - VIGA PLACA		Lámina (#)

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I	<div style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> <p>EN LA PRÁCTICA SE DESISTE DE UN CONOCIMIENTO EXACTO DE LA DISTRIBUCIÓN DE LAS TENSIONES DE COMPRESIÓN EN LA PLACA.</p> </div>	
		
	<div style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> <p>SE CONSIDERA UNA DISTRIBUCIÓN DE TENSIONES IDEALIZADA QUE <u>NO SE EXTIENDE A TODA LA LOSA,</u> <u>SINO A UNA ZONA VECINA AL NERVIO DE LA VIGA.</u></p> </div>	
SECCIONES CON ZONA COMPRIMIDA NO RECTANGULAR - VIGA PLACA		Lámina (#)

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

## DISTRIBUCIÓN DE TENSIONES (IDEALIZADA)



La tensiones fuera del ancho be se desprecian.

Reinforced Concrete – J.Wight y J. MacGregor (Pag. 149)

SECCIONES CON ZONA COMPRIMIDA NO RECTANGULAR - VIGA PLACA Lámina  $\langle \# \rangle$

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

EL ANCHO DE LA PLACA A CONSIDERAR SE  
DENOMINA: **be**  
  
ANCHO EFECTIVO Ó  
ANCHO COLABORANTE.

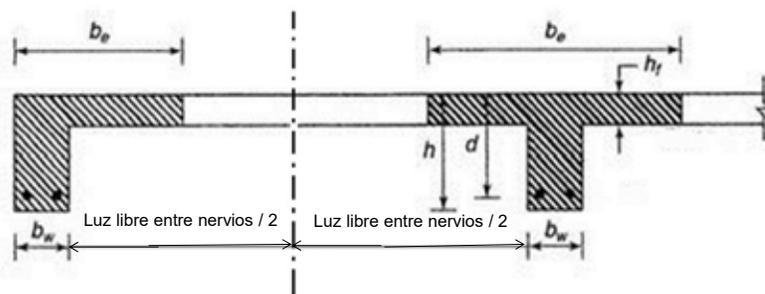
SECCIONES CON ZONA COMPRIMIDA NO RECTANGULAR - VIGA PLACA Lámina  $\langle \# \rangle$



Cuando el ancho  $b_e$ , está sometido  
 uniformemente a  $0,85 f'_c$ , dará  
 aproximadamente la misma fuerza de  
 compresión que se desarrolla en toda  
 la zona comprimida.



Nomenclatura utilizada para el cálculo del ancho efectivo  $b_e$



$l$ : longitud de la viga sometida a flexión

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGON I

**be para viga con zona comprimida en forma de T**

$$be \leq bw + 2 \cdot \text{luz libre entre nervios} / 2$$

$$bw + 2 \cdot 8 \cdot hf$$

$$l / 4$$

**be para viga con zona comprimida en forma de L**

$$be \leq bw + \text{luz libre entre nervios} / 2$$

$$bw + 6 \cdot hf$$

$$bw + l / 12$$

**be DEBE SER SIEMPRE MENOR QUE EL ANCHO REAL DEL ALA**

SECCIONES CON ZONA COMPRIMIDA NO RECTANGULAR - VIGA PLACA

Lámina  $\langle \# \rangle$

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGON I

**Corte**

**Sección**

**Planta**

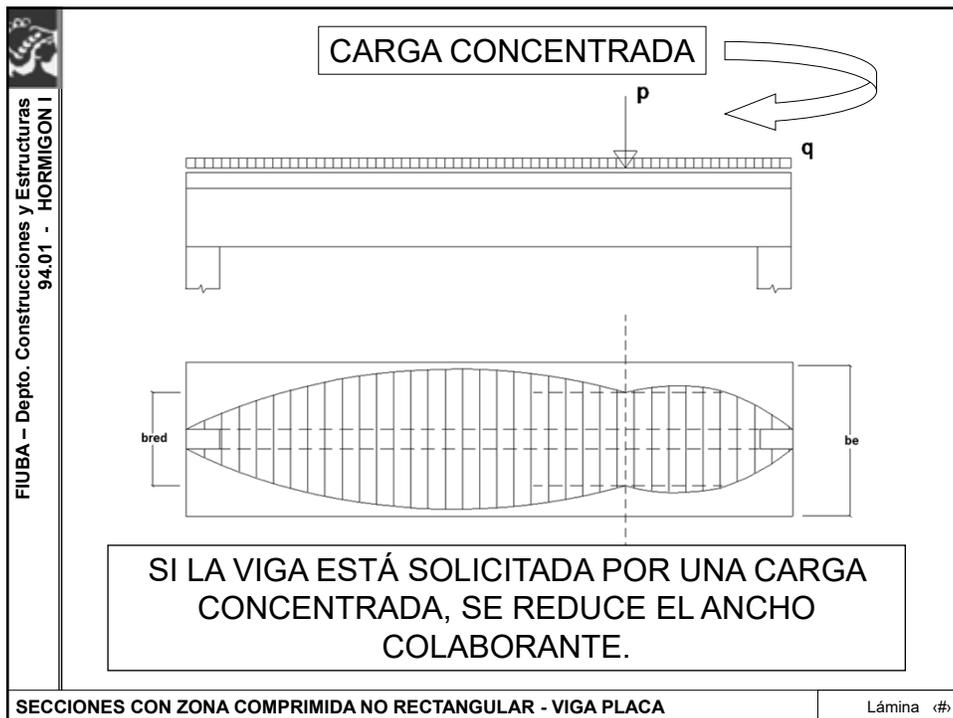
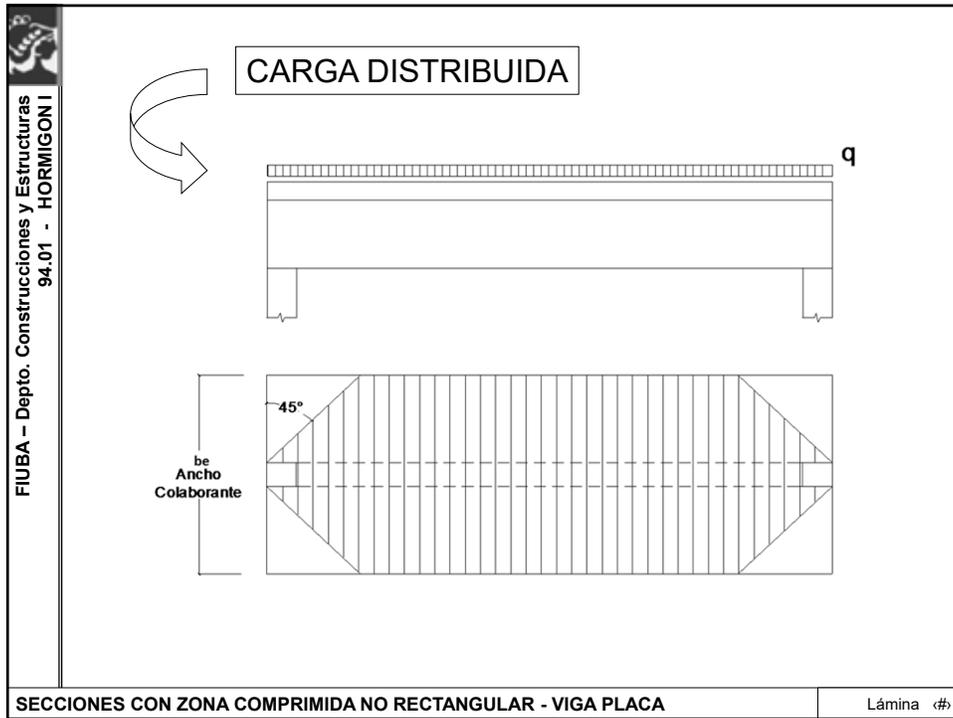
Trayectorias de tracción

Trayectorias de compresión

EN LA ZONA PRÓXIMA A LOS APOYOS EXTREMOS, LOS ESFUERZOS DE COMPRESIÓN VAN INTRODUCIÉNDOSE GRADUALMENTE EN LA LOSA.

SECCIONES CON ZONA COMPRIMIDA NO RECTANGULAR - VIGA PLACA

Lámina  $\langle \# \rangle$



FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

## EL ANCHO DE COLABORACIÓN DISMINUYE EN LA ZONA DE INTRODUCCIÓN DE CARGAS CONCENTRADAS

SECCIONES CON ZONA COMPRIMIDA NO RECTANGULAR - VIGA PLACA Lámina #

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

### REDUCCIÓN DE $be$ POR CARGA CONCENTRADA EN EL TRAMO

$$b_{red} = \chi \cdot be$$

$$b_{red} = \left( \frac{Mq + 0,6 Mp}{Mq + Mp} \right) be$$

EN GENERAL **be** SE REDUCE 40% CUANDO HAY UNA  
CARGA CONCENTRADA.

Esta reducción es una recomendación de la cátedra de Hormigón I

SECCIONES CON ZONA COMPRIMIDA NO RECTANGULAR - VIGA PLACA Lámina #

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGON I

EN LOS APOYOS DE VIGAS CONTINUAS,  
CUANDO LA PLACA ESTÁ COMPRIMIDA SE  
HARÁ LA REDUCCIÓN DEL ANCHO  
COLABORANTE (**be**)

↓

$$b_{red} = 0,60.be$$

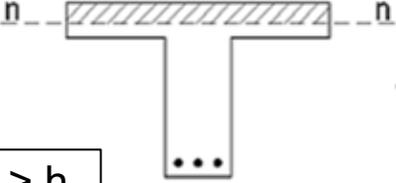
SECCIONES CON ZONA COMPRIMIDA NO RECTANGULAR - VIGA PLACA

Lámina #

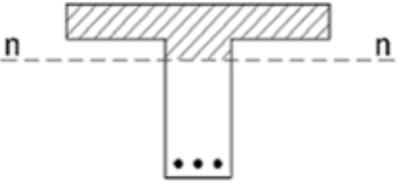
FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGON I

Qué pasa con la posición del eje neutro cuando la  
sección no es rectangular?

CASO I:  $\beta_1 c \leq h_f$



CASO II:  $\beta_1 c > h_f$



SECCIONES CON ZONA COMPRIMIDA NO RECTANGULAR - VIGA PLACA

Lámina #

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGON I

**CASO I: Análisis de Mn para secciones con placa comprimida (en zona de momentos positivos), cuando  $a = \beta_1 \cdot c \leq hf$**

(a) Sección de la viga      (b) Tensiones      (c) Fuerza internas

**Caso I: ( $\beta_1 c \leq hf$ )**

Reinforced Concrete – J.Wight y J. MacGregor (Pag. 151)

<b>SECCIONES CON ZONA COMPRIMIDA NO RECTANGULAR - VIGA PLACA</b>	Lámina $\langle \# \rangle$
--	-----------------------------

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGON I

\* Para el siguiente análisis, se supone que no hay armadura comprimida.

(a) Sección de la viga      (b) Tensiones      (c) Fuerza internas

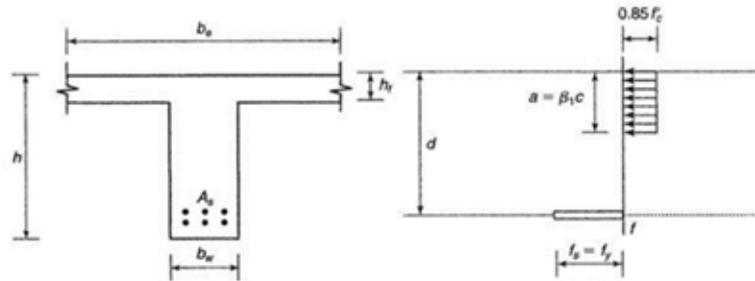
- Suponer:  $a = \beta_1 \cdot c \leq hf$   
 $\epsilon_s \geq \epsilon_y$
- Como  $C_c = T$ , calcular:  $a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'c \cdot b \cdot e}$
- Si:  $a \leq hf$ , chequear si:  $\epsilon_s \geq \epsilon_y$
- Calcular:  $Mn = A_s \cdot f_y \cdot (d - \frac{a}{2})$

Reinforced Concrete – J.Wight y J. MacGregor (Pag. 151)

<b>SECCIONES CON ZONA COMPRIMIDA NO RECTANGULAR - VIGA PLACA</b>	Lámina $\langle \# \rangle$
--	-----------------------------



**CASO II: Análisis de  $M_n$  para secciones con placa comprimida (en zona de momentos positivos), cuando  $a = \beta_1 \cdot c > hf$**



**Caso II:** ( $a = \beta_1 \cdot c > hf$ )

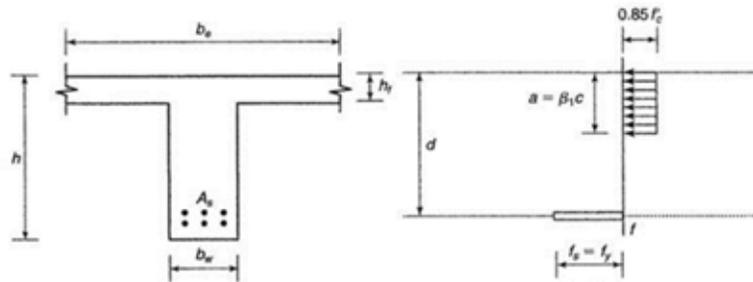
Reinforced Concrete – J.Wight y J. MacGregor (Pag. 153)

SECCIONES CON ZONA COMPRIMIDA NO RECTANGULAR - VIGA PLACA

Lámina (#)



\* Para el siguiente análisis, se supone que no hay armadura comprimida.



En este caso, se divide la zona comprimida en dos:

- a) Alas comprimidas
- b) Nervio comprimido

Reinforced Concrete – J.Wight y J. MacGregor (Pag. 153)

SECCIONES CON ZONA COMPRIMIDA NO RECTANGULAR - VIGA PLACA

Lámina (#)

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

a) Alas comprimidas:  $C_{cf} = 0,85 \cdot f'c \cdot (b_e - b_w) \cdot h_f$

b) Nervio comprimido:  $C_{cw} = 0,85 \cdot f'c \cdot b_w \cdot a$

Reinforced Concrete – J.Wight y J. MacGregor (Pag. 153)

SECCIONES CON ZONA COMPRIMIDA NO RECTANGULAR - VIGA PLACA

Lámina (#)

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

$$C_c = C_{cf} + C_{cw} \begin{cases} C_{cf} = \alpha_1 f'_c h_f (b_e - b_w) \\ C_{cw} = \alpha_1 f'_c \beta_1 c b_w \end{cases}$$

Reemplazando en las ecuaciones de equilibrio

$$\begin{cases} N_n = T - (C_{cf} + C_{cw}) - C_s = N_u / \phi \\ M_{ns} = \left( C_{cf} \left[ d - \frac{h_f}{2} \right] + C_{cw} j_{dc} \right) + C_s j_{ds} = M_{us} / \phi \end{cases}$$

En el caso particular: sin esfuerzo normal y sin armadura de compresión, las ecuaciones se reducen a

$$\begin{cases} T - (C_{cf} + C_{cw}) = 0 \\ C_{cf} \left[ d - \frac{h_f}{2} \right] + C_{cw} j_{dc} = M_{us} / \phi \end{cases}$$

SECCIONES CON ZONA COMPRIMIDA NO RECTANGULAR - VIGA PLACA

Lámina (#)



En este caso, la profundidad:  $a = \beta_1 \cdot c$ ,  
 es desconocida.

Pero debe cumplirse el equilibrio:  $T = C$

Como:  $T = A_s \cdot f_y = C_{cf} + C_{cw}$

Resulta: 
$$a = \frac{T - C_{cf}}{0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot w}$$

Se debe confirmar que:  $\epsilon_s \geq \epsilon_y$

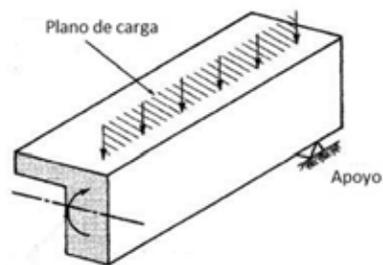
Entonces: 
$$M_n = C_{cf} \cdot \left(d - \frac{hf}{2}\right) + C_{cw} \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

SECCIONES CON ZONA COMPRIMIDA NO RECTANGULAR - VIGA PLACA

Lámina (#)



### VIGAS CON SECCIONES NO SIMÉTRICAS



La carga aplicada, genera momentos que deben ser resistidos por un momento interno respecto a un eje horizontal.

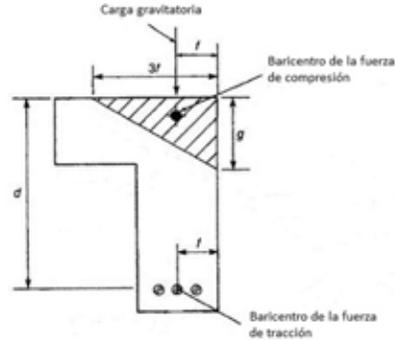
Reinforced Concrete – J.Wight y J. MacGregor (Pag. 160)

SECCIONES CON ZONA COMPRIMIDA NO RECTANGULAR - VIGA PLACA

Lámina (#)



Para el caso de una viga L con carga gravitatoria, como la resultante de la fuerza de tracción se encuentra a una distancia  $f$  del borde de la sección, la zona comprimida tendrá una forma triangular y el eje neutro resultará inclinado.



$$\text{Como: } C = T \text{ y suponiendo que } f_s = f_y \Rightarrow \frac{1}{2} \cdot (3f \cdot g \cdot 0,85 \cdot f'c) = A_s \cdot f_y$$

Reinforced Concrete – J.Wight y J. MacGregor (Pag. 161)

SECCIONES CON ZONA COMPRIMIDA NO RECTANGULAR - VIGA PLACA

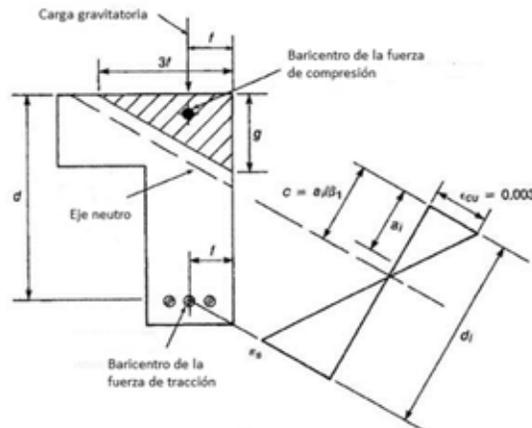
Lámina (#)



El momento respecto a un eje horizontal (para la zona comprimida con forma triangular):

$$M_n = A_s \cdot f_y \cdot jd$$

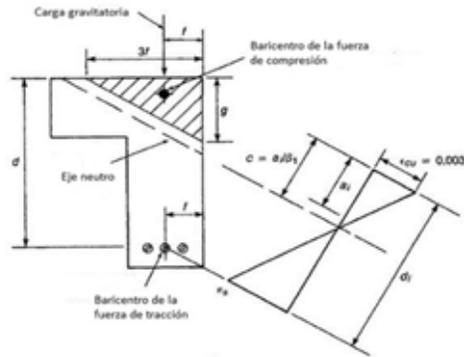
$$\text{Con: } jd = d - g/3$$



Reinforced Concrete – J.Wight y J. MacGregor (Pag. 161)

SECCIONES CON ZONA COMPRIMIDA NO RECTANGULAR - VIGA PLACA

Lámina (#)



Para chequear si:  $f_s = f_y$  ó si la sección está controlada por tracción, se usará el diagrama de tensiones inclinado.

Se puede suponer que:  $\epsilon_s = \epsilon_t$  y usar la ecuación:  $\epsilon_t = \left(\frac{dt - c}{c}\right)\epsilon_{cu}$ , para calcular  $\epsilon_s$ , usando  $d_i$  en lugar de  $dt$ .

Reinforced Concrete – J.Wight y J. MacGregor (Pag. 161)

SECCIONES CON ZONA COMPRIMIDA NO RECTANGULAR - VIGA PLACA

Lámina #



FIN –  
**ELU DE AGOTAMIENTO A Flexión –  
 Secciones con zona comprimida no  
 rectangular**

GRACIAS POR SU ATENCION !!!

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

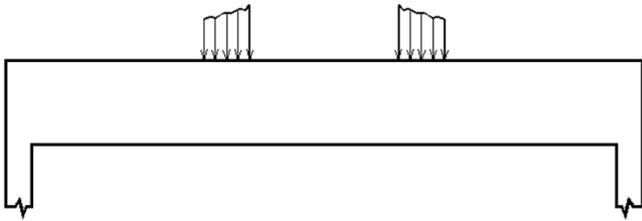
HORMIGÓN I (74.01 y 94.01)

**ELU DE AGOTAMIENTO A Flexión y Corte**

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

Identificación del Problema:

ELEMENTO DE HORMIGÓN ARMADO TIPO “VIGA ESBELTA”



El diseño de estructuras involucra un proceso de dos etapas:

- 1- Se debe definir el campo de fuerzas internas que actúa en el material estructural
- 2- Se debe determinar la respuesta del material frente a ese campo de fuerzas

ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE

Lámina 2

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
 94.01 - HORMIGON I

Herramientas conocidas:

Aplicando conceptos de estática:  
 Ecuación de equilibrio o conservación de la cantidad de movimiento  
 (2° ley de Newton)  
 se desea obtener M, N, V

1- Definir el campo de fuerzas internas ✓

Recordar que  $V = \frac{dM}{dx}$

ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE Lámina 3

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
 94.01 - HORMIGON I

2- Determinar la respuesta del material frente a ese campo de fuerzas???

CONCEPTOS DE RESISTENCIA DE MATERIALES  
 ELEMENTO DE HORMIGON ARMADO TIPO "VIGA ESBELTA" – RANGO ELÁSTICO

REGIONES – B

- Vale la Hipótesis de Bernoulli
- Tensiones en una dirección

REGIONES – D

- No vale la Hipótesis de Bernoulli
- Discontinuidades geométricas, cargas, vigas que no son esbeltas.
- Tensiones biaxiales

$$M \left\{ \begin{matrix} \sigma_x \end{matrix} \right.$$

TEORÍA DE  
BERNOULLI-NAVIER

$$M \text{ y } V \left\{ \begin{matrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \tau_{xy} \end{matrix} \right. \quad \text{ó} \quad \left\{ \begin{matrix} \sigma_I \\ \sigma_{II} \end{matrix} \right.$$

TEORÍA DE  
JOURAVSKI

ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE Lámina 4

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

### Viga homogénea esbelta en rango elástico

REGIONES - B

$\sigma = \frac{M}{W}$

TEORÍA DE BERNOULLI-NAVIER

REGIONES - D

$\sigma_I ; \sigma_{II}$

TEORÍA DE JOURAVSKI

$\sigma_x = \frac{M}{W} ; \tau = \frac{V S}{I b}$

$\tau = \frac{V S}{I b}$

ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE Lámina 5

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

### Zonas "B" y "D":

VIGAS HOMOGÉNEAS

**INFLUENCIA DEL  
- TIPO DE CARGA  
- UBICACIÓN DE LA CARGA**

VIGA ESBELTA ( $L/d \geq 2$ ) - CARGA DISTRIBUIDA

Leonhardt - "ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO" - TOMO I - Fig. 5-7

VIGA ESBELTA - CARGA CONCENTRADA MUY CERCA DEL APOYO

Moretto - "CURSO DE HORMIGÓN ARMADO" - Fig. V-3a

VIGA ESBELTA - 2 CARGAS CONCENTRADAS NO TAN CERCA DEL APOYO

Moretto - "CURSO DE HORMIGÓN ARMADO" - Fig. V-3b

ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE Lámina 6

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

VIGAS HOMOGÉNEAS

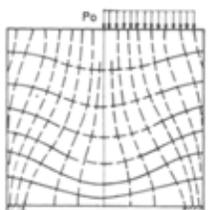
**INFLUENCIA DEL  
-GEOMETRÍA DE LA VIGA  
- ZONA DE APLICACIÓN DE  
LA CARGA**

Zonas "B" y "D":

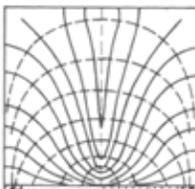
VIGA ESBELTA



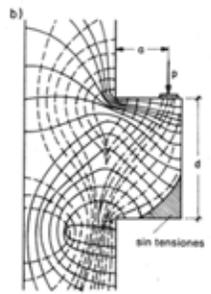
Leonhardt - "ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO" – TOMO I - Fig. 5-7



VIGA DE GRAN ALTURA  
CARGA SUPERIOR



VIGA DE GRAN ALTURA  
CARGA INFERIOR



MÉNSULA CORTA

Leonhardt - "ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO" – TOMO II - Fig. 2-4

Leonhardt - "ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO" – TOMO II - Fig. 2-36b

— Tracción  
- - - Compresión

ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE Lámina 7

OBSERVACIÓN DE ENSAYOS

Pero el Hormigón se fisura. Estudiemos el comportamiento...

**ENSAYOS**



ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE Lámina 8

OBSERVACIÓN DE ENSAYOS

Estudiamos el comportamiento...

**DONDE HAY V,  
LAS FISURAS SON  
INCLINADAS**



cuando ensayamos esta viga  
la rotura puede producirse de diferentes modos

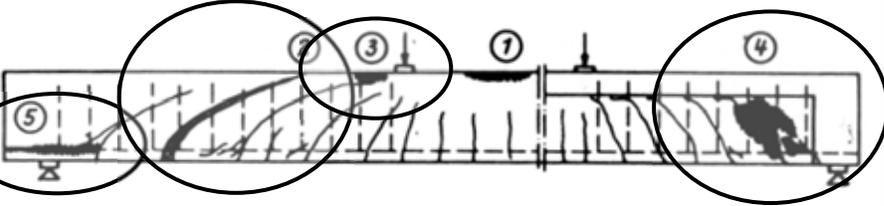
FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE

Lámina 9

OBSERVACIÓN DE ENSAYOS

DISTINTOS TIPOS DE FALLA



- 1- ROTURA POR FLEXIÓN PURA
  - a) (cuantías bajas o normales); b) (cuantías altas)
- 2- ROTURA EN EL ALMA DE LA VIGA POR TRACCIÓN DEBIDA A LOS ESFUERZOS DE CORTE
- 3- ROTURA DEL CORDÓN COMPRIMIDO DEBIDO AL ASCENSO EXCESIVO DE FISURAS DEBIDAS A ESFUERZOS DE CORTE
- 4- ROTURA EN EL ALMA DE LA VIGA POR COMPRESIÓN DEBIDA A LOS ESFUERZOS DE CORTE
- 5- ROTURA EN EL APOYO (por anclaje defectuoso)

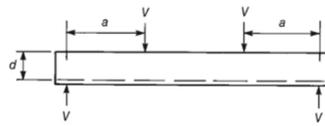
FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE

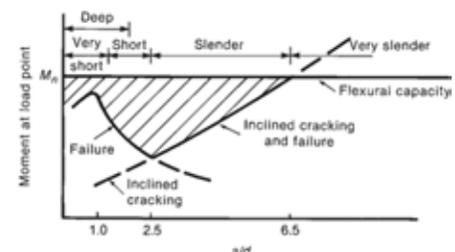
Lámina 10

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGON I

De qué depende que una viga sin armadura de corte falle antes a corte que a flexion?



Efecto de la relación  $a/d$  en la resistencia a corte en vigas sin armadura de alma



(b) Moments at cracking and failure.

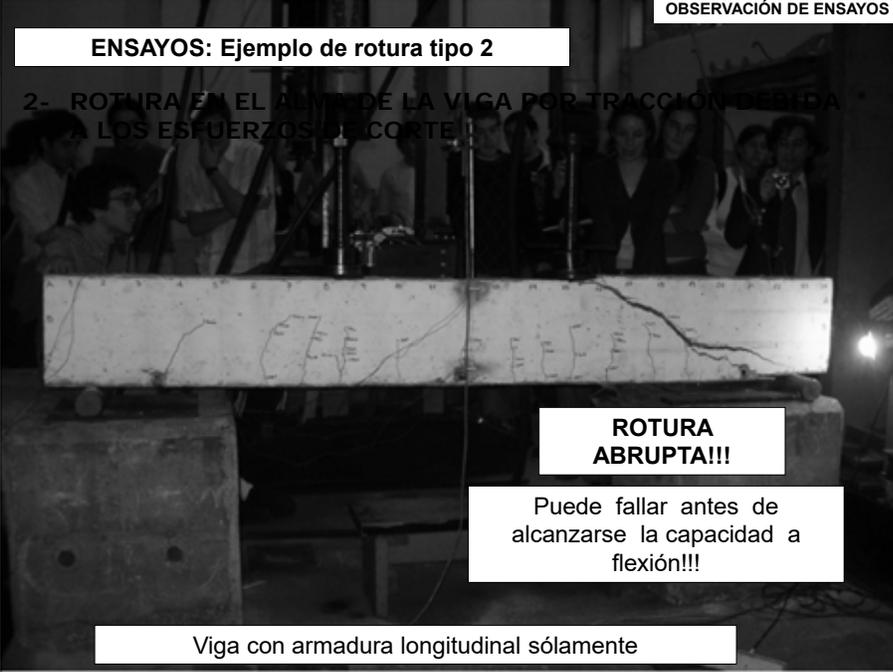
Fig 6-8 - Wight MacGregor  
"Reinforced Concrete  
Mechanics and Design"

ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE
Lámina 11

OBSERVACIÓN DE ENSAYOS

ENSAYOS: Ejemplo de rotura tipo 2

2- ROTURA EN EL ADOS DE LA VIGA POR TRACCIÓN DEBIDA A LOS ESFUERZOS DE CORTE

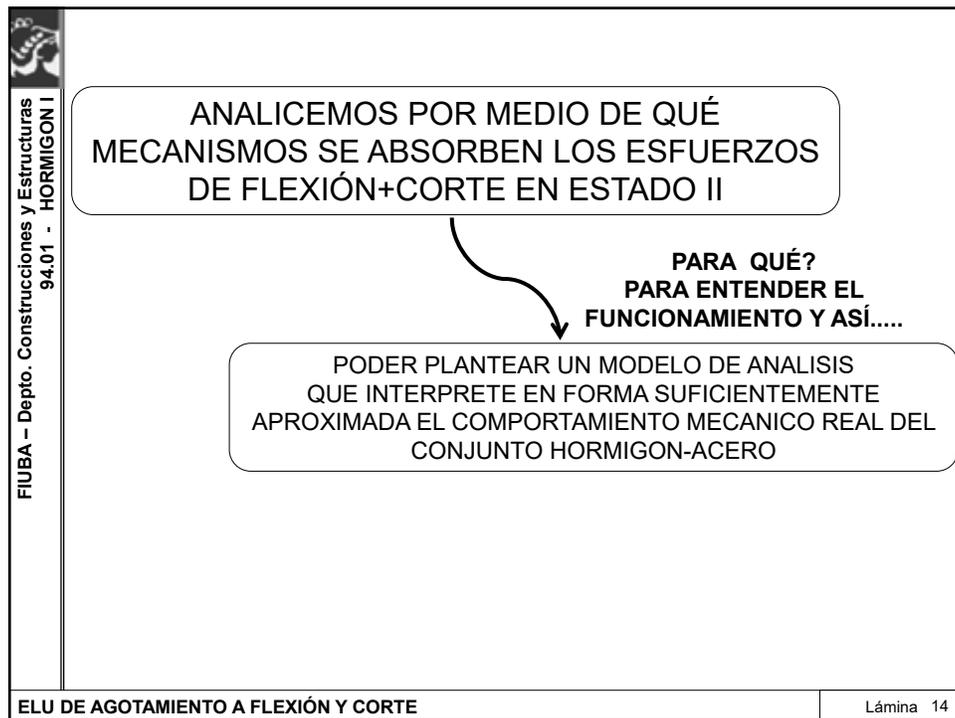
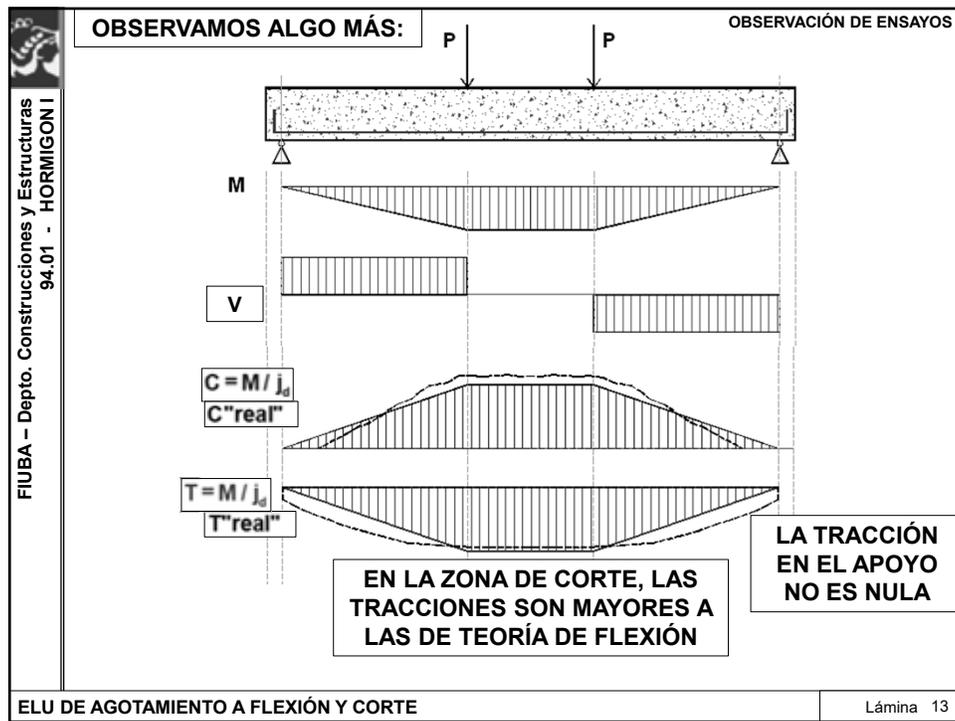


**ROTURA ABRUPTA!!!**

Puede fallar antes de alcanzarse la capacidad a flexión!!!

Viga con armadura longitudinal solamente

ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE
Lámina 12



FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

Viga fisurada (Estado II)

$$V = \frac{dM}{dx}$$
~~$$\tau = \frac{VS}{Ib}$$~~

Analicemos un tramo típico con M y V entre fisuras inclinadas

CORDÓN COMPRIMIDO

BIELAS

ARMADURA TRACCIONADA

ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE

Lámina 15

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

Viga fisurada (Estado II) – Mecanismos para la absorción del esfuerzo de corte

ESTAS FUERZAS NO ACTÚAN EN EL MISMO "x"

$$\Delta T = \Delta C = \frac{\Delta M}{j_d} \Rightarrow \Delta T = \Delta C = \frac{V \cdot \Delta x}{j_d}$$

$$V = \frac{\Delta M}{\Delta x} \Rightarrow \Delta M = V \cdot \Delta x$$

Analicemos un tramo típico con M y V entre fisuras inclinadas  
- VIGA SIN ARMADURA DE ALMA -

ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE

Lámina 16

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

### Viga fisurada (Estado II) – Mecanismos para la absorción del esfuerzo de corte

- Geometría de la cabeza comprimida
- Calidad del hormigón

- Abertura de la fisura
- Forma de los agregados

- Sección y calidad de la armadura de tracción

$V_n = V_1 + V_2 + V_3$

**V1- CORTE EN EL CORDÓN COMPRIMIDO**

**V2- TRABAZÓN DE LOS AGREGADOS**

**V3- CORTE EN LA ARMADURA TRACCIONADA (EFECTO PASADOR)**

$$\Delta T = \Delta C = \frac{\Delta M}{j_d} \Rightarrow \Delta T = \Delta C = \frac{V \cdot \Delta x}{j_d}$$

$$V = \frac{\Delta M}{\Delta x} \Rightarrow \Delta M = V \cdot \Delta x$$

**Tramo típico con M y V entre fisuras inclinadas - VIGA SIN ARMADURA DE ALMA -**

ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE Lámina 17

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

### Viga fisurada (Estado II) – Tensión de comparación

$$\tau_0 = \frac{\Delta T}{b_w \Delta x} = \frac{V \Delta x}{j_d} \frac{1}{b_w \Delta x}$$

$$\Rightarrow \tau_0 = \frac{V}{b_w j_d}$$

$\tau = \frac{V S}{I b}$

$v = \frac{V}{b_w d}$

Tensión de comparación simplificada utilizada en el Reglamento

$$\Delta T = \Delta C = \frac{\Delta M}{j_d} \Rightarrow \Delta T = \Delta C = \frac{V \cdot \Delta x}{j_d}$$

$$V = \frac{\Delta M}{\Delta x} \Rightarrow \Delta M = V \cdot \Delta x$$

**Tramo típico con M y V entre fisuras inclinadas - VIGA SIN ARMADURA DE ALMA -**

ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE Lámina 18

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGON I

Viga fisurada (Estado II)

**ADOPTAMOS COMO PARAMETRO DE DIMENSIONAMIENTO  
ESTA TENSION DE CORTE MEDIA**

$$v = \frac{V}{b_w d}$$

CIRSOC-ACI

ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE

Lámina 19

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGON I

Viga fisurada (Estado II)

Analícemos ahora  
qué pasa en el apoyo.....

ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE

Lámina 20

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGON I

Analicemos el cordón comprimido:

ZONA DE jd VARIABLE      ZONA DE jd CONSTANTE      ZONA DE jd VARIABLE

ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE Lámina 21

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGON I

Viga fisurada (Estado II)

Analicemos ahora qué pasa en la zona cercana al apoyo.....

ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE Lámina 22

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

### Viga fisurada (Estado II) – Mecanismos para la absorción del esfuerzo de corte

**V4- INCLINACIÓN DEL CORDÓN COMPRIMIDO**

- Esbeltez de la viga
- Tipo de carga
- Punto de aplicación de la carga

LA TRACCIÓN EN EL APOYO NO ES NULA

$$V_n = V_1 + V_{2y} + V_3 + V_4$$

V4 se tiene en cuenta al reducir el valor del corte para el dimensionamiento según el tipo de apoyo

**Zona de apoyo**  
**- VIGA SIN ARMADURA DE ALMA -**

Lámina 23

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

### Viga fisurada (Estado II)

**VIGA:**  
 $j_d \sim \text{cte}$

**ARCO:**  
 $j_d \text{ var}$

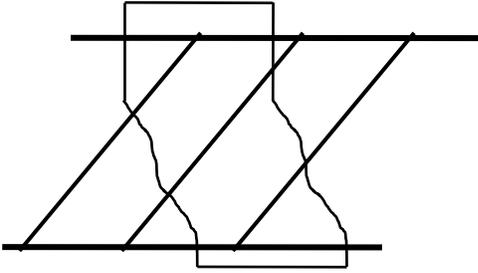
$$V = \frac{dT}{dx} j_d \qquad V = T \frac{dj_d}{dx}$$

**EFFECTO DE VIGA versus EFFECTO DE ARCO**

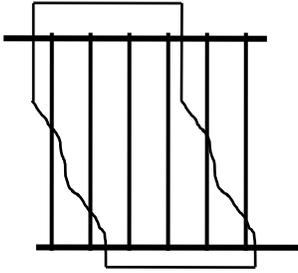
Lámina 24

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

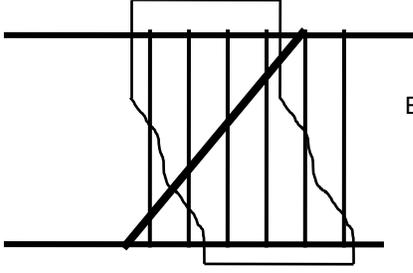
### Viga fisurada (Estado II) – ARMADURA DE ALMA ó DE CORTE



Estribos Inclinados



Estribos Verticales



Estribos Verticales  
+  
Barras Dobladas

ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE

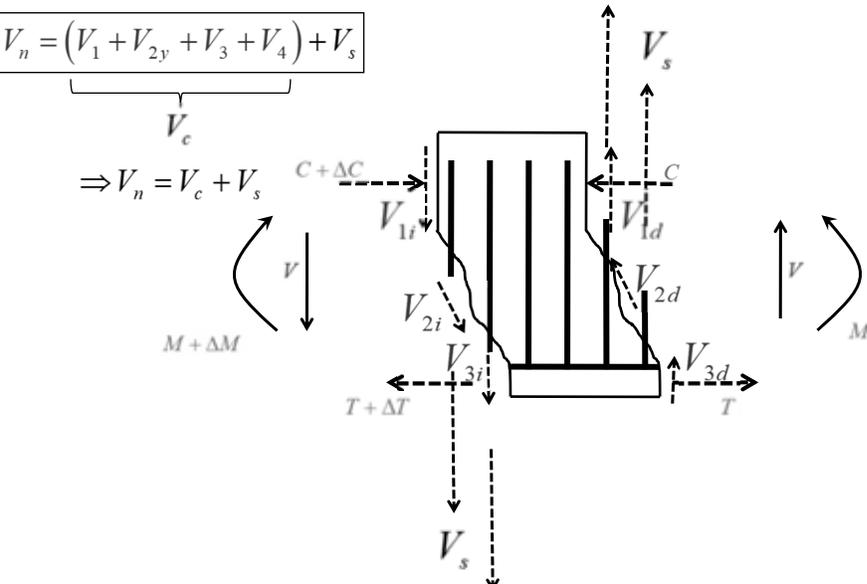
Lámina 25

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

### Viga fisurada (Estado II) – ARMADURA DE CORTE

$$V_n = (V_1 + V_{2y} + V_3 + V_4) + V_s$$

$$\Rightarrow V_n = V_c + V_s$$



ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE

Lámina 26

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

**Viga fisurada (Estado II) – ARMADURA DE CORTE**

$$V_n = (V_1 + V_{2,y} + V_3 + V_4) + V_s$$

$$\Rightarrow V_n = V_c + V_s$$

**Vn: Resistencia Nominal al Corte**

**Vc: Resistencia Nominal proporcionada por el hormigón y la armadura de flexión (en un elemento sin armadura de alma)**

**Vs: Resistencia Nominal proporcionada por la armadura de alma**

Se deberá verificar que:

$$V_u \leq \phi(V_n) = \phi(V_c + V_s)$$

$$\phi = 0.75$$

V4 se tiene en cuenta al reducir el valor del corte para el dimensionamiento según el tipo de apoyo.

O sea, que en la práctica, Vc no lo tiene en cuenta

ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE Lámina 27

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

**Factores que influyen en la Capacidad Portante a Corte:**

$$V_n = V_c + V_s$$

Resistencia Nominal al Corte

- CALIDAD DEL HORMIGÓN
- TIPO DE CARGA (distribuida o uniforme?)
- UBICACION DE LA CARGA Y ESBELTEZ DE LA VIGA (distancia al apoyo)
- ZONA DE APLICACION DE LA CARGA (superior o suspendida)
- CUANTIA DE LA ARMADURA LONGITUDINAL
- CUANTIA DE ARMADURA DE ALMA

ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE Lámina 28

EL MODELO DE ANALISIS

Viga fisurada (Estado II)

ANALOGÍA DEL RETICULADO

ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE

Lámina 29

ARMADURA DE CORTE: ESTRIBOS

$A_s$ : Sección de la armadura de estribos  
 $f_s$ : Tensión en los estribos  
 $f_{yt}$ : Tensión de fluencia especificada de la armadura de alma  
 $n$ : Ramas de estribos ( $A_v = n \cdot A_{estr}$ )  
 $s$ : Separación de los estribos

Compressive zone

Fig. 6-28  
 Flow of diagonal compression force in the cross sections of beams with stirrups.

Wight MacGregor  
 "Reinforced Concrete  
 Mechanics and Design"

(a) Widely spaced stirrup legs.  $n=2$

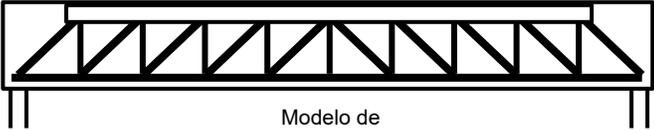
(b) Closely spaced stirrup legs.  $n=4$

ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE

Lámina 30

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

Cómo se modela el comportamiento de una viga de hormigón armado fisurada y con armadura de corte?

Modelo de  
**BIELAS y TIRANTES**  
"Reticulado de Ritter-Mörsch"  
Ritter (1899) – Mörsch (1902)

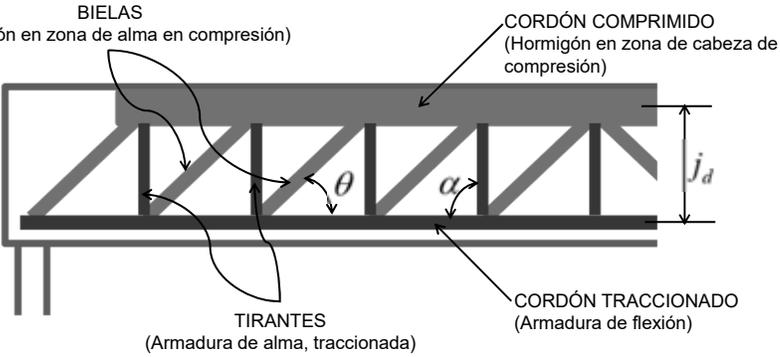
Con leves modificaciones, sigue siendo el modelo más utilizado

ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE

Lámina 31

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

**MODELO DE BIELAS y TIRANTES**  
"Reticulado de Ritter-Mörsch"



BIELAS  
(Hormigón en zona de alma en compresión)

CORDÓN COMPRIMIDO  
(Hormigón en zona de cabeza de compresión)

TIRANTES  
(Armadura de alma, traccionada)

CORDÓN TRACCIONADO  
(Armadura de flexión)

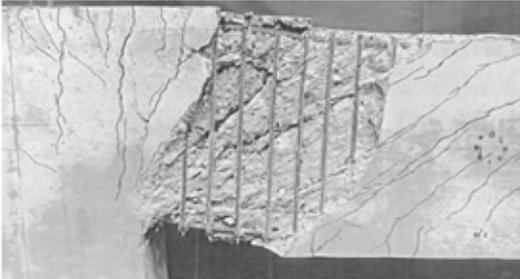
- 1) CORDONES PARALELOS
- 2) BIELAS: DIAGONALES COMPRIMIDAS  $\theta=45^\circ$
- 3) TIRANTES: BARRAS TRACCIONADAS INCLINADAS  $\alpha=45^\circ$  a  $90^\circ$  (en el dibujo,  $90^\circ$ )
- 4) ESTÁTICAMENTE DETERMINADO

ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE

Lámina 32

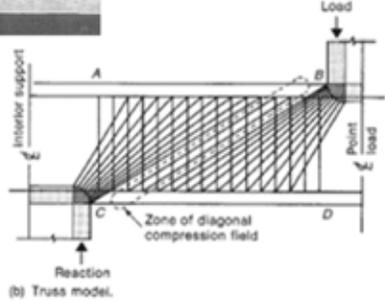
FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras  
 94.01 - HORMIGON I

**MODELO DE BIELAS y TIRANTES**  
 Reticulado con bielas en abanico



Figs. 6-21 y 6-22  
 Abanico de compresión en zona de apoyo  
 Ensayo y modelo

Wight MacGregor  
 "Reinforced Concrete Mechanics and Design"



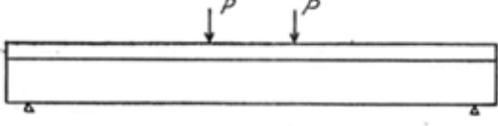
(b) Truss model.

ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE

Lámina 33

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras  
 94.01 - HORMIGON I

**MODELO DE BIELAS y TIRANTES**  
 Reticulado con cordón comprimido inclinado (teoría ampliada)




Reticulado de alma gruesa ( $be/bw=2$  a  $5$ )  
 $\theta=30^\circ$  a  $38^\circ$

Reticulado de alma delgada ( $be/bw=6$  a  $12$ )  
 $\theta=38^\circ$  a  $45^\circ$

ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE

Lámina 34

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

Esfuerzos en el reticulado

Nudo 1

$$C_{b1} = V / \sin(\theta)$$

$$T_1 = V / \operatorname{tg}(\theta)$$

Nudo 2

$$T_{n1} = C_{b1} \sin(\theta) / \sin(\alpha) = V / \sin(\alpha)$$

$$C_1 = C_{b1} \cos(\theta) + C_{b1} \sin(\theta) / \operatorname{tg}(\alpha)$$

$$\Rightarrow C_1 = V / \operatorname{tg}(\theta) + V / \operatorname{tg}(\alpha)$$

ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE Lámina 35

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

Esfuerzos en el reticulado

$$T_{n1} = V / \sin(\alpha)$$

$$C_{b1} = V / \sin(\theta)$$

$$T_1 = V / \operatorname{tg}(\theta)$$

$$C_1 = \frac{V}{\operatorname{tg}(\theta)} + \frac{V}{\operatorname{tg}(\alpha)}$$

$$a_r = j_d \left( \frac{1}{\operatorname{tg}(\theta)} + \frac{1}{\operatorname{tg}(\alpha)} \right) \Rightarrow a_r = j_d (\operatorname{cotg}(\theta) + \operatorname{cotg}(\alpha))$$

$a_r$ : proyección horizontal de la fisura

$$T_{n1} = V / \sin(\alpha)$$

$$C_{b1} = V / \sin(\theta)$$

$$T_1 = V / \operatorname{tg}(\theta)$$

$$C_1 = \frac{V}{\operatorname{tg}(\theta)} + \frac{V}{\operatorname{tg}(\alpha)}$$

CASOS PARTICULARES

Para estribos verticales:  $\alpha=90^\circ$  y bielas con inclinación  $\theta$   $a_r = j_d \operatorname{cotg}(\theta)$

Para estribos verticales:  $\alpha=90^\circ$  y bielas con inclinación  $\theta=45^\circ$   $a_r = j_d$

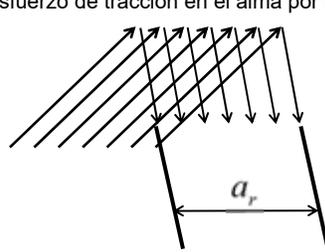
Para estribos inclinados:  $\alpha=45^\circ$  y bielas con inclinación  $\theta$   $a_r = j_d (\operatorname{cotg}(\theta) + 1)$

Para estribos inclinados:  $\alpha=45^\circ$  y bielas con inclinación  $\theta=45^\circ$   $a_r = 2j_d$

ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE Lámina 36

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

Esfuerzo de tracción en el alma por unidad de longitud



$T_{t1} = V / \sin(\alpha)$

$C_{b1} = V / \sin(\theta)$

$T_1 = V / \operatorname{tg}(\theta)$

$C_1 = \frac{V}{\operatorname{tg}(\theta)} + \frac{V}{\operatorname{tg}(\alpha)}$

$a_r = j_d (\operatorname{cotg}(\theta) + \operatorname{cotg}(\alpha))$

$$T_{t1}' = \frac{T_{t1}}{a_r} = \frac{V}{\sin(\alpha) j_d (\operatorname{cotg}(\theta) + \operatorname{cotg}(\alpha))}$$

Para bielas con inclinación  $\theta=45^\circ$   $T_{t1}' = \frac{V_s}{j_d (\sin(\alpha) + \cos(\alpha))}$

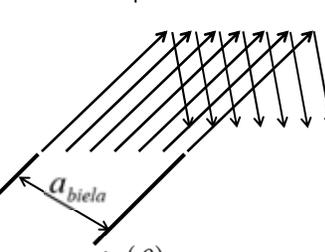
Para estribos verticales:  $\alpha=90^\circ$   
y bielas con inclinación  $\theta=45^\circ$   $T_{t1}' = \frac{T_{t1}}{a_r} = \frac{V}{j_d}$   
 $a_r = j_d$

Para estribos inclinados:  $\alpha=45^\circ$   
y bielas con inclinación  $\theta=45^\circ$   $T_{t1}' = \frac{T_{t1}}{a_r} = \frac{V}{\sqrt{2} j_d}$   
 $a_r = 2 j_d$

Lámina 37

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

Tensión de compresión en la biela



$T_{t1} = V / \sin(\alpha)$

$C_{b1} = V / \sin(\theta)$

$T_1 = V / \operatorname{tg}(\theta)$

$C_1 = \frac{V}{\operatorname{tg}(\theta)} + \frac{V}{\cos(\alpha)}$

$a_r = j_d (\operatorname{cotg}(\theta) + \operatorname{cotg}(\alpha))$

$$a_{biela} = a_r \sin(\theta)$$

$$f_{biela} = \frac{C_{b1}}{b_w a_{biela}} = \frac{V}{b_w j_d (\operatorname{cotg}(\theta) + \operatorname{cotg}(\alpha)) \sin(\theta)^2} \leq 0.60 \underbrace{0.85 f_c'}_{f_c''}$$

Para bielas con inclinación  $\theta=45^\circ$   $f_{biela} = \frac{V}{b_w j_d (1 + \operatorname{cotg}(\alpha))}$

Para estribos verticales:  $\alpha=90^\circ$   
y bielas con inclinación  $\theta=45^\circ$   $f_{biela} = 2 \frac{V}{b_w j_d}$

Para estribos inclinados:  $\alpha=45^\circ$   
y bielas con inclinación  $\theta=45^\circ$   $f_{biela} = \frac{V}{b_w j_d}$

$v = \frac{V}{b_w d}$

Lámina 38

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGON I

Si es una carga distribuida  $w$

Nudo 1

Nudo 2

$$C_{b1} = V / \sin(\theta)$$

$$T_1 = V / \text{tg}(\theta)$$

$$T_{11} = (V - wa_r) / \sin(\alpha)$$

$$C_1 = V / \text{tg}(\theta) + (V - wa_r) / \text{tg}(\alpha)$$

ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE Lámina 39

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGON I

Decalaje

Nudo 3

$$C_{b2} = \frac{T_{11} \sin(\alpha)}{\sin(\theta)} ; T_2 = T_1 + T_{11} \cos(\alpha) + \frac{T_{11} \sin(\alpha)}{\text{tg}(\theta)}$$

$$T_2 = \frac{V}{\text{tg}(\theta)} + \frac{V}{\sin(\alpha)} \cos(\alpha) + \frac{V \sin(\alpha)}{\sin(\alpha) \text{tg}(\theta)}$$

$$T_2 = 2V \cotg(\theta) + V \cotg(\alpha)$$

ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE Lámina 40

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

Decalaje

$$a_r = j_d (\cotg(\theta) + \cotg(\alpha))$$

$$T_2 = 2V \cotg(\theta) + V \cotg(\alpha) \neq \frac{M}{j_d} = \frac{V \cdot 1.5 a_r}{j_d} = V \cdot 1.5 (\cotg(\theta) + \cotg(\alpha))$$

$$\Delta T = V [2 \cotg(\theta) + \cotg(\alpha) - (1.5 \cotg(\theta) + 1.5 \cotg(\alpha))] ]$$

$$\Delta T = V [0.5 \cotg(\theta) - 0.5 \cotg(\alpha)] \Rightarrow$$

$$\text{decalaje} = \Delta x = \frac{\Delta T}{V} j_d = \frac{\cotg(\theta) - \cotg(\alpha)}{2} j_d$$

$$T_x = \frac{M_x}{j_d} + V_x \frac{\cotg(\theta) - \cotg(\alpha)}{2}$$

ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE

Lámina 41

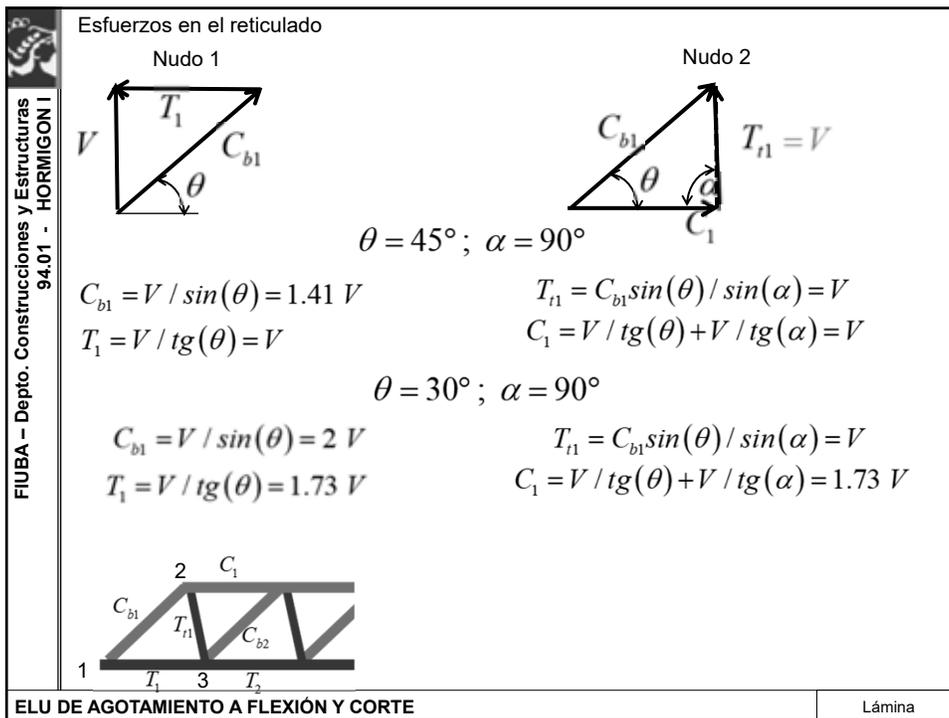
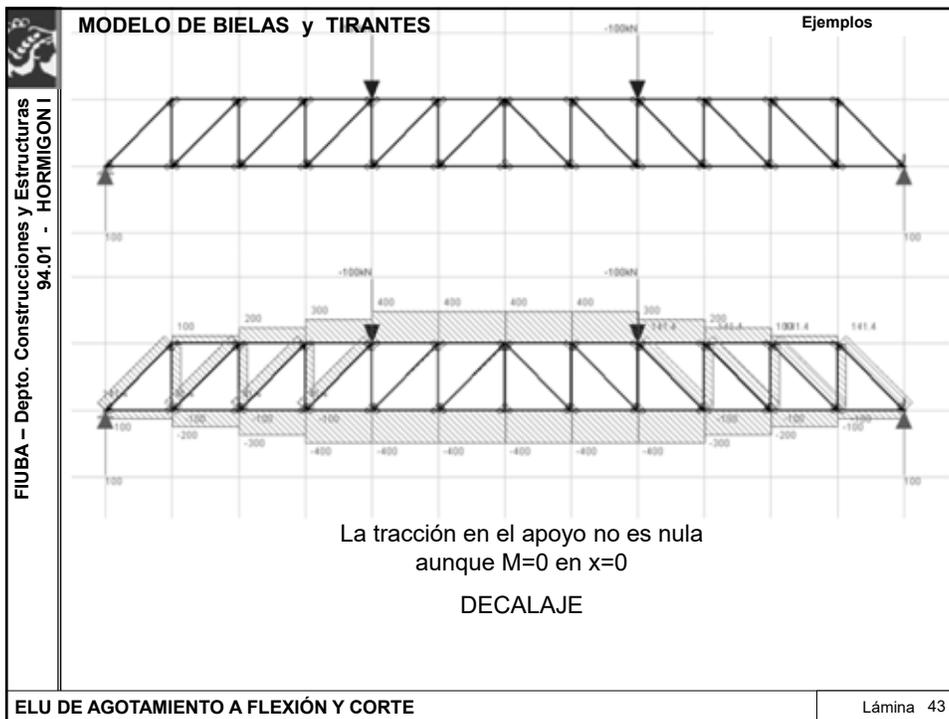
FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

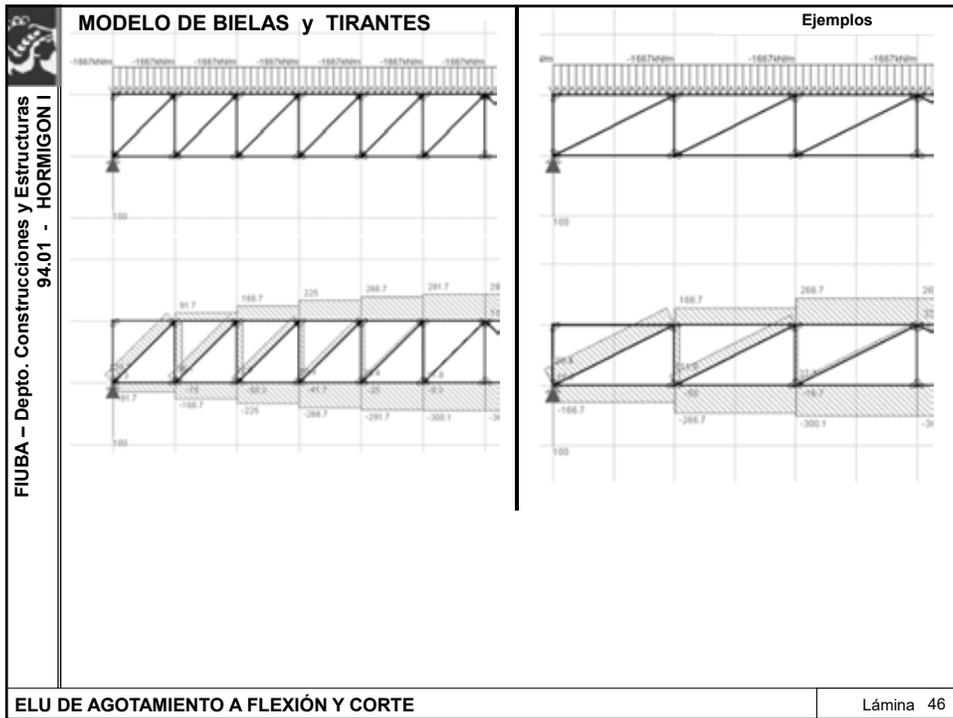
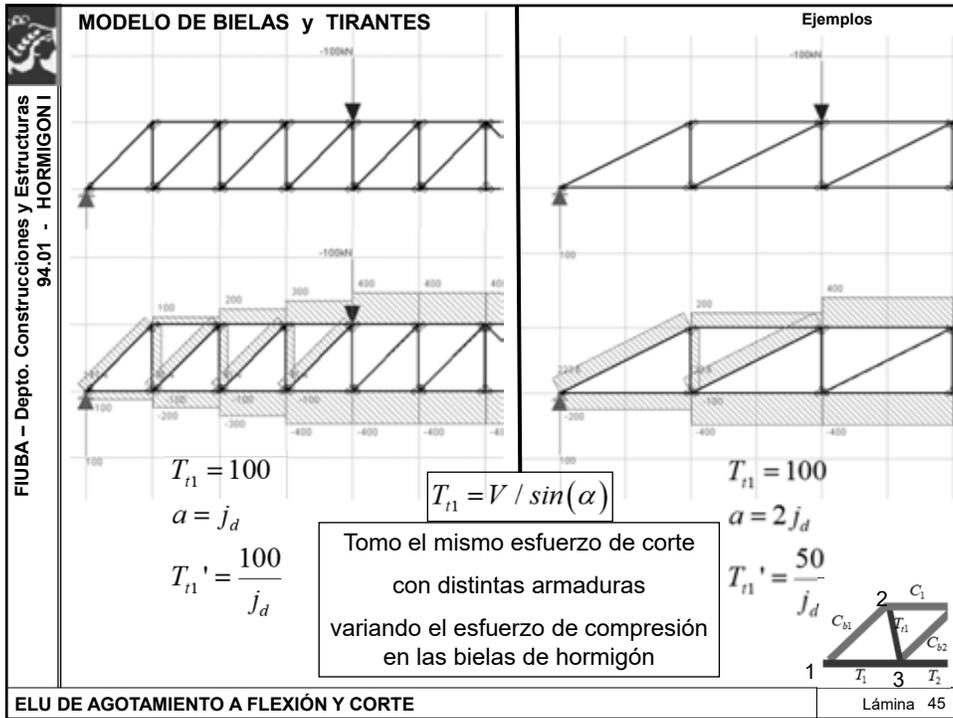
Esfuerzo normal

$$T_x = T_n + \frac{M_x}{j_d} + V_x \frac{\cotg(\theta) - \cotg(\alpha)}{2}$$

ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE

Lámina 42





FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

### MODELO DE BIELAS y TIRANTES

El complejo sistema de fuerzas internas real, es reemplazado por un reticulado análogo

Ninguno de estos reticulados tiene en cuenta específicamente las resistencias  $V_1$ ,  $V_2$  y  $V_3$ .

Sólo en modelos más complejos, como en la TEORÍA DEL CAMPO DE COMPRESIÓN MODIFICADO (Modified Compression Field Theory) se llegan a tener en cuenta las deformaciones y la resistencia debida a la trabazón de los agregados.

ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE

Lámina 47

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

### DIMENSIONAMIENTO SEGÚN CIRSOC EN VIGENCIA

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_u \leq \phi(V_n) = \phi(V_c + V_s)$$

$$\phi = 0.75$$

$$V_s \geq \frac{V_u}{\phi} - V_c$$

Vn: Resistencia Nominal al Corte

Vc: Resistencia Nominal proporcionada por el hormigón y la armadura de flexión (en un elemento sin armadura de alma)

Vs: Resistencia Nominal proporcionada por la armadura de alma

Vc: El reglamento lo especifica  
**EMPÍRICAMENTE** considerando vigas sin armadura de alma

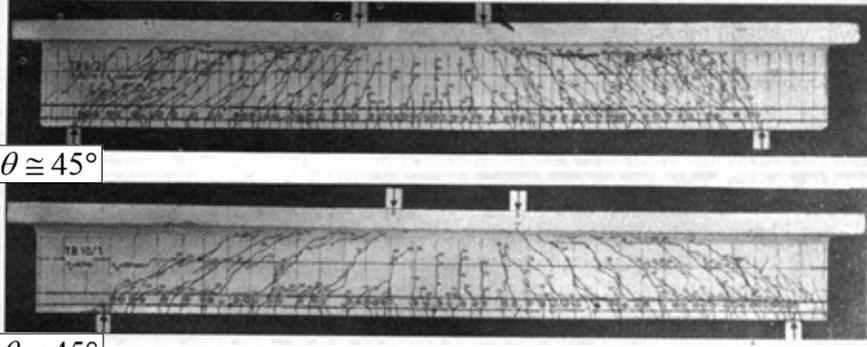
Qué sucede con la inclinación de las fisuras cuando se dispone armadura de alma?

ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE

Lámina 48

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

### EFECTO DE LA ARMADURA EN LA INCLINACIÓN DE LAS FISURAS



La inclinación de las fisuras se modifica según la armadura que se dispone !!!

El valor de  $V_c$  dado en el reglamento es válido si se toma  $\theta=45^\circ$ .

Tomar  $V_c=0$  si se adopta  $\theta < 45^\circ$   
(Valores recomendados  $25^\circ < \theta < 65^\circ$ )

Fig 8-21 – LEONHARDT  
"Estructuras de Hormigón Armado" – Tomo I

ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE Lámina 49

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

### DIMENSIONAMIENTO SEGÚN CIRSOC EN VIGENCIA

$$V_u \leq \phi(V_n) = \phi(V_c + V_s)$$

$$N_u = 0 \Rightarrow V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b_w d \quad \sqrt{f'_c} \leq 8.30 \text{ MPa}$$

$N_u$ : esfuerzo axial de compresión

$$V_c = \left(1 + \frac{N_u}{14A_g}\right) \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b_w d$$

$N_u$ : esfuerzo axial mayorado, normal a la sección transversal, que se produce simultáneamente con  $V_u$  o  $T_u$ .

Se debe considerar **positivo para compresión y negativo para tracción**, en N.  
 $A_g$  área total o bruta de la sección, en mm<sup>2</sup>.

**11.3.1.3.** Para **elementos sometidos a una tracción axial significativa**, la armadura de corte se debe dimensionar para que resista el **corte total**, a menos que se realice un análisis más detallado de acuerdo con el artículo 11.3.2.3.

ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE Lámina 50

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

**DIMENSIONAMIENTO SEGÚN CIRSOC EN VIGENCIA**  $V_u \leq \phi(V_n) = \phi(V_c + V_s)$

Art. 11.3.2. Dice que el Reglamento permite determinar la resistencia al corte  $V_c$  mediante un procedimiento más detallado, según las siguientes expresiones:

1) Para los **elementos sometidos únicamente a corte y flexión**:

$$N_u = 0 \Rightarrow V_c = \left( \sqrt{f'_c} + 120 \rho_w \frac{V_u d}{M_u} \right) \frac{1}{7} b_w d \leq 0.30 \sqrt{f'_c} b_w d \quad \frac{V_u d}{M_u} \leq 1$$

siendo  $\rho_w = \frac{A_s}{b_w d}$

Mu el momento mayorado que actúa simultáneamente con Vu en la sección considerada.

2) Para **elementos con Compresión axial**:

$$N_u \text{ compresión} \Rightarrow N_u > 0 \quad M_m = M_u - N_u \left( \frac{4h - d}{8} \right)$$

$$V_c = \left( \sqrt{f'_c} + 120 \rho_w \frac{V_u d}{M_m} \right) \frac{1}{7} b_w d \leq 0.30 \sqrt{f'_c} b_w d \sqrt{1 + \frac{0.3 N_u}{A_g}}$$

3) Para **elementos con Tracción axial**:

$$N_u \text{ tracción} \Rightarrow N_u < 0$$

$$V_c = \left( 1 + \frac{0.3 N_u}{A_g} \right) \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b_w d \geq 0 \quad \frac{N_u}{A_g} \text{ en [MPa]}$$

ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE Lámina 51

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

**DIMENSIONAMIENTO SEGÚN CIRSOC EN VIGENCIA**

**Zona 1: bajas solicitaciones**

$$V_u \leq \frac{1}{2} \phi(V_c) \Rightarrow \text{No es necesario disponer Armadura de Corte}$$

$$\frac{V_u}{\phi} \leq \frac{V_c}{2} \Rightarrow \text{ZONA 1a}$$


---


$$\frac{1}{2} \phi(V_c) < V_u < \phi(V_c) \Rightarrow \text{Armadura de Corte Mínima}$$

$$A_{v, \min} = \frac{1}{16} \sqrt{f'_c} \frac{b_w s}{f_{yt}} \geq 0.33 \frac{b_w s}{f_{yt}}$$

$$\frac{V_c}{2} < \frac{V_u}{\phi} < V_c \Rightarrow \text{ZONA 1b}$$

ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE Lámina 52

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I	<b>DIMENSIONAMIENTO SEGÚN CIRSOC EN VIGENCIA</b>  $\phi(V_c) < V_u \Rightarrow$ Se debe calcular la Armadura de Corte  $V_u \leq \phi(V_c + V_s) \Rightarrow V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c$
	<b>Zona 2: solicitaciones medias</b>  $V_s \leq \frac{1}{3} \sqrt{f'_c} b_w d \Rightarrow$ ZONA 2 ( $s \leq d/2$ )
	<b>Zona 3: solicitaciones altas</b>  $\frac{1}{3} \sqrt{f'_c} b_w d < V_s \leq \frac{2}{3} \sqrt{f'_c} b_w d \Rightarrow$ ZONA 3 ( $s \leq d/4$ )
ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE	Lámina 53

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I	<b>DIMENSIONAMIENTO SEGÚN CIRSOC EN VIGENCIA</b>  $\phi(V_c) < V_u \Rightarrow$ Se debe calcular la Armadura de Corte  $V_u \leq \phi(V_c + V_s) \Rightarrow V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c$
	<b>ZONA INADMISIBLE</b>  $V_s > \frac{2}{3} \sqrt{f'_c} b_w d \Rightarrow$ REDIMENSIONAR
	Esta limitación es POR LIMITACIÓN DEL ANCHO DE FISURAS INCLINADAS. Sin embargo, también es efectiva para evitar la falla por aplastamiento de las bielas de compresión.
ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE	Lámina 54

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

**DIMENSIONAMIENTO SEGÚN CIRSOC EN VIGENCIA**

$$V_s \geq \frac{V_u}{\phi} - V_c$$

En el reglamento se asume:  $\theta = 45^\circ$   
 $j_d \cong d$

ESTRIBOS: fuerza distribuida  
Para bielas con inclinación  $\theta=45^\circ$

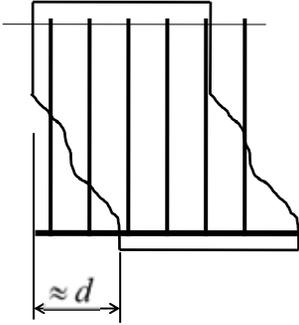
Simplificando  $j_d=d$

$$T_{11}' = \frac{V_{s,estr}}{j_d (\sin(\alpha) + \cos(\alpha))} \Rightarrow \frac{V_{s,estr}}{d (\sin(\alpha) + \cos(\alpha))} = \frac{1}{s} A_v f_{yt}$$

$$V_{s,estr} = \frac{1}{s} A_v f_{yt} d (\sin(\alpha) + \cos(\alpha))$$

$f_{yt}$ : tensión de fluencia especificada de la armadura de alma

Estribos verticales:

$$V_{s,estr} = \frac{1}{s} A_v f_{yt} d$$


ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE

Lámina 55

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

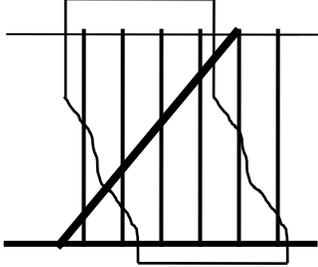
**DIMENSIONAMIENTO SEGÚN CIRSOC EN VIGENCIA**

$$V_s \geq \frac{V_u}{\phi} - V_c$$

En el reglamento se asume:  $\theta = 45^\circ$   
 $j_d \cong d$

BARRAS DOBLADAS: fuerza concentrada  
Para bielas con inclinación  $\theta=45^\circ$

$$T_{11} = \frac{V_{s,bd}}{\sin(\alpha)} = A_{s,bd} f_{yt}$$

$$V_{s,bd} = A_{s,bd} f_{yt} \sin(\alpha) \leq \frac{1}{4} \sqrt{f_c'} b_w d$$


ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE

Lámina 56



**FIN –  
ELU DE AGOTAMIENTO A  
FLEXIÓN Y CORTE  
COMPORTAMIENTO Y  
MODELO DE ANÁLISIS**

**GRACIAS POR SU ATENCION !!!**



HORMIGÓN I (74.01 y 94.01)

**DISPOSICIONES REGLAMENTARIAS PARA EL  
ANÁLISIS Y DISEÑO DE VIGAS SOMETIDAS  
A ESFUERZOS DE CORTE.**



GENERALIDADES.

El diseño de piezas sometidas a esfuerzos de corte debe basarse en la relación:

$$V_u \leq \phi \cdot V_n$$

donde:

$V_u$ : Esfuerzo de corte mayorado en la sección considerada

$V_n$ : Resistencia nominal al corte de la sección

$\phi$ : Factor de reducción de resistencia

Para esfuerzos de corte:  $\phi = 0.75$



La resistencia nominal al corte se determina mediante la siguiente expresión:

$$V_n = V_c + V_s$$

siendo:

$V_c$  : Resistencia nominal al corte proporcionada por el hormigón y la armadura de flexión

$V_s$  : Resistencia nominal al corte proporcionada por la armadura de alma



### DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO DE CORTE MAYORADO MÁXIMO.

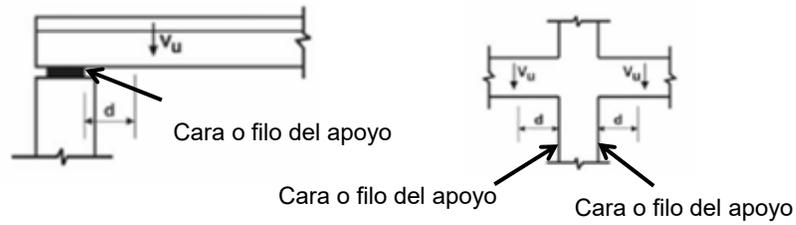
En los elementos **no pretensados** se permite dimensionar las secciones ubicadas a una distancia **menor** que **d** medida desde la cara del apoyo, con el mismo valor de corte  $V_u$  que el determinado para una distancia **d**, siempre que se verifiquen las siguientes condiciones:

- Que la reacción en el apoyo, en la dirección del corte aplicado, introduzca compresión en las zonas extremas del elemento
- Que las cargas se apliquen en, o cerca de, la cara superior del elemento
- Que no se presente ninguna carga concentrada entre el borde del apoyo y la ubicación de la sección crítica

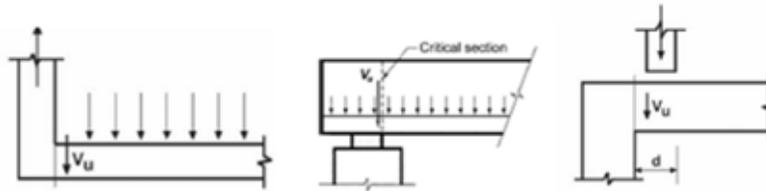
En caso de que **no** se cumpla alguna de las condiciones anteriores, se debe dimensionar con el corte correspondiente **al filo del apoyo**.



Casos en que se cumplen las tres condiciones:



Casos en que **no** se cumple alguna de las tres condiciones:

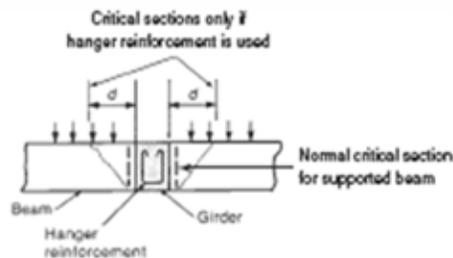


DISPOSICIONES REGLAMENTARIAS - CORTE

Lámina (#)



Cuando una viga apoya sobre otra viga de aproximadamente la misma altura, la sección crítica a corte normalmente se toma a filo de la viga de apoyo. Sin embargo, la sección crítica puede tomarse a la distancia  $d$  del filo de la viga si se proporciona armadura de suspensión para soportar la carga transferida de una viga a la otra.



Fuente: Wight-Mac Gregor, J.  
"REINFORCED CONCRETE –  
Mechanics and Design", Fig. 6-33c

En el caso de elementos **pretensados** que cumplan las tres condiciones mencionadas anteriormente, el reglamento permite dimensionar las secciones ubicadas a una distancia **menor** que  $h/2$  desde la cara del apoyo, con el mismo valor de corte  $V_u$  que el determinado para una distancia  $h/2$ .

DISPOSICIONES REGLAMENTARIAS - CORTE

Lámina (#)



## Diagrama de corte con reducciones por apoyo.

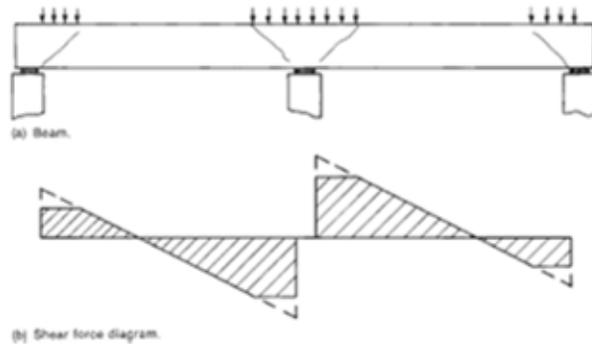


Fig. 6-32  
Shear force diagram for design.

Fuente: Wight-Mac Gregor, J.  
"REINFORCED CONCRETE -  
Mechanics and Design"



## DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA NOMINAL AL CORTE PROPORCIONADA POR EL HORMIGÓN EN ELEMENTOS NO PRETENSADOS.

Para elementos sometidos únicamente a **corte y flexión**:

Expresión simplificada:

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d$$

Expresión general:

$$V_c = \left( \sqrt{f'_c} + 120 \cdot \rho_w \cdot \frac{Vu \cdot d}{Mu} \right) \cdot \frac{1}{7} \cdot b_w \cdot d \leq 0.3 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d$$

con  $\rho_w = \frac{A_s}{b_w \cdot d}$  y  $\frac{Vu \cdot d}{Mu} \leq 1$



Para elementos sometidos a **compresión axial** (no pretensado):

Expresión simplificada:

$$V_c = \left(1 + \frac{Nu}{14 \cdot Ag}\right) \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d \quad \text{Con } \frac{Nu}{Ag} \text{ en MPa}$$

Expresión general:

$$V_c = \left(\sqrt{f'_c} + 120 \cdot \rho_w \cdot \frac{Vu \cdot d}{Mm}\right) \cdot \frac{1}{7} \cdot b_w \cdot d \leq 0.3 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d \cdot \sqrt{1 + \frac{0.3 \cdot Nu}{Ag}}$$

Con  $Ag$  : área bruta de hormigón

y  $Mm$  : momento modificado

$$Mm = M_u - N_u \cdot \left(\frac{4 \cdot h - d}{8}\right)$$

Sin el límite  $\frac{Vu \cdot d}{Mm} \leq 1$  Con  $Nu$  **positivo** para **compresión!!!**

Si se obtiene un valor negativo de  $Mm$  el valor de  $V_c$  se obtendrá directamente de la expresión:

$$V_c = 0.3 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d \cdot \sqrt{1 + \frac{0.3 \cdot Nu}{Ag}}$$



Para elementos sometidos a **tracción axial**:

Cuando existe una tracción axial significativa bien debe dimensionarse la armadura de alma para resistir la totalidad del corte ( $V_c = 0$ ) o bien puede calcularse el valor de  $V_c$  con la siguiente expresión:

$$V_c = \left(1 + \frac{0.3 \cdot Nu}{Ag}\right) \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d \geq 0$$

Con  $Nu$  **negativo** para **tracción!!!** y  $\frac{Nu}{Ag}$  en MPa

En sus comentarios (artículo C 11.3.2.3), el CIRSOC 201 indica que “cuando exista incertidumbre sobre la magnitud de la tracción axial y ésta pudiera alcanzar valores significativos, se recomienda determinar la armadura de corte para que absorba el corte total”. Es decir:

$$V_c = 0$$



Cuidado con las unidades!!!

**$b_w$  y  $d$  en [mm],  $f'_c$  en [MPa],  
 $d_a$   $V_c$  en [N]**

Y además:

$$\sqrt{f'_c} \leq 8.3 \text{ MPa}$$



NECESIDAD DE LA COLOCACIÓN DE ARMADURA DE ALMA Y DETERMINACIÓN DE ZONAS DE CORTE.

El reglamento especifica que si

$$V_u \leq 0.5 \cdot \phi \cdot V_c \Rightarrow \text{No es necesario disponer armadura de corte}$$

e indica que si

$$0.5 \cdot \phi \cdot V_c < V_u \leq \phi \cdot V_c \Rightarrow \text{Se debe disponer armadura mínima de corte}$$

En nuestro curso diremos que si se cumple que

$$V_u \leq \phi \cdot V_c$$

estamos en **zona de corte 1** (bajas sollicitaciones) y colocaremos siempre armadura mínima de corte

(Aún cuando  $V_u \leq 0.5 \cdot \phi \cdot V_c$ )



Si  $V_u > \phi \cdot V_c \Rightarrow$  Se debe calcular la armadura de corte de modo que se cumpla que:

$$V_u \leq \phi \cdot (V_c + V_s)$$

es decir que debe cumplirse

$$V_s \geq \frac{V_u}{\phi} - V_c$$



En nuestro curso diremos que si se cumple que

$$V_s \leq \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d$$

estamos en **zona de corte 2** (solicitaciones medias)

y que si se cumple que

$$\frac{1}{3} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d < V_s \leq \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d$$

estamos en **zona de corte 3** (solicitaciones elevadas)

Si  $V_s > \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d \Rightarrow$  se debe redimensionar la sección



### DISTINTOS TIPOS DE ARMADURA DE ALMA.

La armadura de alma puede estar constituida por:

**estribos** perpendiculares al eje del elemento

y en el caso de elementos **no** pretensados puede estar constituida también por:

- a) **estribos** que formen un ángulo de **45° o más** con la armadura longitudinal de tracción
- b) **armadura longitudinal** con una parte doblada que forme un ángulo de **30° o más** con la armadura longitudinal de tracción
- c) **combinaciones** de estribos y armadura longitudinal doblada



### LÍMITES PARA LA SEPARACIÓN DE LA ARMADURA DE ALMA.

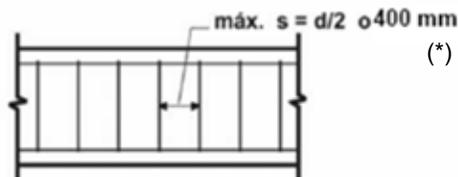
Para la **zona 1** (de bajas solicitaciones) la cátedra recomienda emplear estribos perpendiculares al eje del elemento con una separación que no supere  $0.8 \cdot d$  ni **30cm**

Para la **zona 2**, de solicitaciones medias, según el reglamento se debe cumplir que:

- a) la separación **s** de la armadura de alma ubicada en forma **perpendicular al eje** del elemento sea:

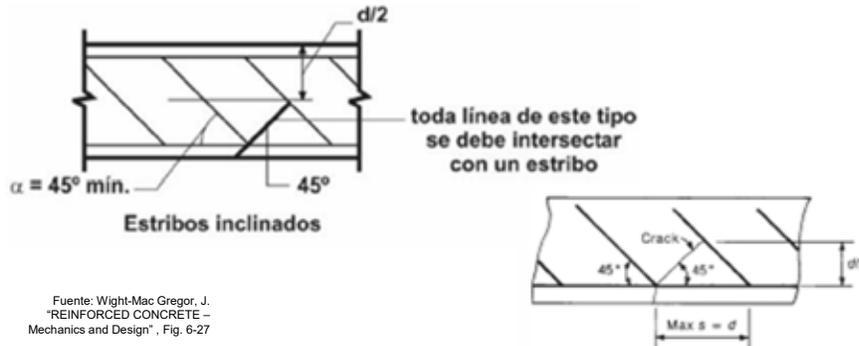
$$s \leq \begin{cases} d / 2 & \text{en elementos no pretensados} \\ (3 / 4) h & \text{en elementos pretensados} \\ 400 \text{ mm} & (*) \end{cases}$$

(\*) La cátedra recomienda que la separación no supere los **300 mm**





b) los **estribos inclinados** y la **armadura longitudinal doblada** estén separados de manera tal que cada línea a **45°** que se prolongue hacia la reacción, desde la mitad de la altura útil del elemento, **d/2**, hasta la armadura longitudinal de tracción, debe estar cruzada, como mínimo, por una línea de armadura de corte.



Para la **zona 3**, de solicitaciones altas, las **separaciones máximas** indicadas anteriormente para la zona 2, se deben **reducir a la mitad**.



### ARMADURA MÍNIMA DE ALMA.

El reglamento exige que cuando se cumple que

$$V_u > 0.5 \cdot \phi \cdot V_c$$

se debe colocar un área mínima de armadura de corte,

$$A_{v,\min} = \frac{1}{16} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot \frac{b_w \cdot s}{f_{yt}} \geq 0.33 \cdot \frac{b_w \cdot s}{f_{yt}}$$

En nuestro curso tendremos en cuenta dicha armadura mínima aún cuando  $V_u \leq 0.5 \cdot \phi \cdot V_c$



DETERMINACIÓN DE LA ARMADURA DE ALMA.

Cuando  $V_u > \phi \cdot V_c$  debemos calcular la armadura de alma para lograr que se cumpla  $V_u \leq \phi \cdot (V_c + V_s)$

1er. caso) Armadura perpendicular al eje del elemento:

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_{yt} \cdot d}{s}$$

donde

$A_v$  es el área de la armadura de alma existente en una distancia  $s$  y  $f_{yt}$  es la tensión de fluencia especificada de la armadura de alma



2do. caso) Estribos inclinados respecto del eje del elemento:

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_{yt} \cdot (\text{sen } \alpha + \text{cos } \alpha) \cdot d}{s}$$

donde

$\alpha$  es el ángulo entre los estribos y el eje longitudinal del elemento y  $s$  es la separación que se debe medir en dirección paralela a la armadura longitudinal

3er. caso) Armadura constituida por una barra doblada o por un solo grupo de barras, todas dobladas a la misma distancia del apoyo:

$$V_s = A_v \cdot f_y \cdot \text{sen } \alpha \leq \frac{1}{4} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d$$

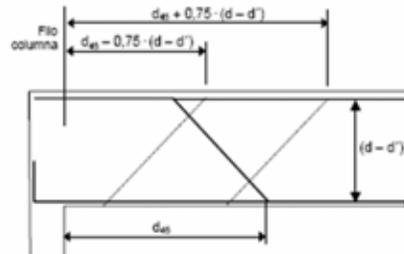
donde

$\alpha$  es el ángulo entre la barra doblada y el eje longitudinal del elemento



**Importante:** En el caso de barras dobladas sólo se deben considerar como efectivas las  $\frac{3}{4}$  **partes centrales** del tramo inclinado.

Por lo tanto, las dos fisuras a  $45^\circ$  entre las cuales se encuentran todas las fisuras que son efectivamente cosidas por una barra doblada a  $45^\circ$  se determinan como se muestra en la figura:



Los valores de  $f_y$  y  $f_{yt}$  utilizados para diseñar la armadura de corte deben ser:

$$f_y \text{ y } f_{yt} \leq \begin{cases} 420 \text{ MPa en general} \\ 500 \text{ MPa en el caso de mallas de acero soldadas} \\ \text{de alambres conformados} \end{cases}$$



### ARMADURA DE ALMA EN VIGAS ANCHAS.

Se recomienda que la separación entre ramas de estribos no exceda **2/3 de d** ni **400 mm**. Por lo tanto en **vigas anchas** colocaremos **estribos múltiples**.

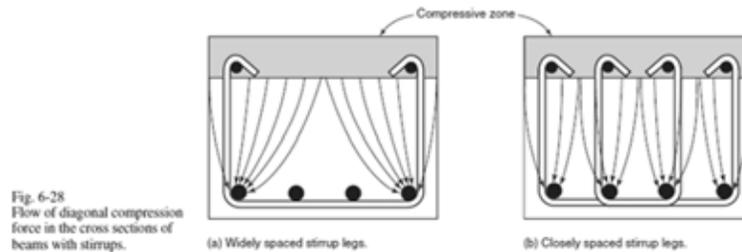


Fig. 6-28  
Flow of diagonal compression force in the cross sections of beams with stirrups.

Fuente: Wight-Mac Gregor, J.  
"REINFORCED CONCRETE –  
Mechanics and Design"



### DETERMINACIÓN DE LA ARMADURA DE SUSPENSIÓN.

Cuando una viga apoye sobre otra, se colocará una armadura de suspensión en la unión.

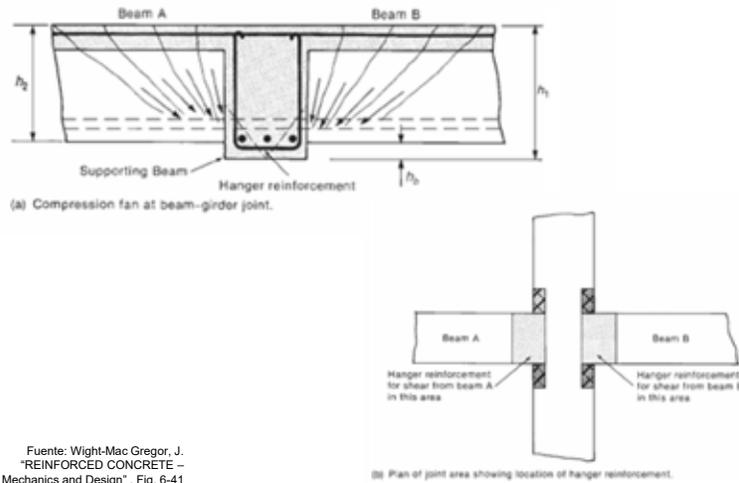
El reglamento CIRSOC 201 no da ninguna regla al respecto, pero siguiendo la propuesta de ciertos autores y reglamentos diremos que, además de los estribos provistos por corte en la viga que recibe la carga, se proveerá una armadura de suspensión tal que:

$$\phi \cdot A_h \cdot f_{yt} \geq \left(1 - \frac{h_b}{h_1}\right) \cdot V_{u2}$$

la cual se colocará en una longitud de  $b_{w2} + h_2 / 2 + 2 \cdot h_b$  en la viga que recibe la carga y  $d_2 / 4$  en la viga que transmite la carga, adyacente a cada cara de la viga que recibe la carga donde el corte se está transfiriendo.



Si el corte se transfiere a ambos lados de la viga que recibe la carga, la expresión anterior se evalúa en cada lado por separado.



En la expresión anterior:

$A_h$  es el área de la armadura de suspensión adyacente a una cara de la viga que recibe la carga.

$b_{w2}$  y  $d_2$  son el ancho y la altura útil de la viga que transfiere la carga.

$h_b$  es la diferencia de alturas de las vigas medida en la parte inferior.

$h_1$  es la altura total de la viga que recibe la carga.

$h_2$  es la altura total de la viga que transfiere la carga.

$V_{u2}$  es el esfuerzo de corte mayorado en el extremo de la viga que transfiere la carga.



RESUMEN .

Pasos para dimensionar una viga a corte:

1°) Trazar el diagrama de esfuerzos de corte mayorados  $V_u$  y determinar el valor máximo de  $V_u$  teniendo en consideración el tipo de apoyo.

2°) Si se cumple que  $V_u \leq \phi \cdot V_c$  tenemos solicitaciones bajas, por lo que colocaremos armadura mínima tal que:

$$A_{v,\min} = \frac{1}{16} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot \frac{b_w \cdot s}{f_{yt}} \geq 0.33 \cdot \frac{b_w \cdot s}{f_{yt}}$$

controlando la separación máxima correspondiente a la zona de corte 1.



3°) Si  $V_u > \phi \cdot V_c$  se debe calcular la armadura de alma.

Se debe cumplir  $V_u \leq \phi \cdot (V_c + V_s)$  por lo tanto el menor valor de  $(V_c + V_s)$  se obtendrá haciendo

$$(V_c + V_s) = V_u / \phi$$

4°) Se debe verificar si la sección de hormigón es adecuada.

Esto se realiza partiendo de que el reglamento fija que

$$V_{s,\max} = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d$$



por lo tanto el máximo valor permitido de  $V_u / \phi$  es:

$$(V_u / \phi)_{m\acute{a}x} = V_c + V_{s,m\acute{a}x}$$

$$\text{Si } (V_u / \phi)_{m\acute{a}x} \geq (V_u / \phi)_{calc}$$

la sección es suficientemente grande.

5°) Se debe determinar la separación máxima de la armadura de alma.

Esto se realiza teniendo en cuenta las separaciones máximas según la zona de corte y también considerando que la armadura de alma debe ser mayor que

$$A_{v,min} = \frac{1}{16} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot \frac{b_w \cdot s}{f_{yt}} \geq 0.33 \cdot \frac{b_w \cdot s}{f_{yt}}$$



6°) Se debe determinar la armadura de alma necesaria.

La misma se determina teniendo en cuenta las expresiones ya vistas, considerando que

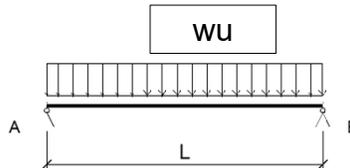
$$V_s \geq V_u / \phi - V_c$$

Esta armadura podrá estar formada por **estribos verticales** uniformemente separados en toda la longitud de la viga, pero también se podrá **densificar estribos**, es decir, se podrán colocar diferentes tipos de estribos en diferentes sectores de la misma viga. En este caso se recomienda colocar como máximo dos tipos de estribos diferentes (en lo posible de igual diámetro con distinta separación) y que el cambio de estribos se realice en una sección fácilmente identificable en la obra. La armadura de alma también podrá consistir en una combinación de **estribos y barras dobladas**.



EJEMPLO DE DIMENSIONAMIENTO.

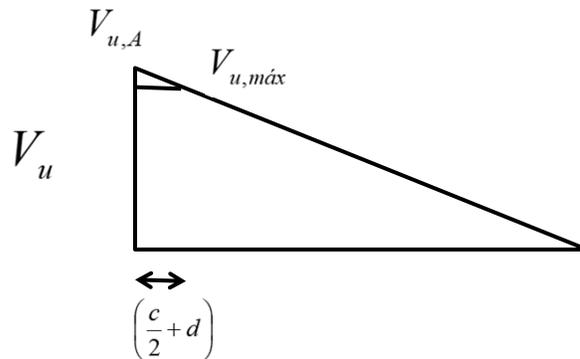
Dimensionar a corte la siguiente viga considerando que se colocarán solamente estribos perpendiculares al eje de la misma uniformemente separados en toda su longitud.



Datos:  
 Hormigón H-25 ( $f'_c = 25MPa$ )  
 Acero ADN420 ( $f_{yt} = f_y = 420MPa$ )  
 $w_u = 75 \text{ kN/m}$     $L = 6000 \text{ mm}$    A y B: columnas de  $20 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$   
 $b_w = 20 \text{ cm}$     $h = 60 \text{ cm}$     $d = 55 \text{ cm}$



1°) El diagrama de esfuerzos de corte será



$$V_{u,A} = w_u \cdot l / 2 = 75 \text{ kN} / \text{m} \cdot 6 \text{ m} / 2 = 225 \text{ kN}$$

$$\left(\frac{c}{2} + d\right) = \left(\frac{20 \text{ cm}}{2} + 55 \text{ cm}\right) = 65 \text{ cm}$$

$$V_{u,máx} = V_{u,A} - w_u \cdot \left(\frac{c}{2} + d\right) = 225 \text{ kN} - 75 \text{ kN} / \text{m} \cdot 0.65 \text{ m} = 176.25 \text{ kN}$$



2°) Veremos si estamos en un caso de bajas solicitaciones,  
es decir, veremos si se cumple  $V_u \leq \phi \cdot V_c$

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{25MPa} \cdot 200mm \cdot 550mm = 83333.3N$$

$$\phi \cdot V_c = 0.75 \cdot 83.333kN = 62.5kN$$

$$V_{u,m\acute{a}x} = 176.25kN > \phi \cdot V_c = 62.5kN$$

por lo tanto no estamos en un caso de bajas  
solicitaciones y debemos calcular la armadura de alma.



3°) Considerando que  $V_u \leq \phi \cdot (V_c + V_s) = \phi \cdot V_n$

obtenemos que el valor mínimo de  $V_n$  es:

$$V_n = V_u / \phi = 176.25kN / 0.75 = 235kN$$

4°) Verificaremos ahora las dimensiones de la sección de  
hormigón:

$$V_{s,m\acute{a}x} = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{25MPa} \cdot 200mm \cdot 550mm = 366666.6N$$

$$(V_u / \phi)_{m\acute{a}x} = V_c + V_{s,m\acute{a}x} = 83.333kN + 366.666kN = 450kN$$

$$V_u / \phi = 235kN < 450kN \quad \text{por lo tanto verifica.}$$



5°) Determinaremos la separación máxima de la armadura de alma:

Para ello debemos conocer en qué zona de corte estamos:

$$V_n = 235kN \quad V_c = 83.333kN$$

$$V_s = V_n - V_c = 235kN - 83.333kN = 151.667kN$$

$$\frac{1}{3} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{25MPa} \cdot 200mm \cdot 550mm = 183333.3N$$

$$V_s = 151.667kN < 183.333kN \quad \text{por lo tanto estamos en zona 2.}$$



La separación de la armadura de alma, que estará compuesta por estribos perpendiculares al eje de la viga, deberá ser tal que:

$$s \leq \begin{cases} d/2 & \text{en elementos no pretensados} \\ (3/4)h & \text{en elementos pretensados} \\ 400 \text{ mm} & (*) \end{cases} \quad (*) \text{ La cátedra recomienda que la separación no supere los } 300 \text{ mm}$$

$$\text{siendo } d/2 = 55cm/2 = 27.5cm < 30cm$$

La separación máxima por zona de corte es 27.5 cm

Considerando ahora la armadura mínima de alma, tenemos:

$$A_{v,\min} = \frac{1}{16} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot \frac{b_w \cdot s}{f_{yt}} \geq 0.33 \cdot \frac{b_w \cdot s}{f_{yt}}$$



siendo

$$\frac{1}{16} \cdot \sqrt{f'_c} = \frac{1}{16} \cdot \sqrt{25 \text{ MPa}} = 0.313 \text{ MPa} < 0.33 \text{ MPa}$$

es determinante el segundo miembro de la expresión de

$$A_{v,\min} = 0.33 \cdot \frac{b_w \cdot s}{f_{yt}} \Rightarrow s_{\max} = 3 \cdot A_v \cdot \frac{f_{yt}}{b_w}$$

considerando estribos de 6mm de diámetro:

$$s_{\max} = 3 \cdot A_v \cdot \frac{f_{yt}}{b_w} = 3 \cdot (2 \cdot 28 \text{ mm}^2) \cdot \frac{420 \text{ MPa}}{200 \text{ mm}} = 352.8 \text{ mm}$$

por lo tanto es determinante la separación máxima por zona  
es decir 27.5 cm



6°) Determinaremos la armadura de alma:

$$\text{Ya obtuvimos que } V_s = 151.667 \text{ kN}$$

para estribos perpendiculares al eje de la viga se cumple

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_{yt} \cdot d}{s}$$

considerando estribos de 6mm de diámetro:

$$151667 \text{ N} = \frac{(2 \cdot 28 \text{ mm}^2) \cdot 420 \text{ MPa} \cdot 550 \text{ mm}}{s}$$

de donde obtenemos:

$$s = 85 \text{ mm} = 8.5 \text{ cm} < 10 \text{ cm}$$



La separación obtenida es demasiado pequeña, por lo que emplearemos estribos de un diámetro mayor, en este caso de 8mm. Reemplazando en la expresión correspondiente:

$$151667 N = \frac{(2 \cdot 50 \text{ mm}^2) \cdot 420 \text{ MPa} \cdot 550 \text{ mm}}{s}$$

de donde obtenemos:

$$s = 152 \text{ mm} = 15.2 \text{ cm} > 10 \text{ cm}$$

Y además  $s = 15.2 \text{ cm} < s_{\text{máx}} = 27.5 \text{ cm}$

Por lo tanto adoptaremos para toda la viga estribos de 8 mm cada 15 cm.



FIN –  
DISPOSICIONES REGLAMENTARIAS  
PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE VIGAS  
SOMETIDAS A ESFUERZOS DE CORTE.

GRACIAS POR SU ATENCION !!!

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

HORMIGÓN I (74.01 y 94.01)

**ELU DE AGOTAMIENTO A  
Flexión y Corte  
Casos Particulares**

---

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

CARGAS SUSPENDIDAS

ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE – CASOS PARTICULARES

Lámina 2

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

### CARGAS APLICADAS EN EL BORDE INFERIOR: Ej. viga invertida

Primero, se dimensiona la armadura de corte para  $V_u$  de la sección crítica

Luego, se dimensiona la "armadura de suspensión" necesaria:

Se suman y se adopta diámetro y separación de estribos

Sección crítica a filo de apoyo

$$V_{s,nec}^V = \frac{V_u}{\phi} - V_c$$

$$V_{s,nec}^{w,susp} = \frac{w_{u,2}}{\phi} d$$

Fuerza a absorber en una longitud igual a d

$$V_{s,nec} = V_{s,nec}^V + V_{s,nec}^{w,susp}$$

Estribos verticales:

$$V_{s,estr} = \frac{1}{S} A_v f_{yt} d \geq V_{s,nec}$$

**ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE – CASOS PARTICULARES** Lámina 3

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

### CARGAS CONCENTRADAS

1. Apeo de viga de igual altura

2. Apeo de viga colgada de la parte inferior

3. Apeo de viga de menor altura con igual nivel superior

4. Apeo de columna

Se debe "colgar" la carga??

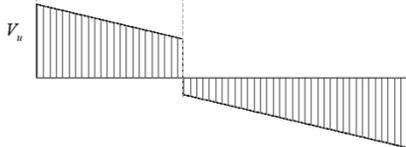
Valores recomendados:

1. 50% a 100%  $P_u$
2. 100%  $P_u$
3. entre 0 y 50%  $P_u$
4. entre 40 y 60%  $P_u$

**ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE – CASOS PARTICULARES** Lámina 4

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

### CARGAS CONCENTRADAS



Primero, se dimensionan los estribos de corte para  $V_u$  de la sección crítica. Sección crítica según el tipo de apoyo.

$$V_{s,nec} = \frac{V_u}{\phi} - V_c$$

$$V_{s,estr} = \frac{1}{s} A_v f_{yt} d \geq V_{s,nec}$$

Estribos verticales

Luego, se dimensiona la “armadura de suspensión” necesaria:

En base al % de  $P_u$  que se supone tracciona el alma de la viga

$$P_u^{Susp} = \alpha P_u \quad \text{con } 0 \leq \alpha \leq 100\%$$

Se adopta:

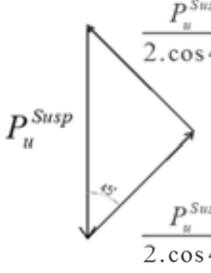
- Armadura adicional bajo carga
- o
- Estribos adicionales

Lámina 5

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

### CARGAS CONCENTRADAS

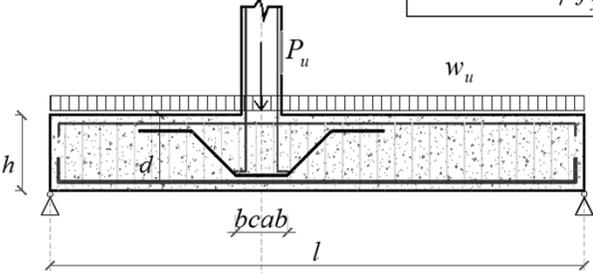
Armadura adicional bajo carga: barras a  $45^\circ$

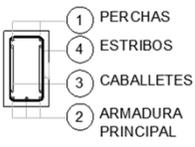


$$\phi V_{s,susp} = \phi A_{s,cab} f_{yt} \geq \frac{P_u^{Susp}}{2 \cos 45^\circ} = P_u^{Susp} \cos 45^\circ$$

$$\frac{P_u^{Susp} \cos 45^\circ}{2 \cos 45^\circ \cos 45^\circ} = \frac{P_u^{Susp} \cos 45^\circ}{2 (\sqrt{2}/2)^2} = P_u^{Susp} \cos 45^\circ$$

$$A_{s,cab} \geq \frac{\alpha P_u \cos 45^\circ}{\phi f_{yt}}$$





$$b_{cab} \geq b_{apeo} + (5 \text{ a } 10) \text{ cm}$$

Lámina 6

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

### CARGAS CONCENTRADAS

Estribos concentrados a 90°

$$P_u^{Susp} = \alpha P_u \quad \text{con } 0 \leq \alpha \leq 100\%$$

$$\phi V_{s,susp} = \phi A_{v,susp} f_{yt} \geq P_u^{Susp}$$

$$A_{v,susp} \geq \frac{\alpha P_u}{\phi f_{yt}}$$

ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE – CASOS PARTICULARES

Lámina 7

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

CARGA CONCENTRADA  
CERCANA AL APOYO

ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE – CASOS PARTICULARES

Lámina 8

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

### REGIONES B y D

**Discontinuidad** – Cambio brusco en la geometría o en las cargas.

**Región B** – Parte de un elemento a la cual se le puede aplicar la hipótesis de secciones planas de la teoría de flexión.

**Región D** – Parte de un elemento ubicada dentro de una distancia  $h$ , medida a partir de una discontinuidad del esfuerzo o de una discontinuidad geométrica.

**Modelo de Bielas y Tirantes**  
El Reglamento CIRSOC permite diseñar los elementos de hormigón estructural, o las regiones D de los mismos, modelando el elemento estructural o la región D, como un reticulado. Debe tener puntales, tensores y nodos y debe ser capaz de transferir todas las cargas mayoradas a los apoyos o a las regiones B adyacentes.

Fig. 6-11c  
Wight MacGregor  
"Reinforced Concrete Mechanics and Design"

Fig. CA.1.3  
CIRSOC 201/2005

ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE – CASOS PARTICULARES Lámina 9

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

### CARGA CERCANA AL APOYO $a \leq 2h$

s/CIRSOC 2005

Las zonas de las vigas cargadas con cargas concentradas, ubicadas a una distancia  $a$ , desde el apoyo, igual o menor que 2 veces la altura  $h$  del elemento, que están cargadas en una cara y apoyadas en la cara contraria, de manera tal que se puedan desarrollar bielas de compresión entre las cargas y los apoyos, se deben tratar como **VIGAS DE GRAN ALTURA**.

ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE – CASOS PARTICULARES Lámina 10

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

### CARGA CERCANA AL APOYO $a \leq 2h$

Zona D donde no se cumple la hip. de Bernoulli.

(c) Strut-and-tie model of a bottle-shaped strut.

Fig. 17-4c  
Wight MacGregor, "Reinforced Concrete Mechanics and Design"

FISURACIÓN DE VIGA CON MALLA DE ARMADURA

G.Aguilar, A.Matamoras, G.Parra-Montesinos, J.Ramírez, J.Wight, "Experimental Evaluation of Design Procedures for Shear Strength of Deep Reinforced Concrete Beams", ACI Structural Journal, V. 99, No. 4, 2002.

Se puede analizar mediante un modelo de Bielas y Tirantes.

En esta clase veremos un procedimiento alternativo.

**En general, el método de bielas y tirantes dará una menor armadura necesaria de alma.**

ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE – CASOS PARTICULARES

Lámina 11

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

### CARGA CERCANA AL APOYO $a \leq 2h$

Sección crítica de corte:

Vu SIEMPRE INCLUYE A P!

$a \leq 2h$

$y$

$a \leq \frac{\text{apoyo}}{2} + d$

$a \leq 2h$

$y$

$a > \frac{\text{apoyo}}{2} + d$

ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE – CASOS PARTICULARES

Lámina 12

**CARGA CERCANA AL APOYO  $a \leq 2h$**

Para vigas de gran altura  
la **resistencia nominal**  
debe ser:

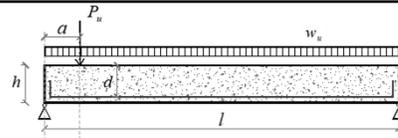
$$V_n \leq \frac{5}{6} \sqrt{f'_c} b_w d \rightarrow \text{Lo primero que hay que verificar es que sea } V_u \leq \phi V_n$$

Luego, se determina  $V_c$  idem vigas esbeltas utilizando alguna de estas dos expresiones si  $N_u=0$ :

$$\begin{cases} V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b_w d \\ V_c = \left( \sqrt{f'_c} + 120 \rho_w \frac{V_u d}{M_u} \right) \frac{1}{7} b_w d \leq 0.30 \sqrt{f'_c} b_w d \quad \frac{V_u d}{M_u} \leq 1 \end{cases}$$

Mu el momento mayorado que actúa simultáneamente con  $V_u$  en la sección considerada.

o las que correspondan si  $N_u \neq 0$



**CARGA CERCANA AL APOYO  $a \leq 2h$**

Si resulta:

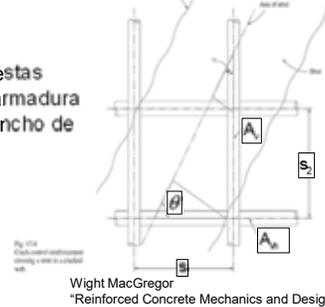
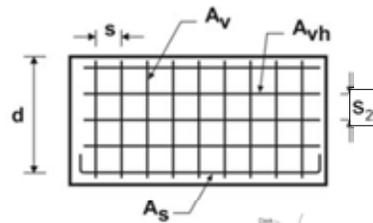
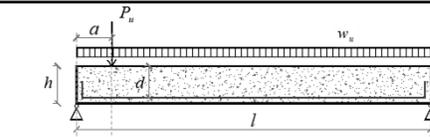
$$\phi(V_c) < V_u \Rightarrow \text{Debe calcularse una armadura de alma}$$

$$V_u \leq \phi(V_c + V_s) \Rightarrow V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c$$

Debe disponerse siempre una **Armadura Vertical** y una **Armadura Horizontal**. Valor mínimos (excepto que se determinen por un modelo de bielas y tirantes):

$$\begin{cases} A_v \geq \frac{2.50}{1000} b_w s & ; \quad s \leq \begin{cases} d/5 \\ 30cm \end{cases} \\ A_h \geq \frac{1.50}{1000} b_w s_2 & ; \quad s_2 \leq \begin{cases} d/5 \\ 30cm \end{cases} \end{cases}$$

El objeto de estas cuantías de armadura es limitar el ancho de las fisuras



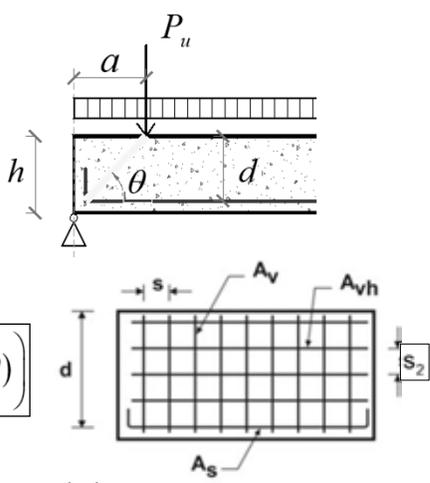
Wight MacGregor "Reinforced Concrete Mechanics and Design"

**CARGA CERCANA AL APOYO  $a \leq 2h$**

Estimar:

$$\operatorname{tg}(\theta) = \frac{d}{a} \rightarrow \theta$$

La resistencia proporcionada por la armadura puede estimarse como

$$V_s = f_{yt} d \left( \frac{A_v}{s} \cos^2(\theta) + \frac{A_{vh}}{s_2} \sin^2(\theta) \right)$$


$A_v$  : Sección de la armadura de estribos verticales  
 $A_{vh}$  : Sección de la armadura de horquillas horizontales  
 $f_{yt}$  : Tensión de fluencia especificada de la armadura de alma  
 $n$  : Ramas de estribos ( $A_v = n \cdot A_{estr}$ )  
 $nh$  : Ramas de horquillas ( $A_{vh} = nh \cdot A_{horquillas}$ )

Lámina 15

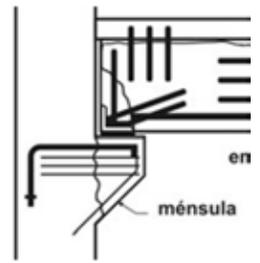
**CORTE POR FRICCIÓN**

(o CORTE RASANTE)

Lámina 16

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

### CORTE POR FRICCIÓN



en  
ménsula

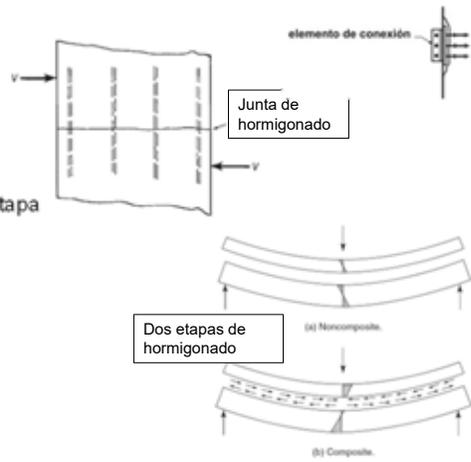
El “plano de deslizamiento” puede ser:

- una fisura existente o potencial
- la unión entre hormigones de distinta etapa
- la superficie de contacto entre dos materiales distintos.

Modelos:

- de fricción
- de fricción y cohesión
- de corte horizontal

Se denomina **corte por fricción o corte rasante** al esfuerzo de corte que debe transmitirse entre dos elementos o partes de un elemento que pueden deslizarse uno respecto al otro a través de un “plano de deslizamiento” existente o potencial.



elemento de conexión

Junta de hormigonado

Dos etapas de hormigonado

(a) Non-composite

(b) Composite

ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE – CASOS PARTICULARES Lámina 17

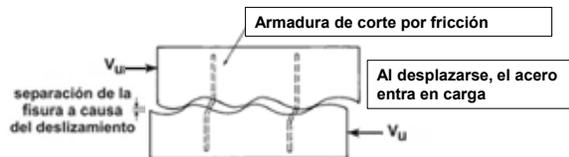
FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

### CORTE POR FRICCIÓN: Modelo de fricción



plano de corte (fisura supuesta)

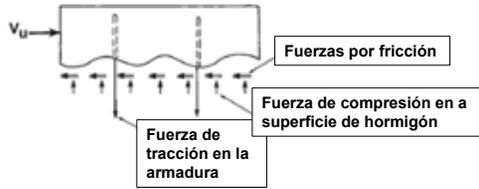
Armadura de corte por fricción



separación de la fisura a causa del deslizamiento

Armadura de corte por fricción

Al desplazarse, el acero entra en carga



Fuerzas por fricción

Fuerza de compresión en a superficie de hormigón

Fuerza de tracción en la armadura

$$N \downarrow \rightarrow S = \mu N$$

Se debe suponer que se produce una fisura a lo largo del plano de corte considerado.

$A_v$  : Sección de armadura de corte por fricción

$\mu$  : Coeficiente de fricción

ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE – CASOS PARTICULARES Lámina 18

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

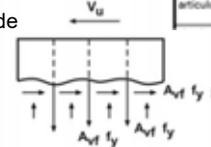
### CORTE POR FRICCIÓN: Modelo de fricción

$V_u \leq \phi V_n$

$V_c = 0 \Rightarrow V_n = V_{sf} \begin{cases} \leq 0.2 f'_c A_c \\ \leq 5.5 A_c \text{ (en KN)} \end{cases}$

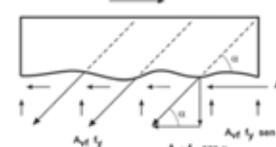
Si la armadura es perpendicular al plano de deslizamiento:

$V_{sf} = A_{vf} f_y \mu$



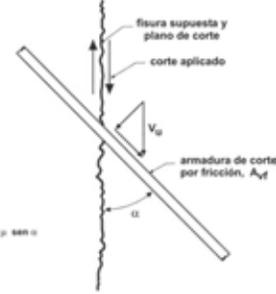
Si la armadura no es perpendicular al plano de deslizamiento:

$V_{sf} = A_{vf} f_y (\mu \sin(\alpha) + \cos(\alpha))$



$\mu$  : Coeficiente de fricción

Tipo de hormigón	$\mu$
Hormigón colocado monolíticamente	1,4
Hormigón colocado sobre hormigón endurecido con la superficie intencionalmente rugosa como se especifica en el artículo 11.7.9.	1,0
Hormigón colocado sobre hormigón endurecido con la superficie no intencionalmente rugosa	0,6
Hormigón anclado a placas o perfiles de acero estructural mediante pasadores con cabeza, o barras de armadura (ver el artículo 11.7.10.)	0,7



ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE – CASOS PARTICULARES Lámina 19

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

## VIGAS COMPUESTAS

## CORTE HORIZONTAL

ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE – CASOS PARTICULARES Lámina 20

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

### CORTE HORIZONTAL

- Viga construida en dos etapas
- Una parte premoldeada y la parte superior hormigonada in situ.
- Viga compuesta (acero-hormigón)

(a) Noncomposite.

(b) Composite.

Fig. 6-11  
Wight MacGregor, "Reinforced Concrete Mechanics and Design"

ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE – CASOS PARTICULARES Lámina 21

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

### CORTE HORIZONTAL

Viga construida en dos etapas

Para poder considerarlo como un único elemento, dos alternativas:  
(Secc. 17.5 CIRSOC 201)

**Alternativa 1:**

$$V_u \leq \phi V_{nh}$$

$V_u$ : el esfuerzo de corte mayorado en la sección analizada.  
 $V_{nh}$ : la resistencia nominal a corte horizontal

- Si se asegura una superficie limpia y rugosa; o
- Si se pone una armadura de vinculación mínima exigida sin darle rugosidad a la superficie de contacto

$$V_{nh} \leq 0.6 b_w d$$

- Si se asegura una superficie limpia y rugosa y ADEMÁS se pone una armadura de vinculación mínima exigida

$$V_{nh} \leq (1.8 + 0.6 \rho_v f_y) \lambda b_w d \leq 3.5 b_w d$$

$$\rho_v = \frac{A_v}{b_v s} \quad \text{Relación entre el área de estribos y el área de la superficie de contacto}$$

$$v = \frac{V}{b_w d}$$

ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE – CASOS PARTICULARES Lámina 22

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

### CORTE HORIZONTAL

Viga construida en dos etapas

**Alternativa 2:**  $V_u \leq \phi V_{nh}$

17.5.4. Se permite determinar el corte horizontal calculando la variación real del esfuerzo de compresión y de tracción en cualquier segmento, y transferir dicho esfuerzo como corte horizontal al elemento resistente.

$V_{nh} = C = T = A_s f_y$

$v_{nh} = \frac{V_{nh}}{Ac / K} \leq 0.6$  Si no da, se disponen estribos, tal que se verifique:

$$v_{nh} \leq (1.8 + 0.6 \rho_v f_y) \lambda$$

Fig. 6-12  
Wight MacGregor, "Reinforced Concrete Mechanics and Design"

ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE – CASOS PARTICULARES

Lámina 23

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

### CORTE HORIZONTAL

Viga construida en dos etapas

Se calcula a corte y luego se verifica el corte horizontal.

Se adopta estribos al finalizar los dos cálculos.

Se cubre el mayor de los dos valores obtenidos.

**Armadura de estribos para corte horizontal**  
(Secc. 17.5 CIRSOC 201)

$$A_{v,min} = \frac{1}{16} \sqrt{f'_c} \frac{b_w s}{f_{yt}} \geq 0.33 \frac{b_w s}{f_{yt}}$$

$s \begin{cases} \leq 4 \text{ veces la menor dimensión del elemento soportado} \\ \leq 40 \text{ cm} \end{cases}$

Los estribos se deben ubicar lo más cerca posible del recubrimiento siempre que lo permitan otras armaduras. Es práctica habitual una prolongación de 75 mm en el segmento hormigonado "in situ"

(a) estribo simple en "U" prolongado      (b) estribo tipo "horquilla" embebido en hormigón plástico (ver artículo 16.7.1)      (c) estribo en "U" de dos ramas extendidas

**Figura 17.6.3. Estribos para corte horizontal**

ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE – CASOS PARTICULARES

Lámina 24

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras  
 94.01 - HORMIGON I

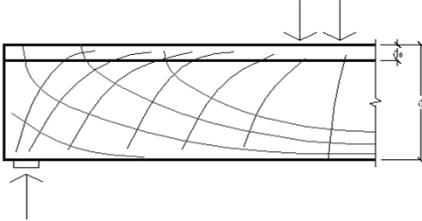
## VIGAS PLACA

### CORTE EN LA UNIÓN DEL NERVIO CON EL ALA

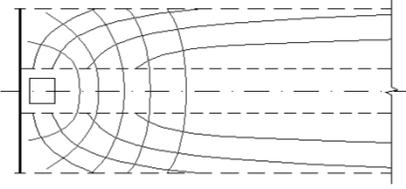
ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE - CASOS PARTICULARES
Lámina 25

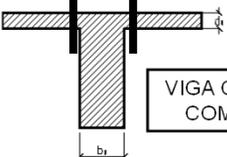
FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras  
 94.01 - HORMIGON I

#### CORTE EN LA UNIÓN CON ALAS



Planta





VIGA CON PLACA COMPRIMIDA

— Trayectorias de tracción

— Trayectorias de compresión

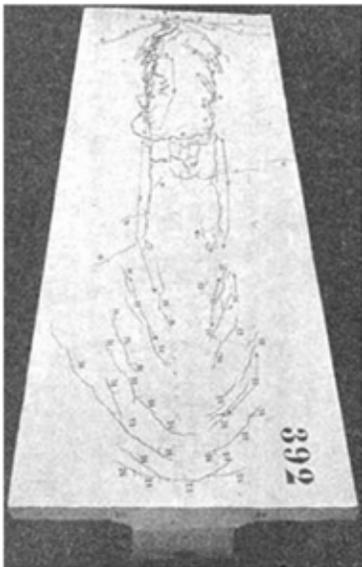
ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE - CASOS PARTICULARES
Lámina 26

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

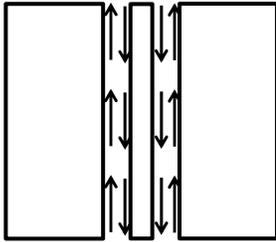
**CORTE EN LA UNIÓN CON ALAS**

VIGA CON PLACA COMPRIMIDA

VISTA DE LA CARA SUPERIOR EN ESTADO LÍMITE ÚLTIMO



Esfuerzos de resbalamiento entre el nervio y las alas



Mörsch — Teoría y Práctica del Hormigón Armado (1927)

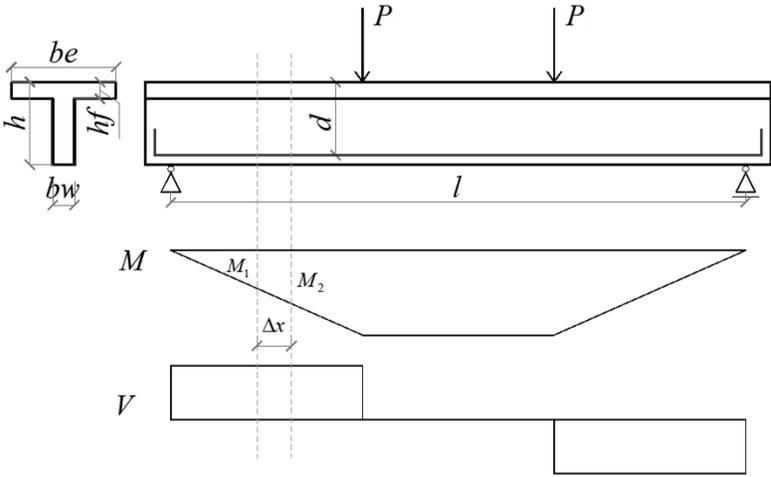
**ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE – CASOS PARTICULARES** Lámina 27

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

**CORTE EN LA UNIÓN CON ALAS**

VIGA CON PLACA COMPRIMIDA

CUÁL ES EL ESFUERZO A TRANSMITIR?



**ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE – CASOS PARTICULARES** Lámina 28

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

**CORTE EN LA UNIÓN CON ALAS**

CUÁL ES EL ESFUERZO A TRANSMITIR?

$$C = T = M_1 / j_d$$

$$C + \Delta C = T + \Delta T = M_2 / j_d$$

VIGA CON PLACA COMPRIMIDA

ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE - CASOS PARTICULARES

Lámina 29

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

**CORTE EN LA UNIÓN CON ALAS**

CUÁL ES EL ESFUERZO A TRANSMITIR?

$$b_e = b_1 + b_w + b_2$$

$$\Delta C = \Delta C_1 + \Delta C_w + \Delta C_2$$

$$\Delta C = b_e h_f \begin{cases} \Delta C_w = b_w h_f \\ \Delta C_1 = b_1 h_f \\ \Delta C_2 = b_2 h_f \end{cases}$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{\Delta C_1}{\Delta C} &= \frac{b_1 h_f}{b_e h_f} = \frac{(b_e - b_w)}{2} \frac{1}{b_e} \\ \Delta C &= \frac{\Delta M}{j_d} = \frac{V \Delta x}{j_d} \\ \Delta C_1 &= \frac{(b_e - b_w)}{2} \frac{1}{b_e} \frac{V \Delta x}{j_d} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{\Delta C_1}{\Delta x} = \frac{(b_e - b_w)}{2} \frac{1}{b_e} \frac{V}{j_d}$$

**ESFUERZO POR UNIDAD DE LONGITUD A TRANSMITIR EN LA UNIÓN CON EL ALA**

VIGA CON PLACA COMPRIMIDA

EL ESFUERZO A TRANSMITIR A TRAVÉS DE ESTA SECCIÓN ES  $\Delta C_1$

ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE - CASOS PARTICULARES

Lámina 30

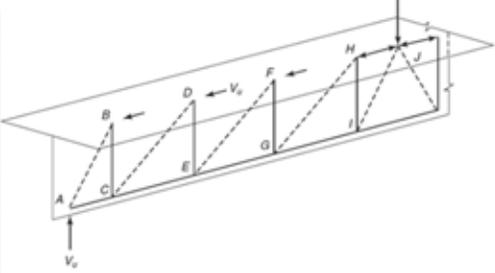
FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

**CORTE EN LA UNIÓN CON ALAS**  
**SE OBSERVAN FISURAS INCLINADAS**

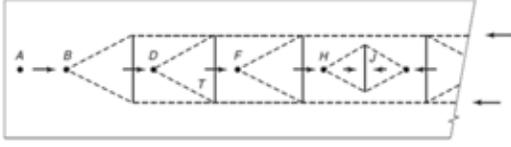
VIGA CON PLACA  
COMPRIMIDA



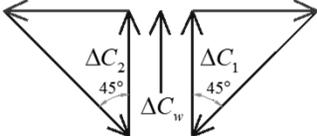
Mörsch — *Teoría y Práctica del Hormigón Armado* (1927)



(a) Strut-and-tie model of beam web.



(b) Strut-and-tie model of compression flange.



**MODELO DE BIELAS Y TIRANTES DE LA DISTRIBUCIÓN HORIZONTAL DE LOS ESFUERZOS EN LA PLACA**

Fig. 17-59 - Wight MacGregor  
"Reinforced Concrete Mechanics and Design"

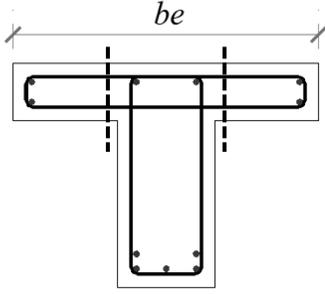
FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

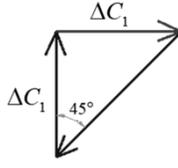
**CORTE EN LA UNIÓN CON ALAS**

VIGA CON PLACA  
COMPRIMIDA

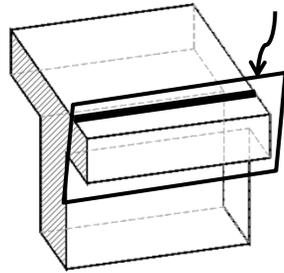
$$V_s' = \frac{\Delta C_1}{\Delta x} = \frac{(b_e - b_w)}{2} \frac{1}{b_e} \frac{V_u}{j_d} = \frac{A_{vf} f_y}{s}$$

**APORTE DE LA ARMADURA**





EL ESFUERZO A TRANSMITIR A TRAVÉS DE ESTA SECCIÓN ES  $\Delta C_1$



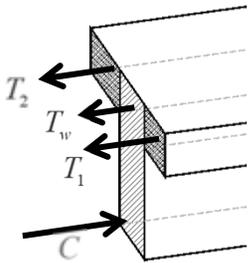
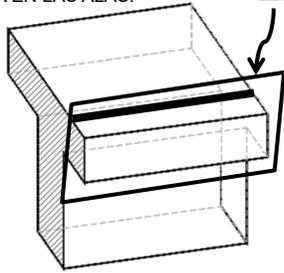
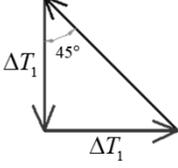
FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

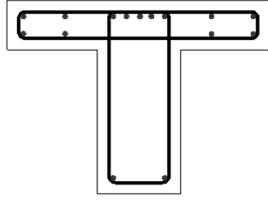
**CORTE EN LA UNIÓN CON ALAS**  
**Y si la placa está traccionada?**

- Para el cálculo, se toma rectangular.
- SI SE DISPONE PARTE DE LA ARMADURA EN LAS ALAS:

VIGA CON PLACA TRACCIONADA

EL ESFUERZO A TRANSMITIR A TRAVÉS DE ESTA SECCIÓN ES  $\Delta T_1$

$\frac{\Delta T_1}{\Delta T} = \frac{A_{s1} f_y}{A_{s, tot} f_y}$ $\Delta T = \frac{\Delta M}{j_d} = \frac{V \Delta x}{j_d}$ $\Delta T_1 = \frac{A_{s1}}{A_{s, tot}} \frac{V \Delta x}{j_d}$	$\frac{\Delta T_1}{\Delta x} = \frac{A_{s1}}{A_{s, tot}} \frac{V}{j_d}$	<p>ESFUERZO POR UNIDAD DE LONGITUD</p> 
$V_s' = \frac{\Delta T_1}{\Delta x} = \frac{A_{s1}}{A_{s, tot}} \frac{V_u / \phi}{j_d} = \frac{A_{vf} f_y}{s}$		

ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE – CASOS PARTICULARES

Lámina 33

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

CORTE EN VIGAS DE  
ALTURA VARIABLE

ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE – CASOS PARTICULARES

Lámina 34

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

### VIGAS DE ALTURA VARIABLE

(a) Forces on segment of beam.

$V_r$  : Valor del Corte “modificado” considerando la incidencia de los cordones inclinados

Puede ser menor o mayor que V.

(b) Internal forces and shears.

Fig. 6-43  
Wight MacGregor  
"Reinforced Concrete  
Mechanics and Design"

ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE – CASOS PARTICULARES Lámina 35

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGÓN I

### VIGAS DE ALTURA VARIABLE: Variación del corte con la altura

$$V_u \leq \phi \left\{ V_m \pm C \operatorname{tg}(\alpha_c) \pm T \operatorname{tg}(\alpha_t) \right\}$$

Aporte del hormigón y los estribos

Aporte de los cordones inclinados

$$V_{ru} \leq \phi V_m = \phi (V_c + V_s)$$

$$V_n = (V_c + V_s) \pm C \operatorname{tg}(\alpha_c) \pm T \operatorname{tg}(\alpha_t) \quad \text{resistencia nominal a corte total}$$

$$C = T = \frac{M_u}{j_d}$$

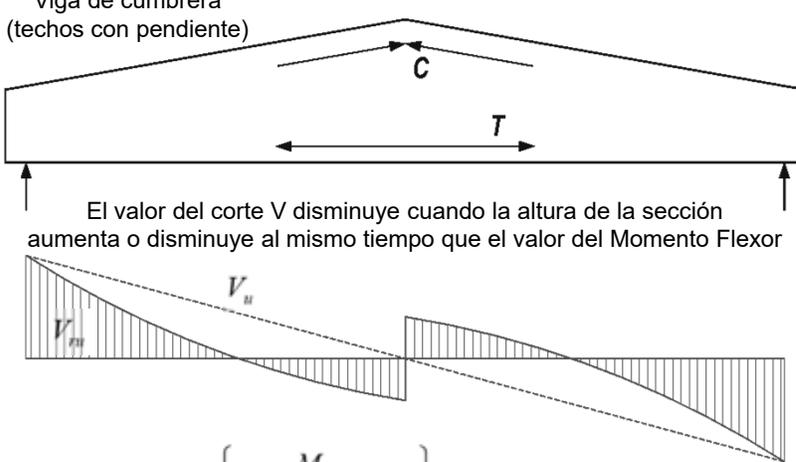
$$\Rightarrow V_u = \phi \left\{ V_m \pm \frac{M_u}{j_d} \operatorname{tg}(\alpha_c) \pm \frac{M_u}{j_d} \operatorname{tg}(\alpha_t) \right\}$$

ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE – CASOS PARTICULARES Lámina 36

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

**VIGAS DE ALTURA VARIABLE:** Variación del corte con la altura

Viga de cumbrera  
(techos con pendiente)



El valor del corte  $V$  disminuye cuando la altura de la sección aumenta o disminuye al mismo tiempo que el valor del Momento Flexor

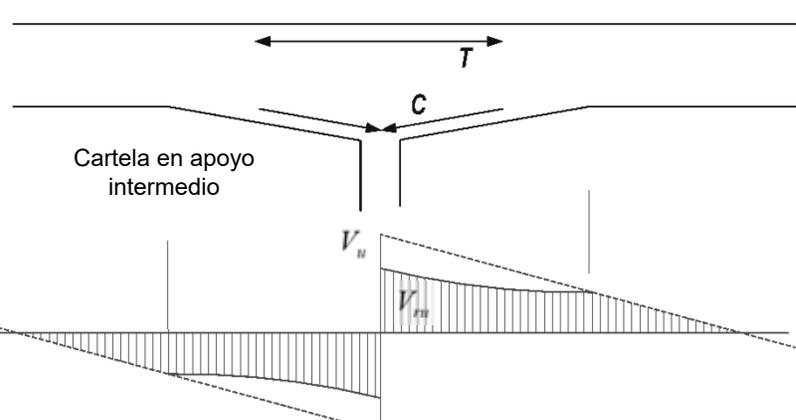
En este caso:  $V_u = \phi \left\{ V_m + \frac{M_u}{j_d} \operatorname{tg}(\alpha_c) \right\}$

$$V_m = \phi V_m = V_u - \phi \frac{M_u}{j_d} \operatorname{tg}(\alpha_c)$$

ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE – CASOS PARTICULARES Lámina 37

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

**VIGAS DE ALTURA VARIABLE:** Variación del corte con la altura



Cartela en apoyo intermedio

El valor del corte  $V$  disminuye cuando la altura de la sección aumenta o disminuye al mismo tiempo que el valor del Momento Flexor

ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE – CASOS PARTICULARES Lámina 38

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

**VIGAS DE ALTURA VARIABLE:** Variación del corte con la altura

Cartela en apoyo intermedio

Cartela en apoyo extremo

El valor del corte  $V$  aumenta cuando la altura de la sección aumenta o disminuye inversamente al valor del Momento Flexor

ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE – CASOS PARTICULARES Lámina 39

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
94.01 - HORMIGÓN I

**FIN –  
ELU DE AGOTAMIENTO A  
FLEXIÓN Y CORTE  
CASOS PARTICULARES**

**GRACIAS POR SU ATENCION !!!**



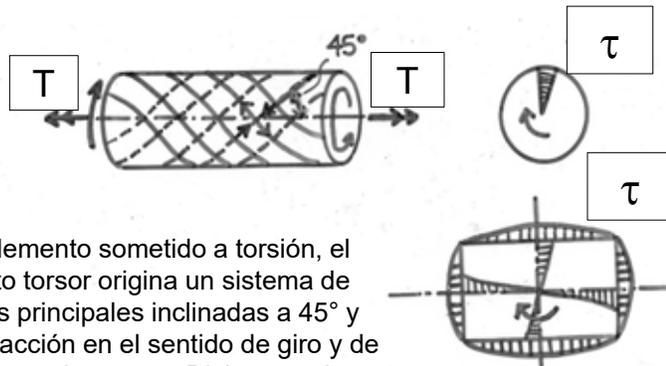
## HORMIGÓN I (74.01 y 94.01)

### ELU DE AGOTAMIENTO A Torsión y Corte.

---



#### GENERALIDADES SOBRE TORSIÓN.



En un elemento sometido a torsión, el momento torsor origina un sistema de tensiones principales inclinadas a  $45^\circ$  y  $135^\circ$ , de tracción en el sentido de giro y de compresión en el opuesto. Dichas tensiones principales tienen trayectorias en espiral y son máximas en la superficie.



GENERALIDADES SOBRE TORSIÓN.

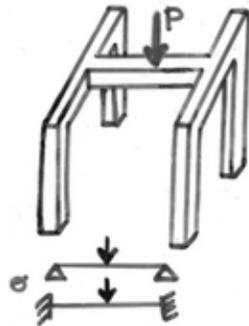
CIRSOC 201:

EXIGE DIMENSIONAR A TORSIÓN SÓLO CUANDO ÉSTA RESULTA IMPRESCINDIBLE PARA EL EQUILIBRIO.



GENERALIDADES SOBRE TORSIÓN.

Caso 1



Torsión por restricción o torsión secundaria.

Caso 2

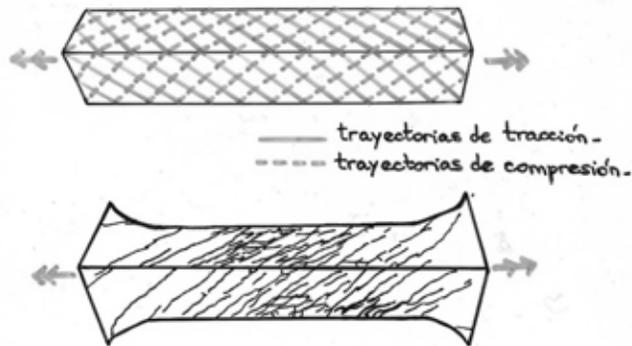


Torsión debida a cargas o torsión primaria.



### COMPORTAMIENTO DE ELEMENTOS DE HORMIGÓN ARMADO SOMETIDOS A TORSIÓN

Cuando un elemento de hormigón es sometido a torsión pura se generan las tensiones mencionadas anteriormente. Una o más fisuras inclinadas aparecerán cuando la tensión principal de tracción alcance la resistencia a tracción del hormigón.



ELU DE AGOTAMIENTO A Torsión y Corte.

Lámina <#>



Se realizaron ensayos en barras de **sección maciza** y barras de **sección hueca**, con iguales dimensiones exteriores y con las mismas armaduras. Mediante estos ensayos se comprobó que **luego** de aparecer las **fisuras** en espiral originadas por la torsión, el comportamiento de la barra de sección maciza y el de la hueca eran aproximadamente **iguales**. De ello se desprende que, luego de aparecer la fisuración, la sección maciza se comporta como si fuera hueca.

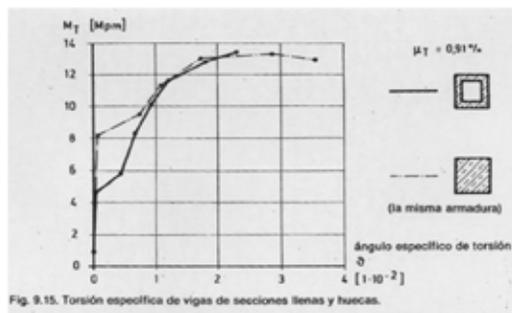


Fig. 9.15. Torsión específica de vigas de secciones llenas y huecas.

Fuente: Fritz Leonhardt  
"ESTRUCTURAS DE  
HORMIGÓN ARMADO."

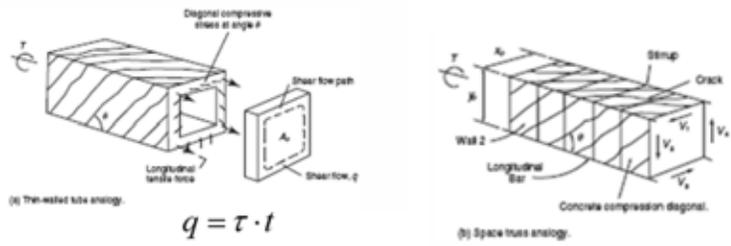
ELU DE AGOTAMIENTO A Torsión y Corte.

Lámina <#>

**MODELO DEL RETICULADO ESPACIAL.**

Se asume que la torsión es resistida por el **flujo de corte  $q$**  alrededor del perímetro del elemento. La viga se idealiza como un **tubo de pared delgada**.

Después de la fisuración, el tubo se idealiza como un **reticulado** hueco formado por estribos cerrados, barras longitudinales en las esquinas y diagonales comprimidas centradas aproximadamente en los estribos. Las diagonales se idealizan como existentes entre fisuras que están a un ángulo  $\theta$ , generalmente tomado como  $45^\circ$  para  $H^A$ .



Fuente: Wight-Mac Gregor, J. "REINFORCED CONCRETE – Mechanics and Design", Fig. 7-15

**POSIBILIDAD DE NO CONSIDERAR LA TORSIÓN. TORSIÓN CRÍTICA.**

No se requiere armadura de torsión si no aparecen fisuras de torsión. En torsión pura, la tensión principal de tracción  $\sigma_1$  es igual a la tensión tangencial  $\tau$ , en una determinada ubicación. Así, de la expresión para tubos de pared delgada tenemos que:

$$\sigma_1 = \tau = \frac{T}{2 \cdot A_o \cdot t}$$



POSIBILIDAD DE NO CONSIDERAR LA TORSIÓN.  
TORSIÓN CRÍTICA.

$$\sigma_1 = \tau = \frac{T}{2 \cdot A_o \cdot t}$$

Cuál es el espesor de la pared  $t$ ?

El reglamento se basa en la suposición de que **antes de la fisuración** el espesor de la pared se puede tomar igual a  $0.75 \cdot A_{cp} / p_{cp}$

donde  $p_{cp}$  es el perímetro de la sección de hormigón y  $A_{cp}$  es el área encerrada por ese perímetro.

El área  $A_o$  encerrada por la línea media de las paredes del tubo se puede tomar como  $A_o = (2/3) \cdot A_{cp}$



Reemplazando en la expresión anterior tenemos que:

$$\sigma_1 = \tau = \frac{T \cdot p_{cp}}{A_{cp}^2}$$

La fisuración se produce cuando la tensión principal de tracción alcanza

$$\frac{1}{3} \cdot \sqrt{f'_c}$$

Por lo tanto, el momento de fisuración será:

$$T_{cr} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot \frac{A_{cp}^2}{p_{cp}}$$

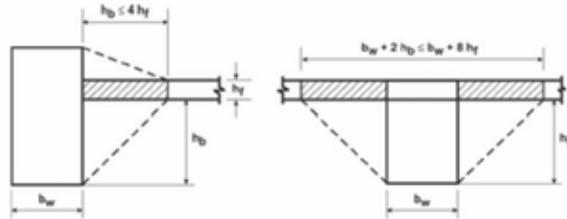
Para **torsión combinada con corte**, se puede demostrar que, en secciones **macizas**, un momento torsor igual a  $0.25 \cdot T_{cr}$  reduce el esfuerzo de corte que produce la fisuración en sólo un **3%**, lo cual se considera despreciable. Por lo tanto, si se cumple que

$$T_u < \frac{1}{12} \cdot \phi \cdot \sqrt{f'_c} \cdot \frac{A_{cp}^2}{p_{cp}} \quad \text{se puede despreciar la torsión.}$$



### Definiciones de $A_{cp}$ y $P_{cp}$ .

Para una viga aislada  $A_{cp}$  es el área encerrada por el perímetro de la sección, incluyendo el área de cualquier hueco, y  $P_{cp}$  es el perímetro de la sección. Cuando se trata de una viga hormigonada monóticamente con la losa, el reglamento establece que el ancho del ala considerada en el cálculo de  $A_{cp}$  y  $P_{cp}$  debe ser igual a la mayor de las distancias que el alma de la viga proyecta sobre o debajo del ala pero no mayor que 4 veces el espesor de la losa.



Las alas en voladizo se desprecian cuando  $A_{cp}^2 / P_{cp}$  determinado para la viga con alas resulta menor que el determinado para la misma viga pero sin alas



Para torsión combinada con corte, en una **sección de pared delgada**, se puede demostrar que la presencia de un momento torsor igual a  $0.25 \cdot T_{cr}$  reduce el esfuerzo de corte que produce la fisuración en aproximadamente un **25%**, lo cual no es despreciable. Para considerar esto, el reglamento reemplaza  $A_{cp}$  por  $A_g$  en la expresión obtenida para secciones macizas, siendo  $A_g$  el área sólo de hormigón, es decir, no incluye los huecos o vacíos. Por lo tanto, para una **sección de pared delgada**, si se cumple que

$$T_u < \frac{1}{12} \cdot \phi \cdot \sqrt{f'_c} \cdot \frac{A_g^2}{P_{cp}}$$

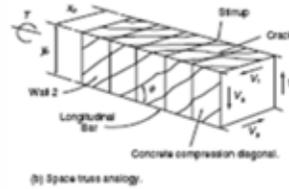
se puede despreciar la torsión.



DETERMINACIÓN DE LA ARMADURA DE CORTE.

Área de estribos para torsión.

La viga se modela como un reticulado espacial formado por barras longitudinales en las esquinas, estribos cerrados y diagonales de hormigón comprimidas en espiral alrededor de la viga, entre las fisuras.



Fuente: Wight-Mac Gregor, J.  
"REINFORCED CONCRETE –  
Mechanics and Design", Fig. 7-15

La altura y el ancho del reticulado son  $y_0$  y  $x_0$ , las cuales son aproximadamente iguales a las distancias entre los centros de las barras longitudinales ubicadas en las esquinas. El ángulo de las fisuras es  $\theta$ , el cual inicialmente está cerca de los  $45^\circ$  pero puede disminuir para momentos torsores elevados.



Para calcular el área necesaria de estribos, se necesita pasar del flujo de corte a fuerzas de corte actuantes en las cuatro paredes del tubo, como se ve en la figura. Como sabemos,

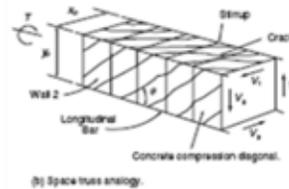
$$q = \tau \cdot t \quad \text{y} \quad \tau = \frac{T}{2 \cdot A_o \cdot t}$$

Por lo tanto

$$q = \frac{T}{2 \cdot A_o}$$

La fuerza total de corte debida a torsión a lo largo de cada uno de los bordes superior e inferior del reticulado resulta:

$$V_1 = V_3 = \frac{T}{2 \cdot A_o} \cdot x_0$$



Fuente: Wight-Mac Gregor, J.  
"REINFORCED CONCRETE –  
Mechanics and Design", Fig. 7-15



Análogamente se obtienen las fuerzas de corte debidas a torsión en los lados verticales:

$$V_2 = V_4 = \frac{T}{2 \cdot A_o} \cdot y_0$$

Tomando momentos respecto de una esquina del reticulado obtenemos:

$$T = V_1 \cdot y_0 + V_2 \cdot x_0$$

Reemplazando

$$T = \left( \frac{T}{2 \cdot A_o} \cdot x_0 \right) \cdot y_0 + \left( \frac{T}{2 \cdot A_o} \cdot y_0 \right) \cdot x_0$$

Es decir

$$T = \frac{2 \cdot T}{2 \cdot A_o} \cdot (x_0 \cdot y_0)$$

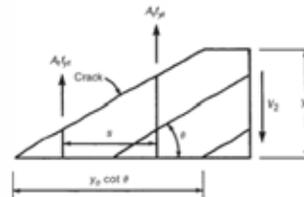
Por definición,  $x_0 \cdot y_0 = A_o$ . Así hemos demostrado que las fuerzas internas equilibran el momento torsor aplicado  $T$ .



La figura muestra una parte de uno de los lados verticales.

La fisura corta  $n_2 = \frac{y_0 \cdot \cot g \theta}{s}$

estribos, donde  $s$  es la separación de los mismos.



Fuente: Wight-Mac Gregor, J. "REINFORCED CONCRETE – Mechanics and Design", Fig. 7-17

La fuerza en los estribos debe equilibrar  $V_2$ . Suponiendo que todos los estribos llegan a la tensión de fluencia, tenemos:

$$V_2 = \frac{A_t \cdot f_{yt} \cdot y_0}{s} \cdot \cot g \theta$$

Siendo  $V_2 = \frac{T}{2 \cdot A_o} \cdot y_0$  y tomando  $T$  igual a la resistencia nominal a torsión  $T_n$ , llegamos a que:

$$T_n = \frac{2 \cdot A_o \cdot A_t \cdot f_{yt} \cdot \cot g \theta}{s}$$

El ángulo  $\theta$  puede tomar valores entre  $30^\circ$  y  $60^\circ$ . Para hormigón no pretensado el reglamento recomienda tomar  $\theta = 45^\circ$  porque corresponde al valor asumido en las deducciones de las expresiones para el diseño de estribos a corte.

El área encerrada por el flujo de corte,  $A_o$ , no se conoce porque no se conoce el espesor del tubo equivalente de hormigón para el elemento fisurado, el cual lleva el flujo de corte y las diagonales comprimidas. Para evitar tener que determinar el espesor del tubo equivalente el reglamento permite tomar el área  $A_o$  como  $0.85 \cdot A_{oh}$ , siendo  $A_{oh}$  el área encerrada por los estribos cerrados más externos dispuestos para resistir torsión.

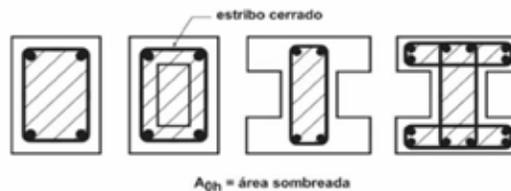
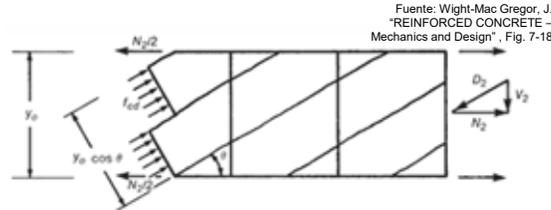


Figura 11.6.3.6. b) Definición de  $A_{oh}$ .

### Área de armadura longitudinal para torsión.

La armadura longitudinal debe ser diseñada para resistir las fuerzas de tracción que ocurren en el reticulado espacial.



Fuente: Wight-Mac Gregor, J. "REINFORCED CONCRETE - Mechanics and Design", Fig. 7-18

Como se ve en la figura,  $V_2$  puede reemplazarse por una fuerza de compresión diagonal  $D_2$  paralela a las diagonales del reticulado y una fuerza de tracción axial  $N_2$ , siendo:

$$D_2 = \frac{V_2}{\text{sen } \theta} \quad \text{y} \quad N_2 = V_2 \cdot \cot \theta$$

Debido a que el flujo de corte es constante punto a punto a lo largo del lado 2, la fuerza  $N_2$  actúa en el eje del lado 2. Para una viga con armadura longitudinal en las esquinas superior e inferior del lado 2, la mitad de  $N_2$  será resistida por cada barra de esquina.



Análogamente se analizan los otros tres lados del reticulado.  
Para un elemento rectangular la fuerza longitudinal total es:

$$N = 2 \cdot (N_1 + N_2)$$

Dado que:

$$N_2 = V_2 \cdot \cot g\theta \quad V_2 = \frac{T}{2 \cdot A_o} \cdot y_0 \quad \text{y} \quad V_1 = \frac{T}{2 \cdot A_o} \cdot x_0$$

y tomando  $T = T_n$  llegamos a que:

$$N = \frac{T_n}{2 \cdot A_o} \cdot 2 \cdot (x_0 + y_0) \cdot \cot g\theta$$

donde  $2 \cdot (x_0 + y_0)$  es aproximadamente igual al perímetro del estribo cerrado  $p_h$ .

Se debe colocar un área total de acero  $A_l$  para tomar la fuerza longitudinal  $N$ .



Suponiendo que las barras longitudinales llegan a la tensión de fluencia tendremos:

$$A_l \cdot f_y = N$$

Siendo

$$N = \frac{T_n}{2 \cdot A_o} \cdot p_h \cdot \cot g\theta$$

llegamos a que:

$$A_l = \frac{T_n \cdot p_h}{2 \cdot A_o \cdot f_y} \cdot \cot g\theta$$

o tomando  $A_o = 0.85 \cdot A_{oh}$  y considerando  $T_u / \phi = T_n$ :

$$A_l = \frac{(T_u / \phi) \cdot p_h}{1.7 \cdot A_{oh} \cdot f_y} \cdot \cot g\theta$$



### CORTE COMBINADO CON TORSIÓN.

En las deducciones de las expresiones anteriores partiendo de la analogía del reticulado espacial, se asume que toda la torsión es resistida por las armaduras, es decir  $T_c = 0$ .

Cuando actúan simultáneamente corte y torsión se considera que  $V_c$  permanece constante y que  $T_c$  permanece igual a cero.

$$V_n = V_c + V_s$$

$$T_n = T_s$$



Para controlar el ancho de fisuras y también para controlar los esfuerzos en las diagonales comprimidas el reglamento establece las siguientes limitaciones:

a) en secciones macizas:

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w \cdot d}\right)^2 + \left(\frac{T_u \cdot p_h}{1.7 \cdot A_{oh}^2}\right)^2} \leq \phi \cdot \left(\frac{V_c}{b_w \cdot d} + \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f'_c}\right)$$

b) en secciones huecas:

$$\left(\frac{V_u}{b_w \cdot d}\right) + \left(\frac{T_u \cdot p_h}{1.7 \cdot A_{oh}^2}\right) \leq \phi \cdot \left(\frac{V_c}{b_w \cdot d} + \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f'_c}\right)$$

Si el espesor de la pared varía alrededor de la sección, el reglamento exige que la expresión anterior se evalúe en la ubicación donde el valor del primer miembro sea mayor.

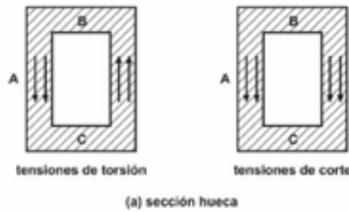


Si una sección hueca tiene un espesor de pared  $t$  menor que  $A_{oh} / p_h$ , el reglamento requiere que se emplee el espesor real, Así el segundo término de la expresión anterior se convierte en

$$T_u / (1.7 \cdot A_{oh} \cdot t)$$

El primer miembro de la expresión dada en b) es la suma de las tensiones debidas a corte y a torsión, a diferencia de la expresión dada en a) donde se considera la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de dichas tensiones.

Esto es así porque en una sección hueca, las tensiones debidas a corte y las debidas a torsión se suman en una cara

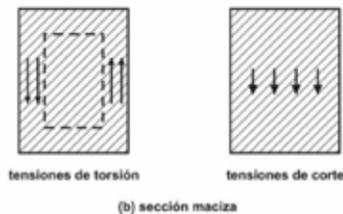


ELU DE AGOTAMIENTO A Torsión y Corte.

Lámina <#>



A diferencia del caso anterior, en una sección maciza las tensiones de corte están distribuidas en todo el ancho de la sección mientras que las tensiones de torsión sólo actúan en las paredes del tubo equivalente. En este caso una suma directa de los dos términos sería muy conservadora, por eso se reemplaza por la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de las tensiones respectivas.



ELU DE AGOTAMIENTO A Torsión y Corte.

Lámina <#>



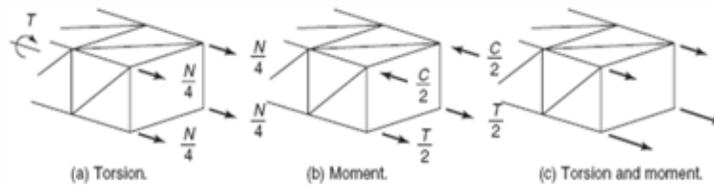
## FLEXIÓN COMBINADA CON TORSIÓN.

Como hemos visto, la torsión causa una fuerza de tracción axial  $N$ .

Se asume que la mitad de ella actúa en el cordón superior del reticulado y la otra mitad en el inferior. La flexión origina una fuerza longitudinal de tracción y otra de compresión que forman un par tal que

$$C = T = M_u / jd \approx M_u / 0.9 \cdot d$$

Para la sollicitación combinada, estas fuerzas se suman.



Fuente: Wight-Mac Gregor, J.  
"REINFORCED CONCRETE –  
Mechanics and Design", Fig. 7-20

ELU DE AGOTAMIENTO A Torsión y Corte.

Lámina (#)



La sección de armadura calculada para la fuerza de tracción  $T$  debida a flexión y la sección de armadura calculada para la fuerza de tracción  $N/2$  actuante en el cordón correspondiente del reticulado (el inferior en el caso de la figura), **deben sumarse**.

En la zona de compresión por flexión, la fuerza  $C$  reduce o anula la fuerza  $N/2$ . El reglamento permite que el área de armadura longitudinal de torsión, en la zona de compresión por flexión, se **reduzca** en una cantidad igual a  $M_u / (0.9 \cdot d \cdot f_y)$  donde  $M_u$  es el momento flector que actúa junto con la torsión en la sección en estudio.

Es necesario calcular esta reducción en varias secciones debido a que el momento flector varía a lo largo del elemento. Si se consideran distintos estados de carga,  $T_u$  y  $M_u$  deben corresponder al mismo estado de carga.

ELU DE AGOTAMIENTO A Torsión y Corte.

Lámina (#)

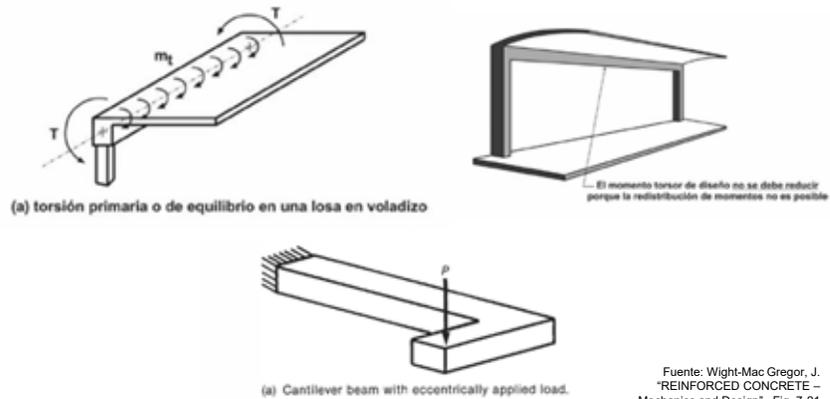


### TORSIÓN PRIMARIA vs TORSIÓN SECUNDARIA.

Dentro de las solicitaciones debidas a torsión debemos distinguir:

a) Torsión de equilibrio o torsión primaria:

En este caso la torsión es imprescindible para el equilibrio de la estructura y no es posible una reducción del valor del momento torsor.



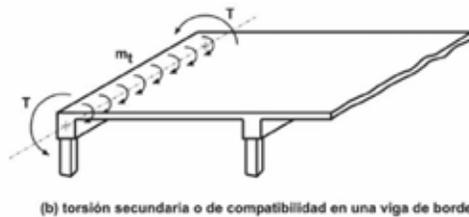
ELU DE AGOTAMIENTO A Torsión y Corte.

Lámina <#>



b) Torsión de compatibilidad o torsión secundaria:

En este caso la torsión **no** es imprescindible para el equilibrio de la estructura y la misma resulta de la compatibilidad de deformaciones entre elementos. El reglamento permite una reducción de los valores de los momentos torsores, acompañada de la correspondiente redistribución de solicitaciones en el resto de la estructura.



ELU DE AGOTAMIENTO A Torsión y Corte.

Lámina <#>



En este último caso, es decir, en el caso de una estructura estáticamente indeterminada en la cual se puede producir una reducción del momento torsor en un elemento debido a la redistribución de las fuerzas internas después de la fisuración, se permite reducir el máximo momento torsor mayorado  $T_u$  empleando la siguiente expresión para elementos no pretensados:

$$T_u = \frac{1}{3} \cdot \phi \cdot \sqrt{f'_c} \cdot \frac{A_{cp}^2}{p_{cp}} \cdot \sqrt{1 + \frac{3 \cdot N_u}{Ag \cdot \sqrt{f'_c}}}$$

donde

$N_u$  : Esfuerzo axial mayorado que se produce simultáneamente con  $T_u$ ,  
**positivo para compresión y negativo para tracción.**

En las secciones huecas, el valor  $A_{cp}$  no se debe reemplazar por el de  $Ag$ .



La mayor parte de los reglamentos internacionales permite **despreciar la torsión de compatibilidad**, es decir, adoptar **rigidez torsional nula**. Esta posibilidad estaría también contemplada en el Reglamento CIRSOC 201-2005 ya que en el artículo 8.6.1. menciona, refiriéndose a las rigideces, que “se puede adoptar cualquier conjunto de hipótesis razonables, las que deberán mantenerse durante todo el análisis a fin de que el mismo resulte coherente”.

Esto es lo que haremos en nuestro curso, es decir, cuando se trate de torsión de compatibilidad, consideraremos rigidez torsional nula y despreciaremos la torsión. Por lo tanto, **sólo dimensionaremos a torsión** en el caso en que ésta sea **imprescindible para el equilibrio** de la estructura.



DIMENSIONAMIENTO A TORSIÓN Y CORTE SEGÚN EL  
REGLAMENTO CIRSOC 201-2005.

El dimensionamiento de elementos sometidos a **torsión, corte y flexión**, se realiza dimensionando para flexión ignorando la torsión y el corte y luego dimensionando estribos y armadura longitud adicional para dar una adecuada resistencia a torsión y corte.

Las ecuaciones básicas de diseño son:

$$V_u \leq \phi \cdot V_n \quad \text{con} \quad V_n = V_c + V_s$$

$$\text{y} \quad T_u \leq \phi \cdot T_n \quad \text{con} \quad T_n = T_s$$

$$\text{siendo} \quad \phi = 0.75$$



El reglamento permite **ignorar el efecto de la torsión** cuando el momento torsor mayorado  $T_u$  resulte menor que:

En elementos no pretensados:

$$T_u < \frac{1}{12} \cdot \phi \cdot \sqrt{f'_c} \cdot \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}}$$

En elementos no pretensados solicitados por una fuerza de tracción o compresión axial:

$$T_u < \frac{1}{12} \cdot \phi \cdot \sqrt{f'_c} \cdot \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \cdot \sqrt{1 + \frac{3 \cdot N_u}{Ag \cdot \sqrt{f'_c}}}$$

$N_u$  se toma **positivo** para **compresión** y **negativo** para **tracción!!!**

Para secciones huecas se usa  $Ag$  en lugar de  $A_{cp}$



### Determinación del momento torsor mayorado $T_u$ .

Cuando en un elemento se necesite el momento torsor mayorado para **mantener el equilibrio** y su valor **supere** el mínimo establecido para poder ignorar el efecto de la torsión, el elemento se **debe dimensionar para soportar dicho momento torsor**.

### Secciones críticas.

En elementos **no pretensados**, las secciones ubicadas a una distancia menor que  $d$  medida desde la cara del apoyo, se deben dimensionar, como mínimo, para la torsión  $T_u$  determinada a una distancia  $d$  de la cara del apoyo. Si hubiera un momento torsor concentrado aplicado dentro de dicha distancia la sección crítica de diseño debe ser la correspondiente a la cara del apoyo.

Para elementos **pretensados** vale lo anterior reemplazando  $d$  por  $h/2$



### Verificación de las dimensiones de la sección transversal.

Las secciones transversales deben ser tales que cumplan las siguientes expresiones:

a) en secciones macizas:

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w \cdot d}\right)^2 + \left(\frac{T_u \cdot p_h}{1.7 \cdot A_{oh}^2}\right)^2} \leq \phi \cdot \left(\frac{V_c}{b_w \cdot d} + \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f'_c}\right)$$

b) en secciones huecas:

$$\left(\frac{V_u}{b_w \cdot d}\right) + \left(\frac{T_u \cdot p_h}{1.7 \cdot A_{oh}^2}\right) \leq \phi \cdot \left(\frac{V_c}{b_w \cdot d} + \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f'_c}\right)$$

Y valen todas las consideraciones sobre estas expresiones indicadas anteriormente al analizar las mismas.



### Determinación de las armaduras necesarias por torsión.

Para el diseño de las armaduras no tesas de torsión se debe considerar:

$$f_y \text{ y } f_{yt} \leq 420 \text{ MPa}$$

La armadura necesaria de torsión se debe determinar a partir de la siguiente expresión:

$$T_u \leq \phi \cdot T_n$$

La armadura **transversal** por torsión se debe diseñar aplicando la siguiente expresión:

$$T_n = \frac{2 \cdot A_o \cdot A_t \cdot f_{yt}}{s} \cdot \cot g \theta \quad (11.21)$$

Se permite tomar  $A_o = 0.85 \cdot A_{oh}$

Para elementos no pretensados se adopta normalmente  $\theta = 45^\circ$



La armadura **longitudinal** adicional requerida por torsión debe ser:

$$A_l = \frac{(T_u / \phi) \cdot p_h}{1.7 \cdot A_{oh} \cdot f_y} \cdot \cot g \theta$$

o:

$$A_l = \frac{A_t}{s} \cdot p_h \cdot \left( \frac{f_{yt}}{f_y} \right) \cdot \cot g^2 \theta$$

donde  $\theta$  debe tener el mismo valor que el empleado en la expresión (11.21) y el cociente  $A_t / s$  debe ser utilizado con el mismo valor que en la expresión (11.21).



A la armadura requerida por torsión se le debe **adicionar** la armadura requerida por corte, flexión y esfuerzo axial, que actúan en combinación con la torsión. Para la colocación y separación de esta armadura se deben verificar las condiciones **más exigentes** fijadas por el reglamento.

El reglamento permite que el área de armadura longitudinal de torsión, en la **zona de compresión por flexión**, se **reduzca** en una cantidad igual a

$$M_u / (0.9 \cdot d \cdot f_y)$$

donde  $M_u$  es el momento flector mayorado que actúa en la sección en combinación con  $T_u$ , pero el valor de la armadura adoptada debe ser igual o mayor que el valor especificado como armadura longitudinal mínima y la armadura debe respetar las disposiciones y las separaciones máximas establecidas por el reglamento.



### Armadura mínima de torsión.

En toda zona donde el momento torsor mayorado  $T_u$  supere el valor establecido que permite ignorar el efecto de la torsión, se debe colocar **un área mínima de armadura de torsión**.

El **área mínima** de los **estribos cerrados** se debe determinar de acuerdo con la siguiente expresión:

$$(A_v + 2 \cdot A_t) = \frac{1}{16} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot \frac{b_w \cdot s}{f_{yt}} \geq \frac{0.33 \cdot b_w \cdot s}{f_{yt}}$$

El **área mínima total** de la **armadura longitudinal de torsión** se debe determinar con la siguiente expresión:

$$A_{l,min} = \frac{5 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot A_{cp}}{12 \cdot f_y} - \left( \frac{A_t}{s} \right) \cdot P_h \cdot \frac{f_{yt}}{f_y}$$

siendo  $\frac{A_t}{s} \geq \frac{1}{6} \cdot \frac{b_w}{f_{yt}}$



### Separaciones máximas de la armadura de torsión.

Para la **armadura transversal de torsión** se debe cumplir:

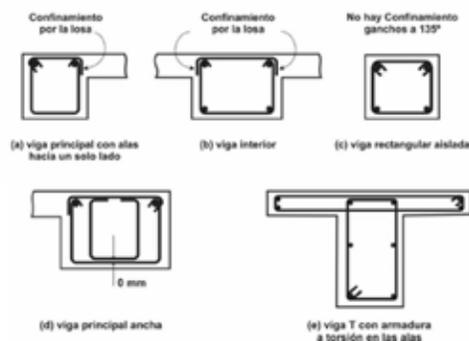
$$s \leq \begin{cases} \frac{p_h}{8} \\ 300 \text{ mm} \end{cases}$$

La **armadura longitudinal de torsión** debe estar distribuida a lo largo del perímetro del estribo cerrado, con una **separación máxima de 300 mm**. Las barras longitudinales deben estar ubicadas **dentro** de los estribos con al menos una barra en cada esquina de los estribos.



### Detalles de las armaduras de torsión.

La **armadura transversal** de torsión debe estar anclada con un **gancho a 135°** alrededor de una barra longitudinal, excepto en las zonas donde el hormigón que rodea al anclaje está protegido contra el descascaramiento mediante un ala, una losa o un elemento similar, en cuyo caso se pueden utilizar ganchos a 90°. Nunca podrá quedar la parte doblada de un gancho paralela a un borde libre de hormigón.





En las **secciones huecas** solicitadas a torsión, la distancia desde el eje de la **armadura transversal** de torsión, hasta la cara interior de la pared de la sección hueca debe ser  $\geq 0.5 \cdot (A_{oh} / p_h)$

Las **barras longitudinales** deben tener un diámetro  $d_b$  tal que:

$$d_b \geq \begin{cases} \frac{s}{24} \\ 10 \text{ mm} \end{cases}$$

siendo  $s$  la separación de los estribos.

La **armadura de torsión** se debe prolongar, como mínimo, una distancia  $(b_t + d)$  más allá del punto en el que ya no es teóricamente necesaria, siendo  $b_t$  el ancho de la parte de la sección transversal que contiene los estribos cerrados que resisten la torsión.

La **armadura longitudinal** de torsión debe ser anclada en ambos extremos del elemento.



## RESUMEN.

### Pasos a seguir para dimensionar un elemento sometido a flexión, corte y torsión:

- 1°) Obtener los diagramas de  $T_u$ ,  $V_u$  y  $M_u$ , determinando las secciones críticas.
- 2°) Calcular el área necesaria de armadura a flexión.
- 3°) Determinar si se trata de torsión de equilibrio o torsión de compatibilidad y si la torsión puede o no ser despreciada.
- 4°) Verificar que la sección de hormigón sea suficientemente grande.
- 5°) Determinar el área de estribos necesaria por corte.
- 6°) Determinar el área de estribos necesaria por torsión.



7°) Sumar las áreas necesarias de estribos por corte y por torsión y seleccionar los estribos. El área de estribos debe exceder el valor mínimo fijado por el reglamento. La separación adoptada no debe superar la separación máxima reglamentaria, siendo ésta la correspondiente a la condición más exigente que fije el reglamento. Los estribos deben ser cerrados.

Para estribos simples:

$$\frac{A_{v,t}}{s} (unacara) = \left( \frac{A_t}{s} \right) + \left( \frac{A_v}{s} \right) / 2$$

8°) Determinar el área de armadura longitudinal necesaria por torsión. Sumarla con el área de armadura necesaria por flexión teniendo en cuenta los efectos que producen estas solicitaciones en las distintas caras. Seleccionar barras. El área de armadura longitudinal por torsión debe superar el valor mínimo fijado por el reglamento. Deben respetarse los diámetros mínimos y separaciones máximas, como así también las restantes disposiciones referidas a la armadura longitudinal establecidas en el reglamento.



FIN –  
ELU DE AGOTAMIENTO A  
Torsión y Corte.

GRACIAS POR SU ATENCION !!!