

# Curso: HORMIGÓN ESTRUCTURAL 1

## Práctico 6 Anclaje

Agustín Vidal (avidal@fing.edu.uy)

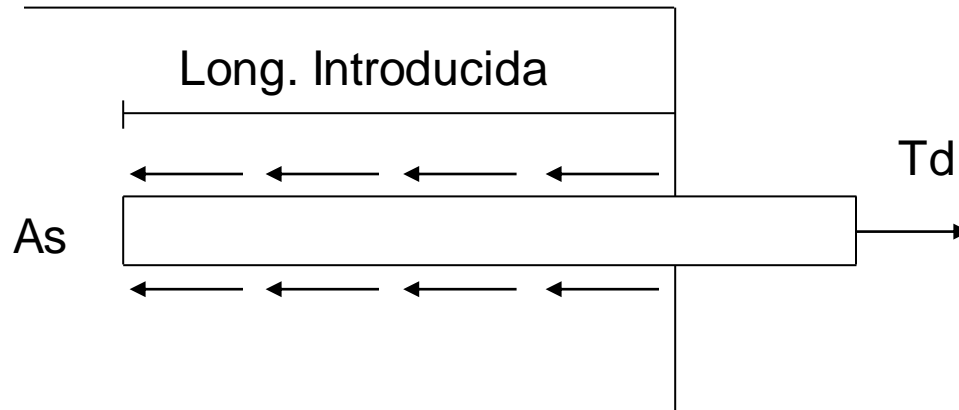
1<sup>er</sup> Semestre - 2024

Universidad de la República - Uruguay

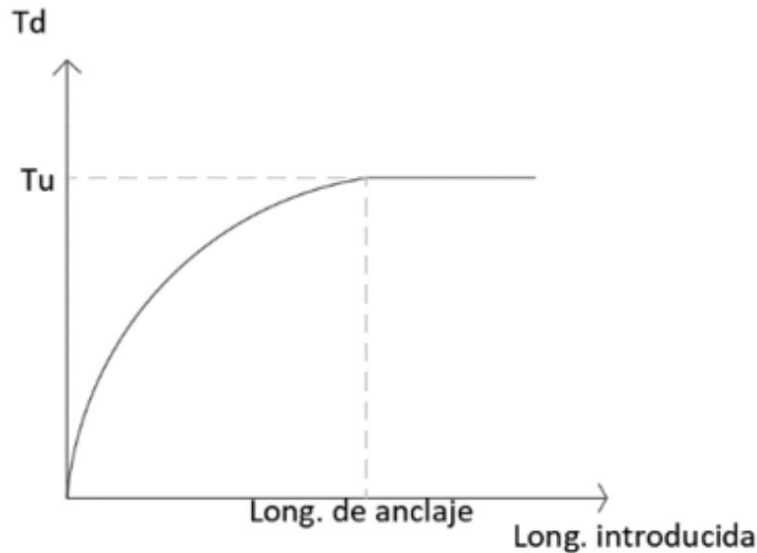


UNIVERSIDAD  
DE LA REPUBLICA  
URUGUAY

Objetivo: Lograr transferir la fuerza que soporta una barra de acero al hormigón circundante, mediante la introducción de la misma en el hormigón.



Esquema de barra introducida en un macizo, representaría una barra de acero estructural trabajando



La gráfica muestra la tracción que es capaz de desarrollar la barra en función de la longitud introducida.

$$Tu = As f_{yd}$$

## Posiciones de adherencia:

### Posición I (mayor adherencia):

- Armaduras que durante el hormigonado forman con la horizontal un ángulo comprendido entre  $45^\circ$  y  $90^\circ$ .
- Armaduras que durante el hormigonado con la horizontal un ángulo inferior a  $45^\circ$  y:
  - $h \leq 250$  mm.
  - Se encuentra a menos de 250 mm de la cara inferior con  $250 \text{ mm} < h < 600$  mm.
  - Se encuentra a más de 300 mm de la cara superior con  $h > 600$  mm.

Posición II (menor adherencia): caso restantes.

## Longitud básica requerida de anclaje:

La longitud introducida mínima requerida para transferir la fuerza última ( $T_u$ ) de la varilla.

Dicha longitud es función de:

- Propiedades de adherencia ( $\Phi$ ,  $f_{yk}$ ,  $f_{ck}$ ).
- Posición que ocupan en la pieza de hormigón.

La longitud básica requerida se calcula como:

$$l_{bd,rqd} = \frac{\phi \sigma_{sd}}{4 f_{bd}} \cong \frac{\phi f_{yd}}{4 f_{bd}} \frac{A_{s,nec}}{A_{s,real}}$$

## Longitud básica requerida de anclaje:

La tensión de adherencia se calcula como:

$$f_{bd} = 2,25\eta_1\eta_2f_{ctd}$$

$$\eta_1 = \begin{cases} 1,0 \text{ "buena" adherencia} \\ 0,7 \text{ "mala" adherencia} \end{cases}$$

$$\eta_2 = \begin{cases} 1,0 \text{ si } \phi \leq 32 \text{ mm} \\ \frac{132 - \phi}{100} \text{ si } \phi > 32 \text{ mm} \end{cases}$$

$f_{ck}$ MPa	$f_{bd}$ , MPa		$l_{bd, reqd}/\phi$	
	$\phi \leq 32$ mm	$\phi = 40$ mm	$\phi \leq 32$ mm	$\phi = 40$ mm
20	2.32	2.13	47	51
25	2.70	2.48	40	44
30	3.05	2.81	36	39
35	3.37	3.10	32	35
40	3.69	3.40	30	32
45	4.00	3.68	27	30
50	4.28	3.94	25	28
55	4.43	4.08	25	27
60	4.57	4.20	24	26

Para "buena" adherencia y  $f_{yk} = 500$  MPa

## Longitud neta de anclaje:

En la gran mayoría de los casos, al momento de anclar, la armadura no se encuentra trabajando al máximo de su capacidad, por lo que la longitud realmente necesaria, la cual llamaremos  $l_{bd}$ , para anclar la barra depende de la  $T_d$  aplicada ( $T_d \leq T_u$ ) y del tipo de anclaje:

$$l_{bd} = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 \alpha_5 l_{bd,rqd}$$
$$l_{bd} \geq l_{bd,min}$$

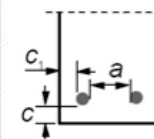
$$l_{bd,min} = \max \left\{ \begin{array}{ll} 0,3l_{bd,rqd}; 10\phi; 100 \text{ mm} & \text{para anclajes en tracción} \\ 0,6l_{bd,rqd}; 10\phi; 100 \text{ mm} & \text{para anclajes en compresión} \end{array} \right.$$



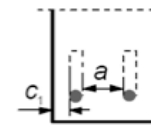
## Longitud neta de anclaje:

Tabla A19.8.2 Valores de los coeficientes  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\alpha_3$ ,  $\alpha_4$  y  $\alpha_5$

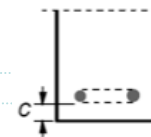
Factor de influencia	Tipo de anclaje	Barra de armadura	
		Traccionada	Comprimida
Forma de las barras	Prolongación recta	$\alpha_1 = 1,0$	$\alpha_1 = 1,0$
	Otras distintas de la prolongación recta (véase la figura 49.5.1.1(b), (c) y (d) de este Código Estructural)	$\alpha_1 = 0,7$ si $c_d > 3\phi$ , de lo contrario, $\alpha_1 = 1,0$ (véase figura A19.8.3 para valores de $c_d$ )	$\alpha_1 = 1,0$
Recubrimiento de hormigón	Prolongación recta	$\alpha_2 = 1 - 0,15 (c_d - \phi) / \phi$ $0,7 \leq \alpha_2 \leq 1,0$	$\alpha_2 = 1,0$
	Otras distintas de la prolongación recta (véase la figura 49.5.1.1(b), (c) y (d) de este Código Estructural)	$\alpha_2 = 1 - 0,15 (c_d - 3\phi) / \phi$ $0,7 \leq \alpha_2 \leq 1,0$ (véase figura A19.8.3 para valores de $c_d$ )	$\alpha_2 = 1,0$
Confinamiento debido a armadura transversal no soldada a la armadura principal	Todos los tipos	$\alpha_3 = 1 - K\lambda$ $0,7 \leq \alpha_3 \leq 1,0$	$\alpha_3 = 1,0$
Confinamiento debido a armadura transversal soldada*	Todos los tipos, la posición y el tamaño se especifican en la figura 49.5.1.1(e) de este Código Estructural	$\alpha_4 = 0,7$	$\alpha_4 = 0,7$
Confinamiento debido a la presión transversal	Todos los tipos	$\alpha_5 = 1 - 0,04p$ $0,7 \leq \alpha_5 \leq 1,0$	-



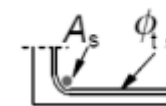
a) Barras rectas  
 $c_d = \min(a/2, c_t, c)$



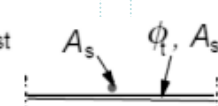
b) Patillas o ganchos  
 $c_d = \min(a/2, c_t)$



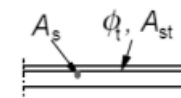
c) Ganchos en U  
 $c_d = c$



$K = 0,1$



$K = 0,05$



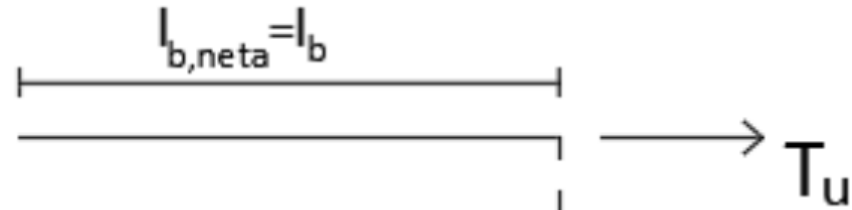
$K = 0$

$$\lambda = \left( \sum A_{st} - \sum A_{st,min} \right) / A_s$$

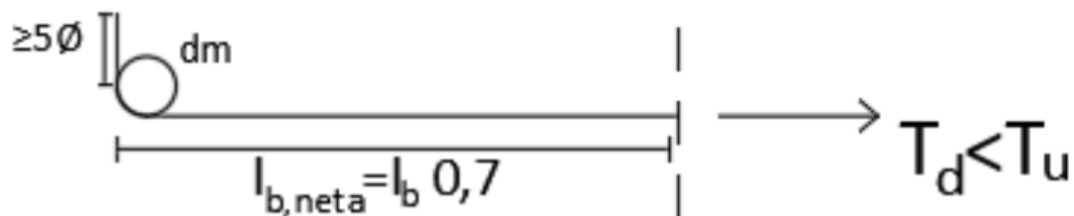
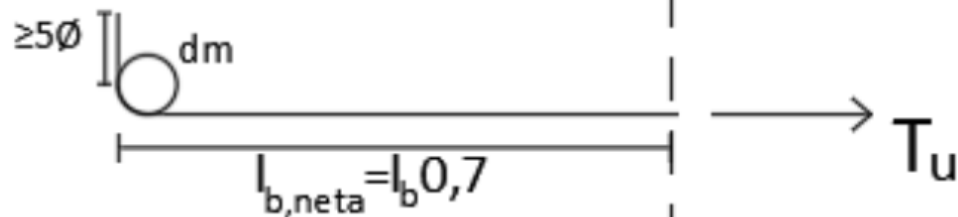


# Tipos de anclaje

## Prolongación recta



## Patilla



# Tipos de anclaje

Doblado

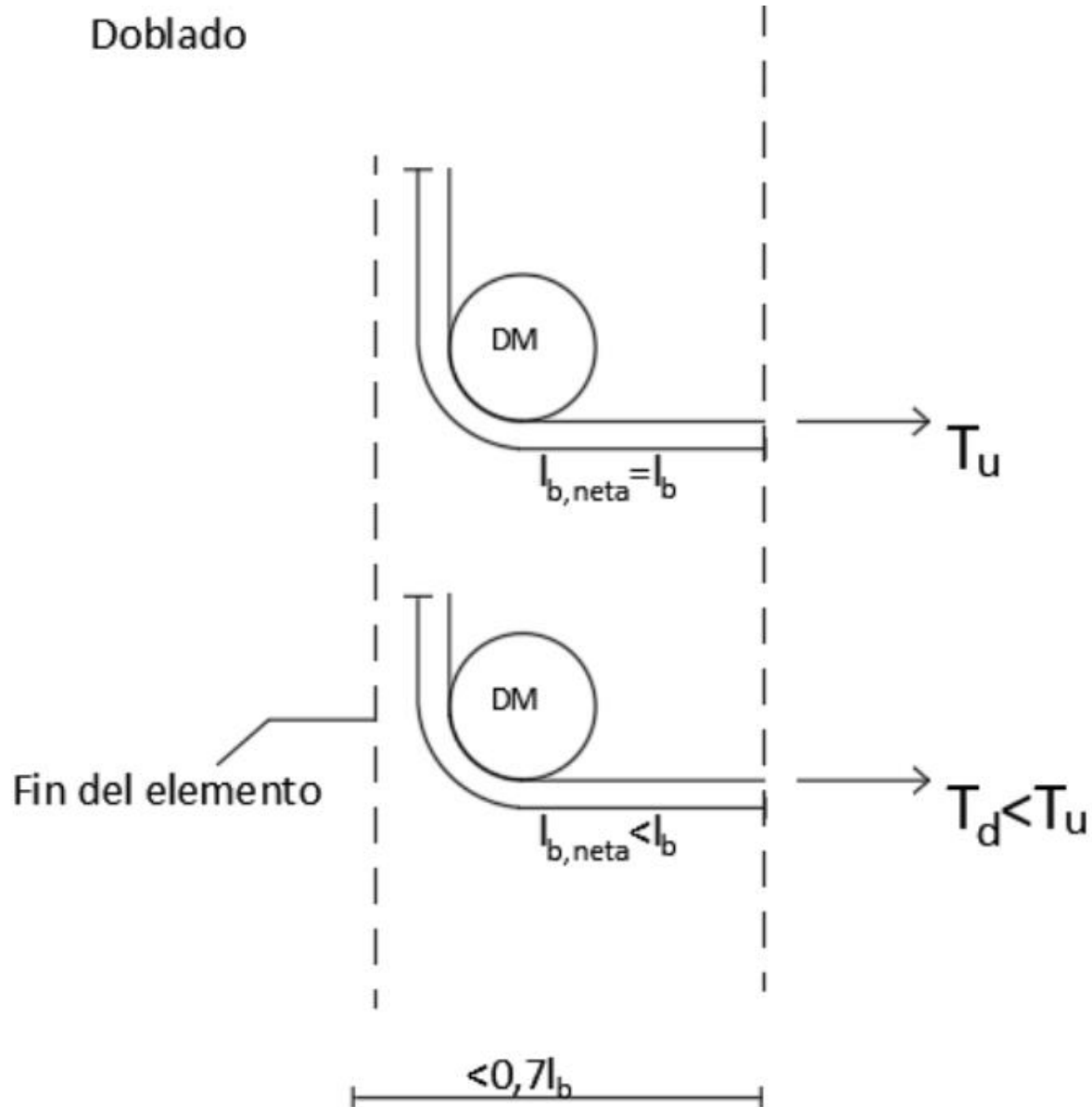


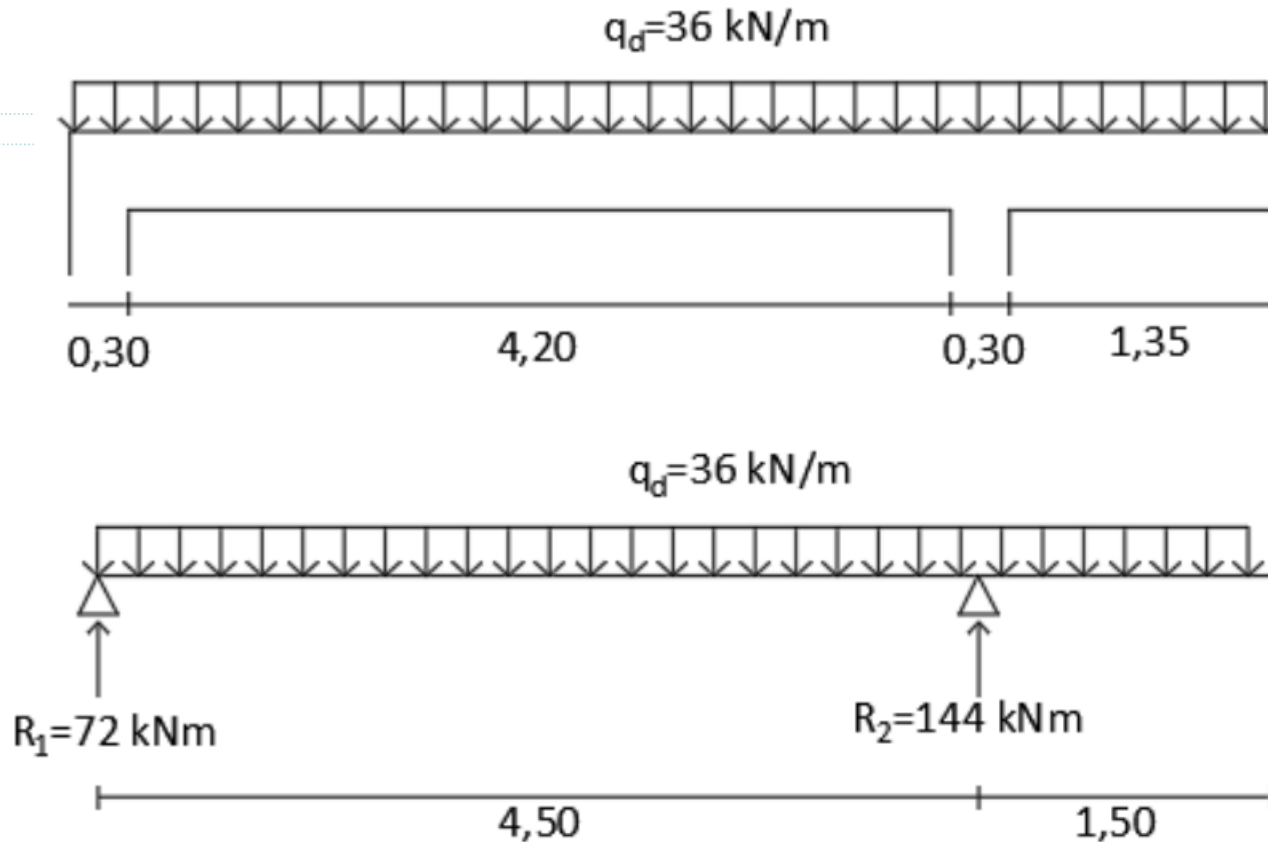
Tabla 49.3.4 Diámetro mínimo de los mandriles

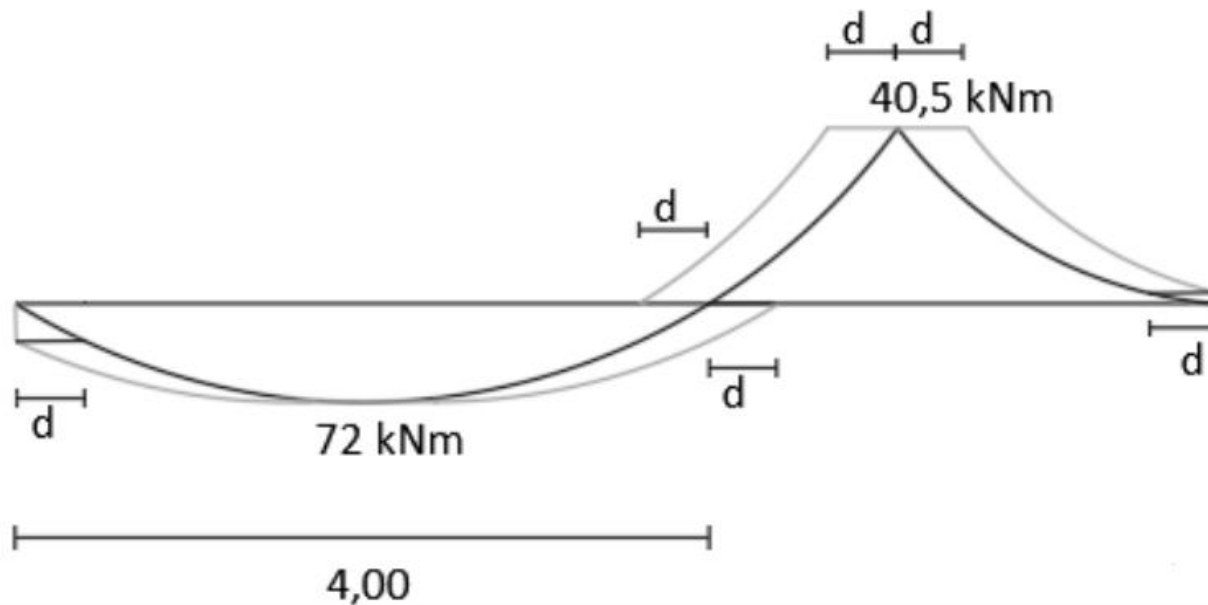
Acero	Ganchos, patillas y gancho en U (ver figura 49.5.1.1)		Barras dobladas y otras barras curvadas	
	Diámetro de la barra en mm		Diámetro de la barra en mm	
	$\varnothing < 20$	$\varnothing \geq 20$	$\varnothing \leq 25$	$\varnothing > 25$
B 400 S B400SD	4 $\varnothing$	7 $\varnothing$	10 $\varnothing$	12 $\varnothing$
B 500 S B 500 SD	4 $\varnothing$	7 $\varnothing$	12 $\varnothing$	14 $\varnothing$

# Ejemplo

Dada la viga de la figura, cuya sección es de 20 cm x 40 cm, diseñe la armadura longitudinal de la misma con sus correspondientes anclajes.

Datos:  $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$ ;  $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$ ;  $r_{geo} = 2 \text{ cm}$





A partir de los momentos de diseño, se arma la viga:

$$M_d^+ = 72 \text{ kNm} \rightarrow \mu = 0,176 \rightarrow \omega = 0,195 \rightarrow A_s^+ = 5,24 \text{ cm}^2 \rightarrow 5\emptyset 12 \rightarrow \\ \rightarrow A_{s,real} = 5,65 \text{ cm}^2$$

$$M_d^- = 40,5 \text{ kNm} \rightarrow \mu = 0,099 \rightarrow \omega = 0,105 \rightarrow A_s^- = 2,81 \text{ cm}^2 \rightarrow 3\emptyset 12 \\ \rightarrow A_{s,real} = 3,39 \text{ cm}^2$$

## Anclaje armaduras positivas sobre apoyo izquierdo:

Sobre un apoyo simple se tienen 2 procedimientos para hallar el área de acero necesario ( $A_s, nec$ ), para luego ponderar la longitud bruta de anclaje.

1) Decalaje:  $Md(x = d) = 72 \text{ kNm} \cdot 0.35 \text{ m} - 36 \text{ kN/m} \cdot \frac{(0.35 \text{ m})^2}{2} = 23 \text{ kNm} \rightarrow \mu = 0.047 \rightarrow \omega = 0.048 \rightarrow A_{s,nec} = 1.55 \text{ cm}^2$

2) Según el esquema de ByT, suponiendo bielas a 45 grados:

$$R_{1d} = 72 \text{ kN} = T_{1d}$$

$T_{1d}$  es la tracción de la barra longitudinal

$$A_{s,nec} = \frac{T_{1d}}{f_{yd}} = \frac{72 \text{ kN}}{400 \text{ MPa}} = 1.8 \text{ cm}^2$$

$$\frac{A_{s,nec}}{A_{s,real}} = \frac{1.8 \text{ cm}^2}{5.65 \text{ cm}^2} = 0.319$$

$$l_{bd,rqd} = 40\phi \times 0,319 = 153 \text{ mm}$$

$$c_d = 2,6 \text{ cm} \Rightarrow \alpha_2 = 0,825$$

$$l_{bd} = 126 \text{ mm}$$

$$l_{bd,min} = \min\{0,3l_{bd,rqd}, 10\phi, 100\text{mm}\} = 120 \text{ mm}$$

La distancia entre el eje del pilar al borde exterior es de 150 mm, por lo tanto, es posible anclar por prolongación recta.



## Anclaje armaduras positivas sobre apoyo derecho:

Simplemente, anclamos una longitud de anclaje neta mínima a partir borde interior del apoyo.

$$l_{bd,min} = \min\{0,3l_{bd,rqd}, 10\phi, 100mm\} = 120 \text{ mm}$$

## Anclaje armaduras negativas sobre apoyo derecho:

Simplemente, anclamos una longitud de anclaje neta mínima a partir del cero del momento decalado.

$$l_{bd,min} = \min\{0,6l_{bd,rqd}, 10\phi, 100mm\} = 120 \text{ mm}$$

## Anclaje armaduras negativas en el extremo libre:

Calculamos el momento decalado a partir del extremo y el acero necesario para cubrirlo:

$$M_d = 36 \frac{kN}{m} \cdot \frac{(0.35 m)^2}{2} = 2.21 kNm$$

$$\mu = 0.005 \rightarrow \omega = 0.005 \rightarrow A_{s,nec} = 0.15 cm^2$$

$$\frac{A_{s,nec}}{A_{s,real}} = \frac{0.15 cm^2}{3.39 cm^2} = 0.04$$

$$l_{bd} = l_{bd,min} = 120 mm$$

El acero necesario es muy pequeño, por lo que se termina anclando con una longitud neta mínima. Se ancla con un doblado de mandril grande (DM( $\Phi$ 12)=12 \* 12 mm = 144 mm. Se mide a partir que la barra vuelve a estar recta.

## Armado final:



## VARIANTE

Supongamos ahora que se quiere interrumpir parte de la armadura longitudinal positiva. Se interrumpirán 2 de los 5 hierros. Estos se tendrán que anclar en el momento que dejan de ser necesarios.

Anclaje armaduras positiva en el apoyo izquierdo:

Se llevan  $3\Phi 12$  ( $3.39 \text{ cm}^2$ ) hasta el apoyo, por lo que:

$$\frac{A_{s,nec}}{A_{s,real}} = \frac{1.8 \text{ cm}^2}{3.39 \text{ cm}^2} = 0.53$$

$$l_{bd,min} = \min\{0,3l_{bd,rqd}, 10\phi, 100\text{mm}\} = 120 \text{ mm}$$

## Anclaje armaduras positiva en el apoyo derecho:

Se llevan los hierros hasta el apoyo y se anclan una longitud mínima (120 mm) dado que el cero del diagrama decaído está alejado del mismo.

## Anclaje de 2Φ12:

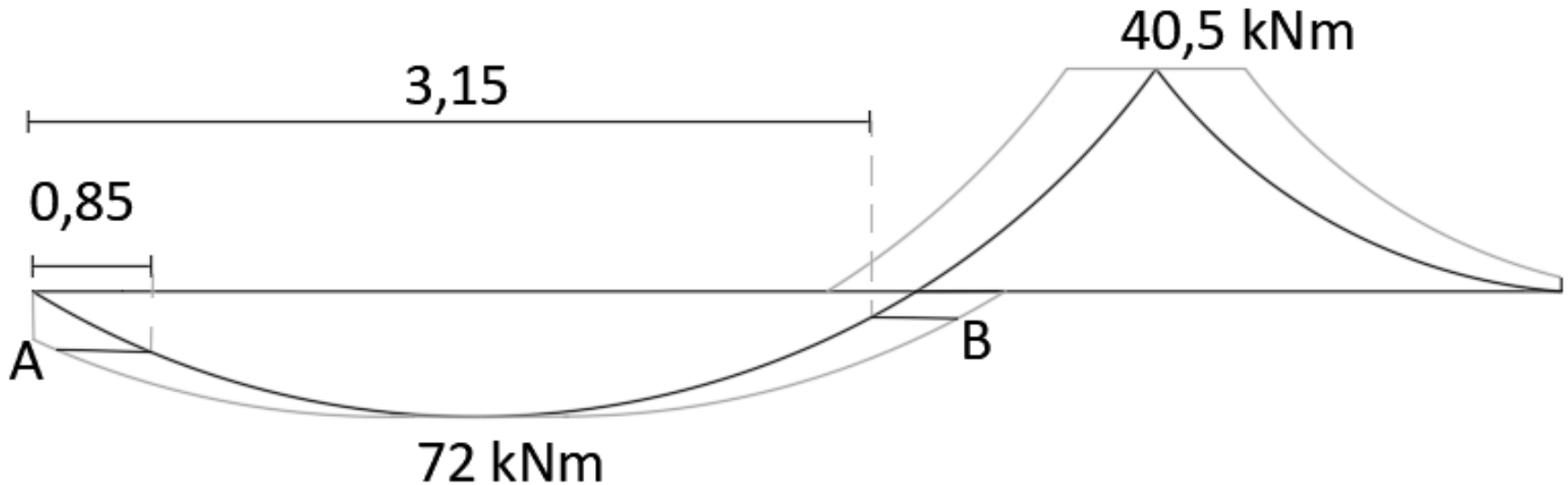
Debemos calcular la capacidad de estos hierros para saber hasta cuándo son necesarios y a partir de esa distancia, anclarlos:

$$A_s(3\emptyset 12) = 3.39 \text{ cm}^2 \rightarrow \omega = 0.126 \rightarrow \mu = 0.118 \rightarrow M_u = 48.4 \text{ kNm}$$

Hallamos la posición del diagrama para la cual el momento positivo es 48.4 kNm:

$$M_d = 48.4 \text{ kNm} = 72 \text{ kN} \cdot x - 36 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot \frac{(x)^2}{2} \rightarrow x = 0.85 \text{ m} \quad \text{ó} \quad x = 3.15 \text{ m}$$

# Variante del ejemplo



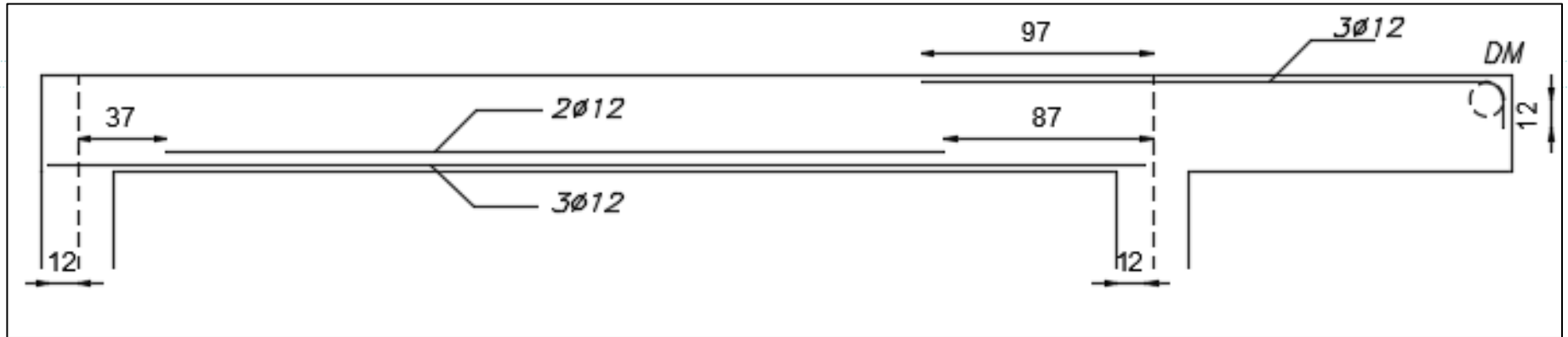
En los puntos señalados, se dejarían de necesitar los  $2\Phi 12$ . Se procede a anclar dichos hierros con la longitud mínima de anclaje (no se necesitan los hierros, por lo que el  $A_s$ , nec = 0):

$$l_{bd,min} = \min\{0,3l_{bd,rqd}, 10\phi, 100mm\} = 120 mm$$



# Variante del ejemplo

## Armado final:



# Curso: HORMIGÓN ESTRUCTURAL 1

## Expresión gráfica Disposición de hierros

Agustín Vidal (avidal@fing.edu.uy)

1<sup>er</sup> Semestre - 2024

Universidad de la República - Uruguay



UNIVERSIDAD  
DE LA REPUBLICA  
URUGUAY

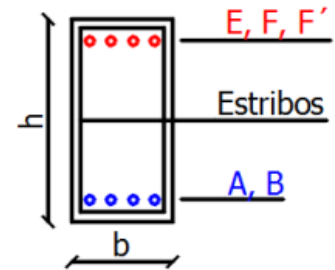
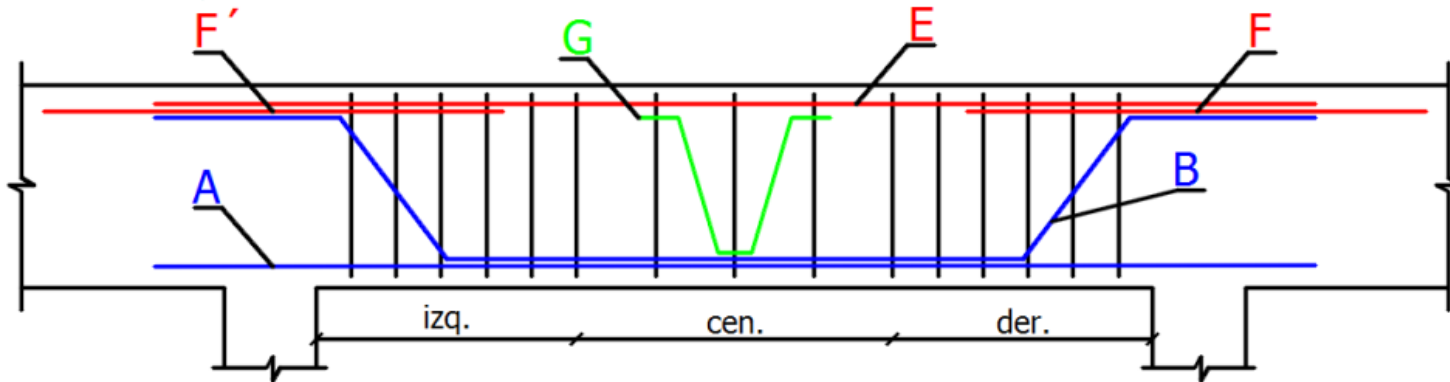
Objetivo: Presentar información de armado de varias vigas (sean parte de un continuo o no) de manera concisa, completa y clara.

La información de las planillas debe ser suficiente para que la gente en obra pueda leerlas y a partir de las mismas colocar los hierros de manera correcta. Obviamente.

A pesar de que existen varias formas de presentar una planilla de vigas, todas comparten una nomenclatura que permite que se puedan leer en cualquier obra, a pesar de quién las dibujó.

# Ejemplos de planillas de vigas

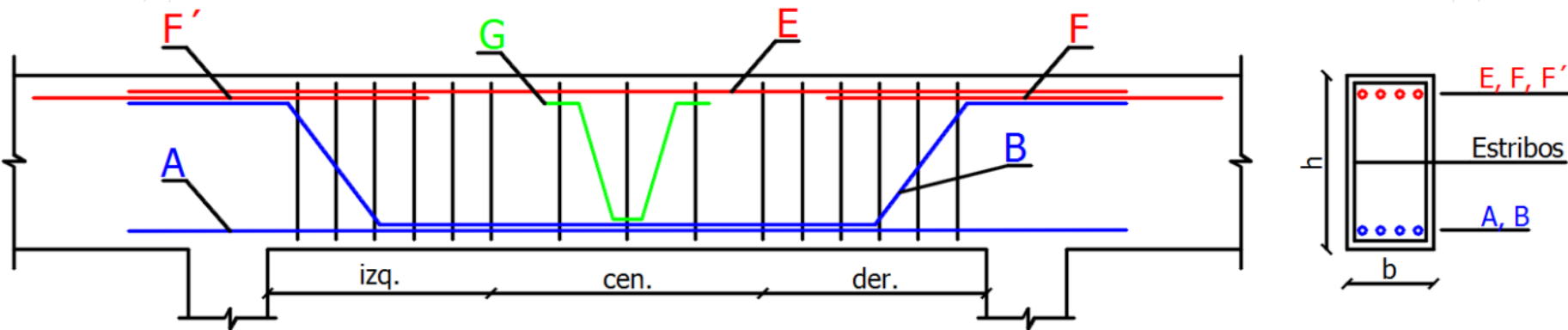
N°	Geometría			Armadura longitudinal						Estribos			Obs
	b	h	L	A	B	E	F	F'	G	izq.	cen.	der.	



# Ejemplos de planillas de vigas

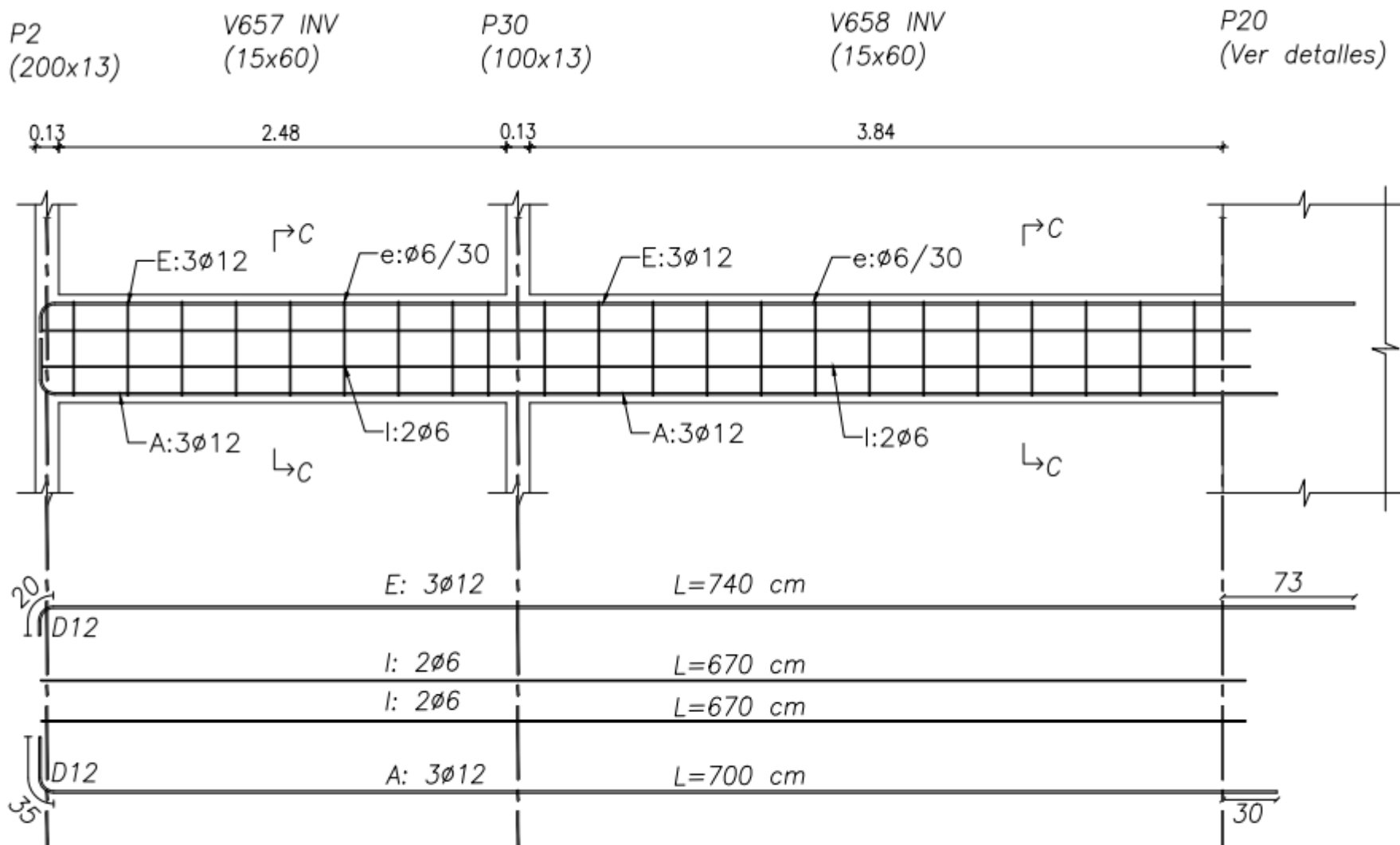
No.	SECCION			ARMADURA LONGITUDINAL								ESTRIBOS			FONDO VIGA	OBSERVACIONES
	b	H	L	A				E		F		G	AP. IZQ.	GRAL.		
001	15	35		20	2∅10		20	2∅8						∅6/20	+0.40	Con aleta
002	15	35			2∅10	20	2∅8		20					∅6/20	+0.40	Con aleta
003	15	45		20	2∅12	20	2∅8		20					∅6/20	+0.30	Con aleta
004	15	35		20	2∅10		2∅8							∅6/20	+0.40	
005	15	35			2∅10		2∅8							∅6/20	+0.40	

N°	SECCION				ARMADURA LONGITUDINAL								ESTRIBOS			OBSERVACIONES	N°					
	TIPO	Largo (cm)	base (cm)	alto (cm)	u	Barras A		v	u	Barras E		v	Barras F		m			n	Izquierda	Centro	Derecha	
101	I	152	14	30	15	└─┘	2∅12	─	20	10	┌─┐	2∅8	─	15				∅6/25			101	
102	I	493	14	60	30	─	2∅16	┌─┐	20	15	─	2∅8	─	15				∅8/25			Armadura de plet: 2∅8	102
103	┌┐	435	14	55	20	└─┘	2∅16	─	30	10	─	2∅8	─	15				∅6/25			Armadura de plet: 2∅8	103
104	┌┐	506	17	48	30	─	2∅20	─	30	15	─	2∅8	C	2∅16	150	150		∅6/25	4∅6/20		F: 2∅16 en 2da, capa	104
105	┌┐	234	17	48	20	─	2∅12	┌─┐	15	C	─	2∅8	└─┘	10				∅6/25				105



Una alternativa a las planillas de vigas son los despieces. Presentan la misma información pero de una manera más elaborada. Son especialmente útiles para vigas complejas, con armados no “convencionales”.

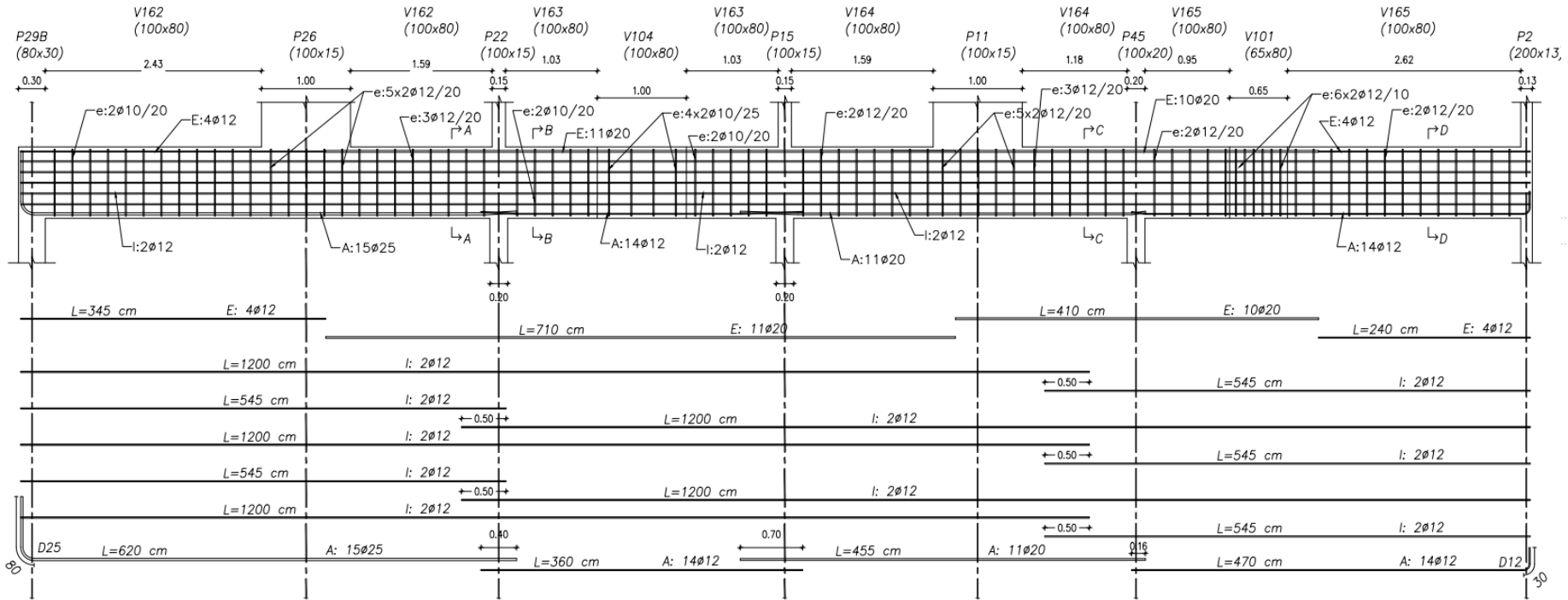
# Despiece de vigas - Ejemplos



V657, V658  
Escala 1:50



# Despiece de vigas - Ejemplos

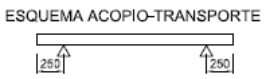
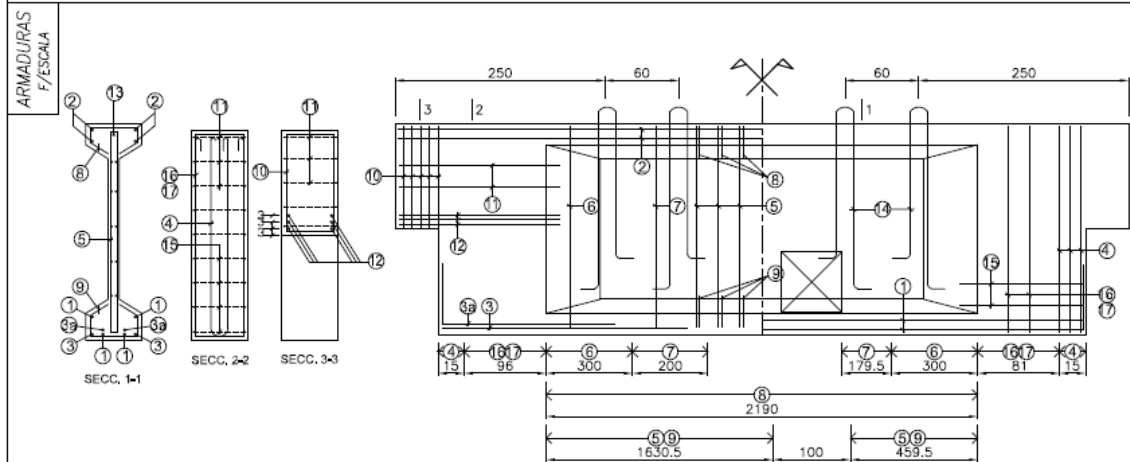
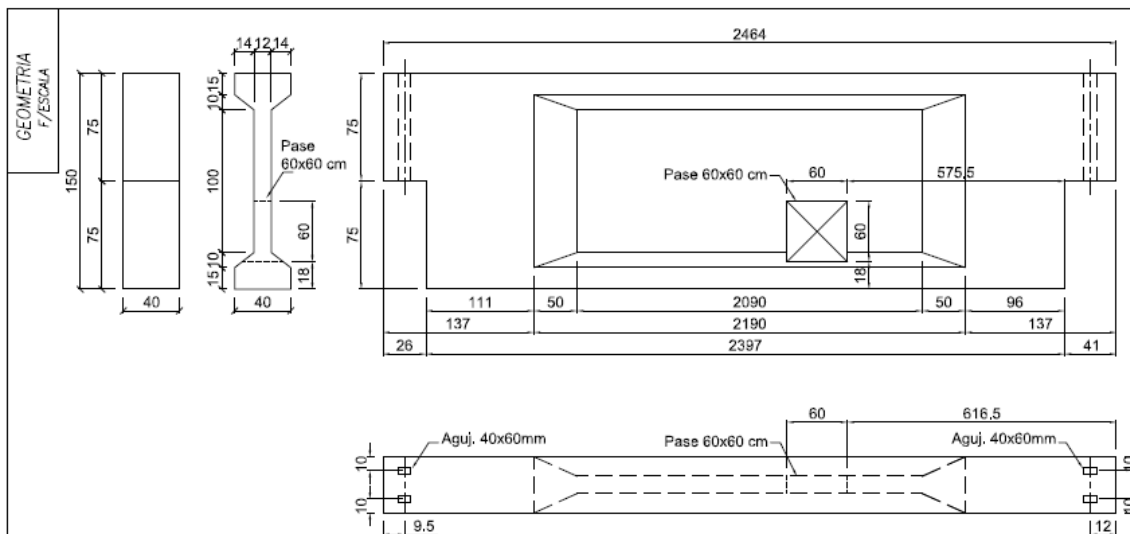


V162, V163, V164, V165  
Escala 1:50

# Despiece de vigas - Ejemplos

1er Semestre 2024 Agustín Vidal Curso: Hormigón Estructural 1

31



**Resistencia del hormigón al cortar los cables: mln. 260 Kg/cm2 compresión**

POS.	#	CANT.	LONG. [cm]	DOBLADO
①	20	2+2	2513 (2800)	80 1140 1200 340 80 EMP. MIN. 140 - ALTERNAR EMPALME
②	20	2+2	2460 (2700)	1200 1200 300 EMPALME MIN. 120 ALTERNAR EMPALME
③	10	2+2	1200	
④	10	2+2	200	40 160
⑤	12	2 (2x3)	378	26 146 36 4 Ramas
⑥	M/4.2	1	310	5+5 146 8
⑦	6	c/15	320	10+10 146 8
⑧	6	c/30	320	10+10 146 8
⑨	M/5.5	1	100	36 36 12
⑩	M/5.5	1	2190	20 36 12
⑪	M/5.5	1	1630,5/459,5	34 71 10+10
⑫	8	5+8	230	34 146 10+10
⑬	8	c/15	406	36 133 52
⑭	16	3+3	402	32 133 52
⑮	10	1	2400	1200 1200 EMPALME MIN. 60 ALTERNAR EMPALME
⑯	25	2+2	288	8 120 140 110 Iso
⑰	M/5.5	1	354/324	36 107/92 52
⑱	M/5.5	1	380	34 146 10+10
⑲	6	c/30	380	34 146 10+10

HORMIGON TIPO	ARMADURA MALLA	CABLE PRETENSADO	ARMADURA PASIVA	Dosificación
fck ≥ 350 kg/cm <sup>2</sup>	fyk ≥ 6000 kg/cm <sup>2</sup>	fyp ≥ 17113 kg/cm <sup>2</sup>	fyk ≥ 5000 kg/cm <sup>2</sup>	—

ELEMENTO: VIGA PRETENSADA I-150				
DESIGN.	CANT.	VOL. [m <sup>3</sup> ]	PESO [t]	OBSERVACIONES
V-	—	7.94	19.85	HOJA 1/3

OBRA:	—	OK - D. Técnica
UBICACION:	---	<input checked="" type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no
Verificado por:	---	REVISION: FECHA: VER OBSERVACIONES

---

# This is the end

